



N.º9 – Dezembro de 2011

Saber & Fazer

Telecomunicações

eficiência energética, Android, segurança, redes sociais, gestão de identidades, realidade aumentada, usabilidade, *cloud networking*, *network-as-a-service*, *connectivity-as-a-service*, gestão de *cloud services*, IP multimedia *subsystem*, otimização de serviços de vídeo, *policy enforcement*, congestão, admissão, autenticação transparente, mobilidade *seamless*, cenários M2M, *mobile finance*, *gateway* residencial, XGPON, detecção coerente, transmissão coerente, monitorização de PON

Saber & Fazer

Telecomunicações

eficiência energética, Android, segurança, redes sociais, gestão de identidades, realidade aumentada, usabilidade, *cloud networking*, *network-as-a-service*, *connectivity-as-a-service*, gestão de *cloud services*, IP multimedia *subsystem*, otimização de serviços de vídeo, *policy enforcement*, congestão, admissão, autenticação transparente, mobilidade seamless, cenários M2M, *mobile finance*, *gateway* residencial, XGPON, detecção coerente, transmissão coerente, monitorização de PON

Título

Saber & Fazer Telecomunicações
Revista Técnica da PT Inovação

Edição

PT Inovação 2011

Design

www.dreamlab.pt

Impressão

Litografia Coimbra, S.A.

Tiragem

750 exemplares

ISSN 1645-8710

Depósito Legal 251344/06

apresentação

Alcino Lavrador

Administrador Delegado
da PT Inovação



Estar conectado em qualquer lugar e a qualquer hora é um apanágio dos dias de hoje. Estar conectado já não significa estar numa zona de cobertura de voz. Antes requer uma ligação à internet em banda larga e com qualidade de serviço garantida. A voz, no seu suporte tradicional sobre circuitos é até secundária.

As atividades centradas no indivíduo, de formação, trabalho e lazer estão hoje fortemente dependentes de um acesso com qualidade à internet. Adicionalmente, a internet está a transformar-se na plataforma que permite a milhares de milhões de dispositivos comunicarem entre si, potenciando o aparecimento de novos serviços e aplicações com impacto na forma como trabalhamos, divertimos ou nos relacionamos, no fundo transformando a vida tal como a conhecemos. Estima-se que em 2020 existam 50 biliões de dispositivos conectados. Esta Internet das Coisas permitirá explorar novos mercados nas áreas da gestão logística, segurança, saúde, eficiência energética e transações financeiras em cenários de mobilidade.

Desta forma, os CSP — *Communication Service Providers* — enfrentam o desafio de garantir qualidade de serviço em redes móveis ao mesmo tempo que se deparam com necessidade de duplicar a largura de banda disponível a cada dois anos para fazer face ao vertiginoso aumento de tráfego de dados. Este cenário só não é bom porque este aumento do tráfego e consequente investimento associado, não se traduz por aumento de receita significativo. É assim necessário encontrar formas inovadoras de minimizar o investimento em infraestrutura de rede sem penalizar a qualidade de experiência do cliente. Mecanismos de otimização para serviços de vídeo, técnicas de garantir sempre a melhor conexão disponível e práticas de *offload* entre redes, de forma a maximizar a utilização de todos os

recursos disponíveis pelos CSP, são imprescindíveis para garantir a melhor qualidade ao menor custo.

Nesta plataforma digital novos desafios se deparam aos CSP, nomeadamente como garantir privacidade e gerir identidades perante um mar de aplicações por onde os seus clientes de acesso internet navegam criando e consumindo conteúdos.

Outra das preocupações para os CSP é garantir uma política de aplicação de prioridades ao tráfego de modo a poder privilegiar serviços que requerem tempo real como sejam aplicações de monitorização remota de sinais vitais em pacientes ou teleconsultas, ou mesmo intervenções cirúrgicas geridas remotamente, com necessidade de imagens vídeo de alta definição.

Este enquadramento de mudança é complementado com a adesão cada vez maior das empresas aos serviços de *cloud computing* com benefícios imediatos ao nível da produtividade e redução de custos. Neste ambiente, torna-se importante garantir privacidade e fiabilidade, características que os operadores de telecomunicações apresentam com vantagem.

Este número de Saber e Fazer Telecomunicações contém artigos que endereçam diferentes domínios e são resultado da atividade de Investigação e Desenvolvimento da PT Inovação em projetos de Inovação Exploratória e provas de conceito, procurando identificar as principais características e tecnologias que podem suportar uma oferta diferenciada de serviços e com alto valor acrescentado.

A todos aqueles que tornaram possível a edição de mais este número, clientes e parceiros com os quais aprendemos continuamente e, sobretudo, aos autores dos artigos, o nosso agradecido reconhecimento.

nota editorial

Marcelino Pousa Caros Colegas



Ao apresentamos o nº 9 da revista Revista Saber&Fazer Telecomunicações, registo com agrado a atratividade que esta mantém junto dos potenciais autores, o que mostra a sua natural apetência para partilhar o seu conhecimento com a empresa. Neste sentido a revista continua a sua missão de difusão de conhecimento no grupo PT, apresentando um conjunto de temas que consideramos relevantes para o futuro da nossa organização, ao mesmo tempo que representa uma oportunidade de divulgarmos alguns dos resultados do nosso trabalho, que ao serem aqui considerados, sinalizam a PT Inovação como um agente com competências para contribuir para o sucesso da PT nestas áreas.

A revista está organizada em 4 grandes áreas, a primeira, que denominamos “Desafios e Oportunidades”, contém artigos que vão desde: a sustentabilidades e o papel dos operadores neste domínio; à usabilidade e seu valor; à realidade aumentada e o seu potencial para estimular novos serviços, bem como reduzir custos pelo apoio dado aos operacionais de um operador de rede, facilitando-lhes as tarefas; às novidades nas transações financeiras através de dispositivos móveis e ao mercado do M2M.

Numa segunda secção denominada de “Plataformas de Serviço”, incluímos artigos que abordam temas como: soluções de gestão de conectividade e autenticação em redes heterogéneas; a importância da *Framework* OSGI nas “home gateways”, para potenciar o papel dos operadores como fornecedores de serviços domésticos; o sistema operativo Android e as suas debilidades de segurança, visto pelos Operadores; uma perspectiva IdM e privacidade como um meio de criação de serviços pessoais partilhados; importância

dos *identity providers*, onde se aborda a possibilidade de a PT se constituir como um deles; o tema do *Cloud* na continuação dos artigos da revista nº 8, introduzimos o conceito de “*Network as a Service*” e “*Connection as a Service*”, como forma de resolver alguns problemas encontrados na implementação do *Cloud computing* nas suas diversas valências, ao mesmo tempo que se identifica o potencial para a PT ser um *player* nesse campo, no segundo artigo aborda-se a implementação de um ISP suportado em *Cloud* seguindo o referencial do TMForum; finalmente uma descrição da introdução da tecnologia IMS na PT.

Na terceira secção abordamos temas de mobilidade como: transporte de sinais de vídeo com qualidade em redes heterogéneas; os aspetos de qualidade de serviço em redes móveis, passando pelo desvio de tráfego das redes móveis, e formas de manter a melhor ligação em redes heterogéneas, WiFi, GPRS, LTE.

Na quarta secção abordamos temas de infraestrutura de transporte como: a evolução da GPON para redes de maior capacidade mantendo o investimento entretanto efetuado; uma breve visita às tecnologias óticas de transmissão do futuro e uma apresentação do sistema de teste de fibra ótica Probe-PON desenvolvida para apoiar a operação das infraestruturas PON.

Resta-me agradecer aos autores que se disponibilizaram a escrever sobre estes temas, à Fátima Bóia e Clara Guerra pelo trabalho de suporte à edição de mais este número. Aos leitores desejo que encontrem na revista algumas respostas às suas inquietações e alguns sinais que vos despertem e vos permitam aprofundar áreas de interesse para a nossa empresa.

Índice

8	Eficiência Energética. Impactos e Oportunidades no Sector das Telecomunicações
21	M2Operador
27	Novidades do Negócio das Transações Financeiras e Mobilidade
36	Aplicações de Realidade Aumentada
43	O Valor da Usabilidade e da User Experience (UX)
50	MyConnect – Gestão de Conectividade e Autenticação em Redes de Acesso Heterogéneas
57	Framework OSGi – Framework para execução de aplicações em gateways residenciais
63	Falhas de segurança no Sistema Operativo Android – Visão dos Operadores
70	Partilha Social de Serviços e Informação Pessoais - Uma Perspectiva IdM e Privacidade
76	Multipass: Gestão de e-Tickets em dispositivos móveis
86	Clouds de Próxima Geração
90	Cloud Aware Service Provider
98	Implantação de solução IMS na rede da PTP
106	Otimização de Recursos para Serviços de Vídeo em Redes Móveis
112	Garantia de QoS/QoE nas Redes de Dados Móveis
117	Always Best Connected – Resultados e Desafios de Implementação na Rede do Operador
123	Evolução das redes de acesso de GPON para XGPON
128	Transmissão e Receção Coerente a 40 Gb/s e 100 Gb/s
134	Sistema de Gestão e Teste de Fibra Ótica, ArQoS – PROBE- PON

01

Eficiência Energética. Impactos e Oportunidades no Sector das Telecomunicações

palavras-chave:
Eficiência energética, CO2, GEE, TIC, cadeia de valor



João Bastos



Isabel Borges



Isilda Costa

A tomada de consciência, por parte dos diversos sectores da sociedade, sobre os impactos negativos no ambiente e no clima, resultantes da emissão de gases de efeito de estufa (GEE) para atmosfera e a sua relação direta com a produção e utilização da energia, fez com que o tema da eficiência energética se transformasse hoje num assunto prioritário das agendas políticas e económicas mundiais de vários governos. O primeiro grande compromisso da comunidade internacional para a redução das emissões de GEE para a atmosfera teve lugar em 1997, quando trinta e quatro países assinaram o protocolo de Kyoto, quantificando pela primeira vez objetivos concretos para essa redução. De então para cá, várias organizações se têm dedicado à avaliação dos resultados das medidas adotadas e ao estudo das áreas primordiais de intervenção, na ótica do aumento da eficiência na utilização da energia nos diversos sectores da economia.

Enquanto isto, diferentes relatórios internacionais indicavam o sector das telecomunicações e das tecnologias de informação e comunicação (TIC), como sendo capaz de induzir reduções significativas nas emissões de dióxido de carbono (CO2) em outras áreas da economia, cerca de cinco vezes superior à sua própria "pegada" de carbono. Entre estes está o relatório produzido pelo GeSI [1], uma iniciativa liderada pela indústria das TIC focando o desenvolvimento económico sustentado, ambien-

tal e socialmente, que avaliou em 15% a redução de emissões induzida nos outros sectores da economia em 2020, através da aplicação de iniciativas baseadas nas TIC, contra os 2,7% de emissões totais estimadas para o próprio sector das tecnologias da informação e comunicação.

O presente artigo baseia-se nos resultados do estudo P2054 do Eurescom (*Energy Efficiency – business opportunities for telecom operators*) [8], que foi liderado pela PT Inovação e que identificou as principais áreas e oportunidades de negócio na área da eficiência energética que se abrem para o subsector das telecomunicações e em particular para os operadores de telecomunicações, na cadeia de valor de sectores tradicionalmente pouco explorados por esta indústria, onde os ganhos de eficiência poderão ser mais relevantes.

O artigo apresenta uma caracterização geral dos principais sectores económicos impactados, em termos da sua dependência energética e respetiva cadeia de valor, identificando as atividades e processos onde a utilização de novas aplicações e serviços de telecomunicações podem trazer maior valor acrescentado. Apresenta-se igualmente alguns exemplos de modelos de negócio que poderão emergir, assim como as implicações das políticas regulatórias da União Europeia e da correspondente legislação dos Estados, no aparecimento dessas oportunidades.

1. Introdução

Os impactos no ambiente e no clima resultantes da emissão de gases de efeito de estufa (GEE) para a atmosfera resultantes da queima de combustíveis fósseis para produção de energia, e os seus custos crescentes constantes, levaram a que o tema da eficiência energética fosse colocado no centro da agenda política mundial.

Este cenário abre, no entanto, um conjunto significativo de oportunidades de novos negócios para os operadores de redes e serviços de telecomunicações, cujo potencial vale a pena ser estudado. As novas propostas de valor dos operadores em áreas-chave da economia permitirão, para além de desenvolver os seus negócios entrando em novas áreas e mercados, reforçar a sua imagem enquanto empresas que valorizam a sua responsabilidade social e ambiental.

É hoje genericamente aceite que as tecnologias de informação e comunicação podem contribuir para melhorar a eficiência na utilização da energia em praticamente todos os sectores e, desta forma, reduzir a emissão de GEE para a atmosfera. Por outro lado, o subsector das TIC é, também ele, um dos principais consumidores de energia, em particular os operadores de telecomunicações. Assim, a contribuição dos operadores para o aumento da eficiência energética poderá advir de dois tipos de acções paralelas:

- Da aplicação de medidas restritivas do consumo nas suas infraestruturas;
- Da introdução no mercado de serviços e aplicações inovadoras, apoiadas em TIC, que aumentem a eficiência na utilização da energia, reduzindo o consumo.

A oferta de serviços focados no aumento da eficiência energética, deve por isso tirar o máximo partido possível dos atuais e futuros ativos dos operadores, como sejam as suas redes fixa e móvel, as infraestruturas de transporte, *data centres*, plataformas e sistemas de gestão de rede e de serviços e mecanismos de segurança e privacidade, entre outros.

A construção de uma oferta inovadora de aplicações e serviços de telecomunicações para sectores como os transportes, logística e distribuição, produção e distribuição energética, ou urbanismo, permitirá aos operadores conquistar um papel ativo na própria cadeia de valor destes sectores, rentabilizando recursos e consolidando a sua posição no mercado.

O potencial de negócio destas novas oportunidades permitirá aos operadores rentabilizar os seus ativos, os recentes (ex. acesso LTE – *Long Term Evolution*) e os de longa data, contribuindo para a alteração das cadeias de valor, dos papéis e das relações entre os diferentes *stakeholders*, capturando valor e contribuindo para o aumento da eficiência global dos processos.

Entre os sectores e áreas com maior potencial para aproveitamento dos ganhos de eficiência energética, trazidos pelas telecomunicações e TIC, destacam-se:

- O consumo doméstico de energia (residências e edifícios de serviços);
- A produção e distribuição de energia elétrica (*Smart Grids*);
- Os transportes e a logística;
- Os serviços eletrónicos (*e-Services*).

Devido à sua proximidade com os utilizadores finais e às suas competências tecnológicas comprovadas, os operadores estão especialmente bem preparados para enfrentar os desafios colocados pelos novos mercados, gerindo relações técnicas e comerciais complexas.

A capacidade de operar e controlar plataformas tecnológicas, que sustentem a criação de novos serviços orientados para a eficiência energética, como sejam as plataformas *machine-to-machine* (M2M) e as tecnologias de *cloud computing*, permitirá aos operadores alcançar uma posição importante na cadeia de valor de outros sectores da economia.

O portefólio da oferta de novos serviços deverá incluir, pelo menos, três categorias de serviços:

- Serviços dirigidos à poupança e otimização do consumo de energia, incluindo *smart grids* e gestão energética em habitações e edifícios;
- Serviços orientados à otimização dos processos nas cadeias de valor de outros sectores económicos, tais como os transportes e logística;
- Serviços baseados em comunicações eletrónicas, como alternativa aos processos convencionais.

2. Enquadramento

Como forma de travar e tentar inverter o ciclo de crescimento das emissões de gases com efeito de estufa para a atmosfera, a Comissão Europeia (CE) estabeleceu metas de redução de 20% das emissões para os Estados-Membros até 2020. Em

paralelo, os Estados comprometeram-se em aumentar, igualmente em 20%, a taxa de utilização de energias renováveis e a eficiência na utilização da energia.

Excetuando as emissões provenientes da utilização dos solos e os transportes internacionais rodoviários, as principais fontes de emissões de GEE nos vinte e sete Estados membros da União Europeia (UE-27) são a queima de combustíveis fósseis e as perdas nos processos de manuseamento e de transformação da energia (emissões fugitivas). Para além destas, o sector residencial foi responsável em 2007 por cerca de 14% do total da energia fornecida, a nível global, enquanto o sector dos transportes consumiu aproximadamente 27% dessa energia.

No entanto, o sector económico que mais energia consome continua a ser o sector industrial, que no conjunto consome 51% do total da energia produzida.

Para alcançar os objetivos traçados para o horizonte de 2020, a CE desenvolveu um conjunto de planos e iniciativas, que se encontram claramente definido numa publicação oficial do Eurostat de 2009, denominada "Panorama of energy, Energy statistics to support EU policies and solutions". Este documento inclui ainda um roteiro, baseado nas atividades planeadas e em curso.

No quadro de recentes recomendações da CE, estima-se que o desenvolvimento

de novos serviços e aplicações baseados em serviços de telecomunicações e TIC venham a induzir uma redução de cerca de 15% no montante global de emissões de GEE para a atmosfera.

3. Ambiente regulatório

O quadro regulamentar comunitário no sector da energia e, em concreto no âmbito da eficiência energética, é bastante extenso e complexo. Por esse motivo, nas secções seguintes apresenta-se um resumo das principais medidas adotadas, identificando as iniciativas e os diplomas comunitários que se consideraram mais relevantes.

3.1 O quadro regulamentar comunitário na área da eficiência energética

Desde o ano 2000, ano em que a CE publicou o "Livro Verde para uma estratégia europeia de segurança de aprovisionamento energético" (COM/2000/0769 final), reforçando a necessidade de definir uma estratégia de segurança de fornecimento de energia com o objetivo de reduzir os riscos de dependência externa, foram adotadas uma série de medidas para aumentar a poupança de energia, designadamente nas seguintes áreas:

- Aumento da eficiência energética de edifícios e de aparelhos eletrodomésticos;
- Promoção da geração combinada de calor e eletricidade (cogeração);

- Rotulagem de aparelhos domésticos (fornos, frigoríficos e ar-condicionado);
- Rotulagem de equipamento de escritório (*Programa Energy Star*);
- Tributação de produtos energéticos e eletricidade ¹.

Em março de 2006, ancorada na premissa de que a Europa "entrou numa nova era energética", a CE aprovou o "Livro Verde sobre a Estratégia europeia para uma energia sustentável, competitiva e segura" (COM(2006) 105 final), em que a poupança de energia é colocada no centro das ambições da UE e são definidos três objetivos principais para a política europeia:

- **Sustentabilidade:** desenvolver fontes de energia renovável competitivas e outras fontes energéticas de baixo carbono; baixar a procura de eletricidade na Europa; liderar os esforços globais para travar as alterações climáticas e melhorar a qualidade do ar;
- **Competitividade:** assegurar que a liberalização do mercado da energia traz benefícios para os consumidores e para a economia, estimulando o investimento na produção de energia limpa; mitigar o impacto dos preços internacionais elevados na economia europeia e nos seus cidadãos; manter a Europa na liderança de tecnologias da energia;

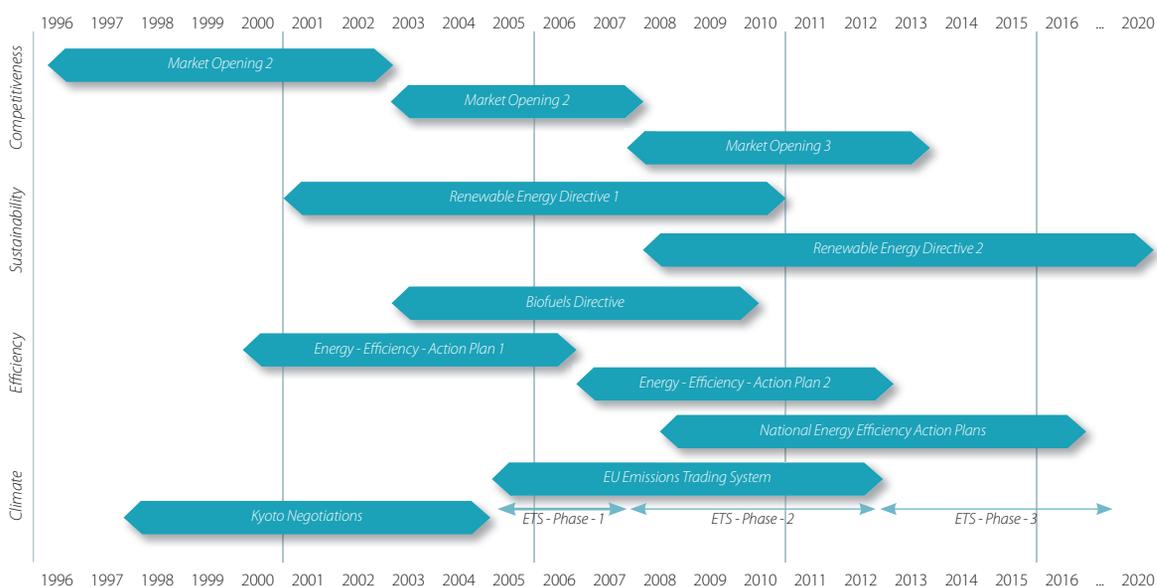


Figura 1- Políticas energéticas da UE ao longo do tempo

¹ Diretiva 2003/96/CE do Conselho, de 27 de Outubro de 2003, que reestrutura o quadro comunitário de tributação dos produtos energéticos e da eletricidade.

- **Segurança do aprovisionamento:** combater a dependência crescente da importação de energia, através de uma abordagem integrada para redução da procura e diversificação do cabaz energético da UE; definição de um enquadramento que incentive o investimento; melhorar a resposta da UE a situações de emergência e das condições de acesso aos recursos globais para as empresas europeias; garantir o acesso à energia pelos cidadãos e empresas.

Em Outubro de 2006, a Comissão apresentou o "Plano de Ação para a Eficiência Energética: Concretizar o Potencial" (COM (2006) 545 final), com o objetivo de reduzir o consumo de energia em 20% até 2020, com impacto considerável na redução de emissões de CO₂ e redução de consumo de combustíveis fósseis. Neste Plano a CE concluiu que o maior potencial de poupança reside no sector residencial e comercial (terciário), com totais potenciais de energia utilizada de 27% e 30%, respetivamente, seguidos pelo sector dos transportes (26%) e indústria (25% de redução).

Tendo em consideração estimativas da CE que sugerem que a UE irá atingir apenas metade do objetivo de 20%, e em resposta ao apelo do Conselho Europeu de 4 de fevereiro de 2011, para a adoção de «uma ação determinada a fim de explorar o considerável potencial de poupança de energia nos edifícios, nos transportes, nos produtos e nos processos», em março de 2011, a CE apresentou um "Plano de Eficiência Energética revisto" (COM 2011 109 final) para a intensificação dos esforços em matéria de eficiência energética para a redução do consumo primário em 20% até 2020. Em consequência a CE submeteu uma proposta legislativa (COM (2011) 370 final) para transformar alguns aspetos do Plano de Eficiência Energética em medidas vinculativas através da revisão da Diretiva Cogeração (2004/8/CE) e da Diretiva Serviços Energéticos (2006/32/CE).

3.2. O papel das TIC

O Plano de Ação para a Eficiência Energética de 2006 atribui um papel fundamental à inovação e às tecnologias energéticas, com destaque para o contributo das tecnologias de informação e comunicação. O papel desempenhado pelas TIC é tanto mais importante, se considerarmos os objetivos traçados para 2020, em matéria de economia de energia e de emissões de carbono: 20% de redução de emissões por comparação com os níveis de 1990 e 20% de percentagem de consumo de energias

renováveis no total do consumo da União Europeia.

Na comunicação da Comissão (COM (2008) 241 Final - Responder ao desafio da eficiência energética através das tecnologias da informação e das comunicações), apresenta-se um conjunto de ações para a redução da pegada de carbono do sector das TIC, reconhecendo-se o seu potencial como agente de melhoria da eficiência energética em toda a economia, com destaque para a rede elétrica, casas e edifícios inteligentes e iluminação inteligente.

A Recomendação CE (COM (2009) 111 final) de março, veio reforçar o papel TIC, tido como fundamental na transição para uma economia assente na eficiência energética e no baixo nível de emissões de GEE, com vantagens essenciais a dois níveis:

- Na redução da energia necessária para produzir um determinado serviço;
- No fornecimento da base quantitativa para a definição, aplicação e avaliação de estratégias no domínio da eficiência energética.

3.2.1. A eficiência energética e os desafios para o sector das TIC e telecomunicações

Em abril de 2006, a Diretiva 2006/32/CE, relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos, lançou as bases para a utilização de contadores inteligentes nas habitações ao determinar que os Estados-Membros assegurem que os consumidores finais de água e energia disponham de contadores individuais, a preços competitivos, que reflitam com exatidão o consumo real de energia do consumidor final e que deem informações sobre o respetivo período real de utilização.

As diretivas sobre gás e eletricidade relativas ao terceiro pacote legislativo, adotado em 2009, obriga os Estados-Membros a preparar um calendário para introdução de sistemas de contagem inteligentes. No caso da eletricidade, determina que pelo menos 80% dos clientes deverá estar equipado com contadores inteligentes até 2020, após estudo de impacto financeiro. No caso do gás natural, de acordo com a Diretiva 2009/73/CE, a instalação desses contadores deverá ser feita num "prazo razoável".

A legislação sobre edifícios procurou igualmente preparar a introdução de contadores inteligentes. Em abril de 2009, o Parlamento Europeu votou a inclusão de uma disposição na diretiva, relativa ao desempenho energético dos edifícios, requerendo

do a instalação de contadores inteligentes em todos os edifícios novos e em renovação. A Diretiva 2010/31/EU (que reformula a Diretiva 2002/91/CE) não foi tão longe, mas encoraja os Estados-Membros a promover a introdução de sistemas de contagem inteligentes em edifícios novos e nos existentes sujeitos a grandes renovações, incentivando igualmente a instalação de sistemas de controlo ativos — automatização, controlo e monitorização, destinados a poupar energia.

3.2.2. As regras de desenho ecológico

A conceção ecológica dos produtos é um elemento essencial na estratégia da UE para a política integrada dos produtos. A diretiva "Conceção Ecológica" (2005/32/EC) estabelece um quadro de definição dos requisitos comunitários de conceção ecológica dos produtos consumidores de energia, a cumprir por todos os produtos colocados no mercado interno, com vista à garantia da sua livre circulação e melhoria do seu impacto ambiental global.

Em julho de 2008 a CE aprovou uma proposta de diretiva (COM (2008) 399) para alargar o âmbito de aplicação da diretiva 2005/32/EC a todos os produtos consumidores de energia, que veio a ser adotada em 2009 (Diretiva 2009/125/CE). A diretiva em si não contém os requisitos, mas define princípios, condições e critérios para a sua fixação, através de regulamentos de implementação para determinados produtos. É o caso do regulamento 1275/2008 da CE, que dá execução à diretiva no respeitante aos requisitos de conceção ecológica para o consumo de energia do equipamento elétrico e eletrónico doméstico e de escritório, nos estados de «vigília» e de «desativação». Em 2009, o Regulamento 107/2009 da CE veio estabelecer requisitos de conceção ecológica para os decodificadores simples de televisão (*set-top boxes*) tais como: limites de consumo energético, função «estado de vigília», função de «desligamento automático» ou similar, que prevalecem sobre os definidos no Regulamento 1275/2008.

4. Consumos energéticos por sector económico

De acordo com as estatísticas oficiais da União Europeia [2], para efeitos da sua classificação a emissão de gases de efeito de estufa pode ser agrupada segundo as seguintes categorias e sub-categorias, de acordo com a sua origem:

- **Queima de combustíveis fósseis**

- **Indústrias de Energia:** energia elétrica

pública e de aquecimento; refinarias de petróleo; outras indústrias de energia;

- Produção e construção: Ferro e Aço: metais não ferrosos; químicos; pasta, papel e impressão; alimentos, bebidas e tabaco; transportes²;

- Outros sectores: comercial/ institucional; residencial; agricultura/ silvicultura/ pesca;

• Emissões fugitivas de combustíveis:

- Processos industriais;

- Uso de solventes e outros produtos;

- Agricultura;

- Resíduos.

A atividade industrial em geral abrange um conjunto vasto de atividades, empresas e tipos de trabalho, que vão do trabalho intensivo à quase total automatização da produção.

Há no entanto iniciativas em curso, em praticamente todos os sectores da economia, voltadas para a redução do consumo de energia. Apesar da motivação inicial ter sido, na maior parte dos casos, a redução de custos, o foco tem vindo a alterar-se no sentido da melhoria da eficiência energética e da redução das emissões de GEE.

As áreas endereçadas na procura de novas soluções de eficiência energética diferem bastante de sector para sector. Apesar de o impacto do consumo de energia no ambiente depender não só da quantidade de energia consumida, mas também das fontes utilizadas para a produzir, optou-se por uma abordagem centrada na maximização dos ganhos energéticos nos sectores económicos onde o consumo de energia (em números absolutos) pode ser mais reduzido através da introdução de serviços de telecomunicações e TIC na sua cadeia de valor.

4.1. Consumo de energia por tipo e sector

O consumo de energia por sector é um dos indicadores mais utilizados para aferir o progresso feito na redução do consumo de energia em diferentes sectores de utilização final [3]. Contudo, para que as medidas de melhoria da eficiência energética e redução de emissões de GEE tenham sucesso, é necessário perceber como é que a energia primária é utilizada e quais as motivações reais (dos utilizadores finais) por

detrás do consumo de energia, em cada sector económico.

Entre os anos de 2000 e 2008, o consumo final de energia na UE-27 aumentou 4,9%, passando de 1 120 para 1 175 milhões de toneladas de petróleo equivalentes (tep), ou seja, a uma taxa média superior a 0,61% ao ano, mais rápida do que a taxa de crescimento de 0,4% observada na década anterior [4]. O consumo de energia nos sectores dos serviços e dos transportes cresceu 34,4% e 21,1% respetivamente e no mesmo período, enquanto o consumo das famílias aumentou em cerca de 8,0% e o consumo na indústria caiu 11,7%.

Segundo dados de março de 2011 do Eurostat, o consumo final de energia na UE-27 diminuiu 5,5% entre 2008 e 2009, tendo-se verificado as maiores reduções no sector industrial e dos transportes, com 75% e 17%, respetivamente. Ainda que não existam dados oficiais que o comprovem, é possível que esta redução seja em parte motivada por alguns dos esforços em curso nos diversos Estados-Membros.

4.1.1. Sector residencial / famílias

O uso de energia no sector residencial representou cerca de 14% do consumo mundial de energia entregue em 2007. Na EU-27 o consumo de energia médio anual das famílias, entre 1990 a 2007, foi de 290 milhões tep.

4.1.2. Sector de serviços

O sector serviços representou cerca de 7% da energia total consumida nos países da OCDE em 2007, incluindo empresas, instituições e organizações fornecedoras de serviços. O uso de energia no sector está previsto crescer em média cerca de 1,5% ao ano entre 2007-2035.

4.1.3. Sector industrial

O sector industrial abrange um grande número de indústrias, incluindo manufatura, agricultura, mineração e construção. A procura de energia varia entre regiões e países, com base no nível da atividade económica, bem como com o nível de desenvolvimento tecnológico, entre outros fatores. Este sector utiliza mais energia do que qualquer outro sector de utilização final, tendo consumido em 2007 cerca de 51% do total de energia entregue na OCDE, sendo que o seu crescimento anual estimado é de 1,3%.

4.1.4. Sector dos transportes

O sector dos transportes representou cerca de 27% do consumo total mundial

de energia em 2007. Este número abarca a energia consumida em todos os movimentos de pessoas e mercadorias por via rodoviária, ferroviária e aérea, assim como por água e condutas. As taxas de crescimento da população e da atividade económica são os principais determinantes da procura de energia no sector dos transportes.

4.1.5. Agricultura

O sector agrícola da Europa a 27 países foi responsável em 2007 pela produção de 9% das emissões totais de GEE da UE-27. O consumo médio anual do sector agrícola foi neste período de 30,6 milhões de tep.

As emissões consideradas dizem respeito à fermentação entérica dos animais, gestão de dejetos, cultivo do arroz, solos e queima de resíduos agrícolas. Este volume de emissões equivale no entanto a uma redução de 20,5% em relação a 1990, o que se pode em parte explicar pela redução do número de animais nos novos Estados-Membros e à mudança na gestão de dejetos.

4.1.6. Consumo de energia dos operadores de telecomunicações

O aumento verificado no consumo de energia no sector das telecomunicações e TIC, está diretamente ligado à crescente procura de novos serviços e dispositivos. Os novos serviços interativos e conteúdos 'ricos', como a partilha de vídeo, jogos e outros conteúdos trocados de forma *peer-to-peer*, são os principais responsáveis pelo crescimento da fatura energética e correspondente aumento da pegada de carbono do sector.

Em 2002, o total das emissões incorporadas na infraestrutura foi de 133 MtCO₂e, prevendo-se que mais do que duplique até 2020, ano em que deverá atingir 299 MtCO₂e, correspondendo a uma taxa de crescimento anual de 5%. [1]

Em geral, os operadores de telecomunicações estão a adotar medidas de poupança energética, internas (ex. auto-geração, racionalização dos sistemas de climatização e iluminação), e externas, através da cooperação com fornecedores de equipamento, com vista à diminuição significativa do consumo de energia por cliente.

Ainda assim, o consumo de energia neste sector vai continuar a crescer nos próximos anos, uma vez que as melhorias na eficiência energética introduzidas não serão suficientes para compensar o aumen-

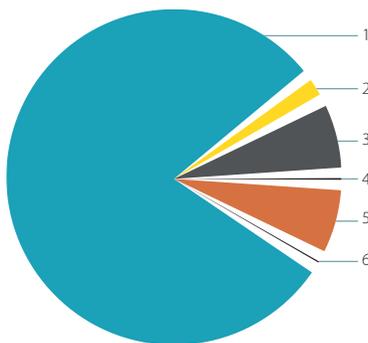
² Exceto transportes internacionais com origem na EU.

to esperado da procura, nomeadamente por parte das redes móveis.

4.1.7. Outros sectores económicos

As emissões não incluídas nos sectores ou subgrupos de atividades económicas anteriores, correspondem a um consumo de energia média anual de 14,7 milhões de tep na UE-27 no período de 1990 a 2007.

As medidas estatísticas das emissões de GEE na UE-27 em 2008 mostram que a maior parte é constituída por CO₂, enquanto as restantes são principalmente metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hexafluoreto de enxofre (SF₆), hidrofluorcarbonetos (HFC) e perfluorcarbonetos (PFC).



Legenda:

1. Dióxido de Carbono [CO₂] - 82,8%;
2. Hidrofluorcarbonetos [HFCs] - 1,4%
3. Óxido Nitroso [N₂O] - 7,3%
4. Per-fluorcarbonetos [PFCs] - 0,1%
5. Metano [CH₄] - 8,3%
6. Sulfur-hexafluorido [SF₆] - 0,2%

Figura 2 - Total de Emissões de GEE por tipo de gás, em equivalentes de CO₂ [UE-27, 2008]

5. Ativos-chave dos operadores

A construção de uma oferta de serviços de telecomunicações e TIC inovadores, para os diferentes sectores económicos, sustentável e com baixos índices de carbono, deverá assentar na rentabilização dos ativos-chave (atuais e futuros) dos operadores.

5.1. Infraestrutura

Um dos principais ativos dos operadores de telecomunicações é a sua base de dados de informação de clientes, construída ao longo do tempo com base nos serviços oferecidos. Para além desta, os sistemas de apoio às operações e aos negócios (OSS – *Operation Support System* e BSS – *Business Support System*), estão hoje no centro dos seus esforços para a automatização dos processos e para a padronização da informação demográfica de milhões de clien-

tes. Igualmente fundamentais, as redes de acesso (com e sem fios) e de núcleo, juntamente com os centros de processamento e armazenamento de dados, constituem ativos infraestruturais chave para o negócio atual e futuro.

5.1.1. Redes de acesso

Os operadores de rede de telecomunicações têm estado sob constante pressão para evoluir as suas ofertas ao longo da última década:

- **Acesso fixo:** A topologia FTTH (*Fibre-to-the-Home*) é hoje a tecnologia de fibra mais implantada nas redes de acesso na Europa, como é exemplo a arquitetura GPON (*Gigabit Passive Optical Network*), implantada em vários países. Para além desta, a tecnologia *gigabit Ethernet* está igualmente a conquistar espaço nas redes de agregação, substituindo as redes ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) tradicionais;
- **Acesso móvel:** Grande parte dos operadores móveis europeus migrou já para a tecnologia HSPA (*High Speed Packet Access*), estando já a testar soluções para a evolução para o LTE, que permitirá uma resposta satisfatória para altos débitos, permitindo soluções do tipo *multiple play* na rede móvel. Outras tecnologias, como as femtocélulas, estão entretanto a ser usadas recorrendo à sua ligação à rede de acesso fixa.

5.1.2. Redes de núcleo

A generalidade dos operadores europeus têm desenvolvido e atualizado as suas redes de núcleo ao longo do tempo, para satisfazer as necessidades de capacidade e de QoS exigidas por um número crescente de novos serviços. Também os mecanismos de diferenciação de serviço e engenharia de tráfego têm vindo a ser implementados, para garantir o restauro pronto das redes e melhor QoE para os clientes.

A construção de redes de nova geração (NGN/IMS - *Next Generation Network / IP Multimedia Subsystem*), irá melhorar as respostas do operador em termos de *time-to-market*, constituindo um trunfo importante para a integração de serviços para o cliente final.

5.1.3. Data centres (DC)

As infraestruturas de *data centre* são hoje ativos cada vez mais fundamentais nas operações das redes de telecomunicações, permitindo a introdução de serviços inovadores, como o alojamento *Web*, serviços de estatísticas, *backups online*, virtua-

lização de aplicações, etc. Neste cenário, um operador de telecomunicações pode atuar como integrador de serviços e de rede, otimizando recursos em termos de capacidade, memória, consumo energético, ferramentas de segurança, etc., permitindo ao cliente focar-se no seu negócio *core*.

5.2. Segurança de rede

Os avanços na tecnologia e o constante aparecimento de novos serviços impõem novos desafios de segurança na manutenção da integridade dos dados e prevenção de ataques, especialmente quando os serviços se expandem para além da rede do operador.

Os operadores de telecomunicações trabalham de há muito com os organismos de normalização na busca de soluções cada vez mais adequadas aos problemas de segurança de rede, incluindo, entre outros, aspetos como a gestão de identidade, a aplicação de criptografia na certificação das ligações e da identidade dos utilizadores e prevenção de ataques em geral. A oferta de serviços de segurança inclui, entre outros, VPN (*Virtual Private Network*) seguras, serviços centralizados e personalizados de *firewall* para controlo do acesso a dispositivos específicos ou para diferenciação de protocolos de comunicação, ou oferta personalizada de soluções antivírus, *spam* e DoS (*Denial of Service*).

5.3. Sistemas de suporte ao negócio

O mercado das telecomunicações caracteriza-se por uma enorme competitividade e volatilidade, colocando grande pressão sobre os fornecedores de serviços na atualização e diversificação contínua dos seus produtos, mantendo ou mesmo baixando os preços finais.

Para que possam dar uma resposta adequada e atempada ao mercado, os operadores têm que desenvolver processos, suportados em ferramentas integradas de apoio às operações e ao negócio, que lhes confirmam a agilidade necessária na alteração dos processos de negócio associados.

Muitos dos atuais sistemas de apoio às operações e ao negócio (OSS/BSS) não foram projetados para se adaptar rapidamente às rápidas mudanças das condições de negócio, tornando bastante complexa e cara a sua adaptação. Além disso, a integração de várias aplicações, que foram projetadas como soluções independentes, é algo demorado e dispendioso, o que constitui uma dificuldade relevante, que é necessário ultrapassar, no caminho para redes de nova geração baseadas em arquiteturas evolutivas e integradas.

5.4. Atendimento ao cliente

Os processos de relacionamento com clientes englobam todos os aspetos da ligação entre a empresa e os seus clientes. Na maioria dos operadores, a recolha e armazenamento dos dados relativos aos seus clientes, necessários entre outras para as funções OSS/BSS, está centralizada num repositório central de dados, usado para operações de correlação e agregação com fins comerciais. A previsão de compras ou de gastos futuros, a manutenção e a atualização das tendências de consumo dos clientes, é feita à custa de ferramentas de *software* específicas, capazes de analisar grandes volumes de dados e inferir comportamentos futuros em termos do consumo de serviços.

O desenvolvimento de novos serviços de promoção da eficiência energética, pelo elevado número de medidas e correlações que acarretam, colocarão exigências especiais nesta área.

5.5. Terminais e App Stores

As lojas de aplicações são uma realidade que emergiu em força após o sucesso

da *App Store* da Apple, eliminando os operadores da cadeia de valor entre fornecedores e clientes finais, na venda de conteúdos. No caso particular da Apple, o seu modelo de negócios baseia-se na manutenção da sua vantagem, combinando *hardware* atrativo com conteúdos e um serviço de faturação confiável, integrado e simples.

A situação única neste mercado é que não é preciso ter grande dimensão ou fazer grandes operações de marketing para ter sucesso.

Apesar do reduzido peso específico dos operadores na cadeia de valor das *App Stores*, estes possuem argumentos importantes para o aumento da experiência do cliente (QoE – *Quality of Experience*), utilizando os seus ativos mais importantes. Ao disponibilizar recursos centrais das redes e plataformas de serviços aos desenvolvedores de aplicações, poderão ser encontradas situações do tipo *win-win*, alcançando e criando novos mercados. Por exemplo, os ativos de controlo de custos e faturação podem proporcionar uma

experiência intuitiva de pagamento aos clientes, sem necessidade de cartões de crédito, ou outras entidades de mediação.

A capitalização dos ativos dos operadores, investidos em conceitos do tipo *App Store*, permitirá reforçar a relação com os clientes finais e ocupar um papel de relevo na cadeia de valor dos conteúdos, promovendo a compatibilidade entre aplicações e entre terminais.

A Tabela 1 mostra um conjunto de tecnologias que podem ser endereçadas pelos operadores, em cada um dos sectores da cadeia de valor, na perspetiva do aumento da eficiência energética.

6. Cenários de oportunidade

Em Setembro de 2009, a CE publicou os resultados de uma consulta pública sobre o papel das TIC na transição para uma “sociedade de baixo carbono”, destinada a avaliar a capacidade dos diferentes *stakeholders* para implementar as medidas necessárias nesse sentido.

Enablers telecomunicações e TIC	Sector económico / atividade			
	Telecomunicações e TIC	Cidades e vida urbana	Residências e edifícios de serviços	Produção e distribuição de energia
Acesso sem fios	HSPA/3G, LTE, WiFi, WiMAX	HSPA/3G, LTE, WiFi, <i>femtocells</i>	HSPA/3G, <i>femtocells</i> , WiFi	HSPA/3G, LTE, WiMAX
Acesso cablado	FTTH/GPON, xDSL, VPN, <i>Ethernet</i>	xDSL, FTTH/GPON, <i>Ethernet</i>	xDSL, FTTH/GPON, <i>Ethernet</i>	xDSL, FTTH/GPON, <i>Ethernet</i> , VPN
Núcleo	NGN/IMS, MPLS-TP, <i>Ethernet</i>	NGN/IMS, MPLS-TP, <i>Ethernet</i> , Ótica/WDM	<i>Ethernet</i> , MPLS-TP, Ótica/WDM, NGN/IMS	Ótica/WDM, MPLS-TP, <i>Ethernet</i>
Data Centre	<i>Data storage, data mining</i> , IaaS, SaaS (ex. gestão de frotas)	<i>Data storage, data mining</i> , IaaS, SaaS (contexto)	<i>Data storage, data mining</i> , IaaS, SaaS	<i>Data storage, data mining</i> , IaaS, SaaS
Segurança	IaaS, M2M, VPN, gestão de identidades	Gestão de identidades M2M, <i>firewall</i> centralizado	M2M, <i>firewall</i> personalizado, certificados	IaaS, M2M, VPN, <i>Firewall</i> centralizado, gestão de identidades
Terminais	Sensores, NFC, PDA, <i>Laptop PC</i> , STB	PDA's, <i>Laptop PC</i> , STB, Sensores	Sensores, <i>Laptop PC</i> , STB, <i>Home Gateways</i>	Sensores, <i>Laptop PC</i> , STB, <i>Home Gateways</i>
Faturação	Cobrança baseada no serviço, e-Pagamentos	e-Pagamentos, gestão de transações	Gestão de transações, faturas, e-Pagamentos	Faturação, gestão de transações
Customer care	<i>Call Centre</i> , portais baseados em IVR	<i>Call Centre</i> , portais baseados em IVR (<i>delivery/activation</i>)	<i>Call Centre</i> , portais Web	<i>Call Centre</i> , portais Web
OSS	Sistemas de recolha de alarmes, medidas /relatórios KPI	Gestão da orquestração de serviços e relatórios KPI	Sistemas de recolha de alarmes, medidas /relatórios KPI	Provisão do serviço, medidas / relatórios KPI
Entrega de conteúdos	Informação de contexto, <i>streaming</i> vídeo / áudio	<i>Media social</i> , dados de supervisão, ...	Informação do custo da energia, ...	Informação ambiente, custo da energia, ...

Tabela 1 - Tecnologias-chave por sector

As conclusões desse estudo vieram evidenciar a necessidade da adoção de estratégias mais abrangentes, centradas em aplicações e infraestruturas de TIC, para redução da pegada de carbono em todos os sectores da economia. Estas conclusões foram refletidas numa Recomendação da CE [5], onde se aponta um conjunto de áreas de maior potencial de sucesso para as estratégias de redução de emissões de GEE e aumento da eficiência energética:

- *Smart metering e smart grids;*
- Habitações e edifícios de serviços;
- Transportes e logística;
- *Smart cities.*

A área das cidades inteligentes (*Smart Cities*) é referenciada pelo papel que as TIC e telecomunicações representam hoje na sustentabilidade e na governação, ao nível local e regional [6].

6.1. Serviços de otimização do consumo energético

A oferta dos operadores, de novos serviços e aplicações para a otimização generalizada dos consumos energéticos, suportados em serviços de telecomunicações e TIC, dois cenários de oportunidade foram identificados:

- Otimização do consumo nas habitações;
- Serviços para implementação de smart grids.

A combinação dos dois cenários constitui ela própria um cenário de oportunidade de aplicação das TIC na cadeia de valor global das redes de energia inteligentes.

6.1.1. Otimização do consumo nas habitações

De forma a alcançar uma redução significativa do consumo de energia e a otimização da sua utilização nas habitações, é necessário que o controlo de todos os equipamentos elétricos (ex. iluminação, climatização) se faça dentro de uma malha de realimentação que englobe as condições ambientais e climatéricas, disponibilidade energética e tarifários, e as necessidades reais dos utilizadores finais.

Assim, o sistema de controlo energético deverá poder controlar dinamicamente toda a aparelhagem elétrica e eletrónica, de forma a baixar a fatura de energia final, atenuando em simultâneo os picos de corrente nas redes de transporte e distribuição, reduzindo assim perdas (que contribuem para o aumento das "emissões fugitivas") e aumentando a eficiência energética global.

Este controlo do consumo (e produção) doméstico de energia será feito através da ligação de todos os equipamentos a uma *gateway* de controlo energético, seguindo uma arquitetura idêntica à apresentada na Figura 3.

O utilizador final pode assim aceder remotamente ao serviço, seja através de um *smartphone* ou de um *browser Web* pela rede fixa. Independentemente do meio utilizado, o cliente poderá criar o seu perfil, definindo os seus hábitos de consumo e tarifário contratado, assim como definir e agendar tarefas (ex. programar horários de funcionamento, a sua própria estrutura energética).

6.1.2. Serviços para smart grids

As requisitos que se colocam às infraestruturas de comunicação necessárias para suportar os serviços das *smart grids*, podem ser sumariadas em cinco categorias:

- Apoio à gestão descentralizada dos fluxos de energia independentes;
- Elevada disponibilidade dos serviços de recolha, processamento e previsão de consumos em tempo real;
- Gestão em tempo real dos fluxos de energia, à escala local e global;

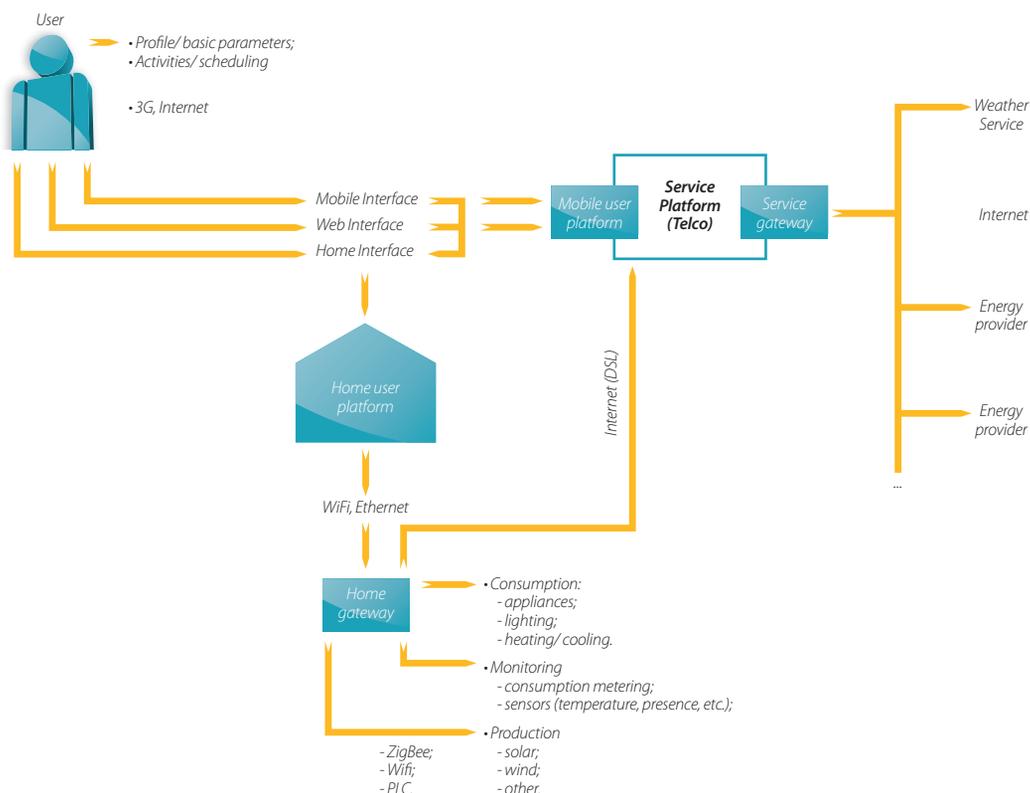


Figura 3 - Serviço de otimização do consumo de energia nas habitações

- Elevados requisitos de segurança;
- Facilidade de acesso e utilização por todos — fornecedores de energia, distribuidores, consumidores, etc.

Os serviços a fornecer pela infraestrutura incluem a conectividade ente os equipamentos, sistemas e redes, e a interligação das plataformas de gestão das *smart grids* (ver Figura 4).

6.2. Serviços de otimização do consumo energético nos transportes e logística

Os cenários de oportunidade que se abrem no sector da logística e transportes, para a oferta de novos serviços de telecomunicações e TIC, estão diretamente associados aos atributos de mobilidade e ubiquidade no acesso às redes.

Sendo um dos principais contribuintes líquidos para as emissões de GEE para atmosfera, o sector poderá obter economias importantes de energia provenientes da utilização de serviços baseados em telecomunicações e TIC, tais como serviços de gestão de frotas, ou de integração de processos de negócio entre *stakeholders* (ex. operadores de logística, operadores de infraestruturas, utilizadores finais).

A existência de tempos mortos ao longo da cadeia de valor acarreta forçosamente custos adicionais de armazenagem e processamento de mercadorias, assim como a diminuição da qualidade da experiência dos utilizadores, no caso do transporte de pessoas. Monitorizar e gerir fluxos complexos de pessoas e mercadorias, requer capacidade de acesso em tempo real a informação de localização e de contexto, tais como condições atmosféricas, taxas de portagens ou informações de emergência, para referir apenas algumas.

A construção de um sistema integrado, suportado numa plataforma de serviços única fornecida pelo operador de telecomunicações, resultará num aumento substancial da eficiência na utilização dos recursos e, por conseguinte, da melhoria das margens dos negócios.

Para os utilizadores finais, a oferta de serviços especialmente talhados para a otimização do consumo e eficiência no sector dos transportes e logística traduzir-se-á em maior flexibilidade na organização do trabalho e da vida familiar, reduzindo custos e rentabilizando o tempo.

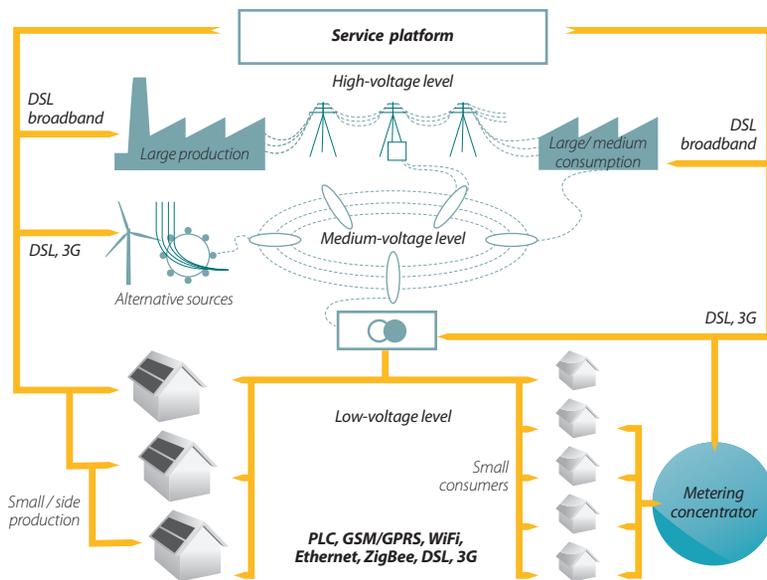


Figura 4 - Modelo de conectividade - *Smart grids* na produção, distribuição e consumo de energia elétrica

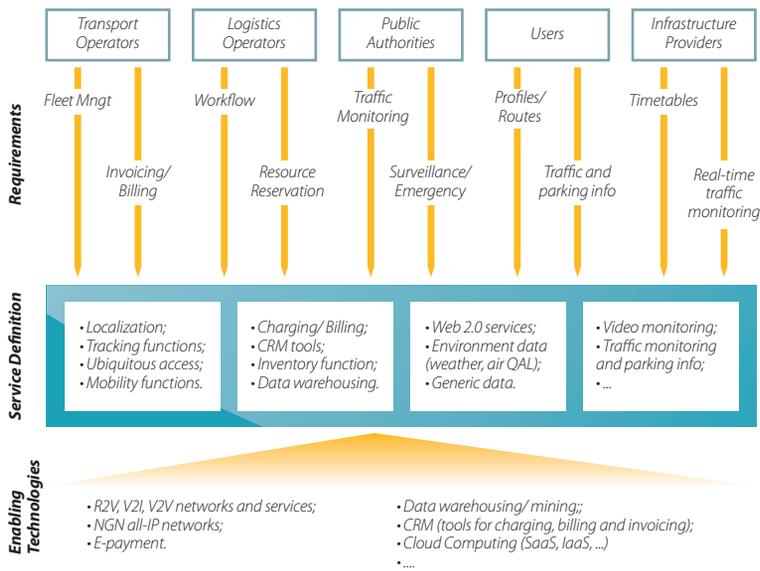


Figura 5 - Diagrama funcional genérico dos serviços para os transportes e logística

6.3. Serviços de otimização energética no ambiente das cidades - Smart cities

A redução das emissões de GEE e poupança energética podem igualmente ser obtidas de forma indireta, através do recurso a meios e serviços eletrónicos (*e-Services*) como forma de substituir ou encurtar tarefas. Os *e-Services* podem ser usados para

evitar viagens desnecessárias, reduzir o consumo de papel, otimizar a climatização de edifícios públicos, etc.

A título de exemplo, podem citar-se os seguintes exemplo de *e-Services*, cujo potencial surge normalmente referenciado como mais promissor para a redução do consumo energético:

- **e-Health:** Os cuidados de saúde suportados em serviços de comunicação eletrónica, para efeitos de prática clínica, formação e treino ou fins meramente administrativos, têm vindo a ser desenvolvidos desde, a década de 90, do século passado. Há no entanto ainda um enorme potencial para explorar nesta área;

- **e-Government:** A utilização da internet e dos serviços na *Web* para troca de informação entre os cidadãos e as instituições governamentais, sofreu um forte incremento com o *dealbar* da chamada *Web2.0*. Atualmente assiste-se a um incremento acentuado deste tipo de serviço, que se espera venha a atingir especial dimensão na Ásia, onde a *Web2.0* está ainda a dar os primeiros passos;

- **e-Learning:** O ensino/aprendizagem apoiados em meios eletrónicos (telecomunicações e TIC), são igualmente importantes contribuintes líquidos para a redução do consumo energético, em ambientes urbanos, reduzindo viagens, consumos de papel, etc.

Outros serviços como o tele-trabalho, as tele-reuniões ou os jogos em rede (*online gaming*), são igualmente potenciadores do aumento da eficiência energética e redução das emissões de CO2 e outros gases com efeito de estufa. Os operadores têm aqui oportunidade de aumentar o leque de serviços oferecidos e o seu grau de ligação ao cliente.

7. Estratégias para o fornecimento dos serviços

Tão importante como a tecnologia, o posicionamento dos operadores na cadeia de valor de um sector específico do mercado e o modelo de negócio adotado, são fatores determinantes do sucesso de qualquer estratégia.

A proposta de valor a criar em cada negócio e para cada sector económico, depende diretamente das funcionalidades e do modelo seguido para a oferta do serviço. A construção de oferta por parte dos operadores deverá ser feita com base nas suas áreas de experiência tradicionais, complementadas com soluções de TIC internas e de parceiros estratégicos, combinadas por forma a atingir o ponto ótimo de criação de valor. Os modelos de negócio a adotar deverão favorecer a perceção de possíveis cenários *win-win* por todos os *stakeholders*.

<i>Third-party Business Enablers</i>	<i>Make telecom operators' most important assets available to third-party service providers - BSS tools (e.g. CRM – Custom Relationship Management , billing, payments), identity and authentication, marketing and advertising, etc.</i>
<i>Embedded Communications</i>	<i>Integrate basic telecom communication services (e.g. voice, messaging, M2M, localization, mobility, etc.) with third-parties, to build segment oriented communications-enabled solutions.</i>
<i>Over-the-Top (OTT) Services</i>	<i>Develop in house network-independent applications for each specific sector/activity, to provide "over-the-top" solution to the end users and accelerate market capture.</i>
<i>Infrastructure Wholesale Services</i>	<i>Extend wholesale corporate offer from traditional network services to infrastructure, such as mobile off load, data centre capabilities, etc.</i>
<i>Telecom Basic Services</i>	<i>Telecommunications and ICT vertical solutions for corporate clients; leveraging online sales channels and enhanced end user interaction and self-care.</i>

Tabela 2 - Oportunidades de criação de valor pelos Operadores de Telecomunicações

No âmbito do estudo P2054 do Eurescom [8], e em face dos sectores e áreas da atividade económica tidas como relevantes para o investimento em soluções de eficiência energética, identificaram-se cinco linhas de atuação estratégica a seguir pelos operadores, Tabela 2.

As primeiras três oportunidades constantes da Tabela 2 — facilitadores de negócios em parceria, serviços de comunicação embebidos nos processos de negócio e oferta de serviços *over-the-top*, são sem dúvida as mais promissoras para os operadores de telecomunicações [7].

Genericamente, o sucesso das estratégias para introdução de serviços para a melhoria da eficiência energética, em qualquer um dos sectores económicos e mercados aqui considerados, depende da sua aderência a três vetores orientadores da construção da oferta e dos modelos de negócio:

- Acrescentar 'inteligência' aos processos tradicionais de negócio;
- Evoluir no sentido da adoção de modelos de "customer ownership perception";
- Estabelecer uma relação estreita entre as ferramentas próprias do segmento de mercado em questão e as plataformas de serviços em tempo real integradas.

Mais do que a soma aritmética das funcionalidades e vantagens de um conjunto de serviços standard pré-definidos, a oferta dos operadores deverá orientar-se no sentido de procurar:

- **Sinergias internas:** A combinação dos serviços das redes fixa e móvel

debaixo de um paradigma de *Cloud*, facilitadores da consolidação da "Internet das coisas", orientada para os serviços de eficiência energética. Estas sinergias podem ocorrer interna ou externamente, através da integração de serviços de parceiros.

- **Potenciar os ativos diferenciadores:** A integração de serviços como a voz, os serviços de mensagens ou de localização, com serviços e TIC de terceiros, embebendo esses serviços nos processos de negócio de cada sector, permitirá consolidar e conquistar importância nas respectivas cadeias de valor.

Ativos fundamentais dos operadores, como é o caso das bases de dados de informação de cliente, ou os centros de recolha e processamento de dados, permitirão aos operadores acrescentar valor à informação específica dos processos de negócio de cada sector, nomeadamente:

- Reduzindo a taxa de degradação da qualidade da informação ao longo do tempo;
- Encurtando o tempo de acesso à informação relevante;
- Aumentando a usabilidade da informação (facilidade em aceder e manipular);
- Melhorando a eficácia da informação, tornando-a relevante para mais do que uma finalidade ou processo;
- Tornando a informação adequada a vários tipos de terminal (conversão de meio, filtragem e formatação).

- **Outsourcing seletivo:** A colocação de especialistas externos, selecionados, a

trabalhar em conjunto com as equipas envolvidas no desenvolvimento de soluções sectoriais específicas, permitirá reunir um conjunto alargado de conhecimento e competências, necessários à redução do *time to market* dos novos serviços.

Esta decisão deve contudo ser precedida de uma análise cuidada sobre qual o *know-how* que deverá ser desenvolvido e mantido dentro da empresa, e qual aquele que poderá ser colocado no exterior. Um ecossistema e uma política de parcerias cuidada permitirão construir soluções inovadoras, que rompam com a oferta tradicional em cada sector, evoluindo para um modelo de negócios centrado no cliente.

• Desenvolvimento de competências híbridas

A aquisição de conhecimento sobre cada sector em particular, nomeadamente sobre os seus principais *stakeholders*, processos e modelos de negócio, é fundamental para o sucesso de qualquer estratégia para o fornecimento de serviços.

Por último, é necessário referir um aspeto fulcral que condiciona qualquer estratégia dos operadores de telecomunicações – o grau de maturidade dos seus sistemas de apoio às operações e ao negócio (OSS/BSS). Estes sistemas são núcleo central onde reside toda a informação demográfica de milhões de clientes, necessária para a automatização de qualquer processo de negócio. Sistemas OSS/BSS evoluídos e maduros darão aos operadores uma vantagem competitiva assinalável sobre os atuais e futuros concorrentes, permitindo-lhes construir uma oferta com níveis de serviço (SLA – *Service Level Agreement*) garantidos e auditáveis.

As oportunidades de negócio para os operadores, na área dos serviços e aplicações para melhoria da eficiência energética e redução de emissões de GEE, deverão ser alicerçadas num conjunto de soluções diferenciadoras, fornecidas segundo um modelo de *“one-stop-shopping”*, com um elevado grau de valor acrescentado à informação que circula nas cadeias de valor de cada sector económico.

9. Conclusões

Na construção da oferta de aplicações e serviços de telecomunicações e TIC para melhoria da eficiência energética, há alguns *drivers* tecnológicos importantes a ter em conta, no sentido de aproveitar o seu efeito acelerador da perceção do valor criado pelos operadores.

Neste sentido, o portefólio de produtos e serviços para redução do consumo energético e diminuição das emissões de GEE para a atmosfera, deverá incluir as seguintes categorias de serviços e soluções tecnológicas:

- Serviços para otimização e redução do consumo energético;
- Serviços para diminuição, por via indireta, em sectores económicos caracterizados pelo seu elevado consumo energético;
- Implementação de tecnologias de rede e plataformas de serviços de telecomunicações e TIC de baixo consumo;
- Desenvolvimento de serviços electrónicos (*e-Services*) que contribuam para a redução global do consumo de energia;
- Desenvolvimento e implementação de tecnologias facilitadoras da criação de serviços de baixo consumo energético.

Segundo vários estudos sobre eficiência energética, o potencial intrínseco das soluções baseadas em serviços de telecomunicações e tecnologias de informação e comunicação, para melhoria da eficiência energética, estende-se a praticamente todos os sectores económicos, com especial enfoque nos sectores mais consumidores de energia, como a indústria transformadora, os transportes e logística e o sector residencial. Os ganhos esperados da introdução desta nova gama de serviços podem, ainda segundo esses estudos, atingir os 15% em 2020.

O portefólio de produtos e serviços dos operadores deverá incluir, entre outros:

- Serviços de informação e controlo de tráfego rodoviário em tempo real;
- Serviços de localização e gestão centralizada de frotas;

- Serviços de segurança distribuídos e controlo de acesso a redes privadas virtuais;
- Serviços de *smart metering*;
- Serviços e aplicações de controlo de redes domésticas e habitações inteligentes;
- Serviços de vigilância e gestão de espaços públicos;
- Aplicações e serviços para as áreas da tele-saúde, tele-ensino e tele-formação.

A presença dos operadores de telecomunicações nestes mercados, deverá ser marcada pela sua reconhecida competência como integradores de soluções de elevada complexidade, atuando sobre diversos canais de acesso aos clientes finais. A capacidade que os operadores detêm de recolher e processar milhões de transações por segundo nas suas plataformas de gestão de serviços, confere-lhes uma vantagem assinalável sobre os potenciais concorrentes, que é ainda acrescida pela longa relação mantida com os clientes (utilizadores finais e fornecedores de energia).

Pelo elevado potencial de diminuição do consumo energético, e também pela quantidade de emissões de CO2 e outros GEE implicadas, as principais oportunidades de negócio para os operadores situam-se nas seguintes áreas:

- Redução do consumo energético em habitações e edifícios de serviços;
- Produção e distribuição de energia eléctrica (*Smart Grids*);
- Transportes e logística;
- Serviços eletrónicos (*e-Services*), incluindo serviços públicos para os cidadãos e serviços de poupança indireta de energia (tele-saúde, tele-ensino, etc.).

Finalmente, os modelos de negócio a adotar em cada caso deverão ser sempre estabelecidos em função do papel que os operadores pretendem assumir na cadeia de valor em questão. A oferta de produtos e serviços deverá focalizar-se nos pro-

cessos mais relevantes e nos *stakeholders* charneira de cada cadeia.

A determinação da proposta de valor a apresentar ao mercado, em função das necessidades dos clientes e na perspetiva dos operadores de telecomunicações, deverá tomar em consideração os seguintes critérios:

- Impacto na imagem dos Operadores na sociedade e no mercado (*customer loyalty*);
- Nível de retorno financeiro imediato expectável;
- Possibilidade de entrar no mercado através do estabelecimento de parcerias estratégicas (*quick win opportunities*);
- Potencial de replicação das soluções e encurtamento do *time to market*; e
- Capacidade de evolução das soluções introduzidas no mercado e suporte ao cliente.

As estratégias a seguir em cada sector e área de intervenção, derivarão da combinação, devidamente analisada e ponderada, de todos estes fatores e condicionantes.

Referências

- [1] *The Climate Group on behalf of the Global eSustainability Initiative (GeSI), "SMART 2020: Enabling the low carbon economy in the information age", 2008*
- [2] Eurostat, http://ec.europa.eu/energy/publications/doc/statistics/ext_greenhouse_gas_emissions_by_sector.pdf
- [3] EEA - *European Environment Agency*, <http://www.eea.europa.eu/>
- [4] http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Sustainable_development_-_Consumption_and_production
- [5] CEC, "*Recommendation on mobilising Information and Communications Technologies to facilitate the transition to an energy-efficient, low-carbon economy*", Outubro 2009[5]
- [6] CEC, "*Public Consultation on Information and Communication Technologies for a Low Carbon Society*", Setembro 2009
- [7] STL Partners, "*The road to new Telco 2.0 Business Models*"
- [8] Eurescom project 2054, Deliverable1: "*Energy Efficiency – Business opportunities for telecom operators*", 2011

João Bastos, Licenciatura em Engenharia Electro-técnica - Ramo de Telecomunicações - pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Curso de Especialização do Mestrado em Organização e Sistemas de Informação, pela Universidade de Évora.

Ingressou no Centro de Estudos de Telecomunicações (CET) em 1983, como engenheiro de desenvolvimento, tendo desde então participado em vários projetos nacionais e internacionais de investigação aplicada nas áreas das infraestruturas, serviços e sistemas de banda larga. Liderou ainda as áreas das tecnologias para a Sociedade da Informação e o Gabinete de Consultoria Tecnológica da PT Inovação.

Os seus interesses técnicos atuais centram-se na área da gestão estratégica e do estudo dos impactos dos sistemas de informação e das tecnologias de comunicação nas organizações.

Exerce atualmente funções na área da Coordenação Tecnológica da PT Inovação.

Isabel Borges, Licenciada em Engenharia Electrónica e Telecomunicações pela Universidade de Aveiro. Mestrado em Engenharia Electrónica e Telecomunicações e Pós-graduação em Microondas pela Universidade de Aveiro, tendo lecionado aulas práticas de Propagação Guiada do curso de Eng.^a Electrónica e Telecomunicações.

Ingressou na PT Inovação em 1991, onde trabalhou nas áreas de Investigação Aplicada em Redes Ópticas, Prospetiva e Integração Tecnológica, Tecnologias de Banda Larga, Tecnologias e Sociedade da Informação, Consultoria e Sociedade de Informação. Atualmente integra a área de Gestão do Conhecimento, Inovação e Qualidade da PT Inovação.

Os seus interesses situam-se nas áreas da Qualidade de Serviço em redes IP, VoIP e os desafios da evolução da Internet. É autora ou coautora de várias publicações sobre os temas acima mencionados e revisora da *IEEE Communications Magazine*.

Isilda Costa, Licenciada em Direito pela Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra.

Pós-Graduações em Estudos Europeus pela Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra, em Direito da Comunicação pelo Instituto Jurídico da Comunicação da Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra e em Economia e Gestão da Propriedade Industrial pelo Instituto Superior de Economia e Gestão.

Desde 1989 jurista na PT, atualmente a exercer funções na PT Inovação.

02

M2Operador

palavras-chave:
Cenários, M2M, Modelos de Negócio



Filipe Cabral Pinto



Fernando Santiago



Ricardo Ferreira



Francisco Gonçalves



Daniel Corujo
(IT)



Rui Aguiar
(IT)

Inúmeras previsões apontam para que nos próximos anos haja um crescimento significativo do mercado Máquina-a-Máquina. Muitos destes dispositivos estarão ligados à internet, dando origem à propalada *Internet of Things*. A crescente integração de múltiplos sensores em dispositivos móveis permite a extração de uma grande quantidade de informação, potenciando a sua utilização na dedução do(s) estado(s) em que o utilizador, serviços ou outros dispositivos, se encontram. Essa informação contextual extraída da informação sensorial pode e deve ser utilizada na oferta de novos serviços assentes em redes mais eficazes e dinâmicas, e com maior taxa de aceitação pelo utilizador. Este artigo pretende descrever cenários de utilização da informação provinda dos mais variados tipos de sensores e evidenciar os modelos de negócio que exponham o papel do Operador no mundo das comunicações Máquina-a-Máquina.

1. Introdução

As comunicações Máquina-a-Máquina (M2M) possibilitam a troca de informação automática, sem intervenção humana, entre dispositivos e sistemas. Os dispositivos sensoriais, recorrendo a tecnologias com ou sem fios, transferem eventos informativos para aplicações, que, por sua vez, disponibilizam informação útil a pessoas ou a sistemas, gerando valor. Seguindo a tendência da *Internet of Things* (IoT), a associação dos diferentes dispositivos à estrutura da internet facilita a introdução de mais e melhores serviços, constituindo um mecanismo fundamental para a aproximação entre os mundos físico e digital.

Esta temática é uma área estratégica: a forte diminuição dos custos na produção de sensores e a disseminação global de infraestruturas de comunicação abrem portas ao negócio M2M. Tal como referido em [1] é expectável que as comunicações M2M venham a envolver um mercado de vários biliões de Euros só na Europa. Esta área é assim um mercado de elevado potencial e uma oportunidade de crescimento para os vários *stakeholders* envolvidos na complexa, frequentemente heterogénea, e normalmente fragmentada, cadeia de valor associada a esta temática, nomeadamente fabricantes de ativos, fabricantes de dispositivos, operadores de telecomunicações, fornecedores de plataformas de serviços, integradores de sistemas/ aplicações e fornecedores de soluções M2M *end-to-end*.

Torna-se premente o correto posicionamento do Operador de Telecomunicações na sua cadeia de valor. Com este artigo pretende-se teorizar sobre diversos cenários de utilização das comunicações e *Service Enablers* M2M, salientando o papel do

operador. O Grupo PT deverá antecipar-se de forma a tornar-se uma referência nesta área em grande expansão.

A estrutura do presente artigo está dividida da seguinte forma: A secção 2 apresenta cenários de utilização M2M e o atual estado da arte, evidenciando as tendências normativas; na secção 3 abordam-se os modelos de negócio que facilitam a entrada do operador nas comunicações M2M. É também apresentada atual visão da plataforma SDP (*Service Delivery Platform*) M2M da PTIN que facilita a criação de *Smart Services* M2M. Por fim, a secção 4 sumariza as principais conclusões.

2. Estado da arte em arquiteturas M2M

Os cenários de utilização do M2M atualmente reconhecidos são vastos e cruzam os mais variados sectores de atividade, como ilustrado na tabela 1

Estes cenários sublinham também as necessidades de interação e colaboração entre os diferentes sistemas envolvidos, permitindo não só definir os processos iterativos entre as entidades baseadas em tecnologias M2M, mas também estruturar e uniformizar a estrutura da informação trocada.

Áreas	Exemplos
Telemetria	Electricidade Gás Água Aquecimento
Manutenção e Controlo Remotos	Diagnóstico do estado dos veículos Diagnóstico do estado dos elevadores Máquinas de venda automática Equipamento de automação de iluminação
Segurança	Controlo de Acessos Condução segura
Saúde	Monitoria de sinais vitais Apoio a idosos e incapacitados Diagnóstico remoto
Transportes	Gestão de Frotas Informações de trânsito Otimização de tráfego <i>Pay as you drive</i> Gestão da navegação

Tabela 1- Cenários de utilização do M2M

Com efeito, os avanços atualmente desenvolvidos no âmbito da miniaturização eletrónica têm permitido o acoplamento de dispositivos eletrónicos em diversos objetos e espaços, tornando-os em ambientes inteligentes. Em paralelo com as evoluções afetas às mais diversas tecnologias de ligação em redes de telecomunicações (em particular, redes sem fio), a capacidade de aceder de forma remota a estes dispositivos permite a exploração da sua interação autónoma. Nesse sentido, têm vindo a ser desenvolvidos processos que visam facilitar e otimizar a comunicação M2M, não só entre os dispositivos, mas também entre os mesmos e outros sistemas.

A crescente massificação de conceitos e soluções associados ao M2M tem impulsionado a sua normalização, onde organismos como o 3GPP, sob a alçada do grupo *Machine Type Communications* (MTC), têm vindo a especificar arquiteturas e protocolos [2] funcionais, tendo em conta um conjunto alargado de requisitos [3][4] com vista à abrangência e eficácia das comunicações envolvidas. Focando a integração de serviços, o ETSI criou um grupo de trabalho específico, o *Technical Committee M2M* (TCM2M), onde são analisados os requisitos funcionais de M2M [5] numa perspetiva de serviços [6].

De igual forma, este conceito tem vindo a atrair o tecido de inovação no âmbito de projetos de investigação europeus tais como o projeto LOLA [7], explorando o potencial tecnológico na área das telecomunicações móveis e redes de sensores.

Distinguem-se também duas áreas inovadoras que surgem associadas a estes conceitos. Com a proliferação de diferentes dispositivos com as mais diversas características e requisitos, torna-se necessário o desenvolvimento de mecanismos que facilitem e otimizam o seu acesso [8]. Por outro lado, a forma como é processada a informação, de forma a potenciar a sua utilização por parte de diversos serviços, necessita de ser referenciada com base não só no contexto da sua criação, mas também na sua disseminação [9].

3. Arquitectura orientada ao modelo de negócio

3.1. Modelos de negócio

O mercado desta importante área tecnológica encontra-se atualmente em fase de transição, de uma situação de nicho para uma expectável massificação a ocorrer nos próximos anos. Entre os princípios *drivers* desta mudança destacam-se os seguintes:

- Tendência crescente de aparecimento no mercado de dispositivos "network-enabled";
- Diminuição de custos dos dispositivos e módulos comunicacionais;
- Procura crescente de soluções para incremento da eficiência operacional e redução de custos;
- Aumento das iniciativas regulamentares em diversos sectores envolvendo serviços M2M;
- Aumento do nível de cobertura e desempenho das redes de comunicações (fixas e móveis);
- Novos paradigmas de disponibilização de *software* (designadamente modelos SaaS e PaaS) e infraestruturas de *Cloud Computing*;
- Recente lançamento das bases e iniciativas de normalização necessárias à consolidação do mercado.

Atentos a este mercado e aos interesses por vezes díspares dos potenciais atores das áreas identificadas na secção anterior, os operadores de telecomunicações multiplicam-se em iniciativas e estratégias para se posicionarem na cadeia de valor, com o objetivo de suportar novos serviços diferenciadores. Atualmente, estão em curso diferentes abordagens ao mercado M2M. Uns optam por estabelecer parcerias e acordos com fabricantes de *hardware* e plataformas de serviços, enquanto outros optam por desenvolver e operar plataformas próprias.

No seio do Grupo PT, tal como na generalidade dos operadores, a abordagem tradicional ao mercado M2M (retrospectivamente não designado como M2M) tem sido suportado em plataformas de serviço verticais, dedicadas a cada negócio específico, em complemento à conectividade gerida. Contudo, com o novo paradigma da IoT, e com a ambição dos operadores em aumentar o seu grau de integração vertical na cadeia de negócio, exigem-se plataformas de serviço M2M que suportem de forma transversal estas diversas aplicações de negócio, e que sejam eficazes em expor, de forma segura e controlada, as capacidades de rede relevantes, permitindo que terceiros possam alavancar nos operadores novos serviços e novos negócios. O operador não se quer substituir aos atores de distribuição de água ou de prestação de serviços médicos (p.ex.), mas ambicionará desenvolver

sistemas de comunicação que suporte as necessidades de qualquer destes atores.

3.2. Arquitectura

Tendo presente o estado atual e potencial de mercado, levando em conta o conhecimento e experiência existente no desenvolvimento de produtos, soluções e serviços avançados e inovadores em todas as vertentes da área das telecomunicações, a PT Inovação encontra-se atualmente a desenvolver e consolidar uma Plataforma de Disponibilização de Serviços M2M, que se constitui como uma base tecnológica transversal, abrangente e flexível, para a disponibilização de uma nova geração de *Smart Services*.

Esta plataforma tecnológica suporta a gestão, controlo e monitorização de redes heterogéneas de dispositivos (sensores e atuadores), disponibilizando serviços para a construção de uma nova geração de aplicações M2M em diferentes setores de atividade. Esta base tecnológica transversal deverá no futuro ter capacidade para suportar um vasto leque de *Smart Services* M2M, nomeadamente e entre outras, em áreas como *Smart Metering*, *Smart Grids*, *Smart Health*, *Smart Cities*, *Smart Home*, *Smart Buildings*.

Como características-chave da Plataforma destacam-se as seguintes:

- Suporte de modelos de negócio B2B (*business-to-business*) e B2B2C (*business-to-business-to-consumer*);
- Ambiente *multitenancy*, com suporte multi-aplicação e multicliente corporativo/empresarial.
- Suporte multi-dispositivo;
- Disponibilização de interfaces abertas para rápido desenvolvimento e integração por terceiros, de aplicações M2M, bem como elementos do ecossistema telco (designadamente OSS (*Operation Support Systems*) e BSS (*Business Support Systems*)) e também com sistemas de suporte aos processos de negócio do cliente corporativo/empresarial (CRM, ERP, etc.);
- Alinhamento com arquiteturas de referência e normas relacionados com a temática M2M.

A Figura 1 apresenta a Plataforma M2M com os seus componentes intrínsecos, designadamente as *End User Interfaces* e os interfaces de integração com a rede e outros sistemas. No domínio dos dispositi-

tivos, a Plataforma pode interagir com os seguintes tipos de elementos:

- **Dispositivo M2M** – Sensor e/ou atuador com capacidades nativas de comunicação com a Plataforma;
- **Gateway/Concentrador M2M** – Elemento de rede com capacidade de comunicação, processamento e/ou agregação, que atua como mediador entre uma rede de dispositivos e a Plataforma;
- **Módulo M2M** – Módulo de comunicação, com ou sem processamento, que interliga ativos com a Plataforma.

A arquitetura da Plataforma define três grandes camadas funcionais:

- Camada de mediação com recursos;
- Camada nuclear de processamento da lógica e métricas M2M;

• Camada de exposição de serviços.

Este modelo arquitetural, alinhado numa lógica orientada ao serviço, fornece a flexibilidade para se integrar em diferentes contextos, designadamente em cenários de *cloud computing*, cenários *telco* de nova geração e cenários corporativos.

A Figura 2 apresenta o modelo de camadas da arquitetura da Plataforma.

A camada de mediação com recursos, denominada “*Proto/Com - Resource Adaptors*”, ou RA, é a responsável por criar uma abstração lógica que permite interagir transparentemente com todos os tipos de dispositivos. É aqui que é feita a tradução dos protocolos específicos a cada dispositivo, mapeando a informação de e para um formato interno à plataforma. A gestão de cadastro dos dispositivos é feita nesta camada e propagada para a camada mais acima, onde se faz o processamento da lógica e métricas M2M. Dispositivos dis-

tintos podem fornecer informação a mais do que um motor de métricas e assim alimentar mais do que um serviço M2M, implementados na camada de “*CORE - Service Enablers / Applications*”. Na camada de exposição de serviços, denominada por *Exposure Layer*, são implementadas as API a disponibilizar a terceiros para execução e criação de aplicações específicas. O acesso à informação de forma segura e a transparência de execução das funcionalidades M2M disponíveis na plataforma são os dois grandes objetivos desta camada lógica. A primeira função *Exposure Layer* é garantir o acesso de forma unificada a partir de “*End User Interfaces*”, bem como o acesso às funcionalidades M2M a aplicações e sistemas de terceiros, fora do ecossistema da plataforma.

A interação com o utilizador é suportada na plataforma M2M através de *End User Interfaces*, que incluem entre outros, os seguintes portais Web:

- **Portal de Operação e Administração (OAM)**, facultando acesso a operações de gestão técnica da plataforma, gestão de negócio, *helpdesk* e *customer care*;
- **Portal de Cliente Empresarial (B2B)**, permitindo o acesso à gestão dos *Smart Services* subscritos e onde interagem quer com o *Telco* (Gestão da Plataforma), quer com o Cliente Final (B2C);
- **Portal de Consumidor (B2C)**, para acesso de utilizadores de Cliente Final (Cliente do Cliente Empresarial) e no qual gerem os recursos M2M (seus ou à sua guarda) e interagem com o Cliente B2B.

A integração da Plataforma na rede do Operador de Telecomunicações possibilitará diferentes modos de comunicação com os Dispositivos/*Smart Objects*. Entre os modos de comunicação a suportar encontram-se SMS, MMS, dados IP e USSD. Os três primeiros poderão ser aplicados tanto a uma rede fixa como a uma rede móvel. Já o meio USSD só poderá ser utilizado sobre uma rede móvel GSM/GPRS/UMTS. Por outro lado, para fins de monitorização e controlo de conectividade gerida de dispositivos, a plataforma disponibilizará interfaces com sistemas externos de controlo de QoS e reserva de recursos de rede, potenciando *policy enforcement*.

A integração da Plataforma com o ecossistema *Telco* é efetuada com base na disponibilização de interfaces para:

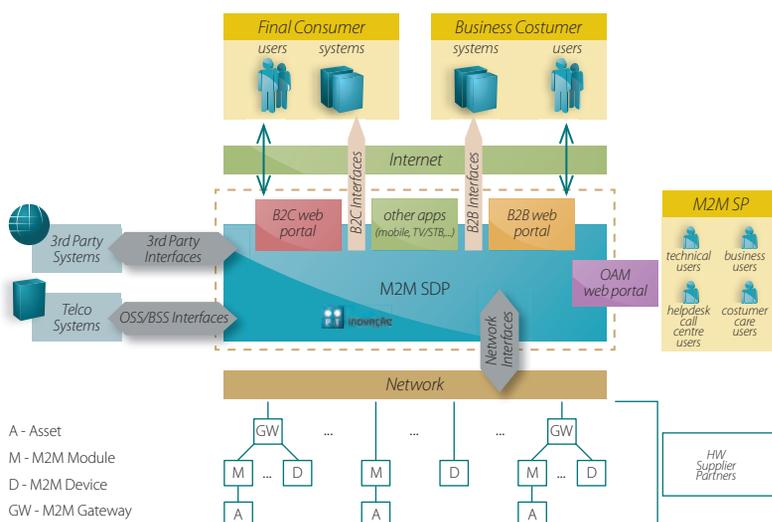


Figura 1 - Plataforma de Disponibilização de Serviços M2M da PTIN

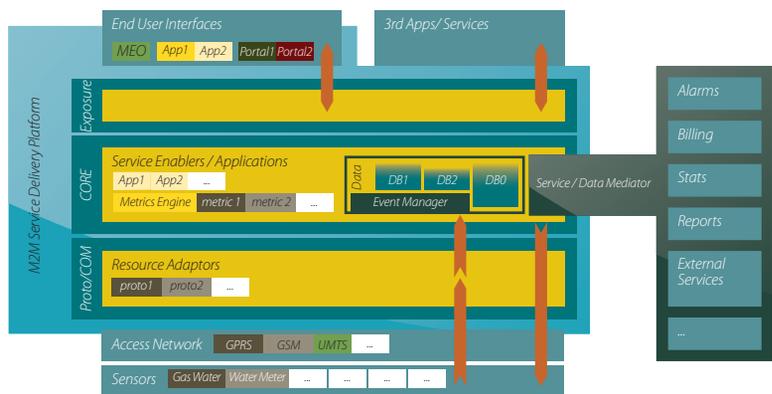


Figura 2 - Camadas da arquitetura técnica da Plataforma

- Provisão de serviços, clientes, contas e recursos de comunicação;
- Consultas de dados de negócio;
- Consulta de dados de atividade de negócio, que de forma agregada disponibiliza informação de *reporting* sobre a utilização dos serviços, quantidade de clientes, de contas, entre outros;
- Consulta e atuação operacional da plataforma, disponibilizando:
 - operações de consulta sobre o estado de funcionamento e operação da plataforma indicando níveis de falhas, alarmes, *logging*, entre outros;
 - operações de atuação sobre os diversos componentes da plataforma tais como paragem, arranque, suspensão, atualização de *software* aplicacional.

3.3. Use case: Smart street lighting

No domínio da eficiência energética e ecossustentabilidade, a Plataforma M2M tem potencial para a disponibilização de diversos serviços de *Smart Energy Management*. Este caso de uso centra-se na área de gestão e controlo inteligente de infraestruturas de iluminação pública. A figura 3 apresenta o conceito da solução *Smart Street Lighting Management*, suportada na Plataforma M2M da PT Inovação.

As infraestruturas/soluções de iluminação pública, com capacidade de gestão inteligente, podem ser classificadas em dois tipos:

- Ponto-a-ponto;
- Com regulador de fluxo luminoso centralizado.

As infraestruturas/soluções de iluminação pública do tipo ponto-a-ponto são tipicamente compostas por:

- **Nós Inteligentes de Iluminação (NII)** constituídos por elementos de iluminação (normalmente, lâmpada de vapor de sódio ou com tecnologia LED), pelo balastro eletrónico (no caso das lâmpadas de vapor de sódio ou outras) e por um controlador inteligente (OLC ou outros);
- **Controladores de Segmento (CS)**, que asseguram o controlo dos nós de iluminação, comunicando e interagindo com os respetivos controladores inteligentes tipicamente através de PLC ou RF *Mesh*;
- **Gateways/Bridges (GW)**, que asseguram a comunicação bidirecional de dados entre os componentes inteligentes da infraestrutura de iluminação pública e os sistemas centrais de gestão.

As infraestruturas/soluções de iluminação pública baseadas em regulador de fluxo luminoso centralizado são tipicamente compostas por:

- **Regulador de Fluxo Luminoso (RFL)** que assegura o controlo centralizado de um grupo de nós de iluminação;
- **Gateways/Bridges** que asseguram a comunicação entre os Reguladores de Fluxo Luminoso e os sistemas centrais de gestão (para efeito de telegestão).

As *Smart Apps* agregam funcionalidades comuns a determinada área ou sector de atividade, que em conjunto disponibilizam a base e os recursos para a construção de *Smart Services*. Estes *Smart Services* tiram partido destas funcionalidades base, para disponibilizar serviços inovadores e inteligentes aos Clientes empresariais/corporativos e respetivos clientes finais dos mesmos. São exemplos os módulos de:

- Gestão de inventário;
- Monitorização e atuação na infraestrutura de iluminação, de gestão de planos de iluminação;
- Gestão de atividades de manutenção,
- *Reporting*,
- Alarmística;
- Simulação e aconselhamento energético.

Suportados nestes módulos transversais, existirão também um conjunto de *Smart Services* que permitirão o controlo otimizado e racionalizado do parque de infraestruturas de iluminação pública.

A solução *Smart Street Lighting Management*, a disponibilizar no modelo SaaS e numa lógica de negócio B2B2C, apresentará vantagens para as entidades que possuem infraestruturas de iluminação pública, quer ao nível da poupança energética, quer da gestão operacional, o que se traduzirá em redução de custos e em ganhos de eficiência.

4. Conclusões e trabalho futuro

As comunicações M2M serão um componente essencial do ecossistema de comunicações do futuro. A utilização de informação sensorial e de contexto potenciará a criação de novos serviços assentes em redes mais eficazes, abrindo as portas a um novo mercado de elevado potencial, no qual estarão atores com grande diversidade de objetivos de negócio.

O operador de telecomunicações deverá situar-se na cadeia de valor de uma forma inteligente. A massificação das comunicações M2M exige a criação de plataformas que suportem de forma transversal diversas aplicações de negócio, o que poderá ser conseguido explorando a infraestrutura do operador.

A PT Inovação está neste momento a consolidar a sua plataforma de disponibilização de serviços M2M, que se apresenta como uma base tecnológica transversal, abrangente e flexível, facilitando a criação rápida e eficaz de uma nova geração de *Smart Services*.

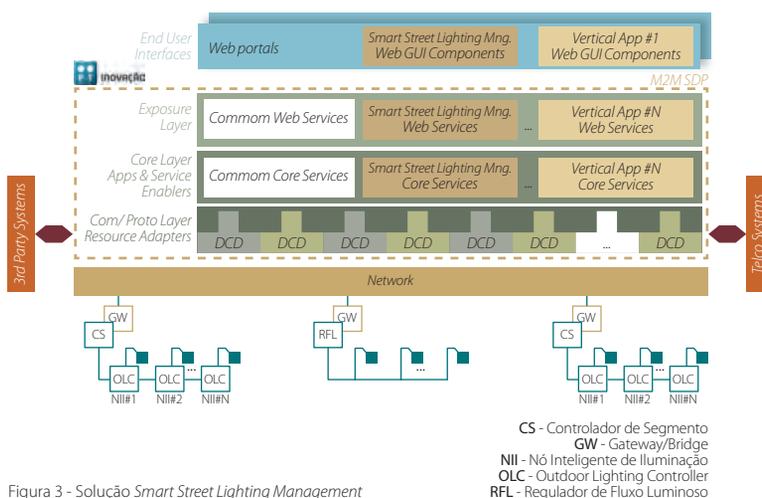


Figura 3 - Solução *Smart Street Lighting Management*

Referências

- [1] Karl Ostendorf et al., "Open API for M2M applications", June 2010;
- [2] Draft ETSI TS 102 690 V<0.6.2> (2010-07), *Technical Specification Machine-to-Machine communications (M2M); Functional architecture*;
- [3] ETSI TS 102 689 V1.1.1 (2010-08), *Technical Specification, Machine-to-Machine communications (M2M); M2M service requirements*;
- [4] 3GPP TR 22.868 V8.0.0 (2007-03), *Study on Facilitating Machine to Machine Communication in 3GPP Systems (Release 8)*;
- [5] ETSI TR 102 689 V1.1.1 (2010-08), *Machine-to-Machine Communications (M2M); M2M service requirements, August 2010*;
- [6] ETSI TR 103 167 V1.1.1 (2010-08), *Machine-to-Machine Communications (M2M); Threat analysis and counter measures to M2M service layer, August 2011*;
- [7] FP7 EU project: *Achieving low-latency in wireless communications (LOLA)*, Grant agreement no.248993, <http://www.ict-lola.eu/>;
- [8] Daniel Corujo, Marcelo Lebre, Diogo Gomes, Rui L. Aguiar, "A Framework for Flexible Sensor Information Dissemination", Proc. *2nd International Workshop on Interconnections of Wireless Sensor Networks*, Barcelona, Spain, Jun 2011;
- [9] Marcelo Lebre, Daniel Corujo, Diogo Gomes, Rui L. Aguiar, "Context Transport Based on 802.21", Proc. 1 CNRS 2011 - *Conference on Wireless Sensor Networks*, Coimbra, Portugal, Mar 2011.

Filipe Cabral Pinto, formou-se na Universidade de Coimbra, em Engenharia Electrotécnica, tendo posteriormente obtido o grau de mestre em Engenharia de Telecomunicações pela Queen Mary University of London. A sua experiência e interesses incluem comunicações móveis, nomeadamente arquiteturas, tais como EPS, E-MBMS e IMS, e também serviços multimédia. As comunicações M2M fazem também parte do seu currículo. Tem estado envolvido em projetos de investigação europeia desde 2002, destacando-se os projetos NetGate, OPIUM, B-BO-NE, C-MOBILE, C-CAST e, mais recentemente, o projeto VOICES.

Fernando Santiago, licenciado em Engenharia Electrónica e Telecomunicações pela Universidade de Aveiro. Ingressou em 1994 na empresa Autor Tecnologias Multimédia, Lda, onde desenvolveu atividades como analista programador e de coordenação de desenvolvimento de soluções multimédia. Ingressou no Centro de Estudos de Telecomunicações em 1998, na área de Desenvolvimento de Serviços e Aplicações, onde participou no desenvolvimento de aplicações *Web* corporativas, para a *intranet* da PT. Entre 2000 a 2010, coordenou o desenvolvimento da Solução de Telemedicina Medigraf e participou em diversos projetos da área da Telemedicina e Telesaúde. Atualmente exerce funções de gestão de produto da solução M2M da PT Inovação.

Ricardo J. Ferreira, licenciado e Mestre em Engenharia Electrónica e de Telecomunicações pela Universidade de Aveiro, MBA e Mestre em Gestão pela Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra. Ingressou no Grupo Portugal Telecom em 1999, encontrando-se atualmente a desempenhar funções como Gestor de Negócio na Direção Comercial da PT Inovação.

Francisco A. Gonçalves, licenciado em Engenharia de Sistemas e Informática pela Universidade do Minho, especialização em Sistemas Distribuídos. Ingressou na PT Inovação em 2003 estando sempre ligado ao desenvolvimento de plataformas de serviços, desde sistemas de mensagens para redes móveis, localização e mais recentemente *Machine-To-Machine*. Atualmente desempenha funções de Team Leader na Direção de desenvolvimento de plataformas de rede e soluções multimédia.

Daniel Corujo, (dcorujo@av.it.pt) concluiu a licenciatura em Engenharia de Computadores e Telemática em 2006, e o seu mestrado na mesma área em 2007, pelo Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro, onde atualmente se encontra a desenvolver o seu doutoramento na área de modelos de comunicação para a Internet Futura móvel. Foi engenheiro de software pela Nokia Siemens Networks em Aveiro, desenvolvendo soluções no âmbito de gestão de redes de operador de telecomunicações, e trabalhou no projeto SALINA da PT Inovação como consultor. É atualmente investigador do grupo Advanced Telecommunications and Networks Group no Instituto de Telecomunicações, Aveiro, onde colabora em múltiplos projetos de investigação nacionais e internacionais, e persegue áreas de investigação focando a Internet das Coisas (IoT), mecanismos de mobilidade e acesso em redes heterogéneas e a Internet do Futuro.

Rui L. Aguiar, (ruilaa@ua.pt) é detentor do grau de Doutoramento em Engenharia Electrónica de 2001 pela Universidade de Aveiro. É atualmente Professor Associado com Agregação na mesma universidade e lidera o grupo de investigação ATNOG no Instituto de Telecomunicações, Aveiro. Os seus interesses de investigação atuais centram-se na implementação de sistemas e redes da próxima geração, incluindo Internet do futuro. Possui mais de 300 artigos publicados nessas áreas. Presidiu também em múltiplas conferências como a ICNS '05, ICT '06 e a ISCC '07, e é convidado regularmente como orador em diferentes fora. É atualmente Editor Associado das *European Transactions in Telecommunications*, é membro da ACM e da Odem dos Engenheiros e membro sénior do IEEE.

03

Novidades do Negócio das Transações Financeiras e Mobilidade

palavras-chave: *Mobile Finance, Financial Transaction Management (FTM), M2M, pagamentos móveis, cartões de fidelidade, recargas, transferências monetárias*



Felipe Prada



José Bonnet

No efervescente mercado de *Mobile Finance*, praticamente todos os dias surgem novidades sobre novas soluções e produtos adequados aos diferentes mercados e segmentos.

Adicionalmente, observam-se fenômenos disruptores dos atuais equilíbrios do negócio pela entrada de novos atores — nomeadamente a Google — e pela maturação de tecnologias — NFC, RFID — que podem alterar radicalmente as atuais experiências de pagamento dos clientes finais.



Luis Cortesão

A PT Inovação tem evoluído a sua plataforma — *framework FTM (Financial Transaction Management)* — em linha com as tendências emergentes, por forma a suportar uma crescente gama de produtos nesta área — *TopUp, Easy TopUp* (família *Fortuna*), *Remmitances, Proximity Payments, Remote Payments, ParkNow* (família *PocketAccount*), *Loyalty Cards, Rechargeable Cards* (família *Me Again*) — potenciando as mais-valias da utilização de uma *framework* base comum.

Acresce a articulação que decorre com os projetos PTIN na área do M2M (*Machine-to-Machine*) e que poderá potenciar as soluções PT prestadas aos clientes finais.

1. Introdução

No efervescente mercado de *Mobile Finance*, praticamente todos os dias surgem novidades sobre novas soluções e produtos adequados aos diferentes mercados e segmentos.

Adicionalmente, observam-se fenômenos disruptores dos atuais equilíbrios do negócio pela entrada de novos atores — nomeadamente a Google — e pela maturação de tecnologias — NFC, RFID — que podem alterar radicalmente as atuais experiências de pagamento dos clientes finais.

A PTIN tem evoluído a sua plataforma — *framework* FTM (*Financial Transaction Management*) — em linha com as tendências emergentes, por forma a suportar uma crescente gama de produtos nesta área, potenciando as mais-valias da *framework* base comum, para oferecer novas capacidades e benefícios decorrentes das sinergias e inter-relacionamentos entre os diferentes produtos.

Neste artigo vamos abordar estas questões, iniciando com um breve enquadramento do negócio de *Mobile Finance* e a descrição das principais iniciativas. Posteriormente descrevemos a *framework* FTM e os produtos por ela suportados e as sinergias decorrentes, concluindo com a identificação de algumas iniciativas em curso e a articulação com o negócio M2M.

2. Enquadramento do negócio *mobile finance*

2.1. Atores e expectativas associadas

Cada ator envolvido em iniciativas de *Mobile Finance* tem diferentes incentivos e estratégias, por vezes contraditórios entre si.

Abaixo identificamos os principais atores as suas diferentes expectativas:

- **Consumidores:** serviço personalizado e de fácil aprendizagem; serviço confiável, assegurando privacidade e segurança; ubiquidade (em qualquer lugar, a qualquer momento em qualquer moeda); baixo custo; serviço interoperável não dependente de operadores, bancos ou equipamentos; possibilidade de anonimização de pagamentos;
- **Comerciantes:** transações mais rápidas; baixo custo; integração com outros métodos existentes de pagamentos e em, em particular com os PoS (*Point of Sale*); segurança reforçada; acesso a informação do estado (conta e transações) em tempo real; mecanismo de fidelização de clientes;
- **Operadores de telecomunicações:** nova fonte de receita e aumento do tráfego; aumentar ARPU (*Average Revenue Per User*), fidelizar clientes e reduzir *churn*; reforçar posição junto dos fornecedores de conteúdos; oportunidades de *cross-selling*;
- **instituições financeiras:** independência do operador de rede; gerir/disponibilizar aplicações de pagamento; aumentar receita pelo acréscimo de pagamentos eletrónicos e desmaterializados; alternativa para prestação de serviços bancários a determinados segmentos (*unbanked*); fidelizar clientes;
- **Fabricantes de equipamentos terminais:** aumentar a adoção e diminuir tempo de introdução no mercado de equipamentos baseados em *embed-*

ded NFC; aumentar receita por utilizador;

- **País/instituições regulatórias:** aumentar receita pela generalização dos pagamentos eletrónicos (poupanças de 1% PIB); rastreabilidade das transações facilita a conversão de mercados financeiros informais para formais, com acréscimo de impostos e aumento do controlo dos mercados financeiros; avança a *financial inclusion* e consequente impacto nos níveis de pobreza.

2.2. Desafios

Trata-se de uma nova área de negócio que apresenta uma multiplicidade de **desafios** — regulatórios, técnicos, sociais e económicos — para todos os intervenientes. Destacamos:

- **Complexidade do ecossistema:** dada a diversidade e multiplicidade de atores, normalmente envolvidos na implantação de uma solução de *Mobile Finance* — operadores móveis, fabricantes de equipamentos, instituições financeiras, retalho, comerciantes, agências governamentais e, obviamente, o cliente — o sucesso depende da existência de um modelo de negócio adequado para todos os intervenientes, promovendo uma iniciativa convenientemente articulada que acrescente valor a todos os atores; deverão ser endereçadas questões como: quem detém o cliente, definição de marca num modelo cooperativo, localização do *secure element*, *revenue share*, ...
- **Valor da experiência de pagamento:** a capacidade de oferecer ao cliente uma experiência de pagamento que

aumente a conveniência, velocidade e baixo custo; o serviço oferecido deverá oferecer mais do que os atuais e clássicos métodos de pagamento;

- **Confiança no serviço:** a relação de confiança entre um fornecedor de serviços de transações financeiras e os seus utilizadores pode ser grandemente prejudicada se existir qualquer dúvida em relação à segurança das transações efetuadas; qualquer experiência que levante dúvidas relativamente à segurança da transação, nomeadamente preocupações de privacidade ou comunicações não seguras, poderá ser catastrófica; a perceção de segurança aumenta se o sistema permitir um conjunto diverso de procedimentos de segurança, desde simples PIN a procedimentos complexos de encriptação e verificação de autenticidade, aplicáveis de acordo com as circunstâncias; os fornecedores da solução devem certificar uma arquitetura global que cubra todos os aspetos de segurança do ecossistema, de acordo com os standards internacionais existentes, assegurando, entre outros, que as responsabilidades estão definidas, as questões de segurança são monitorizadas, as transações são seguras, compreensíveis e fiáveis, a privacidade é respeitada e a gestão da segurança dos sistemas envolvidos é consistente;
- **Regulação financeira:** a regulação aplicável aos métodos tradicionais é dificilmente traduzível para esta nova realidade; idealmente, a regulação deve induzir novos modelos inovadores de negócio, não descurando as questões prudenciais mas também não impondo regras que conduzam a experiências de utilização complexas e desmotivadoras;
- **Ecossistema interoperável:** a existência de um ecossistema interoperável que permita a inclusão novos atores, não impondo barreiras técnicas ou económicas que inviabilizem o surgimento de produtos ou modelos de negócio inovadores ou dificultem a adesão do cliente final por questões relacionados com a afiliação bancária ou operador utilizado; entre vários fatores depende da existência de um ecossistema baseada em protocolos de interação claros e bem definidos entre os diferentes atores e tecnologias (um sistema que necessite de suportar múltiplos e diversos standards, para disponibilizar amplo leque de serviços aos diferentes atores, é mais

complexo desenvolver, mais difícil de manter e mais propenso a erros);

- **Nº limitado de equipamentos dotados das tecnologias avançadas:** as iniciativas de *Mobile Finance* podem basear-se em várias tecnologias, algumas de utilização generalizada (por ex. SMS, USSD – *Unstructured Supplementary Service Data*, ...), outras ainda não maduras ou ainda a iniciar a disseminação (por ex. NFC – *Near Field Communication*); o sucesso de qualquer solução depende da sua compatibilidade com as tecnologias e equipamentos disponíveis, independentemente da sua maturidade.

2.3. Modelos de negócio

Existem 4 modelos de negócio prevalentes nos ecossistemas de *Mobile Finance*, dependentes do risco percebido, distribuição de receitas associadas e no valor acrescentado por cada ator:

- **Centrado no operador:** o operador substitui a instituição financeira, cobrindo toda a cadeia de valor, capturando a máxima receita mas assumindo o risco total pelas transações de comerciantes e clientes; o operador fornece uma solução ponta-a-ponta, disponibiliza a plataforma e gere a interligação entre clientes e retalhistas, encarregando-se do *settling* bancário através de uma conta virtual pré-paga, saldo do operador ou crédito; obriga o operador a deter competências bancárias *in-house*, assumir os riscos associados à transação e sujeitar-se à legislação aplicável (ex: Docomo/Japão);
- **Centrado na instituição financeira:** semelhante ao modelo tradicional de pagamentos por cartão, a instituição financeira gere a solução ponta-a-ponta, e assume a totalidade do risco da transação; o papel do operador restringe-se às comunicações, e/ou *flat fee* mínima por transação (sem visibilidade sobre os montantes transacionados), e/ou *fees* de alojamento de aplicações na plataforma; as instituições financeiras recebem que, ao cobrar taxas inferiores, este modelo de negócio canibalize os seus canais tradicionais controlados de ponta-a-ponta (ex: Visa PayWave e Google Wallet);
- **3rd party:** um fornecedor de serviço independente providencia a plataforma de pagamentos, onde o cliente paga através de conta virtual recarregável ou via cartão de crédito; esta entidade efetua *settling* bancário mas

os bancos continuam responsáveis pelo risco de crédito (mantendo por isso uma receita associada); o papel do operador restringe-se às comunicações, e/ou *flat fee* mínima por transação (sem visibilidade sobre os montantes transacionados), e/ou *fees* de alojamento de aplicações na plataforma (ex: PayPal Mobile);

- **Colaborativo:** o modelo colaborativo é um modelo em que cada interveniente é responsável por uma parte da cadeia de valor e é remunerado como tal; apesar da dificuldade em obter consensos, trata-se do modelo mais equilibrado; o poder da banca reside no acesso às contas do cliente e *settling* dos pagamentos e o do operador no domínio das funcionalidades da rede e dos terminais, focando-se cada interveniente no seu *core business* (ex: Cityzi/França).

3. Evolução do negócio

3.1. Perspetivas regionais

Recentemente, o Fórum Económico Mundial elaborou um relatório sobre a importância dos Serviços Financeiros Móveis (MFS – *Mobile Financial Services*) como um vetor de desenvolvimento económico. Este relatório teve por objetivo oferecer um levantamento detalhado, que deve ser utilizado no desenvolvimento de estratégias para exploração do potencial do MFS.

O relatório descreve motivos para a grande maioria da população pobre do mundo não ter acesso aos serviços financeiros tradicionais, quais são os impactos desta baixa “inclusão financeira” e como as plataformas móveis podem endereçar as lacunas que provocam esta segregação.

20 países foram avaliados — Afeganistão, Argentina, Bangladesh, Brasil, China, Colômbia, Gana, Haiti, Índia, Indonésia, Quênia, Malásia, México, Nigéria, Paquistão, Peru, Filipinas, África do Sul, Tanzânia e Uganda.

As conclusões apresentadas no relatório são baseadas em 7 perspetivas de análise:

- Regulação dos mercados envolvidos;
- Proteção ao consumidor;
- Competição;
- Catalisadores do desenvolvimento de MFS;
- Força do usuário final;
- Distribuição e rede de agentes;
- Adoção e disponibilidade.

Identificaram-se como principais destaques regionais:

- **África:** Quênia e Gana apresentam os maiores níveis de adoção de serviços financeiros móveis. No Quênia, o modelo adotado (M-Pesa, e M-Kesho) tem servido como referência para outros países e o país tem obtido sucesso na garantia dos fatores que permitem a exploração do potencial do MFS. Gana, por sua vez, apesar de apresentar altos índices de adoção, enfrentará dificuldades em garantir escala já que a regulação do sector carece ainda de maturidade;
- **América Latina:** a regulamentação ainda parece ser, no Brasil, o maior entrave para que MFS evoluam. Contudo, o país apresenta vantagens em aspetos importantes como por exemplo a capilaridade da rede de agentes. Uma vez vencida a questão regulatória, o desenvolvimento dos MFS tende a ganhar escala. Outro destaque regional é a Colômbia que conta com os principais elementos estratégicos alinhados para um rápido crescimento na adoção do MFS no país. As soluções de MFS em curso no país carecem de maior maturidade para alcançarem níveis mais elevados de adoção;
- **Ásia e região do Pacífico:** as Filipinas aparecem como um grande expoente na adoção de MFS. O papel do governo é muito importante neste desenvolvimento, já que utiliza a plataforma para distribuição de bolsas de programa sociais, e também na recolha de impostos. Sua grande rede de agentes representa um ativo muito importante, dado que permite a entrega de um portefólio mais amplo de serviços.

É necessário haver uma colaboração entre os principais envolvidos nesta nova forma de disponibilizar serviços financeiros. Este entendimento, e a clara compreensão das reais necessidades que os clientes têm, possibilitarão o desenvolvimento de modelos de negócio que representem valor para todos os elos da cadeia. É muito relevante que os governos também tenham a capacidade de perceber a importância que os serviços financeiros móveis representam e criar condições para o seu desenvolvimento através, principalmente, da eliminação dos entraves regulatórios.

3.2. Benchmark de referência

De seguida descrevemos sumariamente algumas das principais iniciativas de *Mobile Finance*.

M-Pesa

É um produto financeiro para transferências de dinheiro a partir de equipamentos

móveis. Lançado inicialmente no Quênia pela Safaricom (subsidiária da Vodafone), foi posteriormente “exportado”, mas com menor sucesso, para a Tanzânia, Afeganistão e África do Sul. Inicialmente suportava os seguintes serviços:

- Depósito e levantamento de dinheiro em agentes do serviço;
- Transferência de dinheiro para clientes e não clientes (custo acrescido do serviço para não clientes promove adesão ao operador/serviço);
- Pagamento de contas (fornecedores de serviços associados - eletricidade, água, educação, saúde, transportes, ...);
- Compra de recargas.

A interface com o utilizador difere entre operações, existindo acesso a menus baseado em SIM *toolkit* (Safaricom-Quênia) ou via USSD (Vodacom-Tanzânia).

Dado o sucesso retumbante no Quênia — atualmente existem 14 milhões de clientes e 28.000 agentes do serviço — o serviço evoluiu para contemplar um conjunto alargado de funcionalidades, nomeadamente:

- Pagamento de compras (em retalhistas associados);
- Reserva e pagamento de viagens — inclui bilhética de transportes e vouchers de hotéis;
- Pagamentos em massa (B2C) — pagamentos promocionais, pagamento de salários e despesas de representação, pagamento de dividendos, ...
- Em articulação com o *broker* financeiro Western Union (WU), permite transferências internacionais de dinheiro, a partir de agentes WU, diretamente e

de forma instantânea para a conta M-Pesa do destinatário;

- Em articulação com uma instituição financeira (Equity Bank) oferece serviços financeiros, tais como: micro-poupança, micro-crédito, micro-seguros (acidentes pessoais).

O modelo de negócio baseia-se na cobrança de taxas, variáveis de acordo com o serviço utilizado.

Google Wallet

Este serviço permite que os clientes utilizem o telemóvel para efetuar pagamentos, mediante o alojamento prévio do cartão de crédito no telemóvel e alojar cartões de fidelização, de oferta ou vales de desconto, utilizando a tecnologia NFC.

Em relação aos pagamentos, o cliente poderá recorrer a dois tipos de conta MasterCard: crédito tradicional e pré-pago (tipo cartão de crédito juvenil). A Google não tem intervenção nos fluxos financeiros.

A Google lançou em paralelo o Google Offers que é uma plataforma de *coupons/vouchers* que deverá ser integrado com o serviço Google Wallet.

Modelo de Negócio:

• Google:

- Aplicação Wallet é gratuita para cliente final; não há custo adicional por transações/pagamentos serem via NFC;
- Obtenção de informação valiosa para fins de publicidade.

• First Data, Citi e Mastercard/Passpass:

- Comissões usuais de cartões de crédito e transações.

Ecossistema:

- Meio de Acesso: Samsung (Nexus S Android 2.3 com *chip* NFC da Philips; elemento seguro no terminal em vez

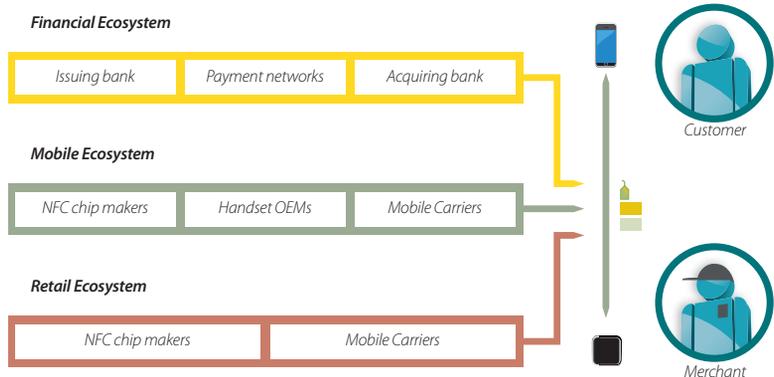


Figura 1 – Google Wallet – Cadeia de Valor

do SIM Card);

- Meio de Pagamento: Aplicação Wallet no terminal Android e Wallet secundária;
- Banco: Citibank;
- *Bank Acquirer*: Mastercard (serviço-PayPass de cartão de crédito);
- Gestor da Rede de Pagamentos: *First Data* (*financial clearing, Trusted Service Manager, OTA*);
- Operador: *Sprint*;
- *Merchants*: (Macy's, Subway, American Eagle, Noahs Bagels, Container Store, Walgreens...) num total de >100.000 nos EUA e >300.000 a nível mundial.

Evoluções previsíveis:

- Parcerias com mais bancos;
- Aumento do parque de terminais NFC;
- Comercialização de *Stickers* NFC para capacitar terminais que não sejam NFC-enabled;
- Previsão de manter a aplicação *mobile* (Wallet) apenas para Android.

Cityzi

É uma plataforma de micro-pagamentos móveis que disponibiliza uma variedade de serviços, nomeadamente:

- **Pagamentos**: permite ao clientes utilizarem telefones com tecnologia NFC para efetuar pagamentos em comerciantes com PoS equipados NFC;
- **Transportes**: compra de bilhetes de transportes e acesso a informação em tempo real de todos os serviços de transportes públicos da região de Nice, via 1500 pontos de informação instala-

dos na rede de transportes e equipados com tecnologia NFC e QR-code;

- **Serviços de informação**: para além da informação de transportes, está disponível informação sobre a cidade velha de Nice acessível via NFC;
- **Serviços de fidelização**: clientes recolhem pontos de fidelidade automaticamente quando efetuam compras NFC.

Modelo de Negócio:

•Cityzi:

- Cada operador decide o preço do serviço, mas na sua generalidade é gratuito;
- O modelo de negócio ainda está por definir e dependente de recomendação do estado francês.

•Retailistas:

- Cada retalhista tem a liberdade de pedir o *fee* pretendido, normalmente com a justificação da facilidade de utilização associada.

Ecosistema:

- Meio de Acesso: NFC na SIM Card (terminais Samsung);
- Operadores: Orange, SFR, Bouygues, NRJ;
- Bancos Parceiros: Crédit Mutuel, CIC, BNP Paribas,
- Meio de Pagamento: Conta bancária dos bancos parceiros, fatura pós-paga do operador (no caso de ser até 10€ e apenas para o caso dos transportes);
- Merchants: Transportes (Lignes d'Azur), Compras (Loyalty Avenue, La Croissanterie, Marché Franprix), Informação (Nice Cote Azur, Mamac Nice).

Evoluções previsíveis

- Aumento de parcerias com *merchants* para maior capilarização dos seus serviços;
- Aumento de equipamentos compatíveis (NFC);
- Parcerias com mais bancos;
- Expansão para o resto do país;

4. Framework PTIN — financial transaction management

4.1. Arquitetura FTM

A atração que esta área de *m-Finance* exerce sobre a sociedade em geral como uma área em expansão, com novos negócios ou com negócios que tocam novos segmentos de mercado que não estavam servidos ou, estando, não o estão de forma eficiente e eficaz, é inegável para vários dos intervenientes da sociedade. Os operadores de telecomunicações não são exceção.

Por outro lado, o dinamismo do mercado nesta área e as incertezas regulatórias descritas anteriormente levaram-nos a desejar, não apenas um conjunto de produtos que suportassem os diversos serviços na área de *m-Finance*, mas uma *framework* que suportasse o desenvolvimento desses produtos, promovendo a reutilização de componentes e acelerando assim o ciclo de desenvolvimento, de forma o mais eficiente e rápida possível.

Assim nasceu a *framework Financial Transaction Management* (FTM).

Os componentes da *framework* FTM foram divididos em três grandes blocos:

- **Canais de acesso** — a escolha do melhor conjunto de canais de acesso para uma solução de *m-Finance* concreta é crucial, já que a **usabilidade** de todo um serviço deste género depende muito da forma como o cliente final percebe a sua utilização. Assim, o acesso pode ser por SMS (diretamente ou criptografada por uma aplicação, seja num *smartphone* seja no SIM Toolkit), por USSD (idem SMS, podendo ainda ser providenciado uma interface do tipo menu), IVR, web, NFC, etc.
- **Componentes core**: ao isolarmos um conjunto de componentes *core* dos canais de acesso e dos adaptadores de pagamento ficamos com a possibilidade de combinar e fazer evoluir esses componentes, quer individualmente quer no seu conjunto. Esta possibilida-



Figura 2 – Cityzi - Cadeia de Valor

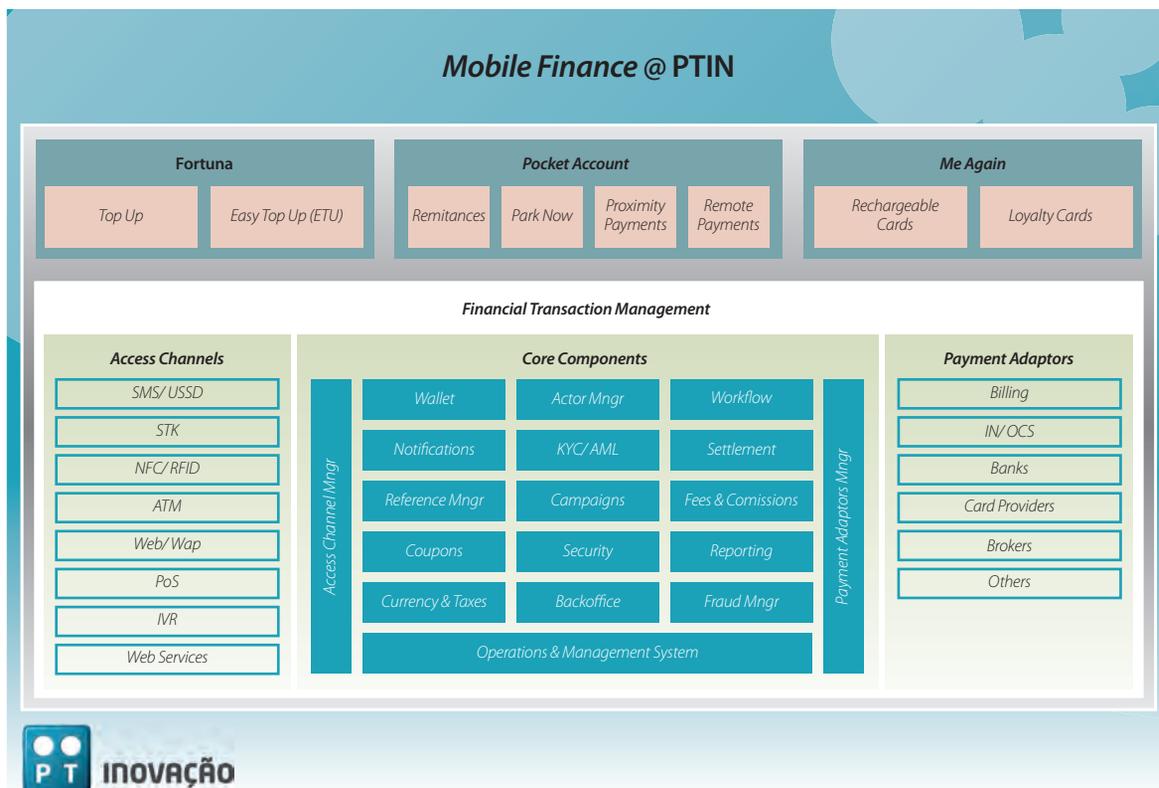


Figura 3 – Arquitetura FTN

de dá-nos uma vantagem competitiva importante, na medida em que as soluções na área de *m-Finance* possuem neste momento uma grande variedade de requisitos, com diferenças quer regionais (devido a diferenças regulatórias, culturais, etc.), temporais (à medida que os utilizadores vão ganhando confiança, por exemplo, os processos, nomeadamente os relacionados com a segurança, podem ir sendo relaxados), etc. É também pelos componentes *core* que passa a integração da solução no ecossistema, principalmente na parte de **garantia de receita, anti-fraude, anti-lavagem de dinheiro, reporting**, etc., pelo que se revela fundamental possuir a flexibilidade necessária nestes componentes para os agrupar e/ou fazer evoluir de acordo com as necessidades duma solução específica;

- **Adaptadores de pagamento:** concentra todas as lógicas específicas de cada adaptador de pagamento, por forma a facilitar ao cliente final a realização da operação de pagamento móvel pelo canal que no momento o cliente achar mais adequado a essa operação.

Estes blocos são combinados e configurados tendo em conta as soluções espe-

cíficas que em determinado instante no tempo os nossos clientes solicitam.

4.2. Produtos FTN Fortuna

O ato de recarregamento representa para os prestadores de serviços a injeção de capital que conseqüentemente será transformado em receita através do uso dos serviços oferecidos pelo operador. Na garantia de ubiquidade no ato de recarregamento, percebe-se a existência de uma grande cadeia, para além do operador, que materializa e possibilita a disponibilidade de uma multiplicidade de canais de recarregamento - *scratch cards*, agentes de revenda, ATM, cartões de crédito, ...

A proposta do Fortuna é agregar valor ao negócio do operador, oferecendo uma plataforma que suporte os diferentes canais de recarregamento, reduzindo a necessidade dos cartões físicos e eliminando os integradores.

Para atingir este objetivo, o Fortuna propõe requisitos em duas grandes frentes funcionais:

- O **Top Up** endereça a necessidade do operador dispor de um sistema de execução flexível e de alta disponibilidade. Para, além disto, o *Top Up* tam-

bém inova na interação com o cliente, permitindo que ações de *marketing* sejam veiculadas em tempo de *establishment* do processo de recarga via canais de recarregamento. Um poderoso motor de transações entrega grande flexibilidade na definição dos processos de recarregamento. Ainda no *Top Up*, o objetivo é permitir a integração *out of the box* com as instituições financeiras através da entrega de protocolos de comunicação *standard*, como o ISO8583 (protocolos para trocas de mensagens em transações financeiras);

- O **Easy Top Up** é o sistema que suportará a cadeia de comercialização de recarga do operador permitindo a gestão dos parceiros, da força de venda e de todo o fluxo financeiro. Com a tecnologia para transformar um terminal móvel em um ponto de venda, o *Easy Top Up* também almeja reduzir a dependência dos operadores relativamente aos cartões físicos, ainda uma realidade em algumas economias.

PocketAccount

A família *PocketAccount* agrega os diferentes produtos de pagamento suportados pela *framework* FTN.

Remittances

Originalmente destinado a suportar as remessas de populações migrantes para as suas famílias residentes, evoluiu para uma utilização mais genérica, cobrindo a todas as transações P2P (*Person-To-Person*). Inclui funcionalidades para:

- **Transferências domésticas:** essencialmente transferências monetárias entre clientes do serviço (*remittance* ou pagamentos informais); permite transferências para não clientes através de voucher remissíveis junto de agentes do serviço (viabilidade dependente da envolvente regulatória aplicável);
- **Transferências internacionais:** transferência de dinheiro entre clientes e não clientes do serviço, residentes em diferentes países; normalmente utilizam corredores financeiros estabelecidos disponibilizados por *brokers* financeiros que assumem as taxas de câmbio, impostos e questões regulatórias associadas; o estabelecimento de corredores independentes dos *brokers* requer parcerias com bancos e utilização dos canais por eles disponibilizados para esses fins;
- **Depósito e levantamento em *Wallet*:** um serviço de *remittances* pode disponibilizar uma multiplicidade de canais de levantamento ou depósito mas, essencialmente, devem permitir efetuá-lo em ATM e agentes do serviço.

Pagamentos remotos

Facilidades de pagamentos remotos permitem efetuar pagamentos vários, nomeadamente:

- **Contas:** em alguns países começa a surgir como grande dinamizador de soluções de *Mobile Finance*; requer estabelecimento de acordos com provedores dos serviços — água, eletricidade, gás, contas de escolas, pagamentos ao estado ou outros serviços — e o pagamento depende apenas da seleção do pagamento em causa e introdução da referência associada; permite incluir facilidades para emissão e disponibilização de conta ao cliente final o que pode aumentar consideravelmente a usabilidade do processo de pagamento;
- **Carregamento de saldo (*top up*):** o processo de carregamento do saldo torna-se bastante mais acessível pela facilidade da existência de uma *Wallet* (ou mecanismos facilitados de acesso a outros meios de pagamento – con-

ta bancária, cartão de crédito, ...) no equipamento móvel;

- **Aquisição de conteúdos digitais:** a facilidade decorrente da existência no mesmo ponto (equipamento móvel) de conteúdos digitais e facilidades de pagamento aparece como muito promissora no potenciar do negócio de vendas de conteúdos.

Uma facilidade adicional suportada pela *framework* FTM, e disponível com este produto, é a possibilidade de as empresas associadas efetuarem pagamentos de salários e reembolsos de despesa aos empregados registados no serviço (viabilidade dependente da envolvente regulatória aplicável).

Pagamentos de proximidade

Disponibiliza funcionalidades para pagamentos presenciais em:

- **Lojas:** considerando o fator humano associado, este tipo de pagamento será essencialmente suportado em tecnologias como RFID ou NFC, mas suporta igualmente canais de acesso de utilização mais generalizada como SMS, USSD ou QR-codes; suporta diversos mecanismos de segurança e autenticação (PIN, encriptação, ...), de acordo com as preferências dos utilizadores e a envolvente regulatória aplicável;
- **Vending Machines:** em articulação com o negócio M2M (*Machine-to-Machine*), permite a integração de facilidades de pagamento eletrónico na compra de bens em *vending machines*; suporta diferentes canais de acesso (NFC, RFID, QR-codes, SMS, USSD, ...);
- **Bilhética:** pagamento de bilhetes em transportes públicos, eventos culturais ou desportivos; dependendo das circunstâncias, pode ser suportado em diferentes canais de acesso — NFC, RFID, QR-codes, SMS, USSD, ...

ParkNow

Disponibiliza facilidades de pagamento de estacionamento em parquímetros ou parques fechados.

Principais funcionalidades para o cliente final:

- Pagamento de estacionamento (por tempo, valor ou fim indeterminado) via SMS/USSD, *mobile app*, IVR, ...;
- Extensão de estacionamento (por tempo, valor ou fim indeterminado)

via SMS/USSD, *mobile app*, IVR, ou portal cliente;

- Notificações de proximidade de fim de estacionamento;
- Emissão de faturas a partir do portal cliente;
- Consulta de operações (estacionamento e pagamento) via *mobile app* ou portal cliente.

Principais funcionalidades para empresa de estacionamento:

- Relatórios de gestão do negócio de estacionamento;
- Configuração de diferentes zonas de estacionamento;
- Controlo de estacionamento e emissão de multas (em *roadmap*).

Me Again

A família *Me Again* agrega os diferentes produtos de cartões de fidelização e recarregáveis suportados pela *framework* FTM.

Loyalty cards

Os cartões de fidelização são um produto que já tem algum tempo, mas que com as mais recentes tecnologias recebeu um impulso na facilidade, usabilidade e utilização em geral, que não pode ser ignorado. Por outro lado, face ao manancial de ofertas, torna-se fundamental ajustar a oferta às necessidades e hábitos dos clientes, quase que de uma forma pessoal. A vertente de cartões de fidelização do *Me Again* versa a junção destes dois mundos, em que a contínua interação comercial dum cliente é premiada, mas o conhecimento preciso dos seus gostos e hábitos de consumo, informação preciosa em quase todas as atividades económicas de grande volume (retalho), é utilizada para um refinamento das ofertas que lhe são feitas.

Rechargeable cards

Os cartões (de comunicações) recarregáveis são a segunda face do *Me Again*. Estes cartões surgiram na sua maior parte ligados à rede fixa, permitindo a utilização dum vulgar telefone fixo por uma pessoa que não é o dono desse telefone. Todas as lógicas promocionais, de conhecimento dos padrões de consumo (de telecomunicações, mas não só), de anti-fraude, etc., se podem aplicar a estes cartões da mesma forma que são aplicáveis aos cartões de fidelização. As mecânicas de geração e controlo destes cartões são muito semelhantes às usadas nos vouchers (ver a seguir).

Voucher Trading System (VTS)

Um voucher representa um direito adquirido por quem o possui na altura (pode não ter sido quem o adquiriu primeiro), ou seja, tem funções muito semelhantes à dos cheques bancários. Os vouchers surgiram sobretudo como forma de facilitar a recarga de serviços pré-pagos de telecomunicações em países onde a rede bancária e a internet não têm a mesma expressão a que estamos habituados.

Um voucher de recarga é basicamente constituído por um valor (inicialmente apenas monetário, mas em mercados mais evoluídos pode ser de minutos, volume (Mbytes) ou eventos (SMS, MMS)) e um código que se mantém secreto (tapado por uma tinta que pode ser raspada) até o seu possuidor pretender usá-lo. Esse código é de alguma forma (SMS, USSD, IVR) comunicado a um sistema gestor de vouchers, que o valida e transforma no seu valor correto, alterando o saldo respetivo.

O *Voucher Trading System (VTS)* é o produto que suporta todo o ciclo de vida dos *vouchers*.

4.3. Vantagens

Ao optar por uma *framework* como o FTM, a PT Inovação aposta na construção dum conjunto de componentes a relativamente baixo nível, sendo uns mais genéricos e outros mais específicos, possibilita o seu agrupamento de forma eficaz em produtos que estejam prontos para serem parte das soluções pedidas pelos clientes.

A esta vantagem, acresce a decorrente da reutilização de componentes entre os diferentes produtos, ganho esse mais evidente no reaproveitamento das interfaces — canais de acesso e adaptadores de pagamento — e alavancado no desenho das diferentes funcionalidades de forma agnósticas dos produtos, o que potencia a reutilização dos componentes *core*.

4.4. Articulação com M2M

O projeto M2M capitaliza as enormes potencialidades da Internet das Coisas, em que quem na verdade está ligado à internet serão na sua esmagadora maioria máquinas, e não pessoas. Esta alteração levanta alguns problemas relevantes, nomeadamente o do volume de informação a tratar, e reforça outros, como o da segurança.

A integração da solução de M2M com a plataforma FTM permitirá aos clientes finais solicitarem o pagamento de produ-

tos disponibilizados por *Vending Machines (VM)*, através de uma multiplicidade de canais de acesso e de variados adaptadores de pagamento, sendo a escolha função das facilidades disponibilizadas por cada VM e pela conveniência do cliente final.

A articulação com o projeto M2M da PT Inovação permitirá ao FTM beneficiar da disponibilização de uma interface concentradora única para o universo de VM, oferecendo uma camada de abstração genérica para interação com as VM. O FTM apenas terá de disponibilizar um canal de acesso para VM, competindo ao M2M fornecer uma API genérica que mascare a multiplicidade de protocolos de interação com as VM.

Outro benefício evidente é a possibilidade de utilizar os relacionamentos em desenvolvimento com os *utility providers* para potenciar os produtos de pagamentos remotos que irão estender as interfaces em desenvolvimento com os SI dos fornecedores, possibilitando assim incluir facilidades de pagamento aos processos de recolha e consolidação de telemetria associados ao projeto M2M.

4.5. Iniciativas em curso

A PT Inovação tem estado envolvida num conjunto de iniciativas na área de *m-Finance*, usando componentes da *framework* FTM, em várias empresas do grupo PT que se descrevem a seguir de forma resumida.

m-Wallet

A solução de *m-Wallet* foi inicialmente desenhada para suportar pagamentos (remotos ou locais) e transferências e incluía o registo e ativação de agentes.

Foi disponibilizada uma ferramenta de *back-office* de suporte a todo o negócio.

Para o piloto foi implementado apenas o canal de acesso **SMS**.

Pagamento de estacionamento

Decorre desenvolvimento de produto de pagamento de estacionamento (*ParkNow*) para fornecer em regime de SaaS (*Software as a Service*) para autarquias e empresas de estacionamento e suportada em diversos canais de acesso — *mobile apps*, SMS/USSD, internet,... A solução destina-se a estacionamento em rua e em parques fechados, fornecendo todas as funcionalidades associadas (faturação, controlo de estacionamento, multas,...) ou integrando com os SI dos fornecedores do serviço de estacionamento.

Identificação/micro-pagamentos colaboradores PT

O piloto de identificação dos colaboradores pretende substituir os habituais cartões de identificação usados pelos colaboradores pela utilização do telemóvel desses colaboradores para as funções de identificação e controlo de acesso.

Em paralelo decorrerá um piloto de micro-pagamentos em *vending machines* e PoS móveis. O piloto suporta interação via suporta NFC, QR codes e SMS/USSD e o pagamento é efetuado por *Wallet* recarregável.

Recargas internacionais

Este projeto envolve dois operadores do grupo e permite a clientes de um operador efetuar recargas em telefones de outro operador num país distinto, a partir de ATM ou *mobile/internet banking*. Serviço destinado especificamente a emigrantes que pretendam efetuar recargas em telefones de familiares ou amigos no seu país de origem.

5. Conclusões

As soluções que temos implementado com os diversos produtos aqui descritos têm demonstrado o elevado grau de flexibilidade da *framework* FTM, quer na construção de produtos distintos na área do *m-Finance* quer na resposta aos diversos requisitos que cada uma das soluções tem imposto aos diversos produtos. Esta variedade é imposta quer por razões de negócio quer regulatórias.

Em particular na área da segurança, que foi tida em consideração desde o início do desenho da *framework*, temos conseguido responder aos requisitos impostos de forma bastante eficaz. Este aspeto é fundamental na construção das relações de confiança fundamentais entre os diversos atores envolvidos neste tipo de negócios.

Numa solução *carrier grade* é fundamental cuidar para que os processos de processamento e armazenamento de grandes quantidades de dados (por exemplo, no caso dos vouchers) que temos desenvolvido com base nesta *framework* sejam muito eficientes, para que os clientes que servimos não tenham que gastar demasiado em termos de equipamento com capacidade de processamento e armazenamento com os produtos baseados na *framework*.

Referências

- Innopay, Telecompaper, Boer, R., Boer, T., Mobile payments 2010 – Market analysis and overview, November 2009
- European Payments Council, White Paper Mobile Payments, Document EPC492-09, version 2.0 final, 2010
- World Economic Forum, The Mobile Financial Services Development Report 2011, May 2011
- Safaricom – M-PESA, www.safaricom.co.ke/index.php?id=250
- Cityzi - www.cityzi.fr
- Google Wallet - www.google.com/wallet

Felipe Prada, bacharel em Ciências de Computação pelo Instituto de Ciências Matemáticas e Computação da Universidade de São Paulo em 2007. Atualmente frequenta o curso de pós graduação lato sensu em administração pela Fundação Getúlio Vargas. Ingressou como estagiário na Portugal Telecom Inovação Brasil em 2007, tendo sido incluído no quadro efetivo da empresa em 2008. Atuou por três anos na customização da plataforma NGIN para o cliente Vivo, atuando nas fases de especificação, arquitetura e desenvolvimento de requisitos relacionados a pré-pagamentos, campanhas promocionais, e gestão de serviços. Participou do desenvolvimento do produto ACM, atuando na concepção de módulos responsáveis pela captura do comportamento dos clientes. Atualmente é responsável pelo desenvolvimento do produto FTM Fortuna no âmbito do projeto Quantum.

José Bonnet, licenciado em 1989 pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, e Mestrado em 1993 (pré-bolonha) pela mesma faculdade, iniciou a carreira no INESC Porto. Em 1999 passou a integrar a PT Inovação, onde foi responsável pelo desenvolvimento e manutenção do NGIN Care, a aplicação de *Customer Care* do NGIN. EM 2008 passou a ser responsável pela parametrização do produto NGIN para os clientes da África Sub-Sariana e Ásia Pacífico, tendo em 2010 passado a integrar a Direcção de Sistemas de Suporte ao Negócio, onde é responsável pelos Processos de Cliente, Automação de Testes e pela área de *m-Finance*, cuja responsabilidade assumiu no início de 2011.

Luis Cortesão, licenciado em Engenharia Informática pela Universidade de Coimbra. Como colaborador do CET e posteriormente da PT Inovação, desenvolveu trabalho nas áreas de sistemas de informação geográfica, usabilidade, gestão de competências, gestão do conhecimento, *Revenue Assurance* e *Business Intelligence*. Responsável pelo desenvolvimento de sistemas de gestão de fraude. Gestão de produto, desenho e arquitetura de soluções na área *Mobile Finance*.

04

Aplicações de Realidade Aumentada

palavras-chave:
Realidade Aumentada, aplicações *mobile*,
augmented cognition, *mixed reality*,
georreferenciação, *computer vision*.



Paulo Reis



Fernando Milagaia



Fausto de Carvalho

A realidade aumentada é um paradigma de interação inovador, que se torna cada vez mais plausível no contexto social e tecnológico atual. Este artigo introduz alguns dos conceitos fundamentais e principais áreas de aplicação, bem como os *milestones* mais relevantes, um enquadramento histórico-conceitual e ainda uma referência a trabalhos recentes e/ou em curso na PT Inovação.

1. Introdução

Realidade aumentada (RA) consiste, essencialmente, na apresentação de informação digital ancorada numa visualização concreta do mundo real. Esta ligação forte entre o real e o virtual permite que a informação seja apresentada de forma contextualizada, desde simples anotações sobre lugares de interesse até visualizações mais complexas de relações e dinâmicas sociais. Esta temática torna-se particularmente relevante no contexto atual, em que a computação ubíqua está cada vez mais presente, potenciada por dispositivos mais diversos e convenientes, nomeadamente os móveis, bem como pela conectividade assegurada por infraestruturas de redes sem fios de alta largura de banda.

Esta crescente dimensão tecnológica, potenciadora de uma efetiva amplificação da cognição humana, está a conduzir ao rápido aparecimento de múltiplas aplicações e serviços, populando um cada vez mais rico contínuo real-virtual de *mixed reality* (MR). Esta mistura entre o mundo real e elementos adicionais sintetizados assenta em tecnologias que vão desde sensores e *displays* tais como os imaginamos hoje em dia, até novos horizontes que irão ser proporcionados p. ex. por hologramas, implantes de retina e interfaces cérebro-computador – *brain-computer interfaces* (BCI).

2. Definição e referências históricas

RA é um tipo de interface humano-computador que consiste, muito sumariamente, na conjugação de elementos virtuais (sintetizados) com representações quase imediatas do mundo real. A origem do termo é atribuída a Thomas Caudell, colaborador da Boeing, no contexto de um trabalho no qual sugeriu a utilização de

capacetes com visor (ou *head-mounted display* - HMD) translúcido para auxiliar nas tarefas de montagem e construção. O sistema idealizado por Caudell permitiria complementar a imagem do real (que passava pelo visor translúcido) com elementos gráficos relevantes (textos ou diagramas relativos ao equipamento no qual o colaborador estivesse a trabalhar), sintetizados por computador. Estes elementos seriam colocados tendo em conta o sistema de coordenadas da peça em questão e a posição do utilizador (Caudell & Mizell, 1992).

Azuma define a RA como um tipo específico de ambientes virtuais (ou realidade virtual) no qual o utilizador não está completamente imerso no mundo sintético mas sim num ambiente “híbrido” no qual uma representação quase autêntica do real está sempre presente (Azuma, 1997). Para o autor, a diferença chave entre a RA e a realidade virtual é o facto de a primeira almejar um complemento ao real, contextualizado com este, contrariamente à segunda que pretende substituí-lo completamente.

Com o intuito de definir o conceito de uma forma relativamente agnóstica às

tecnologias utilizadas (dado que alguma da literatura científica da época definia a RA em função de equipamentos como os HMD), Azuma centra a sua definição em três requisitos fundamentais:

- Combinação do real com o virtual;
- Interação em tempo real;
- Capacidade de “inscrever” o virtual no real tendo em conta a tridimensionalidade do espaço.

Adicionalmente, e no mesmo trabalho que é apresentado pelo autor como uma pesquisa ao estado da arte da temática RA, Azuma identifica as possíveis áreas de aplicação desta tecnologia: a medicina, os processos de manufatura e reparação, a anotação e visualização, o planeamento de percursos de robots, o entretenimento e a aviação.

Por sua vez, Paul Milgram (1994) tentou uma definição para um conceito um pouco mais abrangente que a realidade aumentada: *mixed reality*. Este conceito é proposto pelo autor com o intuito de englobar todos os sistemas (na altura, considerados como parte dos sistemas de reali-



Figura 1 - Contínuo realidade-virtualidade (Milgram & Kishino, 1994)

dade virtual) nos quais o utilizador interage, não com um ambiente totalmente sintetizado, mas sim com um ambiente no qual os elementos sintetizados coexistem com os elementos obtidos do mundo real (físico).

Milgram propõe também o conceito de contínuo realidade-virtualidade (Figura 1). Este contínuo é um eixo no qual se podem situar os sistemas de MR, consoante a predominância dos elementos reais ou virtuais na sua interface: num extremo do contínuo estão os ambientes totalmente sintéticos (como a realidade virtual), no outro extremo estão os ambientes reais.

Adicionalmente, Milgram, com o intuito de dar uma visão ainda mais inequívoca do carácter dos sistemas de MR e enriquecer a taxonomia proposta, detalha mais alguns eixos de análise:

- As características replicadas do mundo real;
- A fidelidade da reprodução do real, dado que a representação do real é sempre, no fundo, mediada;
- A metáfora de presença, isto é, quão evidente é a presença do utilizador no sistema de MR.

Relativamente próximo dos conceitos anteriores e de particular importância para este artigo é o conceito de "Mobile Augmented Reality Systems - MARS" (Feiner, MacIntyre, Höllerer, & Webster, 1997), que conjuga os conceitos "realidade aumentada" e "computação móvel". O traço distintivo destes sistemas consiste mesmo no carácter da mobilidade: deixam de ser aplicações para ambientes controlados e podem ser utilizados no exterior, por exemplo, no espaço urbano. Em virtude desta característica, e contrariamente aos sistemas mais clássicos de RA, a abordagem ao registo é muitas vezes feita através de tecnologias de georreferenciação como GPS, em detrimento às abordagens mais centradas em processamento de imagem e reconhecimento de objetos, padrões e marcas únicas ou fiduciárias. Todavia, o protótipo do sistema MARS implicava a utilização de equipamento pesado (dentro de uma mochila). Tendo essa limitação em mente, Wagner (2003) propõe o conceito de "Handheld Augmented Reality": aplicações de RA que são executadas em dispositivos portáteis com um formato semelhante a (ou que são mesmo) smartphones ou PDA. Contrariamente aos sistemas baseados em mochilas para conter o equipamento computacional, por vezes pesado, esta abordagem possui

vantagens ergonómicas – dado que o artefacto é algo originalmente pensado para ser utilizado na palma da mão. Tendo em conta que os equipamentos em questão (smartphones) atualmente possuem como características comuns a capacidade de georreferenciação, acesso à internet e câmaras fotográficas/de vídeo, é natural que uma boa parte dos sistemas mais conhecidos sejam aplicações que se encaixam no conceito proposto por Wagner.

3. Contexto tecnológico e social

De acordo com o estudo "Mobile Augmented Reality: Forecasts, Applications & Opportunity Appraisal 2009-2014", realizado pela Juniper Research (2009), estima-se que em 2014 o mercado das aplicações para terminais móveis valerá 732 milhões de dólares. Este estudo segue o interesse recente pelas aplicações de RA, muito impulsionado pelo desenvolvimento de novos smartphones equipados com câmaras, GPS, bússola eletrónica e giroscópio, como por exemplo o iPhone 3GS, lançado em 2009.

Apesar da projeção otimista, o mesmo relatório refere que "existem ainda muitas dúvidas sobre a forma como as aplicações de realidade aumentada devem ser comercializadas junto dos consumidores, e que modelo de negócio devem os operadores, fabricantes e fornecedores de conteúdos aplicar". No entanto este relatório avança alguns dados especialmente interessantes para o mercado: seria expectável que em 2012 as aplicações de RA para as empresas começassem a ser uma boa fonte de receitas, sendo que a publicidade baseada em RA iria crescer à medida que as empresas explorassem novos

conceitos como a localização de produtos e promoções.

Já em Setembro de 2010, a empresa Inglesa ARC Chart publicou o estudo "Mobile Phone Augmented Reality: Market Analysis and Forecasts" (ARC Chart, 2010), no qual afirma que as receitas que advêm do mercado das aplicações móveis de RA irão atingir os 2.2 milhares de milhões de dólares em 2015.

Embora atualmente o mercado de aplicações de RA ainda seja pouco significativo, este e outros estudos têm apontado para o seu rápido crescimento. Uma das tendências apontadas pelo estudo da ARC Chart revela que quando o mercado estiver maduro, para além das aplicações que exploram a RA como base do seu funcionamento, muitas outras aplicações irão incorporar funcionalidades de RA, destacando as aplicações de comércio, viagens e pontos de interesse.

Um dos fatores que sustentam estes estudos é o crescimento rápido do mercado dos smartphones. Segundo o estudo de mercado da Gartner (2011), no segundo trimestre de 2011 foram vendidos mundialmente 428.7 milhões de telemóveis, um decréscimo de 4.4% em relação ao trimestre anterior. No entanto, no que diz respeito somente ao mercado dos smartphones, as vendas esperadas para 2011 atingirão os 468 milhões de unidades, um crescimento de 57.7% em relação ao ano transato. No que diz respeito ao segundo trimestre de 2011, os smartphones conquistaram 25% do mercado, em comparação com os 17% do trimestre anterior (Gartner, 2011).

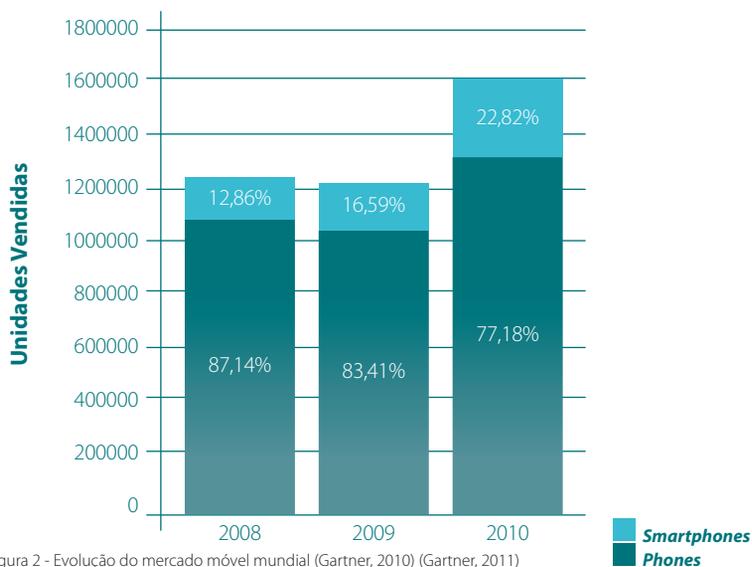


Figura 2 - Evolução do mercado móvel mundial (Gartner, 2010) (Gartner, 2011)

Os grandes responsáveis pelo crescimento do mercado dos *smartphones* são a Google (com o sistema operativo *Android*) e a Apple (com o sistema operativo *iOS*). Também segundo o estudo da Gartner, estes dois sistemas operativos passaram a representar 62% do mercado no segundo trimestre de 2011, enquanto no trimestre correspondente do ano anterior apenas somavam 31%. Enquanto a Apple se apresenta como fabricante exclusivo de dispositivos *iOS*, a estratégia da Google num sistema aberto (*Android*), o qual é licenciado a diversos fabricantes, tem permitido a conquista de uma quota de mercado bastante relevante nos terminais mais caros e perspetiva uma oportunidade de crescimento no mercado dos terminais de médio e baixo custo, aumentando assim o número de potenciais clientes de aplicações de RA.

Segundo os dados do Eurostat, o acesso à Internet usando telemóvel (3G) tem apresentado um crescimento sustentado ao longo dos anos. Na União Europeia a 27 países, a percentagem destes utilizadores aumentou de 1% em 2006 para 7% em 2010 (Eurostat). Já em Portugal, segundo o estudo "WIP (*World Internet Project*) - Portugal 2010" (USC Annenberg School, 2010), 88,7% dos portugueses têm telemóvel (99,1% no caso dos utilizadores de internet e 80,3% nos não utilizadores de internet), pelo que a aceitação da tecnologia móvel em Portugal, em conjunto com os dados do Eurostat, fornecem-nos bons indicadores para o crescimento do mercado de *smartphones* (já no segundo trimestre de 2010 as vendas subiam 79%, segundo dados da IDC) e para o crescente acesso à internet no telemóvel.

4. Estado da arte

Existem essencialmente dois tipos de abordagem à RA e, nomeadamente, ao problema do registo da posição de elementos do mundo "real": a abordagem baseada na georreferenciação e a abordagem baseada em técnicas de CV (*Computer Vision*).

4.1. Abordagens baseadas em georreferenciação

A abordagem baseada em georreferenciação normalmente define sistemas onde o registo de posições (e orientação) é feito através de tecnologias de localização relativa (como RFID, *Bluetooth* ou NFC) ou absoluta (GPS ou triangulação GSM). Isto significa que, nestes cenários, a imagem capturada do mundo "real" é apenas utilizada como um elemento de contextualização dos elementos virtuais, sintetizados

por computador – ou seja, não será utilizada para análise e registo de posição de objetos. Esta abordagem ganha alguma expressão no contexto tecnológico e social atual, fruto da popularidade crescente de terminais que são simultaneamente dotados de capacidades de georreferenciação e de comunicação com redes IP.

Um dos exemplos mais populares é o sistema *Layar* (2011) que atua como um *browser* de RA: contrasta com sistemas fechados com conteúdo próprio, na medida em que apenas fornece um *software* de base. O conteúdo a ser representado, tal como no caso de um *browser* para a Web, será publicado por terceiros seguindo um formato standard. No caso do sistema *Layar*, a publicação baseia-se na criação de *end-points* HTTP que processem a localização e devolvam a informação georreferenciada relevante, seguindo um modelo de dados em JSON (*JavaScript Object Notation*).

4.2. Abordagens baseadas em computer vision

Quando os sistemas de RA são baseados em CV, o elemento capturado do ambiente real é utilizado como input: a imagem é analisada através de algoritmos e técnicas de CV com o intuito de detetar a posição dos elementos reais a serem aumentados (ou a serem utilizados como âncoras de posicionamento). Esta abordagem pode ser executada num ambiente "natural" ou num ambiente preparado com marcadores que o sistema conhece previamente. Naturalmente, e devido às fortes exigências em termos de processamento em tempo real, alguns problemas ou limitações podem surgir quando se tenta implementar uma solução de CV em terminais portáteis.

A nível comercial existem alguns exemplos interessantes no domínio dos videojogos. A Sony Computer Entertainment explora conceitos de RA com o acessório *Playstation Eye* (essencialmente, uma câmara) e o seu "complemento" *Playstation Move* (um dispositivo dotado de sensores e de uma esfera luminosa que facilita a deteção de posições na imagem capturada pela *Playstation Eye*). Alguns dos jogos que recorrem a estes dispositivos são efetivamente jogos de RA, na medida em que utilizam o ambiente capturado pela câmara como fundo e objetos, ou o próprio jogador, como elementos de jogo, conjugando-os com objetos virtuais (*EyeToy*, 2011) (*Playstation Eye*, 2011).

A Microsoft (*Kinect*, 2011) e a Nintendo (Nintendo DSi, 2011) também endereçam esta temática com acessórios para as suas

consolas. No caso da Microsoft, o *Kinect* é um acessório que consiste em diversos sensores que permitem o posicionamento e deteção de movimentos do jogador, bem como a captura do ambiente que o envolve. A Nintendo, por sua vez, dotou a sua consola portátil (Nintendo DS) com uma câmara que é utilizada, por exemplo, para jogos de RA com marcadores.

Outra área que tipicamente recorre a RA é o *marketing*, tirando partido da interatividade, contextualização e carácter *on-demand* da experiência com o conteúdo. As campanhas podem ser complementadas com experiências mais ricas e não necessitam de excluir a sua vertente mais tradicional: o cenário típico é um anúncio em meios mais tradicionais (como uma revista) que podem ser enriquecidos com vídeo ou conteúdo 3D, quando "filmados" com um dispositivo adequado (p. ex. um *smartphone*).

Marcas como a Ray-Ban (*Ray-Ban Virtual Mirror*, 2010) e a Tissot (*Tissot Reality*, 2010) decidiram tirar partido das potencialidades da RA e deixar os potenciais clientes experimentar de forma "virtual" os seus produtos: no caso da Ray-Ban, um minisite permitia a utilização da *webcam* para simular os diversos modelos na face do utilizador; no caso da Tissot, a campanha começou nas lojas, com câmaras a filmar o pulso do utilizador e modelos 3D dos relógios sobrepostos e, posteriormente, foi estendida à Web.

5. Trabalhos em curso

A PT Inovação tem estado atenta a esta área de conhecimento, desenvolvendo parcerias e trabalhos de inovação exploratória em diversas linhas, ao nível da exploração e domínio de ferramentas disponíveis no mercado em variados graus de maturação, mas também criando provas de conceito e protótipos direcionados para oportunidades entretanto identificadas.

É o caso do projecto RaAVE, uma aplicação de RA georreferenciada para terminais móveis (*smartphones* e *tablets*). O intuito desta é facilitar e complementar a exploração da zona-alvo da intervenção "Parque da Sustentabilidade" em Aveiro, com conteúdos multimédia adicionais e recorrendo de forma exploratória a inovações nas tecnologias de informação e comunicação (TIC). Este sistema será divulgado aos turistas, visitantes e munícipes da cidade de Aveiro e irá permitir ancorar diversos tipos de conteúdo (imagens, vídeos ou descrições) a determinados locais ou objetos de interesse – pontos de interesse.

Os conteúdos poderão ser adicionados de forma avulsa mas, por outro lado, poderão também ser articulados numa forma sequencial assumindo, portanto, a dimensão de roteiro.

A ancoragem de informação à sua dimensão espacial poderá ainda ser complementada com a dimensão temporal, tornando o sistema numa agenda de eventos: a informação associada a um determinado local poderá fazer particular sentido numa determinada data e com uma determinada duração, como aniversários de uma efeméride ou iniciativas socioculturais. Esta funcionalidade estará disponível não só para eventos institucionais mas também para utilizadores particulares.

Adicionalmente, será um sistema com uma forte componente social e de motivação da cultura participativa – irá incitar a criação e partilha de conteúdo por parte dos utilizadores. Com o intuito de potenciar o seu sucesso e eliminar algumas barreiras à sua adoção, irá ser possibilitada (e recomendada) aos utilizadores a autenticação no sistema utilizando o sistema de autenticação da rede social *on-line* Facebook. Pretende-se alavancar o sistema na popularidade desta rede social: utilizando o Facebook como “entidade” que autentica e identifica os utilizadores, os conteúdos partilhados e consultados no sistema RaAVE poderão ser simultaneamente partilhados na rede social *on-line*.

Numa abordagem tecnológica semelhante, tem vindo a ser explorada uma prova de conceito no sentido de dotar o módulo *Outside Plant* (OSP) do produto Netwin® — uma solução PT Inovação para Gestão de Cadastro e Construção da Rede — de funcionalidades de RA para disponibilização de informação sobre pontos de uma rede de telecomunicações (câmaras, armários, postes, etc.) e infraestruturas (por exemplo condutas). Estes equipamentos e infraestruturas serão apresentados consoante um determinado raio de proximidade e ao serem selecionados mostrarão mais informação (textual ou gráfica) sobre perfis, cabos e equipamentos, de acordo com o cadastro dos mesmos.

Esse é também o sentido de uma outra prova de conceito baseada na abordagem de CV. Neste caso está a ser explorada a utilização de técnicas de processamento digital de imagem para deteção, em tempo real, de formas e padrões de interesse através da câmara de *smartphone*, associando-lhes *layers* dinâmicos de conteúdo multimédia adicional.

O cenário endereçado é o ambiente de operação e manutenção de equipamentos em salas técnicas de telecomunicações, com a correspondente complexidade de bastidores, cablagens e sistemas de gestão associados, abordando em particular equipamentos da família Netb@nd® e a solução de gestão operacional AGORANG®.



Figura 3 - Protótipo da aplicação RaAVE



Figura 4 - Prova de Conceito Netwin OSP



Figura 5 - Mock-up de abordagem CV

6. Conclusão

Ao longo das últimas páginas ficou patente que a RA está a registar uma evolução extremamente rápida, assente num conjunto alargado de TIC cada vez mais poderosas. Os avanços nos sensores e *displays* estão de facto a esbater, de forma sustentada, as fronteiras entre a realidade sentida/observada diretamente e a realidade aumentada e reconstruída tecnologicamente, numa mistura imersiva e rica de experiência de utilização multissensorial ("*real virtuality*").

Nanotecnologia, holografia, implantes de retina, implantes cocleares, sensores hápticos, narizes eletrónicos, biossensores, exo-esqueletos e BCI são alguns dos termos que irão ser cada vez mais comuns, abrindo caminho para um novo conceito: *Augmented Cognition*, Cognição Aumentada – o conjunto de meios tecnológicos baseados em TIC e em neurotecnologia que pode ser usado para alargar e aumentar o poder e o alcance dos processos cognitivos e das perceções sensoriais dos seres humanos.

A par da evolução tecnológica e neurotecnológica, a pressão derivada da conjuntura económica mundial desfavorável e as questões de sustentabilidade ambiental irão inquestionavelmente manter aberto o espaço para evoluções e até mesmo

revoluções em áreas tão díspares como teleconferência e telepresença, formação acelerada, telemedicina e telecirurgia, reabilitação, entretenimento e serviços de emergência. Assim, lidar com situações de catástrofe natural, operar maquinaria complexa em ambientes hostis, ou mesmo viajar no tempo e no espaço, são situações e conceitos que irão conhecer novas dimensões num futuro não muito distante.

No horizonte de 10 a 20 anos, haverá certamente um conjunto realizável de aplicações e serviços de Cognição Aumentada, sendo este um tópico de estudo e análise por diversas entidades na esfera dos operadores de telecomunicações, em face das oportunidades que irão ser criadas, mas também pela problemática associada ao correspondente impacto nas infraestruturas de rede e plataformas de serviço. É nesse sentido que a PT Inovação está atualmente envolvida no estudo Eurescom P2155 "*Towards networks and services supporting the human cognition*".

Será certamente nessa direção que irá prosseguir a atividade exploratória da PT Inovação no domínio da RA, endereçando múltiplos *drivers* e áreas de inovação, com especial enfoque na "Experiência Aumentada" para alavancar capacidades e otimizar interações dos clientes pessoais e empresariais PT.

Referências

- [1] ARC Chart. (setembro de 2010). *Mobile Phone Augmented Reality: Market Analysis and Forecasts*. Obtido em 12 de setembro de 2011, de Arc Chart research reports: <http://www.arcchart.com/reports/augmented-reality.asp?ref=arcchart>.
- [2] Azuma, R. (1997). *A survey of augmented reality. Presence -Teleoperators and Virtual Environments*, (pp. 335-385).
- [3] Caudell, T., & Mizell, D. (1992). *Augmented Reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. International Conference on System Sciences. Hawaii*.
- [4] Eurostat. (s.d.). Obtido em 12 de setembro de 2011, de *Information Society Statistics*.
- [5] EyeToy. (2011). Obtido em 12 de setembro de 2011, de Wikipedia, the Free Encyclopedia: <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=EyeToy>.
- [6] Feiner, S., MacIntyre, B., Höllerer, T., & Webster, A. (1997). *A touring machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment. Personal and Ubiquitous Computing*.
- [7] Gartner. (7 de abril de 2011). *Gartner Says Android to Command Nearly Half of Worldwide Smartphone Operating System Market by Year-End 2012*. Obtido em 12 de setembro de 2011, de *Gartner Press Releases*: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1622614>.
- [8] Gartner. (11 de agosto de 2011). *Gartner Says Sales of Mobile Devices in Second Quarter of 2011 Grew 16.5 Percent Year-on-Year; Smartphone Sales Grew 74 Percent*. Obtido em 12 de setembro de 2011, de *Gartner Press Releases*: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1764714>.
- [9] Gartner. (9 de fevereiro de 2011). *Gartner Says Worldwide Mobile Device Sales to End Users Reached 1.6 Billion Units in 2010; Smartphone Sales Grew 72 Percent in 2010*. Obtido em 12 de setembro de 2011, de *Gartner Press Releases*: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1543014>.
- [10] Gartner. (23 de fevereiro de 2010). *Gartner Says Worldwide Mobile Phone Sales to End Users Grew 8 Per Cent in Fourth Quarter 2009; Market Remained Flat in 2009*. Obtido em 12 de setembro de 2011, de *Gartner Press Releases*: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1306513>.
- [11] IDC. (13 de setembro de 2010). *Vendas de Telemóveis Crescem 16% no Segundo Trimestre, Mantendo Tendência de Recuperação do Mercado Português*. Obtido em 12 de setembro de 2011, de *IDC Press Releases*: http://www.idc.pt/press/pr_2010-09-13.jsp.
- [12] Juniper Research. (24 de dezembro de 2009). *Mobile Augmented Reality - Forecasts, Applications & Opportunity Appraisal 2009-2014*. Obtido em 12 de setembro de 2011, de *Juniper Research*: <http://www.juniperresearch.com/reports.php?id=197>.
- [13] Kinect. (2011). Obtido em 12 de setembro de 2011, de Wikipedia, the Free Encyclopedia: <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Kinect>.
- [14] Layar Press Kit. (2011). Obtido em 12 de setembro de 2011, de *Layar Press*: <http://www.layar.com/company/press/>
- [15] Milgram, P., & Kishino, F. (1994). *A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE Transactions on Information and Systems*.
- [16] Nintendo DSi. (2011). Obtido em 12 de setembro de 2011, de Wikipedia, the Free Encyclopedia: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Nintendo_dsi.
- [17] Playstation Eye. (2011). Obtido em 12 de setembro de 2011, de Wikipedia, the Free Encyclopedia: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=PlayStation_Eye
- [18] Ray-Ban Virtual Mirror. (2010). Obtido em setembro 12 de 2011, de Ray-Ban: <http://www.ray-ban.com/usa/science/virtual-mirror>.
- [19] Tissot Reality. (2010). Obtido em 12 de setembro de 2011, de Tissot: <http://www.tissot.ch/reality/>
- [20] USC Annenberg School. (2010). *Center for the Digital Future*. Obtido em 12 de setembro de 2011, de *WORLD INTERNET PROJECT: International Report 2010*.
- [21] Wagner, D., & Schmalstieg, D. (2003). *First Steps Towards Handheld Augmented Reality. 7th IEEE International Symposium on Wearable Computers*.
- Paulo Reis** é licenciado em Novas Tecnologias da Comunicação pela Universidade de Aveiro. Iniciou o seu percurso profissional na PT Inovação como estagiário, trabalhando na área de televisão interativa. Atualmente é colaborador da PT Inovação na divisão de Mobilidade, Colaboração e Interatividade (Direção de Inovação Exploratória) e doutorando em Informação e Comunicação em Plataformas Digitais pela Universidade de Aveiro em conjunto com a Universidade do Porto. A sua atividade divide-se em projetos de investigação internos e internacionais, focando-se essencialmente na investigação e demonstração de novos paradigmas de interação, mobilidade e colaboração.
- Fernando Milagaia**, licenciado em Engenharia Informática pela Universidade de Coimbra em 2005 e Mestre em Engenharia Informática pela mesma Universidade em 2007. Iniciou-se profissionalmente no desenvolvimento de sistemas de informação para a educação e saúde, tendo ingressado na PT Inovação em 2005, onde trabalhou no âmbito do projeto AMORA. Participou nos projetos europeus porTiVity (*Portable Interactivity*) e Games@Large, ambos no âmbito do 6º programa-quadro de investigação (FP6). Integra a equipa que implementou e mantém o portal Sapo Scratch, tempo por base o trabalho desenvolvido pelo Lifelong Kindergarten group do MIT Media Lab. Atualmente colabora na divisão de Mobilidade, Colaboração e Interatividade, na área de Inovação Exploratória, onde a sua atividade se centra na coordenação e desenvolvimento de projetos relacionados com as temáticas Web 2.0 e Mobilidade.
- Fausto de Carvalho**, é licenciado em Engenharia Eletrónica e Telecomunicações pela Universidade de Aveiro. O seu percurso no CET e PT Inovação está especialmente ligado à área da Interatividade e dos Serviços e Tecnologia Multimédia, incluindo a participação em múltiplos projectos de I&D nacionais e internacionais. Depois de um profundo envolvimento na introdução do serviço IPTV Meo, é atualmente responsável pela divisão de Mobilidade, Colaboração e Interatividade na Direção de Inovação Exploratória da PT Inovação, cuja atividade se centra na exploração, desenvolvimento e demonstração de novas tecnologias, conteúdos e aplicações emergentes, nos mais diversos contextos de convergência, conectividade e mobilidade da Internet do futuro.

05

O valor da Usabilidade e da User Experience (UX)

palavras-chave: usabilidade, interação, *user-experience*, *user-centered design*, metodologia iterativa de desenvolvimento, ROI da *user experience*



Lúcia Freitas Moreira



Marília Moita

A última década tem sido marcada pelo forte crescimento de serviços e tecnologias *Web*, cada vez mais presentes no dia-a-dia do ser humano.

Uma das principais vantagens competitivas para as organizações no que respeita ao posicionamento, aceitação e satisfação dos seus produtos no mercado, é a capacidade de diferenciação e adaptação dos mesmos ao contexto do utilizador.

Um dos vértices que auxilia e impulsiona este desenvolvimento é a capacidade para interagir com a tecnologia de forma simples, rápida e intuitiva, independente do contexto e tipo de utilizador.

O eclodir desta oferta de serviços distingue cada vez menos os fornecedores na lógica da sua oferta. Os principais atributos que efetivamente afetam o processo de seleção de um fornecedor (que distinguem os seus produtos) passaram a incluir, como variável diferenciadora, o *design* de interação centrado no utilizador.

Neste sentido, os conceitos de usabilidade e de *user experience*, a serem abordados no presente artigo, integram diversas metodologias e ferramentas que compreendem um conjunto significativo de vantagens, onde se destacam: a diminuição do tempo de *reworking*, a melhoria da satisfação do utilizador e o retorno do investimento.

O objetivo deste artigo é expor os conceitos de usabilidade e de *user experience*, como exemplos de boas práticas a incluir no processo de desenvolvimento de *software*, bem como apresentar as suas principais vantagens e possíveis indicadores para aferir o *Return on Investment* (ROI), identificando a sua aplicabilidade como um *case study* implementado na Vivo, pela PT Inovação.

1. Introdução

A usabilidade e a *user experience* fazem parte da área científica transdisciplinar do *Human Computer Interaction*, que tem vindo a ganhar cada vez mais espaço e investimento, quer ao nível da investigação científica, quer ao nível empresarial, atendendo à evolução da tecnologia e da sociedade.

De acordo com a UPA (*Usability Professionals Association*), *user experience* é a ciência e arte de desenvolver um produto que seja fácil de utilizar, que responda às expectativas dos utilizadores e que cumpra com eficácia e eficiência os objetivos a que se destina. As técnicas e métodos que fazem parte deste processo envolvem várias áreas do saber e tipicamente acompanham um produto desde a sua fase de conceção e especificação até à sua entrada no mercado, junto do cliente final.

A adoção destas técnicas e metodologias tem um impacto direto nos negócios das organizações (lógica, financeira/venda) e um impacto indireto, mais difícil de mensurar, ligado à imagem, ao processo de gestão e desenvolvimento nas equipas, à relação com o cliente e à capacidade de inovar, muito ligada a ciclos de desenvolvimento iterativos de melhoria contínua.

O IEEE no seu artigo "*why software fails?*"¹ apresenta um conjunto de razões pelas quais muitos projetos falham. No topo dessa listagem estão três indicadores relacionados com a *user experience*, nomeadamente: a falha na definição de requisitos, baixa e ineficaz comunicação entre a equipa de desenvolvimento, o gestor de projeto e o cliente e, finalmente, políticas de desenvolvimento de *software* ineficazes.

De acordo com a IBM² (justificando a aposta nesta área do conhecimento): cada \$1 investido em usabilidade tem um retorno entre \$10 a \$100. Estes estudos apontam para uma crescente aposta nas áreas relacionadas com a *user experience* no seio de negócios de *software*, que representam retorno efetivo do investimento efetuado na área, ao nível da melhoria da produtividade, do aumento da receita e da redução dos custos.

Esta forte tendência assente em fatores primordiais para o sucesso das aplicações no mercado leva a que, atualmente, *software* que proporcione uma maior satisfação na sua utilização seja um fator de distinção no mercado, possibilitando ao utilizador a realização das suas tarefas de uma forma muito aproximada do seu modelo mental.

User centered design é uma abordagem holística do desenvolvimento de produtos

e serviços, que coloca o utilizador no centro do processo e que integra informação para a especificação de toda a envolvente, contexto e características das pessoas que vão efetivamente utilizar o produto ou serviço (Preece, 2007).

Os modelos de *user centered design* que colocam o utilizador no centro do processo vêm romper com o paradigma clássico de desenvolvimento de *software*, o qual privilegia a especificação de requisitos em função da tecnologia e não em função do utilizador final.

Pensar a tecnologia a partir desta premissa tem vindo a permitir o desenvolvimento de produtos e serviços que funcionam cada vez mais como uma extensão natural da forma de pensar, movimentar e interagir do ecossistema do ser humano, o que significa que estamos num processo de unificação dos modelos mentais do utilizador na interação com a tecnologia.

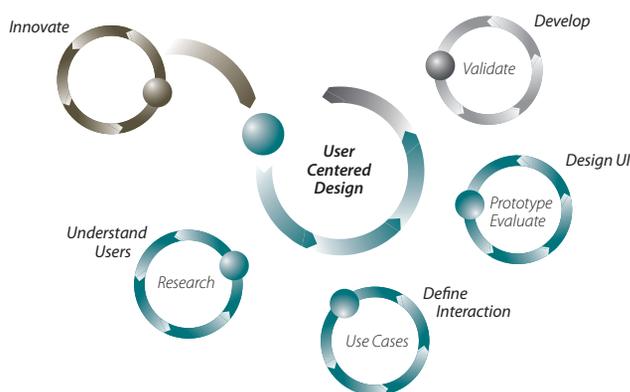


Figura 1- Modelo de *User Centered Design*

1 http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1502528

2 <http://www-01.ibm.com/software/ucd/ucd.html>

Este artigo apresenta a metodologia utilizada no *case study* da VIVO, apresentando os principais fatores de sucesso de uma aplicação, quando utilizada uma metodologia de avaliação de usabilidade e *user experience* e os reais benefícios da inclusão deste tipo de metodologias no processo de desenvolvimento de *software*.

2. Usabilidade e *user experience*

Existem inúmeras definições de usabilidade de entre as quais destacamos duas. A *International Standards Organization* (ISO) na sua norma 9241³, parte 11, define usabilidade como: "A forma como um produto pode ser utilizado por utilizadores específicos para atingir objetivos específicos, com eficácia, eficiência e satisfação num contexto de utilização específico".

Por eficácia entenda-se: a qualidade com que o utilizador atinge os objetivos; eficiência: os recursos necessários e consumidos para atingir o objetivo; satisfação: como o utilizador se sente na utilização do sistema.

De acordo com Nielsen⁴, "*Usability is a quality attribute that assesses how easy user interfaces are to use. The word "usability" also refers to methods for improving ease-of-use during the design process. Usability is defined by five quality components:*

- *Learnability: How easy is it for users to accomplish basic tasks the first time they encounter the design?*
- *Efficiency: Once users have learned the design, how quickly can they perform tasks?*
- *Memorability: When users return to the design after a period of not using it, how easily can they reestablish proficiency?*

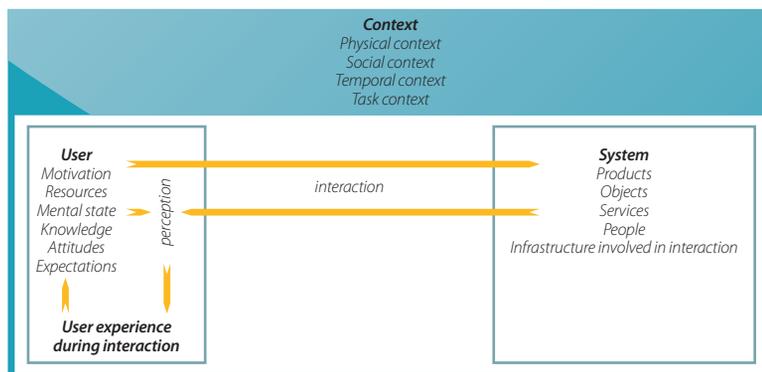


Figura 3 - *User Experience Process* (Roto, 2006)

- *Errors: How many errors do users make, how severe are these errors, and how easily can they recover from the errors?*
- *Satisfaction: How pleasant is it to use the design?"*

De acordo com Tullis (2008), a maior parte das definições de usabilidade partilha sempre três temas: existe um utilizador envolvido, esse utilizador está a realizar alguma tarefa e finalmente esse utilizador está a realizar alguma tarefa com um produto, sistema ou outro artefacto. Neste contexto muitos autores sentem a necessidade de distinguir os conceitos de usabilidade e de *user experience*.

Esta distinção é necessária pois na realidade, apesar de estes conceitos estarem relacionados, eles podem existir de forma dissociada dependendo do objeto em estudo. Assim, entende-se como *user experience* "All the aspects of how people use an interactive product: the way it feels in their hands, how well they understand how it works, how they feel about it while they're using it, how well it serves their purposes,

and how well it fits into the entire context in which they are using it" (Roto, 2006).

Em determinados âmbitos pode fazer sentido que a usabilidade surja como atributo da *user experience*, pois a avaliação de usabilidade de um sistema está intrinsecamente relacionada com a habilidade que um utilizador tem para utilizar um determinado produto, sistema ou outro artefacto para executar uma tarefa com sucesso, podendo, no entanto, ser considerada como um complemento a uma análise de *user experience* visto que, conforme se pode observar na Figura 3 esta se centra mais nos utilizadores, o contexto psicológico, social, temporal e de tarefa em que estão inseridos, as motivações, recursos, conhecimento, atitudes e expectativas na sua interação com o objeto de teste e a sua percepção do resultado da interação com o produto, objeto, serviço, infraestrutura.

Enunciados os conceitos, considera-se necessário compreender a importância de centrar o desenvolvimento de um produto, serviço ou sistema, no utilizador.

Porquê desenhar soluções/produtos centrados no utilizador?

- Aumento da satisfação do cliente;
- Minimização erros de lógica/adaptação do produto às necessidades do cliente;
- Mais fácil de usar (melhoria da usabilidade).

O desenvolvimento de soluções centradas no utilizador implica:

- Envolver e conhecer os utilizadores;
- Analisar as tarefas e objetivos dos utilizadores;
- Testar a usabilidade.

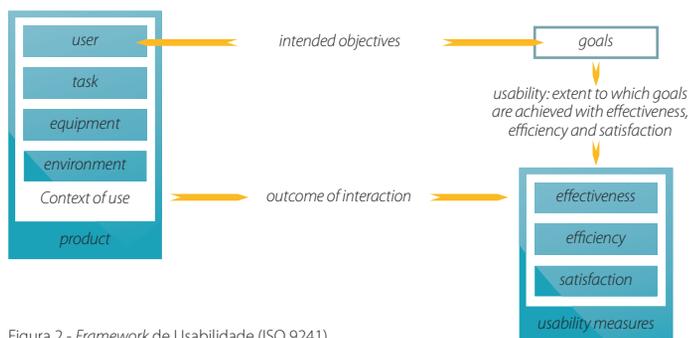


Figura 2 - *Framework de Usabilidade* (ISO 9241)

³ http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=16883

⁴ <http://www.useit.com/alertbox/20030825.html>

Procedimentos e ferramentas de execução de testes de usabilidade

De acordo com a metodologia a adotar e com os indicadores que se pretendem observar, são definidas métricas e são determinadas técnicas de recolha de dados que dão suporte ao desenvolvimento de aplicações centradas nos utilizadores, designadamente:

- *Focus group*;
- Inquéritos por questionário;
- Grelha de observação;
- *MindMaps* e *Wireframes*;
- Entrevistas;
- Guiões de tarefas;
- Prototipagem em papel;
- *Checklist* de performance.

Qual o objetivo de um teste de usabilidade?

Prende-se com a avaliação, por parte de um conjunto de utilizadores, do grau em que um produto se encontra em relação a critérios específicos, os quais variam de acordo com a fase de maturidade do produto no seu ciclo de desenvolvimento, existindo, por esse mesmo motivo, vários tipos de teste de usabilidade, nomeadamente: teste de exploração, de avaliação, de validação e testes de comparação.

Exemplos de métricas mais avaliadas em sistemas web:

- Memorização de tarefas;
- Eficiência na execução de tarefas;
- Eficácia de realização de tarefas;
- Prevenção visando a redução de erros;
- Satisfação subjetiva do utilizador.

É importante referir que não existe uma única forma de efetuar avaliação de usabilidade ou análise de *user experience*. Existe, sim, um conjunto de metodologias que podem ser combinadas ou utilizadas separadamente de acordo com a finalidade pretendida.

3. Como medir o ROI da *user experience*

Após distinguidos os conceitos de usabilidade e de *user experience*, existe uma questão que é habitualmente colocada referente ao relacionamento do conceito de *Return of Investment* (ROI) com o conceito de *user experience*: como é possível medir o ROI da *user experience*?

Para ser possível responder a esta questão é necessário compreender qual o valor

que a avaliação de *user experience* pode acrescentar à empresa, sendo que esta análise assenta, essencialmente, em três pilares: aumento de produtividade, redução de custos e aumento de vendas.

Considerando que a empresa vai desenvolver um *software* cuja *user interface* é eficiente por permitir aos utilizadores resolver as suas tarefas de forma mais rápida, simples e fácil, então o impacto sobre o esforço que o utilizador terá de fazer será menor e existe, efetivamente, um aumento de produtividade. Para além desta vantagem, uma interface otimizada e clara leva à diminuição da possibilidade dos utilizadores cometerem erros, necessitando portanto de uma menor curva de aprendizagem para interagir com o *software* uma vez que os utilizadores irão fazê-lo de forma mais intuitiva. Estes fatores levam a que seja exigido um menor esforço cognitivo de compreensão na utilização do produto, conduzindo a uma maior satisfação por parte dos utilizadores, uma vez que conseguirão realizar as suas tarefas de uma forma mais satisfatória (podendo inclusivamente aumentar o grau de motivação dos mesmos).

Uma interface clara, bem documentada, fácil de utilizar, que corresponda às expectativas dos utilizadores e se adequa às funções que os utilizadores terão de realizar aquando da utilização do produto, pode representar uma significativa redução de custos de formação, desenvolvimento e implementação. Acrescenta-se que, quando os utilizadores se encontram satisfeitos com o *software* que estão a utilizar, não existe necessidade de geração de entropia causada pelo encaminhamento de chamadas para o sistema de suporte do produto, poupando, também, esforços aos recursos humanos responsáveis. É possível compreender que a distinção entre a camada de código e a camada de *user interface* traz benefícios ao nível da redução de custos, pois desta forma é possível alocar recursos especializados a cada tarefa, fomentando a maior colaboração entre os membros da equipa que contribuem ativamente para o desenvolver do projeto nas suas várias etapas.

No que concerne ao desenvolvimento do produto em si, entende-se que a análise de *user experience* deve ser considerada e integrada como parte do mesmo, através de metodologias e abordagens adequadas ao *target*, ao contexto e ao objetivo do *software*, estendendo-se desde a fase de con-

ceção a todas as restantes fases do ciclo de desenvolvimento, uma vez que reduz significativamente o tempo e custos associados a reajustes posteriores no produto.

No que respeita ao aumento das vendas, o elemento chave é certamente a diferenciação. Apesar de este fator ser constantemente subestimado pelas empresas, ele é, atualmente, decisivo no processo de seleção de fornecedor pelo cliente. Quando um utilizador sabe que pode ter acesso, não só a um *software* que lhe permita realizar as suas tarefas de forma rápida, fácil, eficaz e com satisfação, mas também que pode usufruir de uma agradável experiência na sua utilização, é certo que ele irá optar pelo produto que supera as suas expectativas.

Considerando estes três pilares, é portanto importante compreender como é possível aplicar o conceito de ROI à *user experience* e quais os elementos que devem ser tidos em conta. Segundo a *Massachusetts Innovation and Technology Exchange* (MITX), os elementos a ter em conta na avaliação do ROI da *user experience* podem dividir-se em dois grupos: *hard* e *soft* (mantendo os termos originais).

Hard:

- *Conversion / Acquisition*;
- *Lead generations*;
- *Retention*;
- *(Targeted) traffic*;
- *Viral referrals (not only videos)*;
- *Channel migration*;
- *Employee productivity*;
- *Cost savings*.

Soft:

- *Engagement*;
- *Customer satisfaction*;
- *Loyalty to brand / Building champions*;
- *Utilization and product / service adoption*;
- *Awareness*;
- *Ethics*.

Estes fatores podem ter consequências bastante tangíveis diretamente no negócio, sendo que, atualmente existem estudos que demonstram que cada dólar investido em *user experience* traz entre dois e cem dólares de retorno, ou seja, entre o dobro a cerca de cem vezes mais (IBM). A *Strategic Data Systems* (SDS) Consulting⁵, no seu relatório "Special report: UX Business Impacts and ROI" conclui que os resultados na aposta em *user experience* provam a diminuição dos custos de desenvolvimento, aumento da receita e diminuição do *time to market*.

⁵ SDS Consulting, 2009. Special report: UX Business Impacts and ROI. IT Leadership series.



Figura 4 - Registo fotográfico de alguns testes de usabilidade

Este relatório Norte-Americano demonstra, com base numa pesquisa realizada em 735 empresas com desenvolvimento Web, que estas, em média, investem cerca de 11,5% dos seus orçamentos de desenvolvimento de produto na *user experience*. Este estudo concluiu também que a *user interface* do *software* se apresenta como:

- 47- 66% do código total de um projeto;
- 40% do esforço de desenvolvimento;
- 80% dos pedidos de correções que não foram previstos (os outros 20% são *bugs*).

Desta forma, podemos concluir que o investimento efetuado na adoção de práticas de *user experience* numa empresa de desenvolvimento de *software* tem retorno efetivo e envolve não só equipas com competências especializadas, como também várias áreas de conhecimento.

A operacionalização deste processo centra-se nos fatores *hard* e *soft* apresentados, onde são realizadas tarefas como: entrevistas e acompanhamento do cliente, *user research*, *user testing*, *user interface design*, entre outras técnicas adequadas à metodologia determinada para o âmbito do projeto.

4. Case study da Vivo

No contexto do surgimento de novos paradigmas de aprendizagem ligados ao ensino a distância, foi identificada a necessidade de se realizar uma avaliação da usabilidade da plataforma de *eLearning* da Vivo, a fim de identificar o grau de eficácia, eficiência e satisfação do sistema na perspetiva do aluno.

No sentido de ser possível avaliar a usabilidade da plataforma, optou-se pela realização de dois testes de usabilidade: um de validação sobre a plataforma atual e um de exploração acerca da nova comunicação visual e arquitetura de informação do sistema.

O objetivo do teste de validação realizado foi compreender e verificar a forma como o

utilizador realiza tarefas reais, identificando-se os principais problemas de usabilidade.

O objetivo do teste de exploração realizado foi compreender se a nova estruturação visual e informacional da plataforma ia ao encontro dos modelos mentais do utilizador, incidindo a avaliação no facto de se o utilizador distingue os elementos funcionais da interface e se aprova as funções apresentadas, tentando identificar e conceptualizar um modelo que considerasse intuitivo.

Foram realizados 14 testes de usabilidade e 26 entrevistas com as 6 áreas de negócio da Vivo.

A recolha de dados foi efetuada com recursos a vários instrumentos de validação, designadamente:

- Questionários, entrevistas, testes de usabilidade com registo audiovisual complementado com grelha de observação;
- Utilização de técnicas das ciências da comunicação (*think-aloud protocol*, *card sorting*, *mockups* para o desenho da arquitetura do sistema, e recolha audiovisual com recurso a *software*).

Na recolha de dados foram tidas em conta métricas como intervalos temporais de execução de tarefas, número de tentativas/erros, o facto de ter conseguido obter sucesso na realização da tarefa, bem como os comentários efetuados pelo utilizador aquando da execução das tarefas e, ainda, o cruzamento destes dados com a satisfação sentida pelo mesmo na execução do teste.

Parâmetros de avaliação

A divisão em dois tipos de teste de usabilidade permite avaliar dados específicos relacionados com cada teste. Assim, a divisão dos parâmetros de avaliação é efetuada relativamente a cada fase.

Na primeira fase, o teste de validação com-

portou a realização de tarefas no sentido de se compreenderem índices de eficácia, eficiência, memorização e aprendizagem na utilização do sistema, bem como o índice da satisfação subjetiva dos utilizadores.

Na segunda fase, o teste de exploração compreendeu a realização de uma entrevista em que foram verificadas expectativas sobre o modelo mais adequado para a plataforma (focada em duas páginas centrais de atividade no sistema: *homepage* e página de acesso à formação), bem como índices relacionados com a análise de uma nova solução para a plataforma do ponto de vista do seu paradigma de interação.

Ainda no âmbito da realização destas entrevistas foram recolhidas informações sobre o grau de satisfação dos utilizadores com a plataforma e com a formação no geral, bem como registadas expectativas de melhorias.

Para o processo de recolha de dados foram definidos os seguintes parâmetros de avaliação:

Teste de validação:

- Percentagem de execução de tarefas;
- Tempo médio despendido na execução de cada tarefa;
- Média de erros por tarefa;
- Dados subjetivos sobre a satisfação do participante.

Teste de exploração:

- Dados qualitativos sobre a utilização da plataforma;
- Expectativas do utilizador na utilização da plataforma;
- Levantamento de sugestões de melhoria por parte do utilizador sobre a utilização e comunicação visual da plataforma.

Principais resultados obtidos:

- Para cada problema identificado no teste foi efetuada uma interpretação dos dados (qualitativos e quantitativos), identificado o princípio heurístico que não estava a ser respeitado e identificada uma ação corretiva;
- Foram apresentadas sugestões de melhorias para funcionalidades atuais e sugestões para novas funcionalidades a integrar no sistema;
- A realização deste estudo permitiu igualmente a identificação de problemas com o *workflow* de formação atual da Vivo, bem como medir o do grau de satisfação dos utilizadores com o sistema;

- Identificação do grau de literacia digital dos ativos humanos da Vivo versus dificuldade em interagir com o sistema;
- Identificação de melhorias, do ponto de vista do processo pedagógico que a Vivo implementa, nos diversos tipos de cursos ministrados (desde eLearning até presencial);
- Os resultados obtidos nestes testes foram diretamente integrados na especificação de requisitos para o desenvolvimento da nova versão da plataforma.

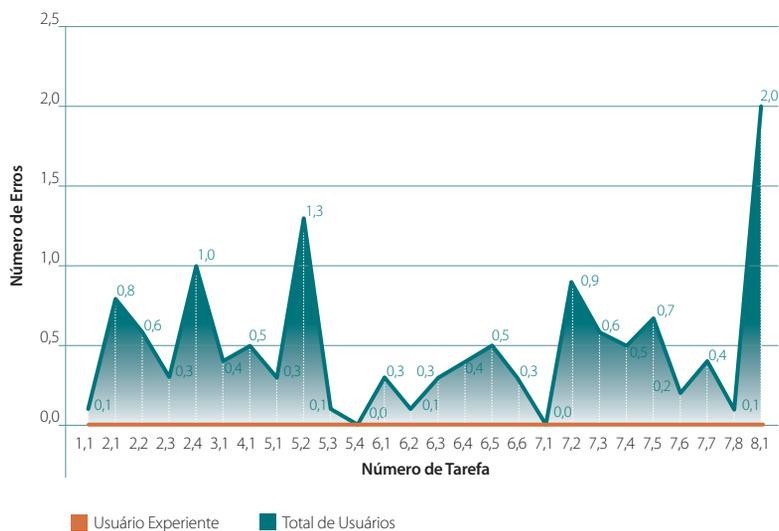
A metodologia utilizada para a recolha de dados permitiu a obtenção de informação crucial para os novos cenários de espaço de aprendizagem do aluno, bem como a identificação de necessidades específicas para a Vivo na área da gestão de conhecimento e da formação.

Paralelamente foi desenvolvido um relatório com a identificação de ações de melhoria em outras áreas de negócio da Vivo, complementares à da formação, a partir dos resultados globais do estudo realizado, nomeadamente nas áreas de: TI, Comunicação, Marketing e Gestão do Conhecimento. A maior parte dos dados extraídos para este relatório foram recolhidos nas entrevistas e nos inquéritos de satisfação⁶

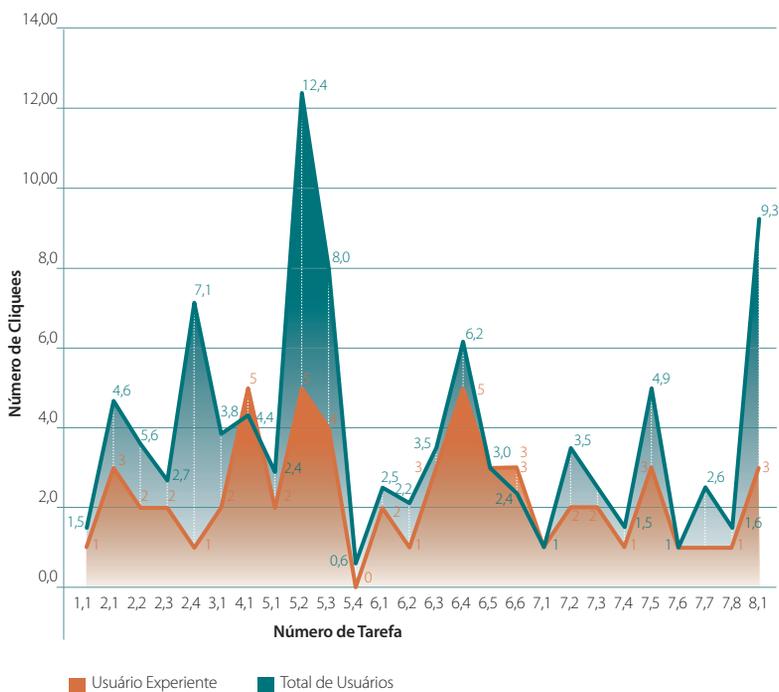
5. Conclusões e relevância do trabalho desenvolvido para os negócios

A importância da adoção das práticas e metodologias descritas neste artigo tem vindo a crescer nos últimos anos nos vários sectores de atividade, sobretudo por questões relacionadas com objetivos financeiros (redução do tempo de *reworking*), mas também por razões afetas ao posicionamento do produto no mercado, à sua comunicação visual, usabilidade, cumprimento de expectativas e à melhoria da relação com o cliente.

Do ponto de vista de desenvolvimento de *software* esta mudança implica a integração destas metodologias e práticas no ciclo de desenvolvimento (desde o processo de conceção e especificação até à execução de testes de usabilidade). Na maioria dos casos pretende-se que este processo seja mais ágil e iterativo, sempre ajustado à realidade e contexto do projeto, mas que permita a integração do princípio da melhoria contínua.



Teste 1 - Média de erros por tarefa



Teste 4 - Média do número de cliques por tarefa

De uma forma global poder-se-á afirmar que o valor da adoção deste tipo de metodologias e práticas traz sempre um ROI efetivo para o projeto, na medida em que as técnicas e metodologias de *user experience* são sempre ajustadas ao âmbito do

mesmo e determinam o sucesso e a diferenciação do produto de uma forma holística, desde o produto em si, passando pela gestão, indo até à relação com o cliente e colmatando na satisfação do utilizador final.

⁶ Relatório dos testes de usabilidade desenvolvidos no âmbito do projecto *eLearning* da VIVO (2010)

Referências

- [1] *International ISO Standard 9241-11*, (1998). *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on usability, First edition*, 1998-03-15, pp 28.
- [2] Nielsen J. (1994). "Ten Usability Heuristics", *useit.com-Papers and Essays*, 1994, http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_list.html
- [3] Norman, Donald, "Emotional Design". New York, Basic Books, 2004
- [4] Jordan, P. (2001). *An Introduction to Usability*. Taylor & Francis.
- [5] Ben Shneiderman, B. (1997). *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*, Addison-Wesley Pub Co; 3rd edition, ISBN: 0201694972, pp 638.
- [6] Benedek J. and Miner T., (2002) "Measuring Desirability: New methods for evaluating desirability in a usability lab setting", Microsoft Corporation, 1 Microsoft Way, Redmond, WA 98052
- [7] Sharp, H., Rogers, Y., & Preece, J. (2007). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*, Wiley; 2 edition.
- [8] Bevan, N. (2001). *International standards for HCI and usability*. *Int. J. Human-Computer Studies*, 55, 533 – 552.
- [9] Preece, J. (2000). *Online Communities: Supporting Sociability, Designing Usability*. Wiley, ISBN: 0-471-80599-8, pp 439.
- [10] Gilb, T. (1988). *Princípios de Gestão de Engenharia de Software*. Addison Wesley: Ler, Ma.
- [11] Pressman, R.S. (1992). *Engenharia de Software: Uma Abordagem praticante*. McGraw-Hill: New York, NY.
- [12] Tullis, T., Albert, B. (2008). *Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics*. Elsevier. ISBN-13: 978-0123735584
- [13] Roto, V. (2006). *Web Browsing on Mobile Phones - Characteristics of User Experience*. Tese de Doutoramento: Department of Computer Science and Engineering. Helsinki University of Technology.
- [14] SDS Consulting, 2009. *Special report: UX Business Impacts and ROI*. IT Leadship series.
- [15] Relatório dos testes de usabilidade desenvolvidos no âmbito do projecto *eLearning* da VIVO, 2010, Documento Interno da PT Inovação.

Lúcia Freitas Moreira é licenciada em Novas Tecnologias da Comunicação pela Universidade de Aveiro e doutoranda em Informação e Comunicação em Plataformas Digitais. Trabalha atualmente no Departamento de Inovação Exploratória onde é responsável pela equipa de desenvolvimento de conteúdos multimédia para Formação e *eLearning*. Formadora do curso Formação Pedagógica para eFormadores. Autora e coautora de artigos e comunicações na área da comunicação multimédia, usabilidade de interfaces *Web*, *eLearning* e novos cenários de aprendizagem virtual. Participou ainda em projetos de investigação como o eContents, Multis, POLO, Serious Game.

Marília Moita é licenciada em Novas Tecnologias da Comunicação pela Universidade de Aveiro e Mestre em Comunicação Multimédia. Trabalha atualmente no Departamento de Inovação Exploratória, na equipa de desenvolvimento de conteúdos multimédia para Formação e *eLearning*. Coautora de artigos na área dos sistemas interactivos *multitouch*, mundos virtuais em contexto de aprendizagem e Serious Games. Participou ainda em projetos de investigação como o Serious Game e o PontoUA (Ponto de Interação Público da Universidade de Aveiro).

01

MyConnect — Gestão de Conectividade e Autenticação em Redes de Acesso Heterogéneas

palavras-chave:
Conectividade, Autenticação Transparente, EAP-SIM, WiFi, 3G, 4G



Pedro Neves



Ricardo Silva



Tiago Cardoso



André Barbosa



Mário Nunes
(TMN)



José Barriga
(TMN)



Sérgio Dias
(TMN)



Telma Mota

A massificação de tecnologias de acesso de banda larga sem fios locais (*WiFi*) e metropolitanas (3G e LTE) lançou novos desafios aos operadores móveis e aos clientes. Na perspectiva dos operadores, é necessário otimizar a utilização dos recursos nas redes de banda larga móvel, efetuando para isso o *offload* do tráfego para redes *WiFi* e/ou *Ethernet*, permitindo simultaneamente rentabilizar os *hotspots WiFi*. Do ponto de vista do cliente, é importante fornecer uma experiência de conectividade transparente *Always Best Connected*, permitindo a ligação automática do terminal à melhor rede disponível (3G, LTE, *WiFi* e/ou *Ethernet*) em cada momento, e, simultaneamente, tornar os processos de autenticação na rede *WiFi user-friendly*, isto é, sem intervenção do utilizador. Este artigo descreve a aplicação *MyConnect* desenvolvida pela PT Inovação para endereçar os processos de gestão de conectividade e *offload* das redes móveis de banda larga 3G/4G.

1. Introdução

A evolução dos terminais móveis nos últimos anos, com mais capacidade de processamento, melhores ecrãs e interfaces *wireless* com débitos elevados (por exemplo, 4G/LTE que foi recentemente demonstrado pela TMN), tem motivado a alteração do paradigma de comunicação na rede móvel. Esta mudança de paradigma motivou o surgimento de novos serviços (e.g. YouTube, Netflix, Facebook, Google TV, MEO Mobile, ...) e, conseqüentemente, o aumento exponencial do tráfego na rede.

De acordo com um estudo publicado pela Cisco [1], o total de tráfego de dados nas redes móveis apresentará um crescimento exponencial significativo até 2015, representado um crescimento aproximado de 25 vezes relativamente ao ano de 2011. A Europa Ocidental e a Ásia serão responsáveis por mais de metade de todo o tráfego móvel em 2015, enquanto os mercados emergentes, representados pelos países do Médio Oriente, América Latina, Europa de Leste e África apresentarão as taxas de crescimento mais elevadas [1].

A Figura 2 apresenta uma previsão de crescimento do tráfego de dados para os vários tipos de dispositivos móveis. Este gráfico ilustra o papel fundamental desempenhado pelos portáteis e *smartphones* no novo paradigma de comunicações, mas prevê também o aparecimento de outro tipo de dispositivos, como por exemplo os *tablets* e os dispositivos *Machine-to-Machine* (M2M), com elevado potencial de penetração nestes novos ambientes. Relativamente ao tipo de serviços móveis que vão prevalecer, a Figura 3 ilustra que o Mobile Vídeo será o principal serviço utilizado, seguido dos serviços



Figura 1 - Novo Paradigma de Comunicações – Centrado no Utilizador e com Novos Serviços

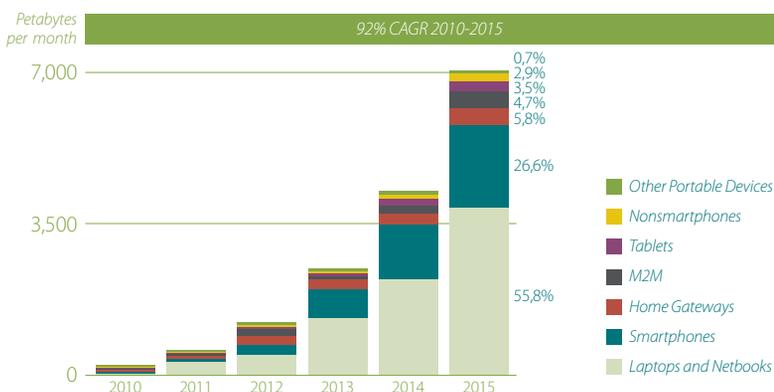


Figura 2 - Crescimento dos Dispositivos Móveis até 2015

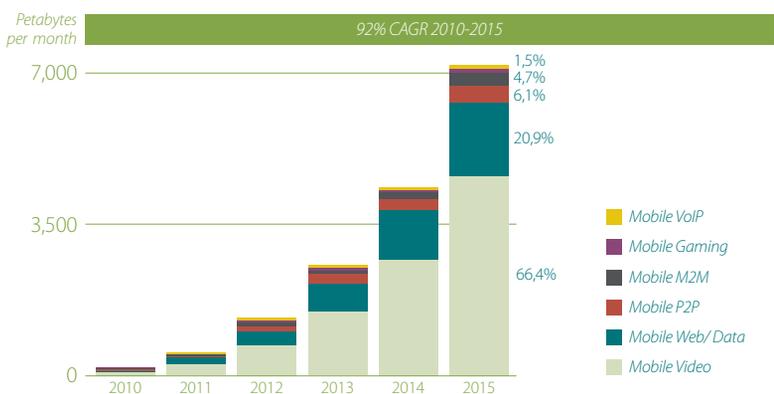


Figura 3 - Evolução dos Serviços Móveis até 2015

Mobile data, Mobile P2P e Mobile M2M. É importante salientar que o tráfego relacionado com o serviço Mobile VoIP não será um valor significativo comparativamente com os restantes serviços.

Do ponto de vista do operador, este aumento significativo de tráfego “pressiona” bastante as redes móveis de banda larga (3G e/ou 4G) e, em algumas situações, pode mesmo congestionar as mesmas. Deste modo, o operador necessita de uma solução de gestão de conectividade que permita otimizar a utilização dos recursos da rede móvel, movendo parte do tráfego para redes complementares à rede 3G (procedimento habitualmente conhecido como 3G/4G offload). Neste contexto, as redes de acesso WiFi têm um papel fundamental, permitindo simultaneamente aumentar a cobertura e “aliviar” o tráfego a circular nas redes de banda larga móvel através de políticas de conectividade apropriadas. No caso concreto da PT/TMN, este cenário é bastante atrativo dada a aposta recente do grupo na proliferação de hotspots WiFi PT com acesso por fibra ótica.

Do ponto de vista do utilizador, dada a

frequente mudança entre várias redes WiFi e as redes de banda larga móvel, é fundamental facilitar o processo de autenticação, tornando-o o mais transparente e user-friendly possível. Assim, o gestor de conectividade deve tirar partido das credenciais disponíveis no cartão SIM utilizando o protocolo de autenticação Extensible Authentication Protocol (EAP) [2], também conhecido como EAP-SIM [3].

Resumidamente, este artigo descreve as principais funcionalidades e arquitetura do gestor de conectividade da PT Inovação – MyConnect – para terminais móveis com suporte para as interfaces 3G, 4G, WiFi e Ethernet. É também abordada a integração do modelo de autenticação EAP-SIM no gestor de conectividade.

2. Arquitetura MyConnect

A aplicação MyConnect efetua a gestão de todas as ligações wireless do terminal móvel do utilizador, fornecendo uma experiência de conectividade transparente Always Best Connected (ABC), permitindo a ligação automática do terminal à melhor rede de acesso wireless (3G, LTE, WiFi, ...) e/ou wired (Ethernet) em cada momento.

A Figura 4 ilustra a utilização da aplicação MyConnect enquadrada num ambiente de acesso heterogéneo onde se pode visualizar as diferentes componentes da plataforma, nomeadamente:

- **MyConnect Client:** componente responsável pela deteção, decisão e mudança de rede. Esta componente é igualmente responsável pela gestão dos processos de autenticação nas redes WiFi e pela interação com as interfaces de rede WiFi, 3G (UMTS, HSPA), 4G (LTE) e Ethernet; implementa também as funcionalidades de dialer (gestão de SMS e contactos);
- **MyConnect Server:** componente responsável pela atualização automática de novas versões, deteção de bugs e receção/gestão de relatórios de erros.

3. Interfaces de acesso

A aplicação suporta tecnologias de acesso de banda larga móvel, WiFi e Ethernet. A Figura 5 ilustra a arquitetura utilizada pela aplicação MyConnect para controlar as várias interfaces disponibilizadas.

Ethernet

Controla as propriedades da interface Ethernet através da API Network Interfaces do sistema Windows. Não permite efetuar nenhum comando sobre a interface, sendo apenas possível receber eventos e consultar o estado da interface.

WiFi

Controla a interface WiFi do Windows através da WLAN API do sistema. As funcionalidades disponibilizadas são as seguintes:

- Ligar/ Desligar a rede WiFi;
- Adicionar/ Remover perfis de redes;
- Obter informações da rede atual: velocidade, tráfego efetuado, força de sinal, etc.;
- Obter redes configuradas e disponíveis;
- Alterar modo de ligação de uma rede WiFi entre automático/ manual;
- Subscrição de eventos para notificações quando o estado da interface de rede muda, incluindo as diferentes fases do estabelecimento de ligação (i.e. associação, autenticação, etc.).

Banda Larga Móvel

A aplicação MyConnect está preparada para suportar placas de banda larga móvel

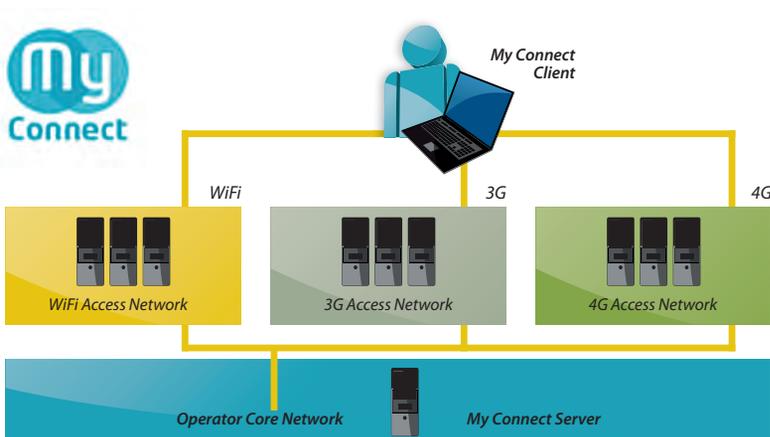


Figura 4 - Cenário de Utilização da Aplicação MyConnect num Ambiente Heterogéneo

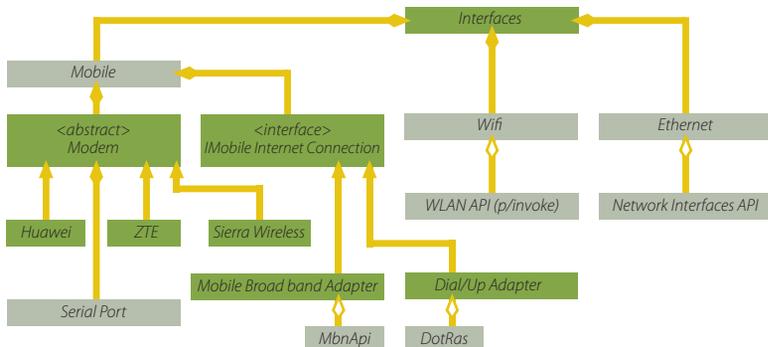


Figure 5 - Arquitetura das Interfaces de Acesso

3G/4G de qualquer fabricante e de qualquer tipo de modelo. A arquitetura interna da aplicação *MyConnect* é constituída por uma camada genérica que abstrai as funcionalidades disponibilizadas pela aplicação aos utilizadores dos vários modelos de placas de banda larga que podem ser conectadas. Deste modo, basta desenvolver e integrar um novo *plugin* quando surge no mercado uma placa (ou modelo) de banda larga que introduz novas funcionalidades.

Neste momento, a aplicação suporta dois tipos de placas de banda larga móvel:

- Placas de banda larga ligadas ao portátil através da porta USB;
- Placas de banda larga integradas diretamente no interior dos portáteis.

As seguintes funcionalidades são disponibilizadas:

- Adicionar/ Remover perfis de rede

móvel (i.e. APN, autenticação CHAP/PAP, etc.);

- Ligar/ Desligar a ligação à internet;
- Gestão de SMS e Contactos;
- Gestão do PIN;
- Execução do algoritmo GSM (geração do Kc e SRES a partir de um valor RAND), usado na autenticação EAP-SIM;
- Obter informação sobre o estado de rede (i.e. tecnologia em uso GPRS, UMTS ou HSPA; operador em uso; força de sinal, etc.).

A gestão da banda larga móvel está dividida em duas partes: gestão da placa por comandos *Windows*. A gestão por comandos AT é efetuada pela classe abstrata *Modem*. Esta classe implementa os comandos AT standard e as subclasses Huawei, ZTE e

Sierra Wireless implementam os comandos proprietários dos respetivos fabricantes. Esta classe usa a biblioteca *SerialPort* para comunicar com as placas de banda larga.

As Figuras 6, 7 e 8 apresentam a interface gráfica da aplicação *MyConnect*.

4. Políticas de conectividade

Para gerir as interfaces de acesso são disponibilizados dois modos de operação – Modo Automático e Modo Manual – com políticas de conectividade distintas. No Modo Automático a aplicação controla automaticamente todos os procedimentos necessários para estabelecer a ligação do dispositivo com a internet, libertando desta forma o utilizador de qualquer necessidade de configuração e controlo da aplicação. Para gerir os processos de conectividade de forma automática são configuradas políticas na aplicação, como por exemplo:

- **3G/4G offload:** esta política liga auto-



Figure 6 - GUI Principal do *MyConnect*

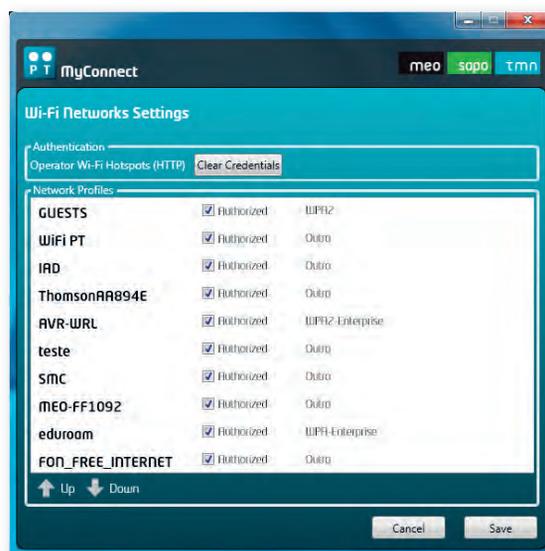


Figure 8 - GUI da Interface *WiFi*

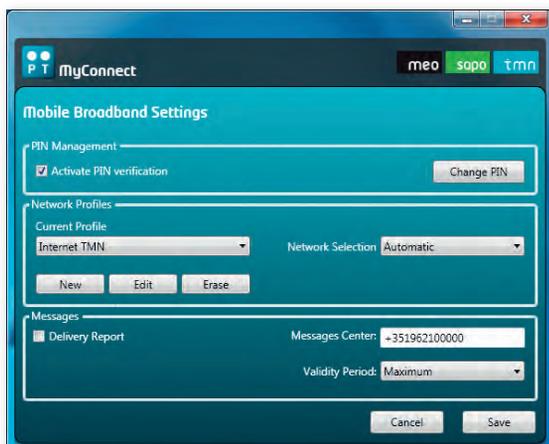


Figure 7 - GUI da Interface de Banda Larga Móvel

maticamente o terminal móvel à rede *WiFi* ou *Ethernet* sempre que estas se encontrarem disponíveis, libertando deste modo os escassos e dispendiosos recursos das redes móveis 3G/4G;

- **Custo Mínimo:** esta política assegura que o utilizador é ligado à rede de acesso com menores custos, isto é, utilizando a seguinte ordem – *Ethernet*, *WiFi* e 3G/4G;
- **Acesso Permanente (Always Best Connected):** esta política garante que o terminal está sempre ligado à internet desde que existam redes de acesso disponíveis. Isto é, se uma das redes de acesso fica indisponível (por exemplo, o utilizador desloca-se e perde a ligação à rede de acesso *WiFi*), a aplicação procura imediatamente ligar-se à rede de acesso seguinte na lista de prioridades;
- Outras políticas configuradas pelo gestor da aplicação.

O Modo Automático baseia-se num mecanismo baseado numa máquina de estados que toma decisões tendo em conta o estado atual das interfaces de rede e/ou preferências do utilizador. A máquina de estados é iniciada sempre que ocorre um evento numa das interfaces de rede, quando são alteradas as preferências do utilizador ou quando uma ação manual do utilizador termina (por exemplo, estabelecer a ligação banda larga manualmente). Este mecanismo executa várias tarefas, sendo a mais importante verificar o estado atual das interfaces de rede e tomar uma decisão com base nesta informação. Por outro lado, atualiza também o estado da interface gráfica com base no próprio estado do mecanismo. A decisão de mudar de rede só é efetuada quando a aplicação está em modo automático.

No Modo Manual o controlo e configuração da aplicação é delegado ao utilizador, permitindo que este escolha, em cada momento, a rede de acesso a que pretende estar ligado.

5. Autenticação transparente EAP-SIM

Dada a elevada penetração de redes *WiFi*, é frequente a mudança da interface de acesso 3G/4G para a interface *WiFi*, promovendo o *offload* das redes de banda larga móvel. No processo de mudança para a rede *WiFi* é necessário efetuar os procedimentos de autenticação nesta rede. Ao contrário do processo de autenticação nas redes 3G/4G, o processo de autenticação em redes *WiFi*

é um procedimento que normalmente requer a intervenção do utilizador para introduzir e memorizar as suas credenciais (*username / password*). Deste modo, para garantir um processo de autenticação mais simples e *user-friendly*, é utilizado o método de autenticação EAP-SIM.

O método de autenticação EAP-SIM permite reaproveitar a arquitetura de autenticação das redes GSM e aplicar em redes *WiFi*, permitindo assim que a autenticação seja feita com informação armazenada no cartão SIM do utilizador. Deste modo, a autenticação em redes *WiFi* utilizando o método EAP-SIM é completamente transparente para o utilizador, não requerendo a introdução de qualquer tipo de credenciais. Este método é especificado pela norma [3] e é uma extensão do mecanismos de autenticação EAP [2]. Com a utilização do mecanismo de autenticação EAP-SIM, não existe interação do utilizador para se autenticar na rede, dado que os dados são obtidos a partir do cartão SIM. O procedimento de autenticação é demonstrado na Figura 9.

A autenticação é iniciada pela rede após o terminal se ter associado ao ponto de acesso *WiFi* (EAP Identity Request). Na mensagem EAP Identity Response o terminal envia o *International Mobile Subscriber Identity* (IMSI) para a rede. Depois a rede envia o EAP SIM Start Request com as versões dos algoritmos suportados. Como resposta o terminal envia a mensagem EAP SIM Start Response com o algoritmo que pretende utilizar e um valor aleatório que irá ser usado para obter as chaves de autenticação e encriptação. Com este valor aleatório e as chaves de cifra GSM obtidas a partir do *Home Location Register* (HLR), a rede envia as chaves EAP-SIM de autenticação e encriptação para o terminal, na mensagem EAP SIM Challenge Request. Estas chaves são enviadas cifradas em conjunto com outros valores GSM, que irão ser usados pelo cartão SIM para decifrar as chaves

EAP-SIM enviadas pela rede. Se estas chaves forem decifradas corretamente pelo cartão SIM a partir dos valores GSM, o terminal envia o *Message Authentication Code* (MAAuthC) na mensagem EAP SIM Challenge Response. O MAAuthC é verificado pela rede e, se estiver correto, esta envia a mensagem EAP Success e o cliente é admitido e pode usar a rede *WiFi*.

6. Mobile broadband dialer

A aplicação *MyConnect* permite ao utilizador usufruir das funcionalidades típicas que qualquer dialer 3G/4G possui, ou seja, para além de efetuar a gestão da ligação à internet permite também gerir as mensagens escritas (SMS) e contactos do utilizador. Relativamente à funcionalidade de gestão de SMS, a aplicação permite ler, escrever, reencaminhar, responder e apagar mensagens. Para a funcionalidade de gestão de contactos é possível ler, editar e apagar contactos.

7. Importância para o Grupo PT

A construção de um *dialer* próprio no grupo PT recebe especial motivação pela áreas de negócio, pois permite alcançar uma solução *Always Best Connected* independente de cada tecnologia e fornecedor tecnológico. Além de demonstrar a capacidade de inovação e liderança do grupo, a existência deste *dialer* permite simultaneamente gerir numa só aplicação as imensas formas e diversas interfaces de conectividade, diminuindo as perdas na transição tecnológica. Neste campo destaca-se a possibilidade de conexão *user-friendly* dentro das redes de dados celular da TMN (e.g. GPRS e/ou 3G), rede *WiFi* PT, redes *WiFi* privadas e domésticas (e.g. MEO) e redes fixas *Ethernet* (e.g. no trabalho).

É uma tendência generalizada que uma das grandes motivações estratégicas para as atuais redes *WiFi* é conseguir a otimiza-

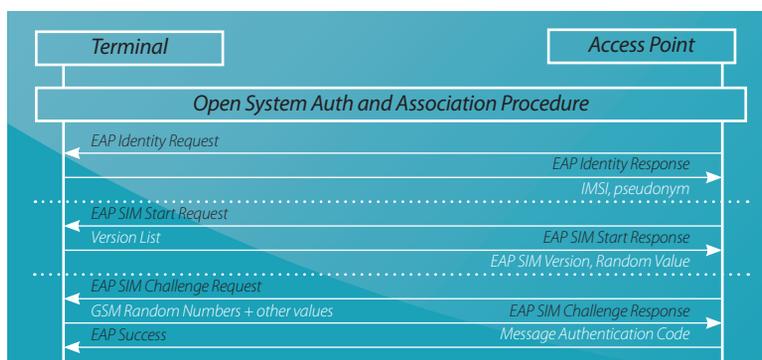


Figura 9 - Processo de Autenticação EAP-SIM

ção dos recursos de rede através do *offload* 3G. Como tal, e havendo no Grupo PT uma elevada panóplia de soluções de conectividade, merece especial referência o significativo melhoramento no formato de autenticação *seamless* e *user-friendly* para o acesso ao serviço *WiFi* PT. Em especial com a utilização do protocolo de autenticação EAP-SIM. Este conceito de autenticação, além de ser cada vez mais um standard mundial, torna-se crucial numa operadora de telecomunicações móveis também com capacidade de fornecer soluções *WiFi*, permitindo otimizar os recursos de conectividade. Como tal, a solução é muito bem visto pela operador móvel TMN, como forma de obtenção do *offload* 3G, permitindo que o grupo PT venha a obter ganhos através da redução de custos na aquisição de estações base para a rede 3G.

8. Conclusões

Este artigo descreveu a solução da PT Inovação para gestão de conectividade em ambientes de acesso heterogéneos – *MyConnect*. Através do 3G *offload* para a rede *WiFi* PT, o gestor de conectividade permite ao Grupo PT otimizar a utilização dos recursos 3G e, simultaneamente, rentabilizar a rede *WiFi* PT. Paralelamente, beneficia também o cliente do segmento móvel, oferecendo-lhe uma aplicação para o terminal móvel com capacidade de gestão automática da ligação à internet, sem necessidade de qualquer intervenção do utilizador, e permitindo autenticação transparente através do mecanismo EAP-SIM.

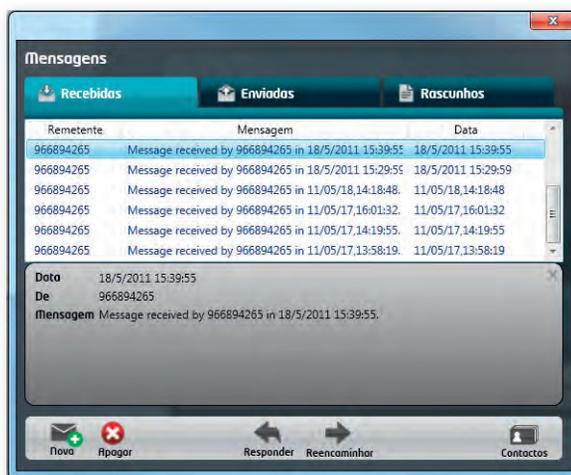


Figura 10 - GUI para Gestão de SMSs

Referências

- [1] Cisco Whitepaper, "Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update", 2010 – 2015.
- [2] B. Aboba, L. Blunk, J. Vollbrecht, J. Carlson, H. Levkowitz, "Extensible Authentication Protocol (EAP)", IETF RFC 3748, Junho 2004.
- [3] H. Haverinen, J. Salowey, "Extensible Authentication Protocol Method for Global System for Mobile Communications (GSM) Subscriber Identity Modules (EAP-SIM)", IETF RFC 4186, Janeiro 2006.

Pedro Neves, licenciado e Mestre em Engenharia Electrónica e Telecomunicações pela Universidade de Aveiro em 2003 e 2006 respectivamente, encontra-se, desde 2007, a desenvolver o Doutoramento em Engenharia Informática e Telecomunicações na mesma Universidade. Simultaneamente, participa na co-orientação de alunos de Mestrado de Engenharia Electrónica e Telecomunicações. Após a Licenciatura, tornou-se bolseiro de investigação do Instituto de Telecomunicações, onde trabalhou nos projectos co-financiados pela Comissão Europeia DAIDALOS-I e II, tendo sido responsável pela definição de uma arquitectura para a rede de acesso com integração da tecnologia WiMAX. Em Junho de 2006 iniciou actividade na PT Inovação, no domínio das redes de acesso *wireless* de próxima geração all-IP, nomeadamente na especificação de mecanismos para suporte de mobilidade transparente e QoS para as tecnologias WiMAX e 3GPP UMTS/LTE, no âmbito de projectos co-financiados pela Comissão Europeia (WEIRD e HURRICANE) e pelo Eurescom. É co-autor de cerca de 6 livros na área das telecomunicações, e tem mais de 25 artigos publicados em revistas e conferências internacionais.

Ricardo Silva, licenciado em Engenharia Informática em 2008 e mestre em Engenharia Informática em 2010 pela Universidade do Minho. Desde 2009 está na PT Inovação onde realizou a dissertação com o tema "Mobilidade em Ambientes de Acesso Heterogéneos com Terminais Android". O resultado deste trabalho deu origem a solução *MyConnect*, um gestor de conectividade para PCs, e ao desenvolvimento de uma solução de mobilidade para terminais móveis. Encontra-se neste momento a desenvolver a nova versão do *Meo Online* para Android.

Tiago Cardoso, concluiu o Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, ramo de Telecomunicações e especialização em Redes e Serviços de Comunicações, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Ingressou na PT Inovação no início de 2010 para realizar a sua dissertação intitulada "Mobilidade Entre Diferentes Redes de Acesso em Terminais de Próxima Geração" cujo trabalho se inseriu no âmbito do projeto europeu HURRICANE. Posteriormente esteve envolvido no desenvolvimento da solução *MyConnect*, gestor de conectividade para PC. Atualmente encontra-se a trabalhar no projeto *MyMove*, solução de mobilidade para terminais móveis.

André Barbosa, licenciado em Ciências da Computação pela Universidade do Minho em 2008, encontra-se a finalizar o mestrado em Informática com especialização em Engenharia de Redes e Serviços e Engenharia de Aplicações. Neste momento está a terminar a sua dissertação em conjunto com a PT Inovação, sob o tema "Integração do protocolo SIP na *Media Framework* da plataforma Android".

Telma Mota, concluiu a Licenciatura e Mestrado

em Engenharia Electrotécnica e de Computadores na Universidade do Porto. Ingressou na empresa TLP SA, onde realizou trabalho de planeamento e dimensionamento de redes de comutação digital, Redes Inteligentes e teletráfego. Desde 1994 que integra a PT Inovação e tem estado ligada às áreas de gestão e arquitecturas de Redes e Serviços; IN, evolução da IN, TINA, Parlay, IMS, TISPAN e MBMS, assim como às normas 3GPP que se dedicam a definir aspectos de estabelecimento de Sessões Multimédia, QoS, Mobilidade e *Multicast*. Recentemente tem-se dedicado às arquitecturas de serviços; OMA, SOA, Web 2.0. Participou em diversos projectos Europeus (Eurescom e IST), liderou o C-CAST e na PTIN é responsável pela divisão "Plataformas e Redes Multi-serviço".

Mário Nunes, é Licenciado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores (no ramo Telecomunicações) pelo Instituto Superior Técnico. Com uma vasta experiência em Comunicação de Dados, iniciou a sua carreira profissional em 1996 como Gestor de Produto na TELEPAC, empresa onde colaborou 3 anos. Participante do programa CONTACTO@ICEP, viveu 1 ano em San Jose, Califórnia, onde trabalhou na CISCO SYSTEMS e na SOHO*wireless*. De volta ao grupo PT, e já na PTprime fez parte da equipa de 10 consultores responsáveis por lançar a PRIMESYS, no mercado Empresarial de Telecomunicações Brasileiro. Esteve por isso em São Paulo, durante 2 anos, onde liderou a equipa de Wireless & Voice no departamento de Engenharia de Rede da mesma empresa. Na PT Comunicações durante 5 anos, integrou a Direção de Estratégia de Evolução de Rede. Em 2008 na PT Prime voltou à área de Gestão de Produto como responsável no segmento de Contact Centres IP. Atualmente e na TMN, desde 2010 que integra a Direção de Banda Larga, com a gestão do serviço WIFI PT.

José Barriga, na TMN desde 1998, fez um percurso relacionado com projetos que envolvem novas tecnologias nas áreas dos terminais e cartões SIM. Atualmente encontra-se na equipa de desenvolvimento de Produto da Direção de Equipamento Terminal, está ligado a projetos que envolvem computadores portáteis e outros dispositivos móveis e respetiva ligação à banda larga móvel, para além de novas tecnologias nos terminais.

Sérgio Dias, licenciado de Engenharia Electrotécnica e de Computadores do Instituto Superior Técnico, pós-graduação PAGETTI (Programa Avançado de Gestão Telecomunicações e tecnologias de Informação), leccionada pela Faculdade de Ciências Económicas e Empresariais da Universidade Católica Portuguesa; ingresso em Maio de 1998 na empresa TMN-Telecomunicações Móveis Nacionais; responsável pela equipa de Certificação e Testes de Equipamentos da TMN desde 2001; representante da TMN em fóruns internacionais de equipamentos: GSMA *Terminal Steering Group*, GCF – *Global certification Forum*.

02

Framework OSGi — Framework para execução de aplicações em gateways residenciais

palavras-chave: OSGi, gateway residencial, gateway de serviços, rede doméstica, MEO, UPnP



Vitor Pinto



Flávio Sá
(Ubiwhere)



Bernardo Cardoso

A *gateway* residencial [1] é hoje um elemento fundamental na prestação de serviços domésticos de telecomunicações. A principal função deste elemento tem sido, até hoje, o encaminhamento de tráfego entre a rede de acesso e a sua congénere doméstica, com todos os requisitos que se impõem em ambientes residenciais multisserviços. Contudo, o facto de a *gateway* residencial se situar na fronteira entre estas duas redes, possuir várias interfaces para os terminais no lado doméstico e ser um dos poucos elementos dessa rede sobre o qual o operador tem total controlo, colocam a *gateway* residencial como um ponto ótimo para a execução de serviços, com valor acrescentado para o utilizador e para o próprio operador. Ciente destas vantagens a *OSGi Alliance* (*Open Services Gateway Initiative Alliance*) especificou um *middleware* inteligente, passível de ser executado em *gateways* residenciais, com abstração do *hardware* e com capacidade de gestão remota, que permite o rápido desenvolvimento de novos serviços e que possibilita que estes sejam carregados no equipamento sem interrupção dos que já se encontram em execução. Este artigo pretende ser uma introdução aos detalhes técnicos do *middleware*, vulgarmente referido como *framework* OSGi, e também às potencialidades que dele podem ser retiradas.

1. Introdução

Ao longo dos últimos anos a largura de banda oferecida pelos operadores de telecomunicações aos seus clientes residenciais tem vindo a aumentar a um ritmo acelerado. Se até há algum tempo a velocidade máxima de transmissão em ligações residenciais se encontrava nas dezenas de Mbps, com a massificação das redes de acesso em fibra ótica, velocidades de transmissão na ordem das centenas de Mbps são nos dias de hoje comuns. Este aumento de largura de banda, a expansão das redes Ethernet/IP até ao interior das redes residenciais e a banalização de dispositivos que permitem a produção, visualização e partilha de conteúdos multimédia tem despoletado a aparição de novos tipos de serviços residenciais, para além dos já tradicionais serviços *Triple Play*, *Streaming* de conteúdos multimédia, pessoais ou públicos, remota ou localmente, serviços de domótica/automação e vigilância residencial, serviços de *e-Care*/tele-assistência são exemplos de funcionalidades emergentes suportadas cada vez mais nesta crescente disponibilidade de banda.

O operador de telecomunicações tem portanto agora a hipótese de colocar ao dispor do seu cliente um conjunto alargado de serviços de valor acrescentado. Contudo, tipicamente, alguns destes serviços requerem a instalação de *hardware* e *software* próprios em *gateways* de *service* específicas. Como exemplo, uma *gateway* de funcionalidades de domótica, efetua a adaptação (ao nível físico e protocolar) entre uma rede de sensores de domótica e a restante rede doméstica. À medida que o número de serviços residenciais possíveis e disponíveis aumenta, um conjunto de vantagens surge se um mesmo dispositivo operar como *gateway* multisserviços.

A possibilidade de comunicação entre as múltiplas funcionalidades domésticas executadas numa mesma *gateway* multisserviços possibilita a construção de novas ofertas resultantes dessa mesma interação. Da mesma forma, uma *gateway* multisserviços facilita a centralização dos processos de configuração e gestão de todos os serviços num mesmo ponto da rede doméstica, bem como a utilização de uma abordagem única para o acesso, controlo e personalização por parte do utilizador. Finalmente, o custo do *hardware* que suporta esta *gateway* multisserviços poderá ser partilhado entre vários fornecedores que aí irão executar os seus serviços.

Por forma a maximizar as referidas vantagens existe, no entanto, um conjunto de requisitos que devem ser satisfeitos:

- As funcionalidades podem apenas ter utilidade por um curto período de tempo, logo será vantajoso para o fornecedor de serviços uma *gateway* que possibilite a gestão remota do ciclo de vida das aplicações que as implementam;
- Num mesmo ambiente poderão ser executados serviços de diferentes índoles. Assim, a *gateway* deverá providenciar um ecossistema que proporcione uma coexistência pacífica entre as várias aplicações;
- Da mesma forma, o ecossistema deve também evitar que um determinado serviço prejudique (intencionalmente ou não) a performance de outros serviços;
- Um mesmo fornecedor de serviços poderá também ter interesse em que as várias aplicações que oferece cooperem, pelo que estes não deverão ser execu-

tados num regime de isolamento total.

A *framework* OSGi vem dar resposta a estes requisitos, permitindo assim a operadores de telecomunicações e/ou fornecedores de serviços tirarem partido das referidas vantagens de uma *gateway* multisserviços.

2. A Framework OSGi

Cada vez mais a complexidade do *software* aumenta e grande parte do desenvolvimento prende-se, por vezes, com adaptações do mesmo *software* a diferentes ambientes de execução, levando inevitavelmente a várias versões do mesmo produto. A *framework* OSGi [2] define um sistema de componentes colaborativos e dinâmicos (*bundles*) em *Java* com o objetivo de simplificar o desenvolvimento e integração de aplicações. Dado que assenta sobre a tecnologia *Java* fica à partida assegurada a portabilidade, inerente a esta linguagem. Tendo a *framework* um comportamento modular é possível que funcionalidades complexas sejam desenvolvidas a partir de componentes pequenos e reutilizáveis, potenciando assim a coexistência de várias aplicações que partilham entre si esses mesmos componentes.

A arquitetura da *framework* encontra-se descrita na Figura 1.

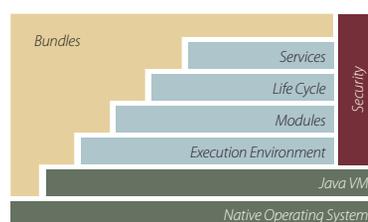


Figura 1 - Arquitetura da *framework* OSGi

Como já referido, a tecnologia OSGi é desenhada para correr em qualquer sistema operativo que contemple a existência de uma Java VM (*Virtual Machine*). A JVM fornece um ambiente de execução que pode variar, ou seja, o conjunto de classes e métodos disponibilizados de raiz para a *framework* OSGi depende diretamente da edição da JVM utilizada (J2ME, J2SE).

Um *bundle* na prática é um ficheiro JAR, que contém um conjunto de classes que implementa uma API, um simples serviço ou uma aplicação mais complexa. O carregamento destas classes é realizado pela camada *Modules* que assegura a partilha de classes entre *bundles*, bem como a gestão de dependências entre os mesmos. Uma das grandes diferenças para uma aplicação *Java* tradicional é o facto de as classes de um *bundle* poderem ou não estar acessíveis a *bundles* terceiros, dependendo das políticas definidas no *manifest* do *bundle*. Esta política de partilha de classes entre *bundles* tem como principal objetivo reduzir o tamanho do ficheiro JAR de cada *bundle*. Adicionalmente, esta camada implementa também mecanismos que permitem o carregamento de classes para memória apenas quando estas são estritamente necessárias, o que se torna relevante quando a *framework* é executada em ambientes com recursos computacionais limitados.

Para controlar o funcionamento dos *bundles* existe na *framework* uma camada que permite controlar o ciclo de vida destes (camada *Life Cycle*). É possível instalar, remover, ativar, parar e realizar atualizações dinamicamente em *runtime* sem haver necessidade de reiniciar a *framework* ou o equipamento.

Uma componente forte desta tecnologia é a partilha dinâmica de serviços OSGi entre os *bundles*. A camada *Services* assegura e gere toda esta partilha. Para além desta função, é também responsabilidade desta camada realizar o controlo de versões dos serviços OSGi residentes na *framework*.

Finalmente, o modelo de segurança é herdado da linguagem *Java*, permitindo, por exemplo, que apenas *bundles* assinados possam ser executados na *framework*.

A especificação OSGi define também um conjunto de serviços base inerentes à *framework* [3] ou que assentam sobre protocolos específicos. Em termos de serviços base temos, por exemplo, os serviços de *log*, de controlo de dependências e a configuração dos *bundles*. Como exemplo de serviços que implementem protocolos

externos temos o serviço HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) e a camada protocolar UPnP (*Universal Plug and Play*). Para além destes podem ser criados novos serviços, tais como serviços de gestão remota da *framework*, serviços de controlo de recursos da rede, serviços de diagnóstico, entre muitos outros.

A tecnologia OSGi fornece assim uma maneira fácil de desenvolver *software* baseado em pequenos *bundles*, que permitem a reutilização de componentes ou serviços de *bundles* terceiros. Os seus pontos fortes são, verdadeiramente, a capacidade de efetuar dinamicamente a instalação, remoção e atualização de *bundles* sem necessitar de se reiniciar toda a *framework*. A resolução automática das dependências de bibliotecas presentes em outros *bundles* já instalados na *framework* ou em repositórios externos é também um fator importante para a poupança de recursos. Do ponto de vista da gestão remota, esta pode ser realizada por vários tipos de agentes desde o protocolo CWMP (*CPE WAN Management Protocol*) [4], consola Telnet ou qualquer outro protocolo, proprietário ou não. Dados os vários ambientes de execução definidos pela iniciativa, é possível termos uma *framework* pequena, transparente, simples, rápida e adequada às características do equipamento onde esta é executada.

4. Aplicação no âmbito do serviço MEO

A Portugal Telecom, principalmente com a disseminação do serviço MEO, tem vindo a construir na residência de cada cliente uma pequena rede doméstica com adaptadores de *Home Networking*, *Set-top Boxes* e *gateway* residencial ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) ou fibra (com recurso adicional a uma ONT (*Optical Network Termination*) [5]). Dado que:

- A *gateway* residencial é o “coração” da rede doméstica, visto que todos os fluxos referentes a serviços transportados sobre IP a “atravessam” e alguns são mesmo terminados nela (ex. serviço VoIP). Adicionalmente, todos os terminais na rede doméstica, para acederem à rede do operador têm obrigatoriamente de a usar;
- A *gateway* está na fronteira entre a rede doméstica e a rede do operador. Tipicamente é o último elemento da rede doméstica ao qual o operador de telecomunicações tem acesso direto e total. Adicionalmente a *gateway* residencial é a “porta de entrada” para o

resto da rede doméstica do cliente;

- A *gateway* residencial é totalmente controlada pelo operador. Através, por exemplo, do protocolo CWMP o operador de telecomunicações tem a possibilidade de efetuar toda a gestão da *gateway* remotamente;
- A *gateway* residencial tem diferentes tipos de interface para a rede doméstica. Para além de interfaces cabladas *Ethernet* (IEEE802.3) e sem fios Wi-Fi (IEEE802.11b/g/n) a *gateway* residencial apresenta também tipicamente interfaces USB que podem permitir o acoplamento de outros tipos de interface (ex. ZigBee e Bluetooth);
- No modelo atual de prestação do serviço MEO a *gateway* residencial pertence ao operador de telecomunicações.

A *gateway* residencial apresenta-se sem dúvida como o ponto ótimo para a execução da *framework* OSGi, passando a acumular também as funções de *gateway* multisserviços.

5. Provas de conceito

No âmbito da exploração da *framework* e da sua execução nas atuais *gateways* residenciais utilizadas no serviço MEO, foram desenvolvidas várias provas de conceito, que foram demonstradas em vários eventos, nomeadamente no Sapo Codebits 2010. Das provas de conceito desenvolvidas destacam-se as seguintes.

5.1. MEO Troubleshooter

O tempo despendido em atendimento nos *call centres* na resolução de problemas menores como, por exemplo, falhas de comunicação devidas ao simples desligar de um cabo na *gateway* residencial tem vindo a crescer continuamente e leva a um exaustivo processo, via telefone, para tentar identificar a falha, por vezes sem sucesso. Deste modo, um sistema que permita a deteção dos erros mais usuais e que preste auxílio em tempo real ao cliente, ou mesmo uma triagem para ajudar o operador de *call centre* a situar-se é pertinente e com uma economia de custos potencial elevada. Assim, desenvolveu-se uma prova de conceito que permite a deteção de falhas na rede doméstica e a respetiva notificação do cliente. Nesta prova de conceito foi considerada a deteção de falhas associadas à perda de conectividade WAN quer por falha de conectividade entre a *gateway* residencial e a ONT, entre a ONT e OLT (*Optical Line Termination*) ou na própria *gateway*.

A deteção de falhas no serviço é baseada em eventos originados no MBUS (modelo de dados implementado pela *gateway* residencial Thomson em uso no serviço MEO) [6], que são intercetados na *framework* OSGi através de uma API desenvolvida para o efeito. A notificação após o processamento devido dos eventos é realizada num *browser* Web (por intercepção dos pedidos HTTP) e na TV (através da geração e entrega de um XML adaptado à STB). A arquitetura do sistema que usa a TV/STB (Set Top Box) como meio de comunicação é apresentada na Figura 2.

Na *framework* OSGi, para além dos *bundles* necessários para o seu funcionamento, foram desenvolvidos e integrados *bundles* especificamente para esta prova de conceito. Entre eles um *bundle* de serviço, que fornece um servidor HTTP para a comunicação com o cliente IPTV da STB e um *bundle* que fornece o serviço de comunicação com o modelo de dados da *gateway*.

Relativamente aos componentes do sistema temos:

- MBUS API: *bundle* que permite a inter-

face ao nível da plataforma OSGi entre os *bundles* residentes e o modelo de dados da *gateway*;

- HTTP Service: servidor HTTP que implementa o "HTTP Service" como definido na especificação OSGi. Este servidor é o meio de comunicação entre a *framework* e o cliente IPTV;
- STB Discovery: *bundle* que fornece um serviço que identifica as STB presentes na rede doméstica do cliente;
- Communicator: *bundle* que fornece um serviço de comunicação com as STB através das interfaces *Rose Button* e *Remote Keys*;
- Remote Keys: aplicação que permite o controlo da STB via *telnet*;
- Meo Troubleshooter: *bundle* que implementa a lógica de deteção de falhas e notificação ao utilizador. Utiliza eventos gerados no modelo de dados da *gateway* e os serviços disponibilizados pelos restantes *bundles* para notificar o utilizador da falha e sugerir uma possível solução.

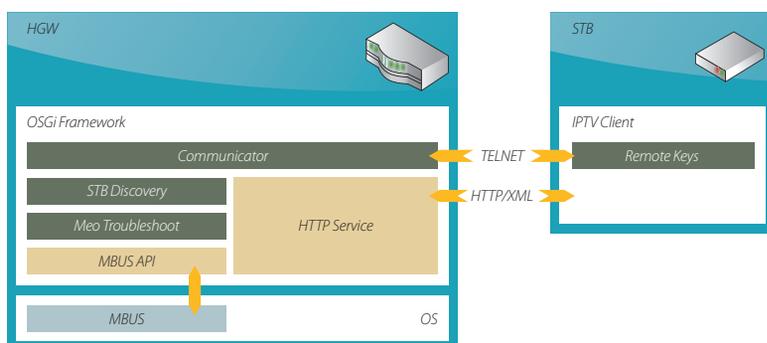


Figura 2 - Arquitetura MEO Troubleshooter com interface de notificação na STB



Figura 3 - Ecrã de notificação do utilizador através da STB.

Quando a *gateway* deteta um problema que afeta o serviço IPTV, a STB é informada da existência do mesmo. A notificação ao utilizador é feita sobre a forma de um "pop-up" na TV ou através de um ecrã contextualizado (ex. Menu Informação e Diagnóstico). De acordo com o tipo de falha, um conteúdo multimédia pode ser apresentado na TV para ajudar à resolução do problema.

Na Figura 3 está representada a página de erro que é apresentada na TV quando há perda de conectividade na porta WAN da *gateway* residencial. Ao utilizador é mostrada a imagem do modelo da sua *gateway* com um conjunto de instruções para tentar solucionar o problema. Após a reparação da falha, o utilizador é novamente notificado da sua resolução e o serviço é retomado.

5.2. UPnP media server proxy

Esta prova de conceito surge com a intenção de disponibilizar conteúdos multimédia, provenientes da internet, para os diversos dispositivos domésticos do cliente de uma forma transparente, em linha com a atual tendência de partilha e visualização de conteúdos multimédia de e para qualquer local. A *gateway* é o local ideal para se transformar esses conteúdos Web remotos em conteúdos virtualmente locais recorrendo à tecnologia UPnP [7]. A Figura 4 apresenta a arquitetura geral do sistema.

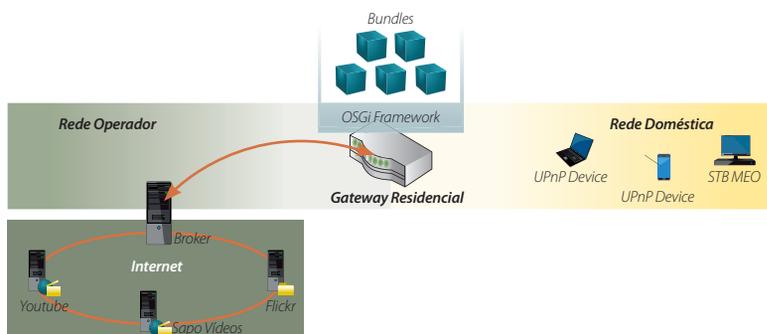


Figura 4 - Arquitetura geral do sistema UPnP Media Server Proxy

Na *gateway* residencial, sobre a *framework* OSGi, é executado um *Media Server* UPnP/DLNA (*Digital Living Network Alliance*) [8] virtual que atua como um *proxy* entre um servidor na rede do operador (*broker*) que agrega conteúdos de várias fontes (ex. YouTube, Rádio de Internet, Sapo Fotos, Flickr, etc.) e os dispositivos UPnP da rede doméstica. Dado que este servidor agregador se encontra sobre o controlo do operador, é possível a este definir a origem dos conteúdos que se pretende fornecer e efetuar a triagem dos mesmos. Adicionalmente, o *Media Server* é também compatível com a funcionalidade de *Media Sharing* presente na STB MEO. Desta forma não é necessário o desenvolvimento de aplicações *Mediaroom* específicas para lidarem com as diferentes fontes de conteúdos. Na Figura 4 encontra-se detalhada a arquitetura do sistema.

O *bundle* UPnP *Media Server Proxy* cria um dispositivo UPnP que implementa um *Media Server* UPnP/DLNA compatível com o cliente IPTV (MEO Box) e demais dispositivos UPnP/DLNA da rede doméstica, usando para o efeito a camada protocolar UPnP disponibilizada pela *framework*. Toda a criação da árvore lógica de pastas, que representa os conteúdos partilhados, encontra-se a cargo do *broker* de conteúdos alojado na rede do operador, conseguindo-se assim reduzir a carga de processamento que seria necessária se toda essa lógica ficasse na *gateway*. A comunicação entre o *broker* e o *bundle* é efetuada através de um protocolo especificado para o efeito. Na *framework* estão em execução, para além dos *bundles* base, o *bundle* *Media Server Proxy* e um *bundle* que implementa uma *stack* UPnP adaptada às necessidades da aplicação. Esta ca-

mada protocolar UPnP assegura a troca de mensagens SSDP, (*Simple Service Discovery Protocol*) definidas ao nível UPnP, entre o *Media Server* e os pontos de controlo que possam existir na rede local.

6. Importância para os negócios do grupo PT

Nos serviços *Triple Play* as receitas estão tipicamente limitadas pelos consumos de mais ou menos conteúdos de TV e VOD. Dada a elevada concorrência no sector é cada vez mais importante os operadores de telecomunicações poderem oferecer aos seus clientes serviços de valor acrescentado ou com elevada diferenciação, de forma a manter e potenciar o aumento das suas receitas. Contudo é necessário um ponto de deposição/execução desses serviços de valor acrescentado, preferencialmente, na rede doméstica. Dadas as características apresentadas, a inclusão da *framework* OSGi na *gateway* residencial permite transformá-la num ponto de execução de serviços. A Portugal Telecom já hoje instala em casa dos seus clientes MEO uma pequena rede doméstica, que inclui sempre uma *gateway* residencial. A implantação desta *framework* nesse equipamento permitirá à Portugal Telecom estabelecer as bases para um novo leque de serviços de valor acrescentado, indo muito além do já tradicional *Triple Play*, em direção à prestação de serviços *multi play*.

Em adição, até há pouco tempo a rede doméstica não fazia parte das preocupações dos operadores. Contudo, o facto de serviços críticos, quer do ponto de vista operacional, quer do ponto de vista de "imagem" do operador perante o cliente, passarem a estar dependentes da infra-

estrutura doméstica, torna natural que seja dada especial atenção à parte doméstica da rede. Fazendo uso da *gateway* residencial e da *framework* OSGi, o operador de telecomunicações ganha assim um ponto privilegiado para a execução de ferramentas de diagnóstico sobre a rede que irão facilitar não só a análise, mas também o reporting e a própria resolução de problemas que afetam a boa performance dos serviços prestados ao cliente residencial, tal como demonstrado com a prova de conceito MEO *Troubleshooter*.

7. Conclusões

A *framework* OSGi implementa um ambiente de execução de aplicações totalmente abstraído do *hardware* e do sistema operativo onde é executada, de acordo com a filosofia "Write once, run anywhere" (WORA). Adicionalmente a *framework* facilita também a instalação e remoção de serviços sem perturbação das restantes funções já em execução, a gestão do ciclo de vida e configuração remota desses mesmos serviços, bem como a colaboração entre diferentes componentes.

A exploração da *framework*, a experimentação, a realização das provas de conceito sobre *gateways* residenciais idênticas às utilizadas pela Portugal Telecom no serviço MEO e a demonstração dessas mesmas provas de conceito junto da Portugal Telecom e em eventos como o Sapo Codebits, permitiu criar uma consciência acerca da existência e do potencial da plataforma. Adicionalmente, com a realização destas tarefas houve todo um *know-how* acerca da tecnologia que foi adquirido quer por parte da PT Inovação, quer por parte da PT Portugal.

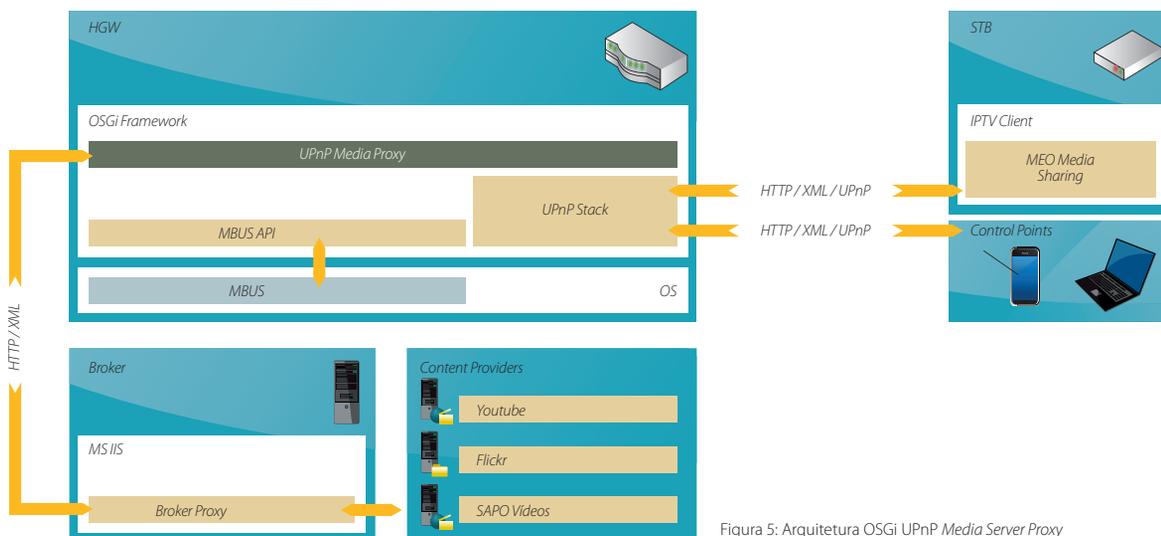


Figura 5: Arquitetura OSGi UPnP Media Server Proxy

Referências

- [1] *Home Gateway Initiative. Home Gateway Technical Requirements: Residential Profile version 1.0.* Abril 2008.
- [2] *The OSGi Alliance. OSGi Service Platform - Core Specification Release 4.* Agosto 2005.
- [3] *The OSGi Alliance. OSGi Service Platform - Service Compendium Release 4.* Agosto 2005.
- [4] *Broadband Forum. TR-069 CPE WAN Management Protocol v1.1.* Dezembro de 2007.
- [5] *Broadband Forum. TR-156 Using GPON Access in the context of TR-101, Issue: 2.* Setembro 2010
- [6] *Thomson. MBus Architecture Description v1.0.* Julho de 2008.
- [7] *UPnP Forum. UPnP AV Architecture:1, Document Version 1.1.* Setembro 2008.
- [8] *UPnP Forum. MediaServer:2 Device Template Version 1.01, Document Version 1.00.* Maio 2006

Vitor Pinto, terminou a licenciatura em Engenharia Electrónica e de Telecomunicações, pela Universidade de Aveiro, em 2003. Em 2007 completou o mestrado em Engenharia Electrónica e de Telecomunicações pela mesma universidade. Ingressou na PT Inovação em 2003 e desde então tem trabalhado em diversos projectos na área das redes residenciais e plataformas de serviços residenciais, com especial ênfase em *Home Gateways* em ambientes Multi Play. Atualmente, encontra-se integrado no departamento MTV onde participa nos projectos internacionais IST-FP7 ALICANTE e IST-FP7 BRAVEHEALTH, bem como em diferentes projetos internos no âmbito do serviço MEO.

Flávio Sá, concluiu o Mestrado Integrado em Engenharia de Electrónica e Telecomunicações na Universidade de Aveiro em 2008. Ingressou na empresa Ubiwhere Lda, onde desempenha funções de outsourcing na PT Inovação polo de Aveiro desde 2009. Encontra-se integrado no departamento MTV onde participa no desenvolvimento de aplicações e serviços no âmbito do serviço MEO.

Bernardo Cardoso, obteve o Mestrado em Gestão da Informação pela Universidade de Aveiro em 2002 e a licenciatura em Auditoria Contabilística pelo ISCA de Aveiro em 1999. Ingressou na PT Inovação em 2000 e foi integrado no grupo de Tecnologias Multimédia onde esteve envolvido em vários projectos relacionados com televisão digital, vídeo digital e interactividade, com particular enfoque em sistemas baseados em MPEG e DVB. Esteve fortemente envolvido no projecto de Televisão Digital Interactiva da TV Cabo, ao nível do desenvolvimento de aplicações, conteúdos, testes e análise de desempenho. Mais recentemente esteve ligado às tecnologias associadas ao IPTV e contribuiu ao nível da customização e do desenvolvimento de aplicações no serviço MEO. Actualmente lidera a iniciativa *Smart@Home*, que pretende agregar, na PT Inovação, todos os projectos de integração e convergência dos diversos equipamentos de telecomunicações, entretenimento e domótica, existentes nas casas.

03

Falhas de Segurança no Sistema Operativo Android — Visão dos Operadores

palavras-chave:
Android, segurança, riscos, privacidade,
operadores móveis



Sónia Pinho



Ricardo A. Pereira



Eduardo Silva

Este artigo é baseado no resultado final de um estudo Eurescom, com o mesmo título, e descreve as ameaças e possíveis soluções para evitar falhas de segurança nas redes de operador assim como para evitar a perda de privacidade por parte dos utilizadores de telemóveis com o sistema operativo Android.

A popularidade dos equipamentos com o sistema operativo Android torna-os atrativos a utilizadores e criminosos. Os resultados do estudo, aqui apresentados, derivam da reflexão e análise de quatro operadores europeus (France Telecom/Orange, Deutsche Telekom, Portugal Telecom aqui representada pela PT Inovação e a Simmin). Os resultados apresentam-se no formato de recomendações e soluções para os problemas analisados, os quais devem ser apresentados e tidos em conta por fabricantes, operadores e pelo próprio Google. Durante a análise efetuada foram também abordadas novas oportunidades de negócio para os operadores, que podem resultar da aplicação destas recomendações.

1. Introdução

Os equipamentos móveis baseados no sistema operativo Android estão em franca expansão no mercado e a sua popularidade aumenta a cada dia. Pela sua facilidade de utilização, flexibilidade e grande número de aplicações disponíveis e atrativas, estes são hoje os dispositivos móveis de eleição da grande maioria de consumidores, ultrapassando mesmo o número de utilizadores de *iPhone*.

Estes equipamentos não são apenas atrativos aos utilizadores comuns mas também a utilizadores maliciosos. O sistema operativo Android é baseado em standards abertos sendo por isso relativamente fácil os fabricantes e desenvolvedores de aplicações disseminarem os seus produtos. A facilidade de programação destes dispositivos permite o desenvolvimento de uma série de aplicações que poderão estar a fazer muito mais do que o que é realmente mostrado aos utilizadores. Essas aplicações, ou funcionalidades, podem ser utilizadas para fins criminosos. Os ataques, que vão sendo tornados públicos, a este sistema operativo, são cada vez mais estandardizados e direcionados: ataques com objetivo de recolha de dados pessoais são disso exemplo. Todavia os perigos não se esgotam no que respeita aos utilizadores. A infraestrutura dos operadores poderá também ser alvo de ataques (ex. DDoS - *Distributed Denial of Service*).

A principal preocupação de estudo é a visão dos operadores relativamente a estes ataques. Os ataques à infraestrutura do operador e a perda de privacidade por parte dos utilizadores são duas grandes preocupações que impulsionam a pressão que se sente hoje em dia nesta área. O Google é o fornecedor deste sistema operativo,

pelo que é também o responsável pelas atualizações e *patches* de segurança. É por isso de extrema importância envolver o Google em todo este processo de securização, e não culpabilizar os operadores por qualquer falha de segurança que não lhe esteja diretamente associada.

Ao longo deste estudo foram analisadas e identificadas possíveis ameaças à rede do operador e privacidade do utilizador e foram também propostas medidas a aplicar à *framework* Android, para mitigar os efeitos destas ameaças. Uma das mais importantes conclusões deste estudo é a necessidade de uma estreita colaboração entre os diferentes operadores e fabricantes (de dispositivos mas também do sistema operativo). A partilha de informação de ataques e medidas de segurança e a colaboração no desenvolvimento de um sistema Android mais seguro e fiável são as principais medidas para combater a insegurança na utilização destes equipamentos.

No caso dos *updates* de *firmware* e *software* deve ser feito um esforço para que estes sejam disponibilizados de uma forma regular. Algumas das medidas apresentadas neste estudo só podem ocorrer se o Google prestar a sua contribuição. Colaboração, partilha e educação são as palavras de ordem para combater a insegurança.

2. A *framework* Android

A *framework* Android é um ambiente móvel de execução de aplicações que inclui o sistema operativo, a *framework* de aplicações e as aplicações *core*. As aplicações são, na sua maioria, desenvolvidas em *Java*, sendo o *core* do Android um *Kernel*

Linux (usado para *drivers*, gestão de memória, processos e de rede). O Android possui ainda bibliotecas nativas, sobre as quais são desenvolvidas as aplicações. Estas bibliotecas estão escritas em *C/C++* e são incorporadas nas aplicações para Android através de interfaces *Java*. De referir ainda o ambiente execução que consiste numa *Dalvik Virtual Machine*. Neste ambiente são executados *.dex* (*Dalvik executable*) que como principal característica têm o facto de serem mais compactos e utilizarem a memória de forma mais eficiente. Na camada de topo encontramos as aplicações – *front-end* para os utilizadores, como *web browser*, cliente de *e-mail*, etc. Estas aplicações encontram-se empacotadas no formato *.apk* (*Android package*) para instalação.[1]

No que respeita à segurança, a *framework* Android possui mecanismos de controlo de acessos e permissões que pertencem ao próprio sistema operativo, ao ambiente de execução ou são implementadas pelas aplicações. Cada aplicação corre com um número de processo diferente e aquando da sua instalação é atribuído um número POSIX de identificação (user ID). Para que duas aplicações partilhem o mesmo conjunto de permissões, têm também de partilhar o mesmo user ID, o que é possível. Em relação à permissão de acesso a ficheiros, o mecanismo usado é o mesmo do sistema operativo *Linux* (*owner* e *groups* ID com permissões de *read-write-execute*). Ficheiros críticos e o próprio sistema operativo são inicializados em modo de *read-only*, sendo que para ultrapassar esta limitação requer acesso *root* ao dispositivo. Para gestão de espaço de memória o Android inclui, tal como o *Linux*, um componente de MMU (*Memory Management Unit*) que facilita a separação

de espaço de endereçamento de memória de cada processo. Esta *framework* inclui também uma funcionalidade designada por *Type Safety* que força os conteúdos a um formato específico prevenindo assim erros ou uso malicioso (que podem conduzir a *buffer overflow*, execução de código malicioso e corrupção de memória). Como medida de incrementar a segurança ao nível do telemóvel, o Android inclui as medidas clássicas de segurança de um qualquer telemóvel em conjunto com o sistema de AAA (*Authentication, Authorization and Accounting*) do operador. A autenticação é feita pelo cartão SIM que contém uma chave secreta partilhada apenas pelo próprio SIM e pelo operador. Qualquer aplicação para Android terá apenas as permissões declaradas para o seu funcionamento, podendo solicitar permissões adicionais dentro dos níveis existentes: *Normal, Dangerous, Signature, SignatureOrSystem*. No entanto a atribuição de permissões é deixada à vontade do programador, sendo guiada mais pela intuição que pelo bom senso. O Android permite ainda o encapsulamento de componentes em aplicações pelo que estes só poderão ser acedidos pela aplicação *owner* ou por uma aplicação que partilhe o mesmo user ID que esta. É de todo recomendável que se defina a propriedade *“exported”* destes componentes para *false*, se não queremos que seja acedido por outros.

3. Problemas de segurança dos sistemas Android

O objetivo de um arquitetura de segurança para um sistema operativo móvel é a proteção dos bens armazenados no dispositivo móvel cujas principais categorias são:

- Bens de rede: proteção da identidade do utilizador armazenada no SIM (SIM/USIM/UICC) e integridade da rede móvel (sistema operativo *core*, *baseband* e aplicações);
- Bens de fabricante e de fornecedor de sistema operativo: sistema operativo, *kernel*, dados aplicativos e proteção de conteúdo;
- Bens de fornecedor de conteúdos: comportamento, integridade, dados de aplicações e conteúdos geradas pelas mesmas;
- Bens de utilizador: ações do utilizador e segurança/integridade/confidencialidade da sua informação;
- Bens proprietários: disponibilidade e integridade de aplicações proprietárias e

acesso a conteúdos relativos à função/empresa.

Todas as vulnerabilidades podem afetar a integridade, disponibilidade e confidencialidade destes bens. Os sistemas Android implementam mecanismos de segurança para cada camada da sua arquitetura. No entanto, qualquer falha nesta camada de segurança pode pôr em causa a segurança de todas as outras e a combinação de várias falhas poderá tornar-se numa falha muito grave. Assim, neste estudo foi conduzida uma análise detalhada às possíveis falhas, sendo atribuído a cada ameaça um determinado risco de acordo com o potencial impacto de um ataque e a probabilidade de ocorrência do mesmo. A Tabela 1 apresenta o resumo da análise efetuada a algumas das ameaças e as medidas de ação propostas (consideraram-se para análise mais profunda as ameaças cujo valor de risco era igual ou superior a 56%).

4. Tratamento do risco

4.1. Modificação da infraestrutura de segurança

No que respeita à infraestrutura, a proposta apresentada para proteger de base os equipamentos Android baseia-se num novo conceito de sistema operativo. Este conceito permite fornecer um ambiente de execução distinto para cada aplicação. O protótipo de novo sistema operativo foi desenvolvido pela Deutsche Telekom em parceria com outras instituições e tem a designação de L4Android. [2]

Sendo o *Linux* um sistema operativo de arquitetura monolítica (que implementa funções adicionais como sistemas de ficheiros, *stacks* protocolares e *drivers*), as dependências no *kernel* e a multitude de funções, tornam-no algo complexo, não sendo possível isolar componentes. Desta forma um *exploit* de um componente em modo *kernel* pode permitir o acesso a áreas de memória, etc. Em contraste, um *microkernel* implementa apenas os mecanismos fundamentais e todas as outras funções são implementadas em aplicações separadas, permitindo reduzir a complexidade e isolar os componentes, restringindo os ataques apenas ao componente afetado. Este sistema representa um ponto de partida para inúmeros desenvolvimentos (aplicações, melhoramentos ou extensões) baseando o seu funcionamento na virtualização, permitindo assim a execução de sistemas operativos standard. Há atualmente diversos trabalhos para desenvolver ambientes virtuais mais eficientes em termos de consumo energético e consumo de recursos.

O *SELinux*, introduzido em 2000 é conhecido como sendo o conjunto de módulos de segurança do *Linux*, permitindo “impor” regras como *Type Enforcement*, controlo de acessos baseados no papel desempenhado pelo utilizador e segurança a vários níveis. As decisões de autorização são baseadas numa política que é carregada a partir de um ficheiro. Genericamente no *SELinux* o acesso é negado a menos que exista uma regra que permita o acesso. Estas políticas podem ser mais ou menos permissivas, permitindo algumas vezes detetar vulnerabilidades.[3] O uso de *SELinux* no Android é bastante aconselhado, sendo que o projeto de desenvolvimento do L4Android procura demonstrar esse facto num cenário de teste.

Em relação aos processos o Android contém componentes que podem ser alvo de ataques uma vez que cinco processos executam como *root*, dois como *system* e dois como *radio user* (*system user* e *radio user ids* são *hardcoded* no *kernel* para permitir mais privilégios). Se, por exemplo, um atacante descobrir uma vulnerabilidade num destes processos pode despoletar a execução de códigos maliciosos e por exemplo causar contas de telemóvel enormes, aceder a informação sensível, impedir atualizações importantes e ter total controlo sobre o equipamento. Para preservar a integridade do sistema deve-se impedir o acesso de utilizadores não autorizados a executáveis críticos e ficheiros de configuração de sistema. No *Linux* pode-se fazer isto através do típico sistema de permissões a ficheiros mas se ganhar acesso como *root*, estas permissões podem ser ultrapassadas. No entanto usando *SELinux* é possível limitar o acesso a ficheiros mesmo tendo acesso *root*. Estes procedimentos podem também ser aplicados a *drivers*, *sockets*, componentes e diretórias.

Muitas vezes quando são encontradas vulnerabilidades, o próprio fabricante fornece uma atualização que resolve o problema. A questão é que um atacante poderá, como foi referido, desabilitar o sistema de atualizações, impedindo assim este processo. É, pois, importante prevenir que isto aconteça uma vez que como o código do componente de atualização está numa partição de recuperação, distinta da geral, impedindo que este código seja alterado, o utilizador poderá sempre efetuar uma reinicialização do equipamento no modo de recuperação e efetuar a atualização manualmente. É também importante impedir que o próprio sistema de segurança seja comprometido. Assim, também neste contexto podemos usar o *SELinux* para limitar ações como a possibilidade de

Ameaça	Risco de ocorrência	Medidas propostas para mitigar
Uma aplicação do utilizador lança um ataque de DoS à rede do operador (Bem de rede)	56 %	<ul style="list-style-type: none"> • Atualizações atempadas e regulares; • Controlo de rede; • <i>Remote & local wipe</i>; • <i>User awareness</i>; • Escolha do <i>Market</i>;
Uma aplicação ganha acesso <i>root</i> através do <i>kernel/SO/driver</i> (Dados de sistema)	56 %	<ul style="list-style-type: none"> • Ação do operador; • <i>User awareness</i>; • Detecção de <i>malware</i> e anomalias; • Antivírus; • <i>Remote & local wipe</i>; • Virtualização/Controlo;
Cópias de aplicações- licenciamento (Conteúdos protegidos)	56 %	<ul style="list-style-type: none"> • Quotas; • Análise estática / Detecção de clones;
Acesso ilegal de uma aplicação aos dados do utilizador guardados no sistema (dados de utilizador)	56 %	<ul style="list-style-type: none"> • <i>White listing</i>; • <i>Remote & local wipe</i>; • Encriptação; • Análise estática / Detecção de clones;
Abuso de utilização de API pagas (Comportamento aplicacional)	56 %	<ul style="list-style-type: none"> • Quotas; • Análise estática / Detecção de clones;
Identificação do utilizador e seu comportamento (perfil de utilizador)	56 %	<ul style="list-style-type: none"> • <i>User awareness</i>; • Controlo de rede; • Ação do operador;
Espiar o utilizador	56 %	<ul style="list-style-type: none"> • Identificação de grupos de <i>malware</i> e colaboração; • <i>User awareness</i>; • Controlo de rede; • Ação do operador ; • Bloquear sites;
Contrafação de aplicação que é instalada pelo utilizador, em vez da original (integridade de aplicações)	56 %	<ul style="list-style-type: none"> • Análise estática / Detecção de clones;
Aplicação que substitui outra aplicação por uma versão menos fiável (mecanismo de atualização)	56 %	<ul style="list-style-type: none"> • Análise estática / Detecção de clones; • Escolha do <i>Market</i>;
Instalação de uma aplicação pelo utilizador, que abusa das permissões do ponto de vista do proprietário do telefone	56 %	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos de permissão; • Virtualização/Controlo;
Instalação de aplicação sem o conhecimento do proprietário	67 %	<ul style="list-style-type: none"> • Proteção do <i>Kernel /SE Linux</i>; • Modelos de permissão; • Virtualização/Controlo; • Detecção de anomalias;
Uma aplicação captura alguma informação sensível e entrega-a a um site pouco fiável em vez de a usar para os fins válidos (ex. <i>Keylogger</i>)	56 %	<ul style="list-style-type: none"> • Proteção do <i>Kernel /SE Linux</i>; • Modelos de permissão; • Virtualização/Controlo; • Detecção de anomalias;
Uma aplicação faz-se passar por uma <i>stack</i> de rede, para roubar informação do utilizador	56 %	<ul style="list-style-type: none"> • Ação dos reguladores; • Atualizações atempadas e regulares; • Gestão de <i>firmware</i>; • Processo de atualização; • <i>User awareness</i>; • Gestão de segurança; • Detecção de <i>malware</i> e anomalias; • Controlo de rede;
Acesso aos dados do sistema do utilizador a partir de um equipamento roubado	67 %	<ul style="list-style-type: none"> • <i>White listing</i>; • <i>Remote & local wipe</i>; • Ação dos reguladores; • Encriptação; • Gestão de segurança;
Roubo de equipamento com credenciais de acesso a site <i>off-line</i>	56 %	<ul style="list-style-type: none"> • Ação do operador; • <i>Remote & local wipe</i>; • Encriptação; • <i>User awareness</i>;
Acesso temporário a um equipamento para instalar uma aplicação	56 %	<ul style="list-style-type: none"> • <i>White listing</i>; • Gestão de segurança; • <i>Remote & local wipe</i>;
Acesso temporário a um equipamento para aceder a dados aí armazenados	56 %	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Remote & local wipe</i>; • Encriptação ; • Ação dos reguladores; • Gestão de segurança.

Tabela 1. Resumo de Análise a ameaças e medidas propostas

correr outros modos de *kernel*, substituir a imagem no disco, carregar outra política de segurança ou aceder diretamente ao sistema de memória ou ao disco.

No contexto das permissões concedidas, também há trabalho a fazer. As permissões atribuídas a uma aplicação durante a sua instalação não são verificadas ao longo do tempo, pelo que é necessário fazê-lo e reajustá-las se necessário. Esta alteração foi introduzida no *CyanogenMod 7*. Outras aproximações para controlar permissões podem ser encontradas em estudos e *frameworks* como a *framework* BONDI ou a APEX. [4][5]

Também o uso dos recursos do equipamento deve ser controlado, impedindo-se por exemplo o uso excessivo da rede, ou a comunicação em excesso entre processos. Nesta área é necessário uma *framework* que permita este tipo de controlo.

No que respeita ao controlo na rede, fornecido pelo operador, deve assegurar que nenhuma aplicação irá executar comando AT quando não está autorizada a fazê-lo. Deverá ser fornecida aos fabricantes uma lista de comandos AT que podem ser executados e os que nunca o devem ser, juntamente com algumas recomendações. Isto permitiria reduzir bastante o risco de aplicações não fiáveis e maliciosas executarem estes comandos. Outro tipo de controlo que poderá ser exercido pelo operador é a implementação de aplicações na rede de operador que controlem a informação que sai de cada equipamento. Poderá ser visto como uma oportunidade de negócio a inclusão deste tipo de aplicações como serviços que o cliente pode adquirir: aplicações de monitorização e auditoria que registam e controlam cada operação da qual resulta transferência de informação a partir do equipamento. Propondo estes novos serviços como forma de reduzir a perda de informação sensível propriedade do cliente e aumentar a sua segurança e a da sua informação, o operador poderá também proteger-se e tirar partido do negócio.

4.2. Gestão de componentes

O *firmware* do Android é desenvolvido pelo Google. No entanto, os fabricantes de equipamentos adaptam o *firmware* aos seus equipamentos móveis, com diferentes níveis de adaptação conforme o fabricante. Alguns equipamentos são comercializados como sendo parceiros Google e outros são mesmo vendidos pela Google. Fazer atualizações a este *firmware* é imperativo por várias razões já referidas, quer numa base regular quer manual. Uma

solução popular para este procedimento é o FOTA (*Firmware Over-The-Air*) que permite aos operadores efetuar a atualização, “empurrando-as” para o cliente e assegurando que este possui a versão mais atual do sistema. Muitas vezes o *downgrade* de *firmware* é um método usado para ganhar acesso privilegiado ao equipamento, pelo que o Android possui um método de verificação de versionamento prevenindo e impedindo o *downgrade*. Algumas recomendações devem ser seguidas antes de qualquer instalação como:

- Instalar apenas aplicações fiáveis e presentes no *Android Market*;
- Evitar acessos *root* ao equipamento;
- Usar aplicações móveis de segurança;
- Não usar WIFI em pontos de acesso aberto (mais inseguros);
- Usar *passwords* complexas;
- Evitar atualizações de hiperligações desconhecidas.

Assim que é detetada uma falha de segurança esta deverá ser imediatamente corrigida através de uma atualização ou *patch*. Esta ação permitirá reduzir seriamente e no imediato o risco para os utilizadores e dificultar a ação dos *hackers*. No entanto, esta atualização de forma regular não é efetuada.

Há também que fazer a distinção entre ações de manutenção, que pretendem adicionar novas funcionalidades e ações corretivas, cujo objetivo é a correção de *bugs* e vulnerabilidades. Esta distinção e procedimentos de atualização regulares

existe já há bastante tempo noutros sistemas como o Linux e Microsoft. Então por que razão não são efetuados também no Android?

Podemos apontar várias causas:

- O Google apenas fornece atualizações para a última versão do sistema;
- Os fabricantes têm obrigatoriamente que seguir o calendário Google, o que dificulta o desenvolvimento de versões *custom* do Android;
- Há uma certa relutância por parte dos operadores que requerem o teste das novas funcionalidades;
- Os próprios utilizadores podem não querer modificar o seu sistema operativo: porque é demorado, porque modifica interfaces etc.

Para algumas destas razões poderemos também pensar em potenciais soluções:

- Separação clara entre atualizações funcionais e de segurança;
- Fornecer atualizações de segurança para um conjunto de *releases* (pelo menos para *releases* até 3 anos): a responsabilidade de fornecer *patches* é do Google e a de propagar deverá ser dos fabricantes;
- Definir um mecanismo de atualizações de segurança que modifique apenas ficheiros individuais e não de sistema e use ferramentas mais eficientes para evitar atualizações muito demoradas (*diff*).

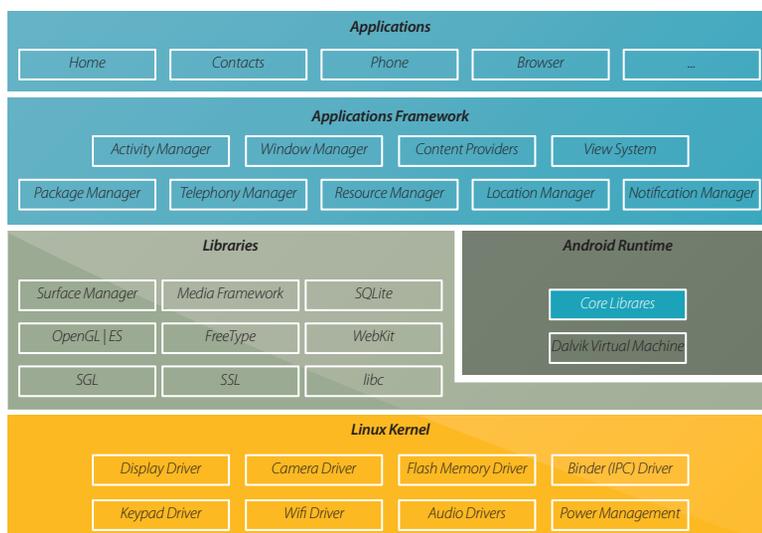


Figura 1 - O sistema Android

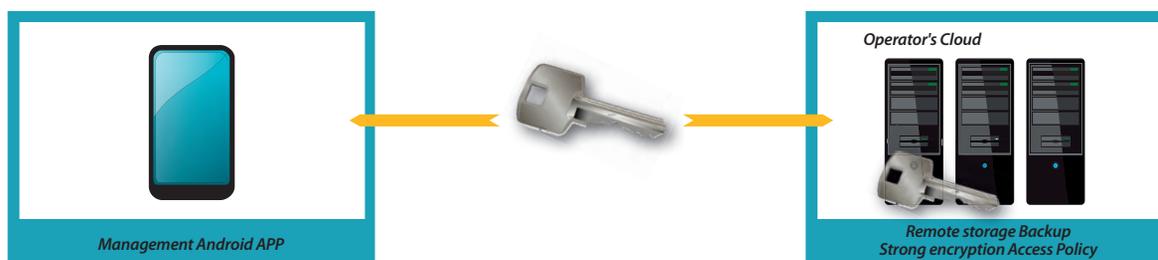


Figura 2 - SaaS

No que diz respeito à gestão de aplicações, algumas das que se encontram disponíveis no Android Market também têm vulnerabilidades. Quando estas são detetadas, as aplicações devem ser indisponibilizadas no site mas também devem ser removidas dos equipamentos automaticamente. Esta remoção poderá ser efetuada quer a nível local através de um *local wipe* gerado após determinado evento ou poderá ser iniciada remotamente (*remote wipe*). Poderemos também considerar um *total wipe* para assegurar que os dados no equipamento estão seguros mesmo se o equipamento for roubado/perdido. Neste caso todos os dados serão destruídos e é efetuado um *reset* para a versão de fabricante (*factory default*). Normalmente este tipo de ação é considerada quando o equipamento é roubado ou quando uma determinada ação é detetada, por exemplo a colocação de *password* errada 10 vezes.

A gestão de conteúdos armazenados no telemóvel é também muito importante e deve ser assim interpretada pelos operadores e utilizadores. Neste ponto o operador poderá fornecer serviços ao cliente que possibilitem a encriptação dos conteúdos armazenados no equipamento e *drivers* lógicas do mesmo. Juntamente com este serviço poderá também fornecer um conjunto de recomendações e linhas de ação que o utilizador pode seguir para aumentar a sua privacidade reduzindo o risco de perda. No que respeita aos direitos de autor das aplicações e conteúdos do equipamento, o operador deve também ter um papel preponderante, no sentido de prestar auxílio ao cliente funcionando como ponto central de contacto quando necessário, em caso de roubo ou perda do equipamento. A instalação de aplicações que protejam de *Malware* e pirataria, deve também ser considerada como solução para possíveis falhas. O utilizador, por seu turno, deverá instalar somente aplicações originais.

4.3. Segurança do/no ambiente periférico

Muita da segurança num equipamento

Android depende na decisão de *download* e instalação que o utilizador toma. Este deve apenas instalar aplicações de fontes conhecidas e fiáveis, como os *Android Official Markets*, sendo que nestes caso também deve ocorrer alguma filtragem ao nível do próprio *Market*. Todas as aplicações antes de ficarem disponíveis devem passar por um procedimento de verificação e só se estiverem de acordo com os critérios definidos, deverão ficar disponíveis para *download*. Esta filtragem poderá ser feita de forma automática ou manual, existindo já alguns projetos nesta área.

Muito importante é a colaboração entre operadores, na busca e deteção de *malware* e grupos de indivíduos envolvidos em atividades maliciosas. Muitas vezes os operadores possuem imensa informação sobre ataques e intrusões detetadas pelas suas equipas de segurança e pelos sistemas de *firewall*, IDS/IPS, e guardam esta informação para si. No entanto, se estas bases de dados imensas forem partilhadas, o risco de ocorrer um ataque bem-sucedido é imensamente reduzido, uma vez que cada operador poderia atualizar as suas próprias bases de dados com o conhecimento partilhado de outros, e vice-versa.

Os serviços oferecidos pelo operador poderão ser entendidos como *Cloud services*, e estenderem-se muito além das recomendações ou aplicações locais ao equipamento. Os operadores podem, fornecer serviços de armazenamento de informação nas suas *Clouds*, de forma segura recorrendo à encriptação na transferência e armazenamento da informação (*Storage as a Service*) e aplicação de políticas de acesso à informação definidas pelo utilizador.

É, também, de relevância não descurar a segurança no próprio equipamento instalar aplicações de deteção de *malware* e anomalias, IPS (*Intrusion Prevention System*) e antivírus.

4.4. User Awareness e privacidade

No contexto deste tipo de equipamentos a sensibilidade e atenção dos utilizadores

é uma das suas maiores fraquezas e um dos pontos mais importantes a trabalhar. A chamada *user awareness* desempenha um papel fundamental na proteção do sistema Android, dos seus utilizadores e dos operadores. Aqui os operadores podem reduzir bastante o risco de falha, divulgando informação e prestando serviços de formação e iniciativas de promoção da segurança e serviços oferecidos, ajudando assim a criar uma consciência do perigo e promovendo ações mais seguras por parte de quem utiliza o sistema. Os operadores desempenham um papel fundamental neste processo uma vez que são tidos pela maioria dos utilizadores como entidades fiáveis. Para isso, além de se preocuparem com a segurança das suas redes devem também criar formas de proteger a própria privacidade dos seus clientes.

5. Conclusão

Neste estudo foram apresentadas inúmeras falhas e possíveis ocorrências das quais pode ser alvo o sistema Android, levando à falta de segurança e perda de privacidade dos seus utilizadores. Foram cuidadosamente analisadas essas falhas atribuindo-se um valor de risco de ocorrência a cada uma. Com base nas falhas que têm um risco mais elevado, analisaram-se as possíveis soluções apresentando-se medidas de combate e redução do risco.

As ameaças existem e são muitos os atores neste cenário. Todos devemos contribuir para uma utilização mais segura destes equipamentos tão populares nos dias de hoje. A estreita colaboração entre operadores, fabricantes, utilizadores e o Google é umas das conclusões fundamentais deste estudo.

Referências

- [1] William Enck, Machigar Ongtang, and Patrick McDaniel. *Understanding Android Security*, IEEE *Security and Privacy Magazine*, 7(1):50–57, January/February, 2009
- [2] Matthias Lange, Steffen Liebergeld, Adam Lackorzynski, Alexander Warg. *L4Android: A Generic Operating System Framework for Secure Smartphones*, *Workshop on Security and Privacy in Smartphones and Mobile Devices* (ACM CCS SPSM), Chicago, October 2011
- [3] B. Vogel and B. Steinke, "Using SELinux Security Enforcement in Linux-Based Embedded Devices", *Proc. 1st Int'l Conf. Mobile Wireless Middleware, Operating Systems, and Applications* (MobilWare 08), Inst. for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecomm. Eng., 2008, article 15.
- [4] OMTF published, *Bondi Architecture and Security Requirements*, 2009
- [5] Nauman, Mohammad and Khan, Sohail and Zhang, Xinwen, *Apex: extending Android permission model and enforcement with user-defined runtime constraints*, 2010
- [6] X. Zhang, O. Acicmez, and J.P. Seifert, "Building Efficient Integrity Measurement and Attestation for Mobile Phone Platforms," *Proc. 1st Int'l Conf. Security and Privacy in Mobile Information and Comm. Systems (MobiSec 09)*, Springer, 2009, pp. 71–82.
- [7] Martin, T., Hsiao, M., Ha, D., Krishnaswami, J., 2004. *Denial-of-service attacks on battery-powered mobile computers*, *Second IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications*, pp. 309–318.
- [8] Asaf Shabtai, Yuval Fledel, Uri Kanonov, Yuval Elovici, Shlomi Dolev, and Chanan Glezer, Google Android: *A Comprehensive Security Assessment*
- [9] Asavin Wattanajantira, *First dynamic Android firewall is available free*, <http://www.theinquirer.net/inquirer/news/2047376/android-firewall-free>
- [10] <http://www.27000.org/iso-27001.htm>

Sónia Pinho concluiu a licenciatura em Engenharia de Sistemas e Informática pela Universidade do Minho em 2000 e ingressou na PT Inovação em 2001 na área de Gestão de Rede Interna e Acessos. Trabalhou nesta área durante 10 anos, mudando depois para a área de Inovação Exploratória e iniciando a sua atividade na participação em projetos europeus de I&D na área de Gestão de Identidade e Segurança. Participou no projeto SEMIRAMIS e em estudos Eurescom. Os seus interesses situam-se na área de Gestão e Segurança na rede, Identidade, acesso seguro a informação e *Cloud Computing*.

Ricardo Azevedo, MSC em *Internet Computing* pelo Queen Mary College (Universidade de Londres), em 2006, e Licenciado em Engenharia de Computadores e Telemática pela Universidade de Aveiro, em 2004. Foi bolseiro de investigação do IT desde 2004 a Fevereiro de 2006, com trabalho desenvolvido na área de QoS em redes heterogéneas de 4ª geração. Em Fevereiro de 2006 iniciou a sua actividade profissional na PT Inovação. Tem participado em diversos projectos de I&D no âmbito do IST e Eurescom, nas áreas de QoS e *Network Management*, Mobilidade, Segurança, Privacidade e Gestão de Identidades. Atualmente é *team leader* do grupo de Gestão de Identidades e Privacidade.

Eduardo Silva, licenciou-se em Engenharia Electrónica e Telecomunicações na Universidade de Aveiro. Foi durante vários anos consultor em Sistemas de Informação e *Networking* empresariais. Ingressou na PT Inovação em 2005 e está envolvido nas áreas de Segurança, Consultoria e Integração de Sistemas. Atualmente é colaborador no departamento de Instalação, Entrega e Suporte de Plataformas e Serviços. Os seus interesses situam-se nas áreas de Segurança, *Networking* e *Information Technology*.

04

Partilha Social de Serviços e Informação Pessoais — Uma Perspetiva IdM e Privacidade

palavras-chave: Social, identidade, privacidade, serviço, confiança



João Miguel Gonçalves



Ricardo A. Pereira



Pedro Nuno Santos



Telma Mota

Os dispositivos eletrónicos pessoais são, cada vez mais, elementos importantes e sempre-presentes no nosso quotidiano. No entanto, pensando em cada um destes dispositivos como um potencial fornecedor de serviços que pode servir os interesses individuais de cada cliente, mas também um conjunto mais alargado de pessoas, as suas potencialidades estão claramente subaproveitadas. Por outro lado, as redes sociais, nomeadamente Facebook e Google+, estão a ganhar relevância como fornecedores de serviços e sobretudo como gestores de identidades, criando uma camada social de acesso que abrange grande parte da *Web*. No entanto, as várias versões desta camada não são compatíveis.

Uma plataforma integradora com uma vertente social, que garanta a comunicação entre todos os dispositivos e que lhes permita oferecer as suas capacidades de uma forma normalizada, como serviços ou recursos, tirará mais proveito do que já existe de uma forma isolada em cada dispositivo ou conjunto privado de dispositivos. Há, no entanto, nesta possível partilha aberta e alargada de serviços, questões críticas de privacidade e segurança que devem ser consideradas, assim como questões inerentes aos parâmetros sociais que regem a interação entre os utilizadores.

Neste artigo é traçado o atual estado de situação das tecnologias que podem contribuir para a construção desta visão de camada integradora de identidade que se pretende estender até aos dispositivos pessoais. A plataforma resultante deve basear-se em normas abertas e deve permitir que qualquer entidade seja livre de comunicar com outras entidades que adotem o mesmo procedimento normalizado de comunicação. Deve cumprir requisitos essenciais de privacidade e confiança, respeitando o paradigma onde cada utilizador pode assumir, para além do papel tradicional de consumidor, também o de fornecedor de serviços.

1. Introdução

O potencial de integração através de uma camada de identidade é agora, mais que nunca, visível na *Web*. As redes sociais, especialmente o Facebook, conseguiram uma penetração respeitável e agora funcionam como conectores sociais para a *Web*. São inúmeros os *sites* que disponibilizam autenticação através do Facebook e são ainda mais os que disponibilizam partilha e a funcionalidade “gosto”. Por outro lado o Google, que lançou a sua rede social no verão passado, aposta numa integração social do seu portefólio de aplicações. É possível fazer “+1” (a versão do Google da funcionalidade “gosto”) a hiperligações que aparecem nos resultados das procuras.

No entanto, este potencial de integração pode transbordar do mundo digital para o mundo físico. Os dispositivos eletrónicos pessoais (telemóveis, computadores, *set-top boxes*, impressoras, etc.) têm aumentado em grande número nos últimos anos. No entanto a interligação entre eles e com o resto do mundo digital, é quase sempre reduzida ou feita caso a caso. Uma plataforma integradora que garanta a comunicação entre todos os dispositivos e que lhes permita oferecer as suas capacidades de uma forma normalizada, como serviços ou recursos, contribuirá decisivamente para tornar a visão de “ambiente inteligente” numa realidade. Neste cenário, a partilha de serviços e recursos entre utilizadores poderá ser dinâmica e em grande escala, estimulando consideravelmente a colaboração entre as pessoas e a possibilidade de servir requisitos individuais ou de uma comunidade.

No entanto há questões críticas de privacidade e segurança que devem ser con-

sideradas. Cada utilizador, no papel de fornecedor de serviços, deve dispor de mecanismos e tecnologias que lhe permitam decidir sobre o nível de privacidade que deseja manter na sua relação com os outros e na forma de oferecer os seus serviços. O utilizador deve poder preservar a sua identidade e definir as suas relações de confiança, com os outros utilizadores e os diversos grupos de interesse. Para isso, neste artigo, é apresentado um conjunto de tecnologias do âmbito da gestão de identidades, controlo de acesso e segurança e o estado atual da camada de identidade na *Web*. São também identificados os problemas que se põem à realização desta visão e as soluções que se perspetivam. Finalmente são identificadas as mais-valias para o Grupo PT da implementação de uma plataforma deste tipo e é identificado o espaço de trabalho futuro nesta área.

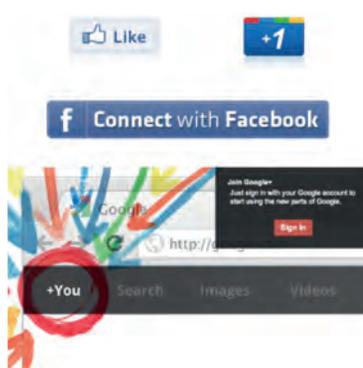


Ilustração 1 - Exemplos de elementos gráficos que se tornaram comuns na *web* e mostram o papel central que Google e Facebook estão a conseguir obter como os *de facto* Identity Providers

2. Descrição dos sistemas existentes

2.1. Dos silos da *web2.0* à cortina de ferro entre Facebook e Google

O termo “*walled gardens*” é muito usado para descrever a situação após a massificação da *Web2.0*, em que cada *sítio* é isolado do *sítio* seguinte, cada um tendo um registo de utilizadores completamente separado. Os utilizadores eram obrigados a registar-se individualmente em cada *sítio Web* que pretendiam usar. Com a popularização das redes sociais o valor de ter registos e informações, vulgo a identidade, dos utilizadores tornou-se óbvio e é bem traduzido pela citação “*If you are not paying for it you’re not the customer, you’re the product being sold.*” Também os CEO dos dois gigantes Facebook e Google disseram abertamente que queriam ter em sua posse a identidade dos utilizadores:

• Eric Schmidt: “*We want people to be more logged in to Google.*”

• Mark Zuckerberg: “*Facebook Connect is our version of Facebook for the rest of the Web.*”

O Facebook desenvolveu o Facebook Connect [1], que permite que qualquer *site* use o registo de utilizador do Facebook para efeitos de autenticação. Por outro lado o Google lançou o Google+ e tenciona integrá-lo completamente com o seu portefólio de aplicações, incluindo a procura *Web*. Para além disso, requer que os utilizadores de telemóveis Android [2] associem o sistema à sua conta Google, e fundiu a base de utilizadores do YouTube com a do Google [3]. Apesar das estratégias diferentes, o objetivo é claro: ser o *Identity Provider* do maior número de utilizadores possível. Estamos a passar dos silos de utilizadores da *Web2.0* para um

cenário em que os utilizadores têm conta no Google ou no Facebook e usam-na para interagir com os restantes sites Web. Se não houver um alinhamento de outros intervenientes a apoiar uma alternativa aberta e que suporte uma federação livre de redes sociais, perspectiva-se uma Web dividida em duas grandes redes.

2.2. XACML

XACML ou *Extensible Access Control Markup Language* [4] é uma linguagem baseada em XML, desenhada pela *Organization for the Advancement of Structured Information Standards* (OASIS) especificamente para a criação de políticas e para a automatização do seu uso no controlo de acessos a dispositivos e aplicações na rede. Nesse sentido o XACML é uma iniciativa para o desenvolvimento de uma norma para sistemas de controlo de acessos e autorização.

Um cenário típico de controlo de acesso e autorização envolve três identidades – um sujeito, um recurso e uma ação e os seus atributos. Um sujeito faz um pedido para realizar uma ação num determinado recurso. Por exemplo, no pedido de acesso “Permitir ao gestor de conta de um banco criar ficheiros na pasta Empréstimos no servidor de contas do banco”, o sujeito é o “gestor de conta”, o recurso pretendido é a “pasta Empréstimos no servidor de contas do banco” e a ação é “criar ficheiros”.

Atualmente, a maior parte dos sistemas implementa o controlo de acesso e autorização de uma forma proprietária. O XACML surgiu para introduzir portabilidade na área. Permite descrever de forma normalizada entidades de controlo de acesso e os seus atributos e permitir um mecanismo de acesso de controlo mais sofisticado do que simplesmente conceder ou negar acessos.

2.3. SAML

Desenvolvido pelo Comité Técnico para Serviços de Segurança da OASIS, o *Security Assertion Markup Language* (SAML) [5] é uma estrutura baseada em XML para comunicar a autenticação, autorização e atributos de um utilizador. O SAML permite que as entidades de negócios façam afirmações sobre a identidade, atributos e autorizações de um utilizador para outra entidade.

O SAML é um protocolo desenhado para ser flexível e extensível e ser usado por outra normalização. A *Liberty Alliance* [6], o projeto *Internet2 Shibboleth* [7] e o OASIS *Web Services Security (WS-Security) Technical Committee* [8] adoptaram o SAML como

base tecnológica para diversas finalidades.

A primeira versão do SAML (SAML v1.0) foi aprovada como um OASIS Standard em Novembro de 2002. Em Setembro de 2003 seguiu-se o SAML v1.1, o qual teve bastante sucesso e ganhou impulso na área dos serviços financeiros, ensino superior, governo e outros segmentos da indústria. O SAML tem sido bastante implementado pelos principais fabricantes de aplicações Web para gestão de acesso. É também usado em aplicações para servidores e também muito usado em *Web Services* e em segurança.

O SAML v2.0, aprovado como um OASIS Standard em Março de 2005, baseia-se no sucesso de unificar a estrutura para a federação de identidades definida no SAML v1.1 com a estrutura tanto da iniciativa *Shibboleth* como da *Liberty Alliance's Identity Federation Framework*. Como tal, a versão SAML v2.0 é um passo crítico para a convergência completa das normas de identidade federada. Esta versão também abordou várias questões derivadas da experiência com as versões anteriores e adicionou funcionalidades anteriormente adiadas por razões de calendário.

2.4. OpenID

O *OpenID* [9] permite a um utilizador usar uma conta já existente para entrar em múltiplos *websites*, sem que seja necessário criar novas palavras-passe. O utilizador pode escolher um *OpenID Provider* (site que irá gerir as suas informações de autenticação) que melhor se adapte às suas necessidades e em que ele confie. O utilizador pode mudar de *Provider* sem que seja preciso mudar o seu *OpenID*. A tecnologia *OpenID* não é proprietária, é gratuita.

O *OpenID* foi criado no verão de 2005 por uma comunidade aberta para tentar resolver um problema que não foi resolvido facilmente por outras tecnologias de identificação existentes. Como tal, o *OpenID* é descentralizado e não é propriedade de ninguém, nem deve ser. Hoje, qualquer pessoa pode optar por usar um *OpenID* ou tornar-se num *OpenID Provider* livremente, sem ter de se registar ou ser aprovado por qualquer organização.

A *OpenID Foundation* (OIDF) foi formada para promover, proteger e desenvolver a comunidade e tecnologia *OpenID* em Junho de 2007. A OIDF serve como uma organização de confiança do público que representa a comunidade aberta de programadores, fornecedores e utilizadores. A OIDF também auxilia a comunidade, fornecendo infraestruturas necessárias e aju-

da na promoção e apoio à adoção expandida do *OpenID*. Isto implica a gestão da propriedade intelectual e de marcas, bem como fomentar o crescimento e participação global no crescimento do *OpenID*.

São membros da OIDF, entre outros, os seguintes membros: AOL, Facebook, Google, Microsoft, MySpace, Sun, Yahoo. O *OpenID* tem alguns problemas ao nível da segurança, ao ser vulnerável a ataques de *Phishing* e *Man-in-the-Middle* [10]. Este tipo de problemas são do conhecimento da OIDF, que alerta e produz considerações a fim de minimizar estes problemas de segurança, como, por exemplo, usar o *OpenID* apenas em comunidades seguras, usar SSL com um certificado assinada por uma autoridade certificadora confiável e impor aos *OpenID Providers* que alertem e eduquem os seus utilizadores para este tipo de problemas.

2.5. OAuth

O *OAuth* [11] é um protocolo aberto que permite o acesso autorizado a aplicações *desktop* e *web* através da utilização de uma API segura. Blaine Cook deu início à sua implementação nos finais de 2006, enquanto trabalhava na implementação do *OpenID* para o Twitter. Em conjunto com Chris Messina procuravam uma forma de conjugar o uso do *OpenID* com a Twitter API para delegação de autenticação. Reuniram-se com David Recordon, Larry Halff entre outros no encontro *CitizenSpace OpenID* a fim de discutir as soluções existentes. Depois de analisarem as funcionalidades existentes no *OpenID*, chegaram à conclusão que não existia nenhum padrão aberto para a delegação de uma API de acesso.

Em abril de 2007, foi criado o grupo Google com um pequeno grupo de implementadores para escrever uma proposta de um protocolo aberto. Em julho de 2007, a equipa elaborou uma especificação inicial e o grupo foi aberto a qualquer pessoa interessada em contribuir. Em dezembro de 2007 surgiu a especificação final *OAuth Core 1.0*.

O *OAuth* permite a partilha de recursos privados (vídeos, fotografias, dados bancários, etc.) armazenados num fornecedor de serviços, sem ser necessário fornecer o utilizador e palavra-passe de acesso. Desta forma cede-se o acesso a recursos privados a terceiros sem ter que existir uma partilha de identidade ou de alguma parte desta. Atualmente o *OAuth* está implementado em todos os Google Data API. É também suportado por diversas organizações e entidades como a Google, Yahoo,

Twitter, Flickr, Youtube, Orkut, entre outras.

O *OAuth* não é uma extensão do *OpenID* mas os dois podem ser usados em conjunto. O *OAuth* possibilita aos utilizadores gerirem permissões de acesso e utilização dos seus recursos, o *OpenID* centra-se na identidade desses utilizadores, na gestão dessa identidade e na forma de um utilizador poder comprovar ser quem diz ser. Assim, estes dois mecanismos podem e devem trabalhar em conjunto, para bem dos utilizadores em geral.

2.6. WebID+FOAF

Tendo em vista a criação de uma plataforma de identidade distribuída baseada na *Web* e sem uso de palavras-passe, foi criado o *WebID* [12]. Esta especificação foi trabalhada e publicada com o apoio do *World Wide Web Consortium* (W3C). A especificação faz uso do protocolo de segurança *Transport Layer Security* (TLS) [13], largamente utilizado e suportado hoje em dia, e da especificação *Friend of a Friend* (FOAF) [14], um vocabulário para a *Web* semântica para descrever pessoas. Pretende-se que cada utilizador tenha um par de chaves, pública e privada [15], com certificado X.509 [16] associado, e uma página que o descreva. Nessa página podem constar várias informações sobre o utilizador, mas tem de constar também a chave pública.

Quando um utilizador se pretende autenticar numa página *Web* com o seu *WebID* é-lhe pedido um certificado seu. O servidor remoto, depois de receber o certificado do utilizador, vai ler o identificador *WebID* (*WebID* URI) de um campo específico do certificado (X509v3 *Subject Alternative Name*). Esse identificador coincide com o URL para a página descritiva do utilizador. O servidor remoto usa esse URL para obter a descrição do utilizador, e compara a chave pública que lá consta com a que foi apresentada no certificado. Se coincidirem, o servidor remoto sabe que o utilizador que se está a autenticar controla o referido URL, que o identifica.

2.7. Perspectives

Tanto o TLS como o seu antecessor *Secure Socket Layer* (SSL) [17] usam um mecanismo baseado em *Certification Authorities* (CA) para determinar se a entidade remota com a qual o utilizador está a comunicar é, de facto, a que diz ser. Esta verificação existe para contrariar ataques *Man-in-the-Middle* (MitM), em que um atacante se posiciona na rede entre o utilizador e a entidade remota e intercepta os pacotes destinados à entidade remota, criando duas ligações seguras, uma com o utilizador fingindo ser a entidade remota e outra vice-versa.

No entanto o mecanismo atual baseado em CA está longe do ideal. Eventos recentes de emissão ilícita de certificados válidos [18] [19] mostraram isso mesmo. Os atacantes que conseguiram esses certificados podem agora usá-los para facilmente conduzir ataques de MitM.

Tendo as vulnerabilidades do sistema atual em mente, os investigadores da *Carnegie Mellon University* (CMU), Wendlandt, Andersen e Perrig, propõem um método alternativo [20] de verificação contra este tipo de ataques. A ideia é aproveitar o facto destes ataques serem normalmente localizados e de duração limitada. Citando Lincoln: “*You can fool all the people some of the time, and some of the people all the time, but you cannot fool all the people all the time.*” Para verificar que um utilizador não está a ser vítima de MitM, após receber o certificado da entidade remota o utilizador pede a um conjunto de “notários”, situados em pontos distantes da rede, que lhe comuniquem o certificado que eles recebem dessa mesma entidade. Desta maneira, tecnicamente simples e de baixo custo, é possível detetar ataques MitM localizados e talvez até mesmo tornar o uso de CA obsoleto.

3. Desafios e possíveis soluções

O principal problema de privacidade com o aparecimento das redes sociais reside no facto de essa informação estar alojada do lado dos próprios fornecedores de serviço, que atualmente, em muitos dos casos, a vende a empresas de publicidade, marketing, entre outras. Por esta razão, as alternativas abertas aos *Identity Providers* existentes foram pensadas com o intuito de devolver o controlo dos dados ao utilizador.

No entanto esta é apenas uma das questões do âmbito privacidade. Se quisermos de facto potenciar a visão de “ambiente inteligente” temos de endereçar este problema de uma maneira muito mais profunda. Neste cenário informação do utilizador poderá ter de ser divulgada a certas entidades. Sem abdicar de funcionalidades, compete-nos tentar:

- Minimizar a quantidade de informação divulgada;
- Minimizar a capacidade de relacionar a informação divulgada com o utilizador, ou com outra informação dele.

Relativamente à primeira, é necessário implementar controlo de acesso detalhado, inteligente e de baixa latência. O controlo

de acesso detalhado aplicado à localização traduz claramente melhor as expectativas do utilizador relativamente à divulgação da informação em comparação com controlo de acesso mais básico, baseado apenas em “*whitelisting*” (permitir acesso a outros utilizadores um a um, tipicamente os amigos de uma rede social) [21]. Isto permite que os utilizadores com preocupações de privacidade partilhem mais [22]. O controlo de acesso também precisa de ser inteligente pois é difícil comunicar aos utilizadores as implicações deste controlo de acesso detalhado. Pode ser necessário o uso de técnicas avançadas de interação com o utilizador e de aprendizagem usando inteligência artificial [21] [22]. Finalmente, tem de ser de baixa latência, pois deseja-se que a informação chegue onde é precisa de modo a afetar o mundo físico sem que o utilizador consiga perceber tempo de espera.

Um método que promete ajudar a minimizar a capacidade de relacionar a informação com o utilizador, ou com outra informação dele, é o uso de pseudónimos. Um pseudónimo é um identificador associado com um determinado utilizador que só é utilizado para comunicar com um número restrito de entidades e tipicamente durante um espaço de tempo reduzido. Permitem que os dados do utilizador que são divulgados sob diferentes pseudónimos não sejam associados.

4. Importância para os negócios do grupo PT

Facebook e Google estão-se a posicionar como os dois *Identity Providers* de peso, pela sua base de utilizadores e oferta integrada de serviços e aplicações. O operador estaria numa posição privilegiada para desempenhar essa função, pela sua proximidade física e legal ao utilizador. No entanto a vantagem que estes dois gigantes já têm torna difícil a entrada de novos intervenientes no negócio. A hipótese mais provável é o aparecimento de uma alternativa aberta e de fácil implementação, que suporte federação e permita uma rápida integração do lado dos serviços e aplicações. Se essa alternativa incluir também a capacidade de partilha das capacidades dos dispositivos eletrónicos dos utilizadores, então teria uma vantagem competitiva importantíssima.

Para além de esta alternativa abrir o mercado dos *Identity Providers* aos operadores de telecomunicações, a sua ubiquidade e disseminação também pode ser aproveitada para o negócio. Como fornecedor de “*quadruple-play*” e de dados móvel, o

operador está numa posição privilegiada para ser um fornecedor de serviços que residem em dispositivos que estão em casa ou próximo dos utilizadores.

5. Conclusões

Neste artigo apresentámos a visão da camada de identidade como integradora de serviços, dispositivos e aplicações. Apresentámos também as preocupações com privacidade que há que endereçar de modo a implementar este cenário. Foi feita uma análise técnica do estado da arte e estratégica do interesse da PT neste tema.

É tendo em vista uma plataforma aberta pervasivo¹-social que está a ser desenvolvido trabalho no projeto ICT SOCIETIES (*Self-Orchestrating Community ambiEnT IntelligEnce Spaces*) [23], financiado no âmbito do FP7. Pretende-se que esta plataforma seja de fácil implementação e adoção, baseando-se tanto quanto possível em tecnologias existentes. Pretende abrir o mercado das redes sociais e *Identity Provider* a empresas com bases de utilizadores abaixo das centenas de milhões, permitindo aos operadores de telecomunicações competir com os gigantes Facebook e Google. Pretende também potenciar o negócio no âmbito de “ambientes inteligentes”, nomeadamente fornecimento de serviços de contexto e domótica, onde os operadores podem competir. E finalmente pretende promover a competitividade na área da privacidade e identidade, necessária para uma melhoria das práticas de segurança e privacidade na internet.

1. Pervasividade e Pervasivo são palavras que não existem (ainda) em Português, mas vêm do Inglês Pervasiveness e Pervasive, respectivamente. O conceito pode ser definido como a capacidade de estar sempre presente e tomar ações em prol do utilizador. A computação pervasiva (*pervasive computing*) reflecte a nova geração da comunicação e informação que se quer em todo o lado e sempre disponível.

Referências

- [1] *Facebook Connect Documentation*. <http://developers.facebook.com/docs/guides/web/>.
- [2] *Android Web Site*. <http://www.android.com/>.
- [3] L. Gannes, "No More YouTube Without Google (Accounts)", 07-May-2009. Available: <http://gigaom.com/video/no-more-youtube-without-google-accounts/>.
- [4] OASIS *eXtensible Access Control Markup Language (XACML) Technical Committee*. <http://www.oasis-open.org/committees/xacml/>.
- [5] OASIS *Security Services (SAML) Technical Committee*. <http://www.oasis-open.org/committees/security/>.
- [6] *Wikipedia: Liberty Alliance*. http://en.wikipedia.org/wiki/Liberty_Alliance.
- [7] *Shibboleth Web Site*. <http://shibboleth.internet2.edu/>.
- [8] OASIS *Web Services Security (WSS) Technical Committee*. <http://www.oasis-open.org/committees/wss/>.
- [9] *OpenID Web Site*. <http://openid.net/>.
- [10] *Wikipedia: Man-in-the-Middle*. http://en.wikipedia.org/wiki/Man-in-the-middle_attack.
- [11] *OAuth Web Site*. <http://oauth.net/>.
- [12] *WebID Specification*. <http://www.w3.org/2005/Incubator/webid/spec/>.
- [13] IETF RFC 5246 - *The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.2*. <http://tools.ietf.org/html/rfc5246>.
- [14] FOAF *Vocabulary Specification*. <http://xmlns.com/foaf/spec/>.
- [15] *Wikipedia: Public Key Cryptography*. http://en.wikipedia.org/wiki/Public-key_cryptography.
- [16] IETF RFC 5280 - *Internet X.509 Public Key Infrastructure Certificate and Certificate Revocation List (CRL) Profile*. <http://tools.ietf.org/html/rfc5280>.
- [17] A. Frier, P. Karlton, and P. Kocher, "The SSL 3.0 Protocol", *Netscape Communications Corp.*, 1996.
- [18] *Comodo Fraud Incident*. <http://www.comodo.com/Comodo-Fraud-Incident-2011-03-23.html>.
- [19] J. Resch, "The DigiNotar Hack, Black Tulips, Rogue Certificates and what You're not Being Told about PKI and Risk", 07-Sep-2011. Available: <http://blogs.kuppingercole.com/resch/2011/09/07/the-diginotar-hack-black-tulips-rogue-certificates-and-what-you%C2%B4re-not-being-told-about-pki-and-risk/>.
- [20] Wendlandt, Dan; Andersen, David G.; and Perrig, Adrian, "Perspectives: Improving SSH-style Host Authentication with Multi-Path Probing", 2008.
- [21] M. Benisch, P. Kelley, N. Sadeh, and L. Cranor, "Capturing locationprivacy preferences: Quantifying accuracy and user-burden tradeoffs," *Personal and Ubiquitous Computing*, pp. 1–16, 2010.
- [22] N. Sadeh, J. Hong, L. Cranor, I. Fette, P. Kelley, M. Prabaker, and J. Rao, "Understanding and capturing people's privacy policies in a mobile social networking application," *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 13, no. 6, pp. 401–412, 2009.
- [23] *SOCIETIES Web Site*. <http://www.ict-societies.eu/>.

João Miguel Gonçalves, licenciou-se em Engenharia Informática pela Universidade de Coimbra em 2006. No mesmo ano foi admitido como bolsheiro no Instituto de Telecomunicações em Aveiro, no âmbito do projecto europeu C-MOBILE. Em Junho de 2008 completou, com Distinção, o Mestrado em Wireless Networks pela Queen Mary University of London. Em Setembro de 2008 iniciou a sua actividade na PT Inovação, tendo paralelamente integrado o programa doutoral MAP-i. A tese de doutoramento, em progresso, intitula-se "Integrated Identity and Context Management Architecture for Privacy-Enabled Context-Awareness", cujos trabalhos se relacionam com os mais recentes projectos Europeus em que participou e participa, respectivamente C-CAST e SOCIETIES.

Ricardo Azevedo Pereira, MSC em *Internet Computing* pelo Queen Mary College (Universidade de Londres), em 2006, e Licenciado em Engenharia de Computadores e Telemática pela Universidade de Aveiro, em 2004. Foi bolsheiro de investigação do IT desde 2004 a Fevereiro de 2006, com trabalho desenvolvido na área de QoS em redes heterogéneas de 4ª geração. Em Fevereiro de 2006 iniciou a sua actividade profissional na PT Inovação. Tem participado em diversos projectos de I&D no âmbito do IST e Eurescom, nas áreas de QoS e *Network Management*, Mobilidade, Segurança, Privacidade e Gestão de Identidades. Atualmente é Team Leader do grupo de Gestão de Identidades e Privacidade.

Pedro Nuno Santos, licenciado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores (ramo de telecomunicações) pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto em 2007. Em 2008 efetuou um estágio profissional na PT Inovação passando a colaborador no final de 2008. Desde então a nível Europeu participou ativamente nos projetos "SWIFT" (FP7), "SEMIRAMIS" (CIP PSP) e em vários projetos Eurescom. A nível interno está diretamente envolvido no desenvolvimento e manutenção do "PT Login" (PT WebSSO) e "Perfil TV" (MEO) entre outros. A sua atividade profissional tem englobado várias áreas com especial incidência em temas como a gestão de identidades, privacidade e segurança.

Telma Mota, concluiu a Licenciatura e Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores na Universidade do Porto. Ingressou na empresa TLP SA, onde realizou trabalho de planeamento e dimensionamento de redes de comutação digital, Redes Inteligentes e teletráfego. Desde 1994 que integra a PT Inovação e tem estado ligada às áreas de gestão e arquitecturas de Redes e Serviços; IN, evolução da IN, TINA, Parlay, IMS, TISPAN e MBMS, assim como às normas 3GPP que se dedicam a definir aspectos de estabelecimento de Sessões Multimédia, QoS, Mobilidade e Multicast. Recentemente tem-se dedicado às arquitecturas de serviços; OMA, SOA, Web 2.0. Participou em diversos projectos Europeus (Eurescom e IST), liderou o C-CAST e na PTIN é responsável pela divisão "Plataformas e Redes Multiserviço".

05

Multipass: Gestão de e-Tickets em Dispositivos Móveis

palavras-chave:
e-ticketing, gestão de identidades, *pervasividade*,
privacidade



Rui Ferreira



Alfredo Matos



Gonçalo Morais



Rui Aguiar



Pedro Santos



Ricardo Azevedo

A crescente adopção de dispositivos móveis com mais capacidades de computação e comunicação leva-nos a questionar como podem estas capacidades ser exploradas face aos serviços atuais. O expectável é que a disseminação destes dispositivos leve a cenários onde o digital transborda para o real e interações físicas passarão a ser suportadas por sistemas informáticos complexos, em que os dispositivos móveis são preponderantes.

O projeto *Multipass* (Plano de Inovação 2010) teve como objectivo desenhar e implementar mecanismos que permitam suportar gestão de chaves, autenticação mútua entre dispositivos móveis e delegação de atributos entre identidades, estendendo o actual gestor de identidades PTIN - *myPersonas*. Estes desenvolvimentos foram aplicados ao cenário particular de *e-Ticketing*, demonstrando características essenciais na comunicação entre dispositivos, como autenticação mútua em ambientes seguros.

1. Introdução

À medida que a tecnologia se torna cada vez mais *pervasiva*, o nosso quotidiano é invadido por um conjunto de interações tecnológicas. Prova disso é a grande penetração dos telemóveis no mercado português, que leva a que o consumidor final tenha acesso a dispositivos com capacidades de processamento e comunicação bastante consideráveis.

O expectável é que a vulgarização destes dispositivos leve a cenários onde o digital transborda para o real e interações físicas passarão a ser suportadas por sistemas informáticos complexos. Esta tendência já começa a ser observada com o aparecimento de um conjunto de aplicações, como bilhetes eletrónicos ou sistemas de segurança remotos, que de alguma forma utilizam capacidades dos telemóveis como agentes necessários em interações reais. Contudo, essas interações são limitadas, porque apenas utilizam os meios tecnológicos como transporte de informação, não os fazendo parte activa da solução. A tecnologia, de uma forma dispersa, já é disponibilizada pelo operador ao cliente, mas a falta de unificação e aproximação tecnológica tem inviabilizado a colocação de certas soluções tecnológicas como parte ativa de transações ao invés de simples agentes transportadores de informação.

Para fornecer esta integração, partimos da utilização de tecnologias de gestão de identidade (*Identity Management* – IdM), para suportar um novo conjunto de operações no ambiente do operador. Destas destacamos as capacidades de autenticação, autorização e gestão do perfil de utilizador e informação associada, de forma transparente e segura. Este artigo sintetiza os resultados do projeto *Multi-*

pass, descrevendo como é possível tirar partido das vantagens de sistemas de IdM disponibilizados pelo operador, de forma a interligar o mundo real e digital, potenciando a mais-valia para o utilizador que o agente tecnológico (i.e. dispositivo) é capaz de fornecer na interação tecnológica além do simples carácter de transporte que frequentemente toma e que limita em muito o papel da tecnologia no nosso quotidiano. Para isto prevê-se a utilização de um dispositivo que permite interações reais com sistemas informáticos de autenticação, controlo de acesso, e gestão de utilizadores, que potenciem a vivência diária do seu portador. Através deste dispositivo móvel (não limitado a telemóveis, e que poderá ou não ter capacidades de comunicações de voz) exploramos a interligação entre o mundo físico (com características digitais) e um sistema de gestão de identidades, no caso concreto da PTIN o produto *myPersons*.

Neste contexto, o projeto *Multipass* explora a integração de dispositivos móveis em cenários de controlo de acesso, em particular naqueles que envolvem interações de proximidade com o utilizador e em que a segurança do sistema é de particular importância.

2. Enquadramento e motivação

A utilização de um dispositivo móvel como chave de sistemas de controlo de acesso é uma solução que visa explorar a flexibilidade e simplicidade associada ao uso de dispositivos móveis como portadores de informação certificada. São exemplos disso sistemas de bilhetes eletrónicos por SMS, semelhantes aos presentes em estações de metro, em que o bilhete consiste numa mensagem SMS enviada para o telemóvel do utilizador

contendo um código de identificação único. Este código é emitido após a compra do bilhete, posteriormente mostrado do telemóvel com recurso à inspeção visual. Sistemas como estes codificam a informação na forma textual no interior de uma mensagem SMS [1], ou como um código de barras [2][3]. Este tipo de sistemas, que providenciam controlo de acesso com base em informação presente em dispositivos móveis, são sistemas que minimizam o custo de atendimento ao cliente.

O serviço disponibilizado em [4], por exemplo, fornece aos clientes uma chave de acesso para o seu telemóvel assim que estes fazem a sua reserva. Neste caso particular essa chave de acesso toma a forma de um sinal sonoro, o qual ao ser emitido pelo telemóvel permite a abertura de determinadas portas. No entanto este sistema requer a presença de software adicional no dispositivo para que a interação com as fechaduras seja possível.

Neste contexto há dois aspectos que importa realçar e que são de especial importância:

- 1. Segurança:** na maioria dos sistemas deste tipo, o telemóvel funciona apenas como sistema de armazenamento para um código que identifica o portador. Comprometer a segurança do sistema consiste em replicar esse identificador;
- 2. Comunicação em proximidade:** Apesar de alguns dispositivos móveis terem à sua disposição tecnologias de comunicação de pequeno alcance, tal como *Bluetooth* ou NFC, a comunicação entre o dispositivo móvel é feita sem recurso às mesmas, por vezes com recurso a um operador humano.

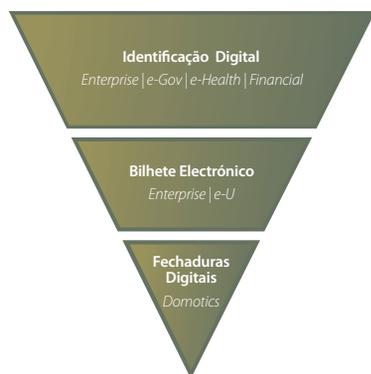


Figura 1 – Relação entre domínios de aplicabilidade

Na verdade, a grande limitação que estes factores impõem é que dispositivos móveis mais antigos, apesar de possuírem mecanismos de comunicação sem fios, como *Bluetooth* e *WiFi*, não possuem componentes de *software* para gerir as credenciais do utilizador de forma segura, por exemplo para iniciar procedimentos de autenticação junto de outros serviços. Este problema tem vindo a ser superado com a introdução de dispositivos móveis com capacidades adicionais, como sendo os *Smartphones*, em que é perfeitamente viável colocar *software* especializado com o intuito de gerir as credenciais de acesso do utilizador.

No projeto *Multipass* foram explorados sistemas de autenticação e controlo de acesso que envolvem dispositivos móveis. Em particular soluções que providenciem autenticação mútua, ou seja, que autenticuem não só o portador de um bilhete a um serviço, mas também que autenticuem o serviço ao portador. Este requisito é essencial para a adopção alargada deste tipo de serviços, porque assegura que o devido uso das credenciais de acesso não é posto em causa, fornecendo ao utilizador a necessária segurança para a sua adopção destes serviços.

3. Cenários

Sistemas de controlo de acesso são bastante comuns nos mais variados serviços, mas neste contexto em particular estamos interessados em cenários centrados em torno do seguinte conjunto de premissas:

- Utilização de um dispositivo móvel (*Multipass*) para interações ricas com o ambiente e outros dispositivos;
- Utilização de tecnologias IdM de forma ubíqua;
- Garantir segurança e privacidade da comunicação.

Pretendia-se que os cenários definidos respeitassem não só estes requisitos, mas também que ilustrassem como os requisitos deste tipo de soluções variam quando o sistema escala em número de interações. Foram desenvolvidos três cenários, sendo que os cenários mais complexos podem ser considerados como extensões aos cenários mais simples. A Figura 1 ilustra esta situação, onde o cenário inferior funciona como base, e apenas proporciona a interação entre dois dispositivos de forma simplificada. No segundo cenário, introduzem-se situações mais complexas do ponto de vista de interação entre dispositivos, incluindo o utilizador e situações transitórias, onde o sistema de IdM fornece verificação de credenciais, troca de atributos e gestão ativa do utilizador. Finalmente, no terceiro cenário, todas as interações anteriores são suportadas e acresce ainda uma componente de interação dinâmica do dispositivo *Multipass* e de IdM (na plenitude das suas funcionalidades – autorização dinâmica e consistente, autenticação mútua e dinâmica com verificação de credenciais, delegação de competências, entre outras). Neste último cenário, o sistema IdM não só suporta todas as operações de forma direta e participada, como também fornece serviços que de outra forma seriam demasiados complexos, como o recurso a Autoridades de Certificação.

4. Domótica

O cenário de domótica é definido pelas interações dentro da residência, entre o dispositivo e os demais sistemas eletrónicos que caracterizam a domótica atual e futura. Consideram-se ambientes do tipo “casa inteligente”, com especial atenção aos focados na utilização de *gateways* em casa, onde a casa digital é o cerne das interações no espaço de habitação do utilizador.

Neste contexto, o dispositivo *Multipass* pode ser usado para abrir a porta de uma residência, ou para ter acesso a recursos específicos dentro da mesma. Neste contexto, o dispositivo *MultiPass* comporta-se de forma semelhante a uma chave convencional, com o acréscimo de algumas características que importa realçar. O *MultiPass* introduz um processo de autenticação que requer não só a chave apropriada (armazenada no dispositivo *MultiPass*), mas também uma prova associada à identidade do utilizador, como por exemplo um PIN, que o ligue inequivocamente à chave providenciada.

5. Serviços de e-Ticketing

No domínio de serviços comerciais, ou em ambientes empresariais, é importante pôr

em prática políticas de controlo de acesso que assegurem o acesso devidamente autorizado aos recursos existentes. Este tipo de serviços tem lugar tanto para sistemas de acesso dentro de empresas, como para serviços comerciais de venda de bilhetes para eventos ou serviços públicos.

Com recurso ao dispositivo *Multipass* podemos, por exemplo, adquirir bilhetes para espetáculos e mais tarde iniciar o processo de entrega do bilhete, bastando para isso aproximar o nosso telemóvel de um ponto de entrada. Mas neste caso o dispositivo não funciona apenas como uma chave de acesso, como no cenário anterior. O cliente pode armazenar provas de que ocorreu uma transação válida (não-repudição) e o serviço pode ainda exigir ao cliente mais atributos para autenticação e/ou autorização, recorrendo para isso ao sistema de IdM. Pode, por exemplo, requerer a idade do portador do dispositivo para validação da sua identidade ou para autorização de acesso a certos serviços (validação, portanto, na obtenção e utilização da chave de acesso).

6. Identidades digitais

Os sistemas de gestão de identidades em grande escala são normalmente sistemas complexos construídos com base em federações de sistemas. O que caracteriza este tipo de cenários é a existência de diferentes serviços de múltiplas entidades que estabelecem uma relação tendo em vista o fornecimento simplificado e universal dos seus serviços a qualquer um dos seus utilizadores. Serviços públicos ou redes universitárias federadas em que os alunos acedem de forma integrada a vários serviços (ex. Eduroam) são exemplos destes sistemas.

Este tipo de cenários providencia oportunidades para diferentes modelos de interação, porque o sistema já não está circunscrito a interações entre cada utilizador e os serviços de uma única entidade. Torna-se por exemplo possível a um utilizador interagir com um serviço que ainda não conhece, ou mesmo a diferentes utilizadores (portadores do *Multipass*) se autenticarem mutuamente, sem terem uma relação prévia. Neste cenário o dispositivo *Multipass* funciona como forma de autenticação entre utilizadores de múltiplos serviços, com interação direta entre os vários utilizadores.

7. Arquitetura

A arquitetura subjacente a estes cenários segue um modelo semelhante ao explo-



Figura 2 - Arquitetura Genérica de suporte aos cenários

rado em sistemas de IdM tradicionais (Figura 2), em que um sistema associado ao utilizador interage com o sistema de controlo de acesso, que por sua vez é suportado por sistemas de IdM existentes. Existe uma complexidade de suporte inerente a cada uma das várias tecnologias de comunicação (*WiFi*, *Bluetooth*), por exemplo, em termos do modelo de interação com o utilizador, *WiFi* e *Bluetooth* são substancialmente diferentes, o que para efeitos de simplificação se omite nesta descrição.

O dispositivo *Multipass*: desempenha o papel de interface de acesso ao sistema, para o seu portador. É este dispositivo que se encarrega de proteger todas as comunicações e de armazenar a informação necessária em nome do seu portador, se necessário recorrendo a interação adicional com o mesmo.

O sistema de controlo de acesso: é responsável por, recorrendo a mecanismos de proximidade, interagir com dispositivos *Multipass* e garantir acesso a espaços físicos a portadores de dispositivos com as credenciais apropriadas. É este sistema que inicia ações no *Multipass*, podendo para isso recorrer a informação obtida do

sistema de IdM. Por exemplo atributos adicionais sobre o portador do *Multipass* para tomar uma decisão.

O sistema de IdM: providencia suporte aos sistemas de controlo de acesso assim como ao dispositivo *Multipass*, providenciando informação que não está presente no dispositivo ou que este não pode produzir. Existem múltiplas tecnologias capazes de suportar este papel, como o *Cardspace* [9] ou *OpenID* [6], ou outros sistemas baseados em *Secure Assertion Markup Language* (SAML) [8].

São estes os três subsistemas que determinam a forma desta arquitetura. Uma vez que já existe, na literatura, um conjunto alargado de arquiteturas cujo objetivo é detalhar o funcionamento de sistemas de IdM, o principal objetivo do projeto foi o de desenhar os restantes subsistemas de forma a suportar os cenários descritos. Apesar de ser funcionalmente semelhante a outros sistemas de controlo de acesso baseados em IdM, há algumas características que o diferenciam dos demais:

- Autenticação Mútua: O dispositivo *Multipass* autentica o serviço de con-

trolo de acesso ao qual se vai autenticar, para proteger a privacidade do seu portador;

- Comunicação em proximidade: Os protocolos de comunicação em proximidade podem introduzir novos modelos de interação com o utilizador, mas também podem implicar a inexistência de conectividade global;

- O dispositivo móvel é um participante ativo: ou seja não atua meramente como sistema de armazenamento de credenciais, mas é parte ativa no uso e proteção dos mesmos.

8. Resultados

A realização do trabalho desenvolvido no âmbito do projecto, centrou-se no desenvolvimento de um protótipo que permitisse aplicar a arquitetura apresentada a um dos cenários descritos. Optou-se assim por concretizar um protótipo de um sistema de *e-Ticketing* (semelhante ao segundo cenário), em que tanto a compra de bilhetes assim como o consumo dos mesmos é efectuado por intermédio de um telemóvel.

O dispositivo *Multipass* desenvolvido no decorrer deste protótipo é uma aplicação para a plataforma Android, compatível com a versão 2.2. Esta aplicação permite ao utilizador adquirir bilhetes (por intermédio de uma aplicação *Web*), gerir e fazer uso dos mesmos junto de um serviço para o efeito. A descoberta de serviços *Multipass* por proximidade é feita com recurso à pesquisa de serviços *Bluetooth* ou usando códigos de barras formatados para o efeito. A plataforma por detrás dos

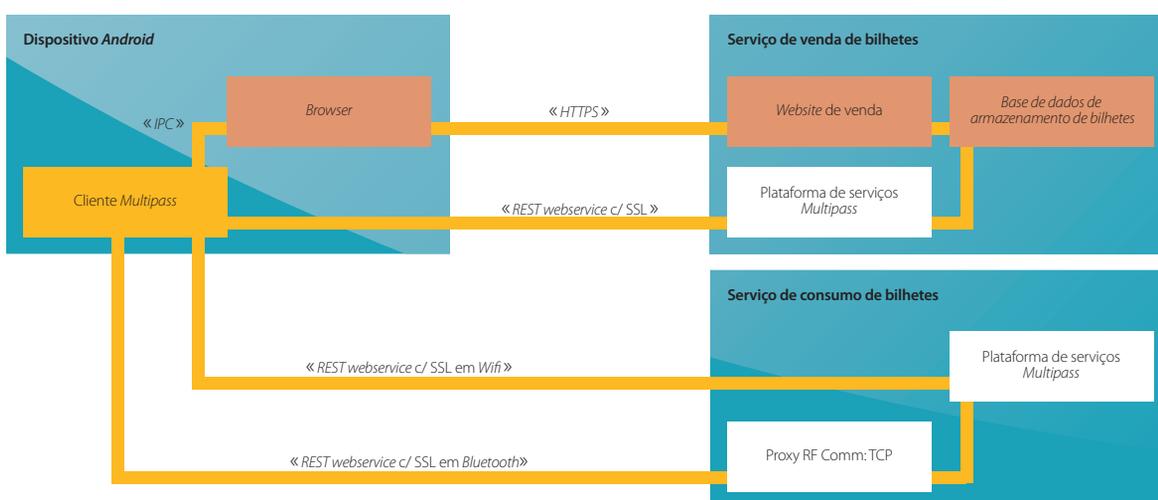


Figura 3 – Arquitetura do protótipo

serviços de venda e consumo de bilhetes é suportada por um conjunto de serviços *Web* implementados em *Servlets Java*, com recurso a componentes que lidam com a criação e verificação de bilhetes e ligação a sistemas de IdM, assim como de adaptadores que expõem um interface *REST* sobre *Bluetooth*.

A implementação deste protótipo divide-se em três partes (Figura 3):

- 1. Dispositivo *Multipass*:** é o componente que está localizado no dispositivo móvel do utilizador. É este componente que gere os bilhetes do utilizador e que interage com os demais componentes com o intuito de demonstrar que o utilizador se encontra na posse de bilhetes válidos e que autentica os serviços com que o utilizador interage;
- 2. Serviço de Venda:** é a entidade responsável pela venda de bilhetes ao utilizador. Tipicamente um *Web site* que gera bilhetes que o utilizador pode apresentar no ato de consumo;
- 3. Serviço de Consumo:** é a entidade responsável pelo consumo dos bilhetes na posse do utilizador, pela verificação dos mesmos e pelo controlo de acesso a serviços com base na verificação dos bilhetes.

O funcionamento do protótipo é constituído com base em duas operações principais: a compra de bilhetes, que gera as credenciais e as associa ao dispositivo *Multipass*; e o consumo dos bilhetes, que

corresponde ao processo de autenticação junto de um serviço.

O processo de compra assegura que os bilhetes gerados possuem informação suficiente para autenticar todas as partes envolvidas (cliente, ponto de venda, ponto de consumo) informação sob a forma de certificados X509 e chaves públicas associadas a cada uma destas entidades. Uma vez armazenado no dispositivo *Multipass*, o bilhete está pronto a ser usado através de um serviço de consumo.

As interfaces de comunicação entre o dispositivo *Multipass* e o serviço de consumo são definidas com base em chamadas *REST* sobre um canal *SSL*. Este canal *SSL* funciona como mecanismo de autenticação implícito, porque as chaves usadas são as mesmas que são colocadas nos bilhetes. O uso desta interface possui ainda a vantagem de abstrair a tecnologia de transporte, sendo que pode operar tanto sobre redes 802.11 (*IP*), com sobre um canal *Bluetooth*, ou potencialmente outras ligações bidirecionais orientadas à conexão.

9. Conclusões e trabalho futuro

O uso de dispositivos móveis como mecanismo de acesso a serviços potencia novas formas de interação entre os utilizadores e os seus serviços. A adoção deste tipo de soluções passa por garantir a segurança dos mesmos, integração com os sistemas atuais e a elevação do dispositivo a uma componente activa no processo de comunicação, quando conjugado com a identidade do utilizador. O projeto *Multipass* demonstrou que estas interações são possíveis através do uso de dispositivos móveis enquadrados numa arquitetura que preenche os requisitos de segurança necessários – autenticação mútua entre o serviço e o cliente. A aproximação foi comprovada através de um protótipo implementado na forma de uma aplicação para *Android*, e de um conjunto de serviços *REST* que comunicam de forma segura com serviços suportados por uma plataforma de IdM, no caso particular deste protótipo – um serviço de *e-Ticketing*.

O uso de sistemas de IdM para suportar estes cenários, reduz a complexidade da solução no dispositivo móvel, e torna o sistema extensível, na medida em que permite estender os procedimentos de autenticação com verificações mais complexas baseadas em atributos do utilizador. O sistema de IdM pode ainda ser usado como salvaguarda para casos em que o dispositivo *Multipass* é perdido, ou comprometido, armazenando as creden-

ciais no sistema de IdM em vez de o fazer no dispositivo.

O trabalho futuro passa por consolidar estes mecanismos de autenticação mútua e os sistemas de IdM subjacentes, de forma a conseguir a adopção deste tipo de mecanismos de autenticação noutros cenários. Este trabalho já está em curso no âmbito do projeto *Multipass 2*, que estuda o alargamento destas soluções a outros cenários. Pode ainda ser alvo de estudo a adopção de outras tecnologias de comunicação, como é o caso de *NFC* [5] que tem vindo a ganhar notoriedade no contexto de mecanismos de compra com recurso a telemóveis.

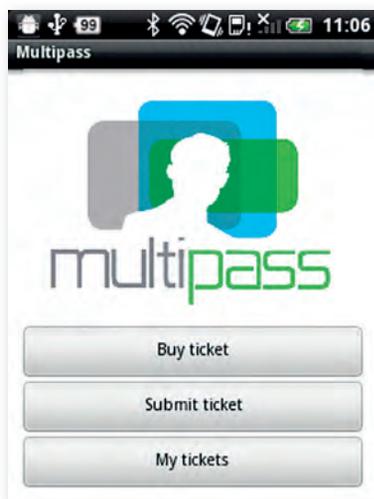


Figura 4 – Interface gráfica do componente *Multipass* no terminal

Referências

- [1] <http://www.mobill.se>
- [2] <http://web.twelvehorses.com/technology/ticketing/>
- [3] <http://www.mbarc.nl/>
- [4] <http://www.openways.com/>
- [5] ISO/IEC 18092. *Information technology - telecommunications and information exchange between systems - near field communication - interface and protocol* (NFCIP-1).
- [6] D. Recordon, J. Bufu, J. Hoyt, B. Fitzpatrick, and D. Hardt, *OpenID Authentication 2.0* http://openid.net/specs/openid-authentication-2_0.html, December 2007.
- [7] S. Cantor et al. Shibboleth Architecture Protocols and Profiles. Internet2, September 2005.
- [8] Cantor, S., Kemp, J., Philpott, R., and E. Maler. *Assertions and Protocol for the OASIS Security Assertion Markup Language (SAML) V2.0*. OASIS Standard *saml-core-2.0-os*, March 2005.
- [9] Bertocci, V. et al.: *Understanding Windows Card-Space: An Introduction to the Concepts and Challenges of Digital Identities*, Addison-Wesley Longman, 2008

Rui L. Aguiar é professor associado com agregação da Universidade de Aveiro, onde coordena atualmente o grupo ATNOG. Tem desenvolvido investigação em redes de comunicação, em aspetos como qualidade de serviço, *multicast*, segurança e novos serviços e protocolos de comunicações, tendo nos últimos anos visto o seu trabalho focado em novas arquiteturas para a *Internet*. O Prof. Aguiar tem mais de 300 artigos publicados na área, é Editor Associado da ETT, membro sénior do IEEE e membro da ACM.

Alfredo Matos concluiu a sua licenciatura em Engenharia de Computadores e Telemática na Universidade de Aveiro, em 2005. Durante vários anos trabalhou como Investigador, no Instituto de Telecomunicações de Aveiro, enquanto realizava o seu doutoramento focado em Privacidade em redes IP. Encontra-se presentemente como investigador na Caixa Mágica *Software*, trabalhando em novas tecnologias, aplicadas a ambientes abertos e *software* livre. No passado já trabalhou em mobilidade e identificação em redes IP, sendo que os seus interesses atuais incidem sobre privacidade, gestão de identidades, serviços multicamada e redes transparentes.

Rui Ferreira concluiu o Mestrado Integrado em Engenharia de Computadores e Telemática, pela Universidade de Aveiro em 2008. É bolseiro de investigação do Instituto de Telecomunicações de Aveiro desde 2008, onde desenvolveu trabalho nas áreas de privacidade e Gestão de Identidades no contexto do projetos de I&D. Actualmente realiza o Doutoramento em mecanismos de resolução de nomes.

Gonçalo Morais concluiu o Mestrado Integrado em Engenharia de Computadores e Telemática em 2011 pela Universidade de Aveiro. Entre 2009 e 2011 pertenceu ao ATNOG do Instituto de Telecomunicações de Aveiro, onde desenvolveu a sua dissertação relacionada com a inclusão de tecnologias de proximidade em processos de autenticação. Actualmente é analista e modelador de sistemas informáticos na *Triworks*, em Aveiro.

Pedro Santos, licenciado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores (ramo de telecomunicações) pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto em 2007. Em 2008 efetuou um estágio profissional na PT Inovação passando a colaborador no final de 2008. Desde então a nível europeu participou ativamente nos projetos "SWIFT" (FP7), "SEMI-RAMIS" (CIP PSP) e em vários projetos Eurescom. A nível interno está diretamente envolvido no desenvolvimento e manutenção do "PT Login" (PT WebSSO) e "Perfil TV" (MEO) entre outros projetos. A sua atividade profissional tem englobado várias áreas com especial incidência em temas como a gestão de identidades, privacidade e segurança.

Ricardo Azevedo, MSC em *Internet Computing* pelo Queen Mary College (Universidade de Londres), em 2006, e Licenciado em Engenharia de Computadores e Telemática pela Universidade de Aveiro, em 2004. Foi bolseiro de investigação do IT desde 2004 a Fevereiro de 2006, com trabalho desenvolvido na área de QoS em redes heterogéneas de 4ª geração. Em Fevereiro de 2006 iniciou a sua actividade profissional na PT Inovação. Tem participado em diversos projectos de I&D no âmbito do IST e Eurescom, nas áreas de QoS e *Network Management*, Mobilidade, Segurança, Privacidade e Gestão de Identidades. Actualmente é *Team Leader* do grupo de Gestão de Identidades e Privacidade.

06

Clouds de Próxima Geração

palavras-chave:
cloud computing; cloud networking; virtual private cloud; network as a service; connectivity as a service



João Soares



Romeu Monteiro



Márcio Melo



Jorge Carapinha



Pedro Neves



Susana Sargento

A primeira geração de serviços *Cloud*, liderada por empresas pioneiras como a Amazon e a Google, permitiu demonstrar o potencial do conceito em vários contextos. Para as empresas em particular, as vantagens da *Cloud* são claras: redução de custos, simplificação de processos, capacidade para ajustar recursos dinamicamente em função das necessidades. No entanto, para construir ofertas de *Cloud* para empresas de forma credível, é necessário cumprir requisitos muito exigentes em termos de robustez, fiabilidade, desempenho e segurança. A incapacidade para oferecer este tipo de garantias extremo-a-extremo por parte dos fornecedores de serviços tem constituído uma das principais causas da relutância de muitas empresas em migrar para soluções baseadas em *Cloud*.

Para que esse salto se possa materializar é necessário ter em conta uma variável que até aqui tem sido relativamente subestimada: a rede. A internet pública não oferece as garantias necessárias de qualidade. Da mesma forma que as redes empresariais assentam geralmente em serviços de VPN altamente fiáveis e robustos, geridos e controlados por operadores, não há razão para supor que em cenários de *Cloud* o grau de exigência seja menor.

Esta realidade oferece aos operadores um conjunto de novas oportunidades, mas também cria novos desafios. Por um lado, só os operadores podem oferecer garantias extremo-a-extremo, o que os coloca numa posição privilegiada para explorar este novo mercado; por outro lado, características da *Cloud* como auto-provisionamento e elasticidade de recursos ou reconfiguração dinâmica, colocam problemas complexos que obrigam a repensar processos ao nível da rede.

Este artigo aborda os principais desafios que se colocam aos operadores neste contexto e faz uma apresentação da plataforma de *Cloud Networking* atualmente em desenvolvimento no âmbito do projeto Europeu FP7 SAIL [1], sobre a qual é possível demonstrar a integração de tecnologias de rede com tecnologias de *Cloud*.

1. Introdução

O *Cloud Computing* (CC) constitui uma mudança de paradigma para a indústria das tecnologias de informação e o seu impacto começa também a ser sentido no sector das telecomunicações. Este fenómeno foi sobretudo potenciado pela combinação de dois fatores – por um lado, o amadurecimento das tecnologias de virtualização que tornou possível aprovisionar e controlar recursos computacionais com grande flexibilidade e dinamismo; por outro lado, a proliferação do acesso de banda larga e a massificação de aplicações e serviços através da internet.

Um dos efeitos colaterais deste fenómeno é o esbatimento da fronteira, tradicionalmente bem definida, entre os domínios das tecnologias de informação e de comunicação. Até agora, tem cabido à rede um papel relativamente secundário neste processo – basicamente, garantir conectividade entre utilizadores e recursos computacionais da *Cloud*. Rede e *Cloud* são geridas, controladas e monitorizadas de forma separada geralmente por entidades independentes. Daqui resulta uma limitação óbvia – não é possível garantir parâmetros de qualidade (nas suas múltiplas vertentes – desempenho, robustez, segurança, etc.) extremo-a-extremo, mas apenas isoladamente em troços específicos da ligação – *data centre*, rede WAN, rede local.

Neste contexto, não surpreende que a generalidade das empresas mantenha uma atitude cautelosa. De facto, há ainda um caminho a percorrer até que as ofertas de serviços *Cloud* estejam aptas a satisfazer os padrões de qualidade, segurança e fiabilidade que são habitualmente exigidos em ambientes empresariais.

Da mesma forma que as redes empresariais são habitualmente suportadas por tecnologias WAN que garantem robustez, desempenho e segurança (e não pela internet “*best-effort*”), não há razões para supor que o grau de exigência seja menor em cenários de *Cloud*.

Por outro lado, até que um controlo integrado de recursos de rede e *Cloud* seja possível, restam duas possibilidades aos operadores de telecomunicações, ambas relativamente pouco atrativas – entrarem no mercado dos serviços *Cloud*, mas sem grande capacidade de diferenciação em relação aos *Cloud Providers* já estabelecidos, ou limitarem-se ao papel tradicional de transportadores de informação.

O desafio que se coloca é portanto evoluir para uma nova geração de tecnologias *Cloud*, em que a rede desempenhe um papel central. Neste cenário, emerge o conceito de *Virtual Private Cloud* (VPC), agregando recursos computacionais e de rede de uma forma coerente e integrada. Para os operadores, abrem-se novas oportunidades, mas surge também um conjunto de novos requisitos. Características da *Cloud*, como elasticidade e auto-aprovisionamento de serviços, implicam uma gestão de recursos a um ritmo muito superior ao que é tradicional nas redes dos operadores, desafiando técnicas e procedimentos consolidados. Mesmo que nem todas as alterações da *Cloud* impliquem necessariamente alterações na rede, o impacto será inevitável num número considerável de situações – por exemplo, migração de recursos (sem interrupção do serviço), aumento/diminuição de capacidade.

Este artigo apresenta o trabalho realizado pela PT Inovação nesta área, enquadrado

no projeto Europeu FP7 SAIL [1]. O foco do trabalho é a implementação de uma plataforma de controlo de serviços de *Cloud*, capaz de gerir e controlar recursos computacionais e de rede de uma forma integrada. A parte restante do presente artigo apresenta a seguinte estrutura. A secção 2 introduz o conceito de VPC, apresenta os cenários de rede fundamentais para o desenvolver e discute os principais desafios da gestão de recursos. A secção 3 apresenta a gestão de recursos de rede e *Cloud* e os desafios a endereçar. A plataforma de virtualização e de controlo de recursos de rede e *Cloud* é apresentada na secção 4. A secção 5 endereça a avaliação de desempenho dos mecanismos de alocação de recursos de rede e *Cloud* na plataforma e a secção 6 apresenta a importância destes conceitos e plataforma para a PT Inovação. Finalmente, a secção 7 apresenta as considerações finais.

2. Cloud networking para virtual private Clouds

2.1. Virtualização

A virtualização é considerada o fator-chave que veio tornar os *data centres* ágeis, pelo facto de permitir a separação de sistemas operativos e aplicações da infraestruturas física subjacente. Esta agilidade revelou-se mais tarde um dos principais impulsores do conceito de CC.

Aplicar o conceito de virtualização para redes tem sido frequentemente defendido, através da separação da rede da infraestruturas, sendo possível criar e reconfigurar redes (virtuais) com grande flexibilidade e praticamente *on-demand*. A virtualização de rede tem sido explorada por diferentes iniciativas de investigação em múltiplos contextos e cenários de aplicação, tendo

inclusive sido demonstrada na prática a possibilidade de fornecer serviços de rede *on-demand* [2].

Tornar a infraestrutura de rede capaz de “acompanhar” o dinamismo da *Cloud* é um requisito para ultrapassar os problemas e limitações apresentados na secção anterior. Deste ponto de vista, a virtualização de rede é vista como a companhia perfeita para a virtualização nos *data centres*, permitindo assim construir uma oferta transparente, elástica e ágil de serviços de *Cloud*.

Espera-se que uma rede virtual replique na totalidade o comportamento de uma rede física, sob todos os pontos de vista. Embora esta replicação possa ser útil em algumas situações (por exemplo quando o cliente é ele próprio um fornecedor de serviços), na maior parte dos casos o esforço de gerir uma rede virtual é uma responsabilidade que os clientes preferem evitar.

2.2. Modelos

Assim, à semelhança dos três modelos de serviço base definidos pelo CC – *Infrastructure as a Service* (IaaS), *Platform as a Service* (PaaS), e *Software as a Service* (SaaS) – este artigo apresenta uma abordagem para a rede baseada em dois tipos de serviços (Figura 1): *Network as a Service* (NaaS) e *Connectivity as a Service* (CaaS). O primeiro, NaaS, permite que um utilizador solicite uma rede virtual através da especificação da sua topologia, largura de banda nas ligações, capacidade de computação dos nós (*routers*), protocolos de encaminhamento, assim como outras características (por exemplo: localização física dos elementos, propriedades de segurança). O segundo modelo, CaaS, é semelhante às VPN de rede actuais e dá ao utilizador a possibilidade de definir um conjunto de equipamentos *Customer Edge* (CE) através de parâmetros como localização geográfica (e, opcionalmente, também a localização dos recursos da *Cloud*), largura de banda nos pontos de entrada/saída e protocolos de encaminhamento entre o CE e o *Provider Edge equipment* (PE). Neste modelo, tudo o que corre dentro do fornecedor de serviço de rede não é visível para o cliente.

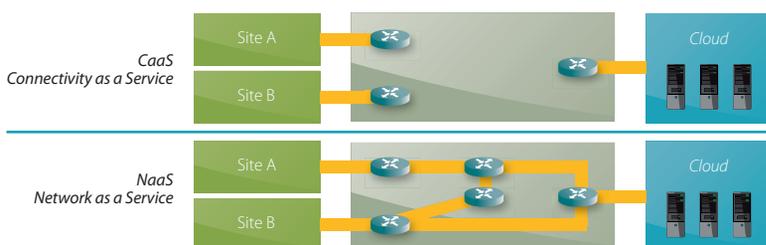


Figura 1- Modelos NaaS e CaaS

Ambos os modelos de serviço apresentados podem ser materializados de diferentes formas. A virtualização de rede é a forma “natural” de materializar o modelo NaaS, enquanto as VPN (BGP/MPLS VPNs) são o exemplo típico de implementação do modelo CaaS.

2.3. Virtual Private Cloud

Uma VPC é definida em [3] como a combinação de recursos de CC com uma VPN capaz de dar ao utilizador a abstração de uma *Cloud* privada que está ligada à infraestrutura do cliente de forma transparente e segura. Neste artigo é proposta uma generalização deste conceito, de forma a abranger qualquer tipo de serviço de rede privada, quer este seja materializado numa VPN, ou em tecnologias mais avançadas, incluindo a virtualização de rede. Para além do que já foi referido, um serviço de rede deve permitir a modificação dos seus recursos (por exemplo, alterar largura de banda, adicionar/remover um CE) com um certo grau de liberdade para que este seja capaz de “acompanhar” o dinamismo da *Cloud*.

2.4. Cloud Networking

Com o intuito de endereçar esta temática que interliga os serviços de *Cloud* e a rede, surge o conceito de *Cloud Networking* (CN). Tal como CC, CN não tem qualquer definição normalizada; no entanto é possível afirmar que vai para além das redes clássicas, incluindo aprovisionamento *on-demand* (e portanto escalabilidade), garantia de desempenho e tolerância a falhas. Até ao momento, não houve ainda uma proposta real de juntar recursos de rede WAN e *Cloud* numa única ferramenta.

Desta forma, este trabalho endereça o conceito de CN tendo em vista a especificação, implementação e teste de uma *framework* unificada de gestão para computação e comunicação, onde o operador de rede pode fornecer de forma integrada recursos de rede e *Cloud* (IaaS), otimizando a alocação global de recursos ao considerar ambos os domínios como um todo. Na plataforma apresentada neste artigo, os serviços de rede são materializados em

redes virtuais, contudo outras abordagens serão implementadas no futuro, incluindo VPN e *OpenFlow*.

3. Gestão de recursos em Cloud Networking

Na perspectiva de CC existem três entidades principais: *data centres*, a rede (WAN) e o utilizador. Hoje em dia, estas entidades são independentes e completamente separadas. Por exemplo, geralmente a rede considera o *data centre* como uma “caixa preta”, não tendo qualquer controlo ou visibilidade sobre os seus recursos internos; a virtualização em *data centres* é totalmente gerida por servidores e hipervisores, de forma separada da infraestrutura de rede.

A integração de recursos de rede e *Cloud* permite que os utilizadores possam ter acesso a serviços de *Cloud* com garantia de desempenho e segurança, mas levanta vários desafios. A descoberta, alocação, adaptação e reconfiguração de recursos, abrangendo simultaneamente recursos de rede e *Cloud*, são os principais desafios inerentes à gestão de recursos em CN. A gestão destes recursos assenta no mapeamento de recursos virtuais na infraestrutura física [7] com reconfiguração autónoma de recursos, dispositivos e redes associadas, em função dos requisitos dos serviços e do utilizador, de políticas (por exemplo, localização) e de alterações na infraestrutura.

O diagrama de blocos da gestão de recursos de CN é apresentado na Figura 2, sendo composto por três blocos principais: *Resource Management* (RM), *Fault Management* (FM) e um bloco subjacente intitulado *Integrated view of resources* (IVR). O primeiro, no qual este artigo se centra, é composto por três sub-blocos: *Resource Discovery* (RD), *Resource Allocation* (RA) e *Resource Adaptation & Optimization* (RAO). Quanto ao bloco IVR, o propósito é fornecer aos blocos superiores uma visão dos recursos agnóstica ao domínio, quer estes sejam recursos de *Cloud* ou de rede. O blo-

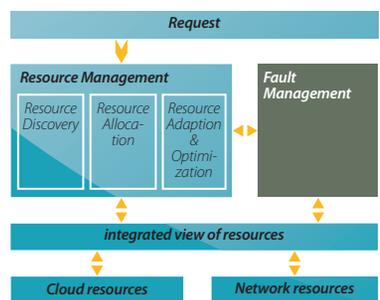


Figura 2 - *Integrated View of Resources*. Diagrama de Gestão de *Cloud Networking*

co FM está representado na figura com o intuito de facilitar a interpretação do funcionamento geral do sistema, especialmente a sua integração com o sub-bloco RAO, não sendo objecto de uma descrição detalhada, assim como o bloco IVR.

3.1. Descoberta e monitorização de recursos

Em ambientes virtuais é requisito fundamental ter a visão integrada da infraestrutura física bem como dos ambientes virtuais existentes sobre esta, as características dos recursos e de todos os elementos da rede e ligações. Esta informação pode ser obtida através de uma abordagem centralizada ou distribuída [4].

A CN procura integrar os domínios da Cloud e da rede de operador. No entanto, algumas barreiras não podem ser ultrapassadas uma vez que há informação que os diferentes domínios não estão disponíveis para partilhar. Nesta abordagem, assume-se que se tem acesso a informações do domínio de rede como a topologia da rede física e seus recursos, bem como os recursos virtuais que cada elemento físico pode alojar. No domínio do *data centre*, ao contrário da rede, não se espera ter informação detalhada; sendo assim, o *data centre* é visto como um nó único na rede, com capacidade ilimitada, e informação associada, semelhante à que é disponibilizada pelos serviços IaaS atuais: tipos de instâncias, sistemas operativos disponíveis, preços e localização.

3.2. Alocação de recursos

Os recursos virtuais devem ser alocados de forma ótima de acordo com os recursos físicos disponíveis aquando do pedido, tendo como base um número de critérios tanto do lado da Cloud como da rede - por exemplo, o tipo de máquinas virtuais (VM) e possíveis restrições das mesmas, latência, largura de banda, topologia, locais geográficos onde os utilizadores irão aceder ao serviço.

Por forma a mapear os recursos, é necessário desenvolver um mecanismo combinado capaz de elaborar decisões ponderadas tendo em conta os requisitos mencionados anteriormente. Este mecanismo tem de ser capaz de determinar uma solução possível, ou seja, elementos físicos capazes de alojar os recursos da Cloud e que, ao mesmo tempo, tenha associado um serviço de rede adequado.

3.4. Adaptação e otimização de recursos

Com o dinamismo da Cloud, reconfigurações e reotimizações tornam-se operações

comuns, quer em resultado da criação de novos elementos virtuais ou do redimensionamento, libertação ou migração de recursos já existentes, quer para responder a eventos inesperados, como a falha de ligações ou nós. O módulo de gestão de falhas (*"Fault Management"*) é responsável por monitorizar os recursos, obtendo métricas de desempenho e detetando falhas. Com a informação proveniente deste bloco, o módulo de adaptação e otimização de recursos (*"Resource Adaptation and Optimization"*) decide eventuais modificações no mapeamento dos recursos de Cloud e, porventura, também de rede.

Dependendo da situação, podem ser tomadas medidas a diferentes níveis: na Cloud, na rede ou em ambas. Para isso são necessários mecanismos para estender ou mover recursos de Cloud para outros *data centres*, criar novos caminhos na rede ou reconfigurar caminhos existentes (aumento/redução de largura de banda e latência, balanceamento de carga nos recursos de rede). Estes mecanismos terão que decidir (1) quando reconfigurar e (2) como reconfigurar. Estas decisões têm de ser feitas baseadas em informação fornecida pelo bloco de gestão de falhas ou através de um pedido explícito do utilizador.

4. Plataforma: Network-aware Cloud system suite

A *Network-aware Cloud System Suite* (NCSS) é uma plataforma experimental que permite a criação e gestão de recursos de Cloud e de rede numa única plataforma. Esta plataforma é uma evolução da *Network Virtualisation System Suite* (NVSS) [5, 6], uma plataforma que permite o desenho, mapeamento, criação, descoberta,

monitorização e gestão de redes virtuais. A NCSS estende a NVSS de duas formas: é capaz de lidar com recursos de Cloud (e não apenas com recursos de rede) e de suportar serviços do tipo CaaS (e não apenas NaaS).

A NCSS é composta por 3 módulos: *Agent*, *Manager*, e *Control Centre* (Figura 3). O módulo *Agent* corre nos nós da rede (*"Net Agent"*), assim como nos nós de computação (*"IT Agent"*), atuando e recolhendo informação periodicamente sobre estes. Os dois tipos de *Agents*, para além de interagirem entre si, recebem e enviam pedidos para o *Manager*. O módulo *Manager* é uma entidade centralizada responsável por agregar a informação recebida dos *Agents*, receber pedidos do *Control Centre*, tomar decisões em relação aos pedidos e enviar comandos para os *Agents*. O *Control Centre* é o *front-end* do utilizador, dando-lhe o acesso a uma interface gráfica simples e capaz de criar, gerir e monitorizar VPC, tendo para isso uma comunicação ativa com o *Manager*.

4.1. Funcionalidades

A plataforma NCSS disponibiliza um leque de funcionalidades: descoberta, mapeamento, instanciação, monitorização e gestão de recursos de Cloud e rede.

4.2. Descoberta de rede e Cloud

A descoberta de recursos não é apenas uma funcionalidade administrativa que permite visualizar de forma simples e rápida como e onde estão a ser usados os recursos; é também um aspeto fundamental para a criação de novos recursos, visto que o processo de mapeamento requer informação atualizada do estado do substrato. Este processo é feito de forma distribuída pelos *Agents*.

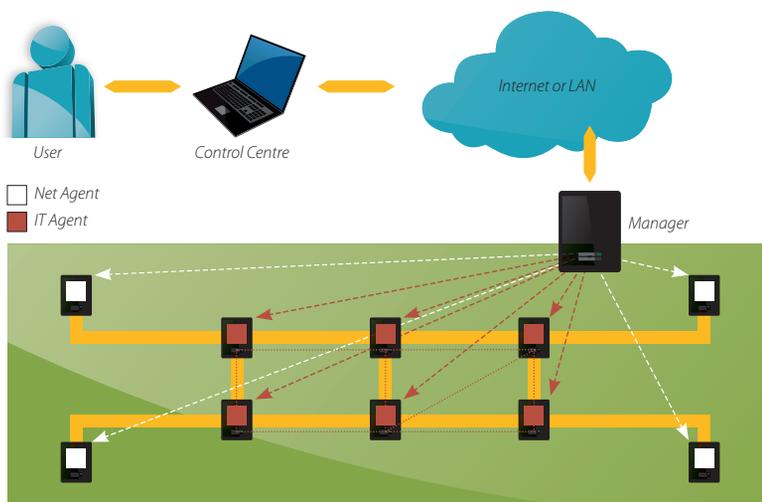


Figura 3 - Arquitetura da plataforma NCSS

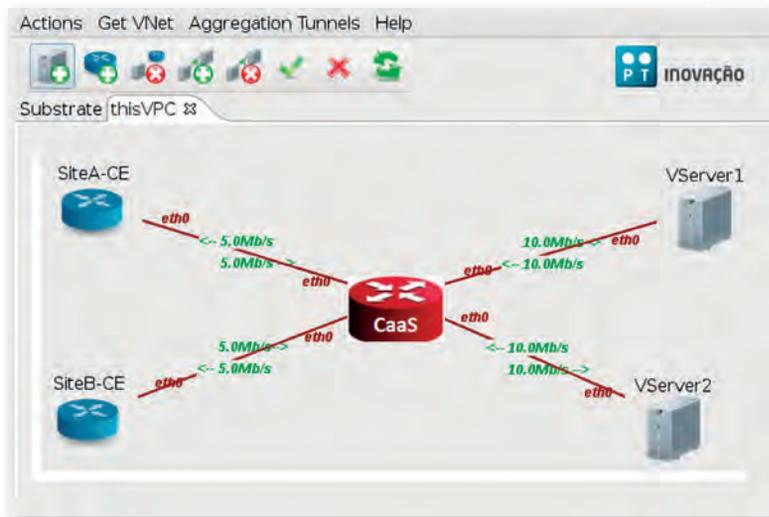


Figura 4- Control Centre – Exemplo de uma VPC

4.3. Mapeamento e criação de rede e Cloud

A plataforma NCSS oferece ao utilizador através do Control Centre uma forma de criar e alocar novos recursos em tempo real através da interface gráfica. Esta interface permite a seleção de ícones de Cloud ou rede, isto é, servidores ou *routers* e permite também unir estes elementos através de ligações, tal como se pode ver na Figura 4. O utilizador pode ainda especificar as características destes recursos, incluindo número de CPU, quantidade de memória, localização, número de interfaces e o seu endereçamento.

A alocação de recursos é um processo complexo que requer um equilíbrio entre o tempo de computação e a alocação otimizada dos recursos. De forma a reduzir o tempo de computação, foi desenvolvido um algoritmo de mapeamento heurístico que mapeia os recursos tendo em conta a carga nas ligações e nos nós de rede, bem como nos nós de computação. O mapeamento é feito no Manager, que posteriormente envia comandos para os Agents com ordem de instanciação dos recursos.

4.4. Monitorização de Cloud e rede

Uma monitorização dinâmica é fundamental para permitir visualizar o estado dos recursos e para responder a diversas situações. O sistema de monitorização implementado recebe informação enviada pelos Agents quando uma alteração no substrato é detetada, sendo assim possível identificar eventuais falhas ou a saturação de recursos.

4.5. Gestão de Cloud e rede

Através do Control Centre, é possível alterar o estado dos recursos (reiniciar, desli-

gar, suspender), alterar a memória alocada em tempo real e eliminar um recurso ou um conjunto de recursos, o que simplifica bastante o trabalho do administrador dos recursos.

5. Virtual private Cloud - estabelecimento e avaliação

O estabelecimento de uma VPC através do NCSS pode ser feito usando um serviço de rede NaaS ou CaaS. Nesta secção é descrito o processo de criação de uma VPC, desde o momento em que o utilizador faz o pedido até ao momento em que esse pedido está pronto para ser aplicado na infraestrutura física. São considerados dois pedidos de VPC, um para NaaS e outro para CaaS. São ainda apresentados alguns resultados sobre o estabelecimento de uma VPC em ambas as situações. É de notar que os resultados não têm o propósito de fazer qualquer tipo de comparação

entre NaaS e CaaS, dado que são dois tipos de serviço distintos.

5.1. Suporte NaaS

O processo de estabelecimento de uma VPC suportada por um serviço NaaS pode ser dividido em 6 fases principais, como a Figura 5 ilustra: formulação do pedido, conversão do pedido, descoberta de recursos, mapeamento de nós, mapeamento de ligações, instanciação dos nós e ligações. A primeira fase refere-se à formulação do pedido, na qual o utilizador define todos os recursos: servidores virtuais (CPU e memória), topologia de rede e características de todos os nós e ligações. O pedido é depois enviado para o *Manager*, sendo convertido para uma topologia estruturada (fase 2). De seguida é feita a descoberta de recursos (fase 3), e os nós e ligações são mapeados (fases 4 e 5) usando um algoritmo de mapeamento que tem em conta tanto a ocupação das ligações como dos nós. Por fim, a VPC é submetida na infraestrutura física.

5.2. Suporte CaaS

O formato de um pedido de serviço CaaS foi definido tendo por base uma VPN de rede. O utilizador define CE, especificando a largura de banda de entrada e de saída em cada ponto de acesso à VPN (*hose model*), em vez de especificar características das ligações entre cada par de nós, como acontece no modelo NaaS. O utilizador pode fazer o pedido através de operações *“drag and drop”* de *routers* e servidores, que representam os sites do utilizador e os recursos de *Cloud*, e depois ligá-los a um elemento central que é uma representação abstrata da rede – ver Figura 4. Na criação destas ligações são definidos parâmetros referentes à largura de banda entre o elemento e a rede. Assim que o utilizador terminar a formulação do pedido, basta submeter o pedido, que é depois processado.

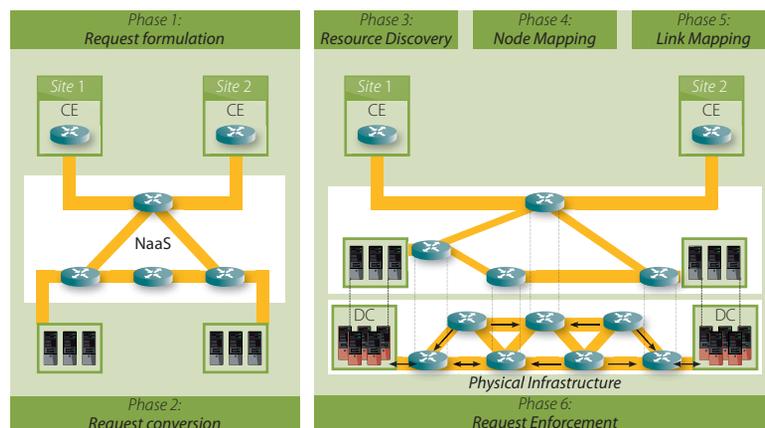


Figura 5 - Processo de mapeamento de uma Virtual Private Cloud suportada por NaaS

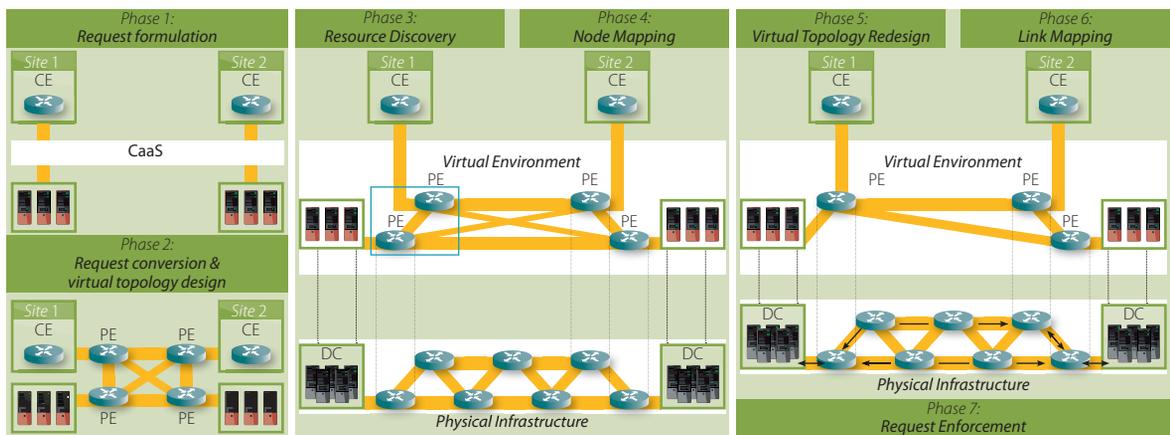


Figura 6 - Processo de mapeamento de uma VPC com CaaS

A Figura 6 mostra o processo de estabelecimento de uma VPC suportada por um serviço CaaS. Este processo difere do processo de estabelecimento de uma VPC suportada por um serviço NaaS na fase de conversão do pedido, onde é criada a topologia virtual que não é definida na totalidade no pedido, e na adição de uma nova fase: reconfiguração da topologia virtual.

Apesar de este processo ter um maior número de fases em relação ao NaaS, isto não implica uma maior duração do processo. O utilizador começa por formular o pedido no GUI e submetê-lo ao *Manager* (fase 1). Assim que o *Manager* recebe o pedido, este é convertido numa topologia estruturada, onde um *router* PE virtual está ligado a cada site e recurso de *Cloud*, estando os *routers* PE ligados em malha (fase 2). A largura de banda das ligações entre PE é definida com o valor mínimo necessário para cumprir o pior caso do pedido do utilizador. De seguida é feita a descoberta dos recursos (fase 3), e os *routers* PE virtuais e os recursos de *Cloud* são mapeados em PE físicos e *data centres* respetivamente, segundo a topologia temporária (fase 4). É de notar que o conjunto de PE candidatos a um CE é limitado aos *routers* que se encontram fisicamente perto desse CE, o que simplifica o processo de mapeamento. A fase 5 abrange a reconfiguração da topologia virtual, para que os *routers* PE virtuais mapeados no mesmo PE físico sejam unidos num só PE virtual. As ligações resultantes desta operação são mapeadas no substrato físico (fase 6). Por fim, o VPC é submetido na infraestrutura.

Nas Figuras 7a e 7b é feita uma análise aos tempos de computação dos pedidos para ambos os serviços, desde que o pedido é recebido no *Manager* até os recursos estarem prontos para serem criados.

As fases são as seguintes: conversão do pedido (em formato XML) para estrutura, mapeamento dos nós, reconfiguração da topologia virtual (fase exclusiva do CaaS), mapeamento das ligações.

No que diz respeito à conversão do pedido, o valor referente a uma VPC suportada por NaaS aumenta com o número de nós (4-12ms); no entanto este valor é baixo quando comparado com o tempo de mapeamento de nós. Quanto aos tempos referentes ao mapeamento de ligações, os valores são praticamente nulos (inferiores a 1ms).

Quanto a uma VPC suportada por CaaS podemos ver um tempo de mapeamento de nós (9-13ms) superior ao de uma VPC suportada por NaaS. O tempo de conversão do pedido (3-14ms) também é consideravelmente superior, dado que no caso de CaaS não é necessário apenas uma conversão mas também uma criação da

topologia virtual. Em relação à reconfiguração da topologia, o tempo é quase nulo. O mapeamento dos *links* também é neste caso praticamente nulo.

Em termos gerais, os tempos de mapeamento no caso de um pedido CaaS são ligeiramente superiores aos de um pedido NaaS, o que é expectável visto que em CaaS há mais recursos por mapear, independentemente de depois serem eliminados aquando da reconfiguração da topologia virtual.

6. Importância para os negócios do grupo PT

Nas secções anteriores já foram referidos impactos potenciais da *Cloud* para os operadores, tanto em termos de oportunidades como de desafios. É cada vez mais evidente que estamos perante uma nova mudança de paradigma nas tecnologias de informação, com um impacto relevante no

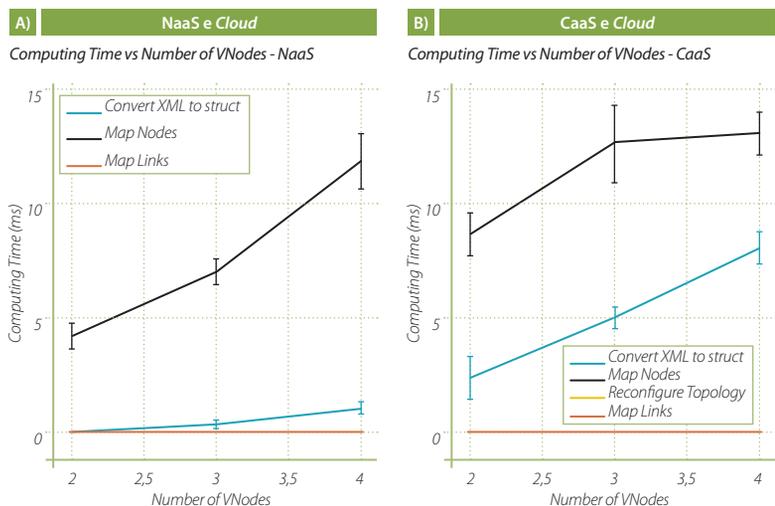


Figura 7 - Tempos de computação para mapeamento de NaaS, CaaS e *Cloud*.

negócio e potencialmente no próprio papel dos operadores de telecomunicações.

Até agora, as ofertas comerciais de serviços *Cloud* por parte dos operadores têm seguido os modelos dominantes (IaaS, PaaS, SaaS) em geral sem tirar partido do controlo integrado de rede e *Cloud*. Nestas condições, a capacidade dos operadores para construírem ofertas de *Cloud* diferenciadoras é ainda limitado, como limitada é também a capacidade de atrair o segmento das empresas, pela incapacidade de garantir níveis adequados de desempenho, robustez e segurança.

A próxima geração de serviços *Cloud* poderá redefinir o papel dos operadores, mais diversificado e potencialmente mais atrativo do que uma função de transporte indiferenciado de informação. Esta transformação que agora começa a tomar forma terá impacto em várias áreas de atuação dos operadores e obrigará a redefinir técnicas e procedimentos. O controlo integrado dos recursos de *Cloud* e de rede passa a constituir um requisito fundamental. O *Network-aware Cloud System Suite*, apresentado neste artigo, constitui uma prova de conceito da gestão integrada de recursos de *Cloud* e de rede, proporcionando a construção de VPC, de uma forma flexível e intuitiva, permitindo utilizar tecnologias de rede atualmente dominantes nas redes dos operadores (VPN L2, VPN L3) e evoluir para tecnologias de rede mais avançadas, tirando partido da virtualização.

7. Conclusão

Uma das maiores limitações de CC é a falta de coordenação entre o controlo dos recursos de *Cloud* e de recursos da rede. Sem esta coordenação não será possível aceder a serviços e aplicações na *Cloud* com garantias de desempenho e qualidade. Para colmatar esta limitação, as características de elasticidade dos recursos *Cloud* têm de ser transportadas para a infraestrutura de rede. Desta forma, neste artigo associamos o conceito de VPC ao conceito de virtualização, que permite gerir os recursos de rede e *Cloud* como um conjunto de recursos virtuais, de uma forma dinâmica e flexível.

Neste artigo foram desenvolvidos os conceitos de dois modelos de serviço, *Connectivity as a Service* e *Network as a Service*. O primeiro corresponde ao paradigma tradicional de redes privadas virtuais, mas com uma gestão flexível dos seus recursos. O segundo implementa um serviço que é funcionalmente idêntico a uma rede, com gestão de recursos também

flexível. Ambos os modelos terão um papel importante nas redes do futuro. Neste artigo também é apresentada uma proposta que implementa ambos os serviços CaaS e NaaS com integração de recursos de *Cloud*. A plataforma experimental desenvolvida pela PT Inovação no âmbito do projecto SAIL (que evoluiu da plataforma de virtualização de rede desenvolvida no projecto 4WARD) constitui uma contribuição muito importante para o desenvolvimento de soluções da PT com base em serviços *Cloud*, dado que funciona como uma plataforma de experimentação real dos serviços, e fornece orientações para o desenvolvimento de futuras plataformas.

Existem várias funcionalidades em desenvolvimento para evolução desta plataforma. Uma delas, de extrema importância para o desenvolvimento de soluções a curto prazo, é a integração de VPN BGP/MPLS com um serviço CaaS na plataforma. A integração de *Cloud* através de interfaces normalizadas (ex. *Open Grid Forum Open Cloud Computing Interface*) é também uma evolução muito importante no desenvolvimento destes serviços.

Referências

- [1] FP7 Project SAIL, <http://www.sail-project.eu/>.
- [2] J. Nogueira, M. Melo, J. Carapinha, and S. Sargento, "Network Virtualization System Suite: Experimental Network Virtualization Platform," in TridentCom 2011, 7th International ICST Conference on Testbeds and Research Infrastructures for the Development of Networks and Communities, April 2011.
- [3] T. Wood, A. Gerber, K. Rama-krishnan, P. Shenoy, J. Van der Merwe, "The Case for Enterprise-Ready Virtual Private Clouds", HotCloud'09, 2009.
- [4] J. Nogueira, M. Melo, J. Carapinha, and S. Sargento, "A distributed approach for virtual network discovery," GLOBECOM Workshops (GC Wkshps), 2010 IEEE, vol. no., pp.277-282, 6-10 Dec. 2010.
- [5] So et al, "VPN Extensions for Private Clouds" IETF Internet Draft, February 2011.
- [6] J. Nogueira, M. Melo, J. Carapinha, S. Sargento, "Virtualização de Rede tornada Realidade", Saber & fazer: Telecomunicações, no. 8, pp. 128-135, Aveiro, Portugal, Dezembro, 2010.
- [7] J. Nogueira, M. Melo, J. Carapinha, S. Sargento, "Virtual Mapping into Heterogeneous Substrate Networks", ICC 2011, Kyoto, Japan, June 2011.

João Soares, M.Sc. Integrado em Engenharia de Electrónica e Telecomunicações pela Universidade de Aveiro em 2009. Iniciou a sua atividade profissional no Instituto de Telecomunicações, pólo de Aveiro, através de uma bolsa de investigação científica em Setembro do mesmo ano. Atualmente frequenta o programa doutoral em Engenharia Electrotécnica na Universidade de Aveiro, tendo em Outubro de 2010 obtido uma Bolsa de Doutoramento em Empresa cofinanciada pela FCT e pela PT Inovação como estagiário no departamento de Inovação Exploratória. É colaborador activo do projecto SAIL – Scalable and Adaptive Internet Solutions, na componente de Cloud Networking. Os seus interesses contemplam mobilidade, gestão de redes e QoS, bem como as temáticas da cloud: cloud computing, mobile cloud computing e cloud networking.

Romeu Monteiro, doutorando em Engenharia Electrotécnica na Carnegie Mellon University e na Universidade de Aveiro, possuidor de Mestrado Integrado em Eng. Electrónica e de Telecomunicações pela Universidade de Aveiro (2011). Atualmente desenvolve investigação e desenvolvimento na área das redes autogeridas com vista a aplicação prática em redes veiculares e noutras redes de larga escala.

Márcio Melo, Doutorando em Engenharia Electrotécnica e M.Sc. Integrado em Engenharia de Electrónica e de Telecomunicações pela Universidade de Aveiro em 2008. Iniciou a sua atividade profissional no Instituto de Telecomunicações, pólo de Aveiro, através de uma bolsa de investigação científica em Setembro do mesmo ano. Em Dezembro de 2009, obteve uma Bolsa de Doutoramento em Empresa cofinanciada pela FCT e pela PT Inovação. Ingressou nesse ano na PT Inovação como estagiário no departamento de Inovação Exploratória. Participou ativamente no projeto europeu 4WARD – Future Internet na componente da virtualização de rede. Atualmente, colabora no projeto europeu SAIL - Scalable and Adaptive Internet Solutions, na componente de Cloud Networking. Possui conhecimentos sobre tecnologias de rede sem fios, WiMAX e Wifi, protocolos de mobilidade, IEEE 802.21. E de plataformas e ferramentas de virtualização de rede.

Jorge Carapinha, obteve a Licenciatura em Engenharia Electrotécnica, Ramo de Informática, pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (1984) e Mestrado em Electrónica e Telecomunicações pela Universidade de Aveiro (1998). Desde 1985 é colaborador da PT Inovação (anteriormente CET). No âmbito de projetos nacionais e internacionais tem desenvolvido atividades em diversos domínios, com destaque para tecnologias de redes de núcleo, redes privadas virtuais e qualidade de serviço. Presentemente coordena a participação da PT Inovação no projeto SAIL, "Scalable and Adaptive Internet Solutions", no âmbito do FP7.

Pedro Neves, licenciado e Mestre em Engenharia Electrónica e Telecomunicações pela Universidade de Aveiro em 2003 e 2006 respetivamente, encontra-se, desde 2007, a desenvolver o Doutoramento em Engenharia Informática e Telecomunicações na mesma Universidade. Simultaneamente, participa na coorientação de alunos de Mestrado de Engenharia Electrónica e Telecomunicações. Após a Licenciatura, tornou-se bolseiro de investigação do Instituto de Telecomunicações, onde trabalhou nos projetos cofinanciados pela Comissão Europeia DAIDALOS-I e II, tendo sido responsável pela definição de uma arquitetura para a rede de acesso com integração da tecnologia WiMAX. Em Junho de 2006 iniciou atividade na PT Inovação, no domínio das redes de acesso wireless de próxima geração all-IP, nomeadamente na especificação de mecanismos para suporte de mobilidade transparente e QoS para as tecnologias WiMAX e 3GPP UMTS/LTE, no âmbito de projetos cofinanciados pela Comissão Europeia (WEIRD e HURRICANE) e pelo Eurescom. É coautor de cerca de 6 livros na área das telecomunicações, e tem mais de 25 artigos publicados em revistas e conferências internacionais.

Susana Sargento, concluiu o Doutoramento em Engenharia Electrotécnica em 2003. Começou por ser docente no Departamento de Ciências de Computadores da Universidade do Porto de 2002 a 2004, e encontra-se desde 2004 na Universidade de Aveiro e Instituto de Telecomunicações. Durante os últimos anos ela tem estado envolvida em vários projetos nacionais e internacionais, destacando-se os projectos Europeus FP6 IST-Daidalos, IST-C-Mobile, IST-WIP e FP7 ICT-4WARD, ICT-C-CAST, ICT-Euro-NF, com responsabilidades de coordenação de várias atividades, como as atividades de Qualidade de Serviço e Integração de Redes auto-organizadas no projeto FP6 IST-Daidalos. Está correntemente envolvida em vários projetos Internos da Rede de Excelência FP7 Euro-NF na área de arquiteturas inovadoras para a Internet do Futuro, projetos no âmbito do Programa CMUJPortugal (DRIVE-IN), e projetos Nacionais FCT e com Empresas (de onde se destacam as colaborações com a PTInovação). Os seus interesses de investigação centram-se nas áreas de redes de Nova Geração e de Internet do Futuro, mais especificamente nas áreas de QoS, mobilidade, virtualização, redes autogeridas e cognitivas.

07

Cloud Aware Service Provider

palavras-chave:
Cloud Computing; Gestão de Negócio, Gestão Operacional; Gestão de *Cloud Services*



Mário Rui Costa



Telma Mota



Pedro Miguel Neves



Paulo Chainho



Ricardo A. Pereira



Sancho Rego



Jorge Carapinha

Cloud Computing é atualmente um dos temas mais falados no mundo das tecnologias da informação. Sendo apresentado como um novo modelo para a construção e entrega de serviços, muitas vezes visto de forma redutora como um paradigma para virtualização e otimização de infraestrutura, os princípios e conceitos de base de *Cloud Computing* estão a agitar o negócio da prestação de serviços.

Se a adoção destes modelos começa a vulgarizar-se no mundo da internet, sendo de facto a base de organização de muitos *Service Providers* do "novo mundo", os comumente designados *Over The Top*, a maior parte dos CSP - *Communications Service Providers* ainda não estão na *Cloud*, não têm uma estratégia para a sua adoção e exploração e ainda não sabem ou não têm uma visão clara de como e com que amplitude a sua atividade pode ser afetada pela adoção deste paradigma.

Com este artigo pretendemos, de forma pragmática e objetiva, enquadrar a realidade operacional de um CSP tradicional, alinhado com os *frameworks* de arquitetura empresarial do TM Forum, com *Cloud computing*, tentando fazer uma primeira reflexão sobre a forma como os seus processos e arquitetura de gestão são impactados com a adoção do paradigma de *Cloud Computing* e com a necessidade premente de ser feita a gestão de *Cloud Services*.

1. Introdução

A adoção de *Cloud Computing* como modelo de entrega de serviços começa a vulgarizar-se no mundo da internet, sendo de facto a base de organização de muitos *Service Providers* do “novo mundo”, os comumente designados *Over The Top*. No entanto a maior parte dos CSP ainda não está na *Cloud*, não tem uma estratégia para a sua adoção e ainda não sabe ou não tem uma visão clara de como e com que amplitude a sua atividade pode ser afetada pela adoção deste paradigma.

Muito se tem escrito sobre os princípios funcionais da *Cloud* e sobre as suas arquiteturas de referência, mas praticamente nada tem sido dito sobre a influência deste novo paradigma em toda a cadeia de valor de um CSP. Nomeadamente, pouco tem sido dito sobre a eventual necessidade e a forma como o CSP deve evoluir a sua organização, os seus processos de gestão de negócio e de gestão operacional, os seus modelos de negócio e de relacionamento com os clientes quando adota a *Cloud* como estratégia para a entrega de serviços. E pouco ou nada tem sido dito sobre as vantagens da adoção da *Cloud* face aos modelos tradicionais de entrega de serviços.

Consequentemente muitas questões estão por responder de forma satisfatória:

- Quais as vantagens e diferenças de prestar serviços sobre uma *Cloud* face aos modelos tradicionais baseados em elementos ativos em redes de telecomunicações e plataformas de serviço convencionais? Como posso juntar estes dois mundos? Faz sentido?
- Qual o impacto da adoção da *Cloud*

na gestão operacional do CSP? Observando a estratégia da maior parte dos *Cloud Providers* existentes no mercado (disponibilização de API de gestão de alto nível que abstraem a organização interna da *Cloud*) tudo leva a crer que os processos de gestão operacional de *Cloud Services* não vão ser muito impactados e eventualmente poderão, para este domínio em particular, ser simplificados;

- Qual o impacto da adoção da *Cloud* na gestão do negócio do CSP? Os modelos de negócio que os CSP suportam atualmente são adequados para esta nova realidade? Os CSP estão preparados desde já para evoluir os seus modelos e propostas de negócio no sentido de rentabilizar as novas capacidades de *Service Delivery* oferecidas pela *Cloud*? E, por consequência, os processos e ferramentas que suportam a gestão de negócio estão aptos a acomodar este novo tipo de serviços?
- Os custos de infraestrutura e operação dos sistemas de gestão de um CSP são tipicamente muito elevados e um fator de redução de margem de exploração. O *Deploy* de sistemas de gestão sobre a *Cloud* é uma boa abordagem e uma oportunidade para otimizar os custos (CAPEX e OPEX) de um CSP? E a disponibilização das capacidades de gestão como serviços (BOSSaaS - BOSS as a Service) para outros *Service Providers*, nomeadamente para os *Over the Top*, como forma de rentabilizar o investimento?

Este artigo não pretende responder a todas estas questões pois não são de resposta fácil e não existem referências

imperativas que nos ajudem a perceber de forma clara o caminho a percorrer. De facto toda a comunidade (fóruns de indústria, organismos de normalização) está no momento da escrita deste artigo com as mãos na massa no sentido de definir uma visão comum para a interoperação entre estes dois mundos. Por outro lado, o trabalho *hands on* dos projetos de investigação exploratória que temos em curso ajudar-nos-ão também a perseguir as respostas para as questões colocadas.

Com este artigo pretendemos dar um pequeno passo num âmbito de trabalho vasto e sistematizar a visão que temos vindo a construir sobre o nível de aptidão da arquitetura de processos e informação para a gestão de *Cloud Services* de um CSP que esteja alinhado com as referências de arquitetura empresarial do TM Forum.

2. Gestão de serviços tradicionais de telecomunicações *in a nutshell*

Como ilustrado na Figura 1, as redes de telecomunicações são constituídas por recursos físicos (computadores, *multiplexers*, placas, bastidores, ...) e lógicos (lógicas funcionais suportadas pelos recursos físicos) organizados e interligados segundo topologias específicas.

Estes recursos físicos e lógicos são os elementos que permitem entregar serviços aos clientes finais. Estas funcionalidades representam as capacidades que um CSP tem ao seu dispor para desenvolver o seu negócio.

Tradicionalmente, as redes de telecomunicações dão visibilidade aos recursos que as constituem, i.e., aos elementos físicos que as compõem e que trabalham

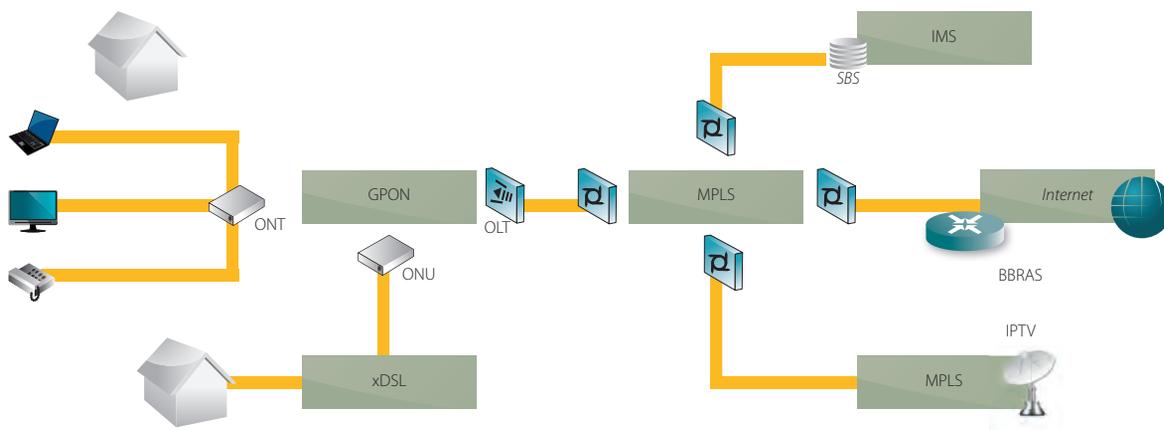


Figura 1 – Exemplo de um rede de telecomunicações (rede gpon)

cooperativamente para entregar serviços aos clientes. Por exemplo, um serviço de acesso à internet por ADSL depende, à partida, de um conjunto bem conhecido de elementos físicos (DSLAM, modems ADSL, etc.) e de um conjunto de configurações bem definidas que permitem entregar ao cliente o serviço de conectividade à internet. Este fato permite ao CSP o controlo absoluto e explícito dos recursos e serviços que estas redes suportam, sendo responsabilidade do CSP, dos seus sistemas de gestão e dos processos que estes suportam, o controlo absoluto dos recursos e suas configurações tendo em vista a entrega de serviços ao cliente final.

Como ilustrado na Figura 2, usando uma versão simplificada do mapa de aplicações de gestão fornecido pelo Framework TAM do TM Forum, é responsabilidade do CSP implementar os processos que lhe permitem:

1. Modelar os tipos de recursos de que dispõe nas suas redes, bem como os serviços que estes são capazes de entregar aos clientes, alimentando catálogos e inventários de recursos e serviços; Planear e construir as suas redes, definindo os tipos e instâncias de recursos que quer implantar no terreno;
2. Identificar as instâncias de recursos e serviços que participam na prestação dos serviços comerciais que um cliente está a contratar e, em consequência, configurar adequadamente as instâncias de recursos e serviços em causa;
3. Ter conhecimento da utilização de serviços pelo cliente final, autorizar a sua entrega, eventualmente tarifar, cobrar, faturar e pagar a sua utilização.

Os processos atrás descritos devem suportar a gestão *end-to-end* e sempre que possível automatizada da entrega de serviços aos clientes finais.

Um CSP que esteja alinhado com as *frameworks* de processos (eTOM) e informação (SID) do TM Forum é capaz de implementar processos com as responsabilidades atrás descritas e que sejam agnósticos a domínios/segmentos específicos de negócio ou técnicos, isto é, é capaz de implementar processos unificados capazes de suportar segundo o mesmo fluxo de processo a gestão *end-to-end* para qualquer oferta comercial, quaisquer que sejam os domínios técnicos que suportem a entrega dos serviços contratados pelo cliente final.

Este “cenário de sonho” provavelmente não existe em nenhuma operação atual. Contudo deve ser um cenário que os CSP devem perseguir e ter como alvo. Para o conseguirem devem perceber claramente a mensagem de fundo dos standards TM Forum: processos unificados, *Business and Technology Agnostic* apenas se alcançam pela via da utilização de modelos de informação que permitam modelizar quaisquer elementos comerciais (serviços comerciais, planos de preços, etc.) ou técnicos (recursos lógicos, recursos físicos, serviços técnicos) usando os mesmos elementos de informação, identificados e definidos no Framework de Informação do TM Forum – SID.

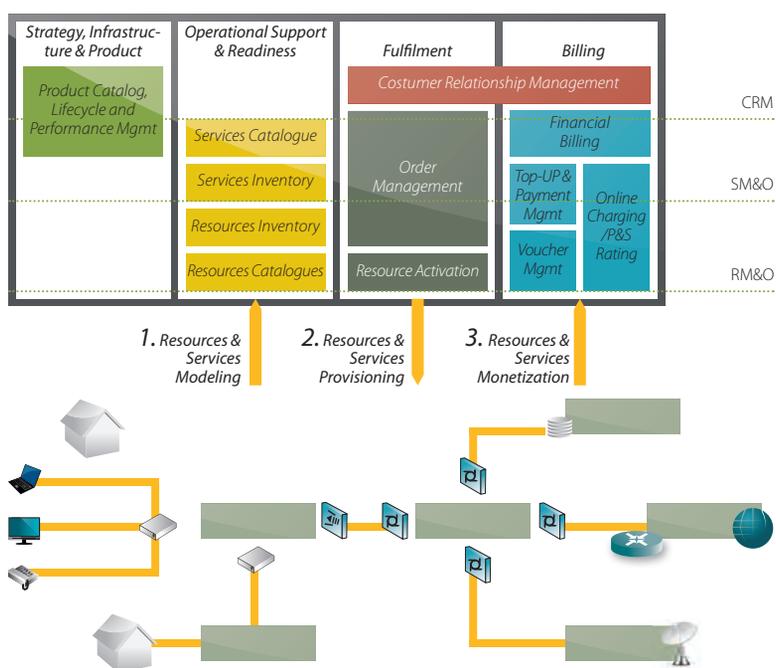


Figura 2 - Processos de gestão de redes de telecomunicações

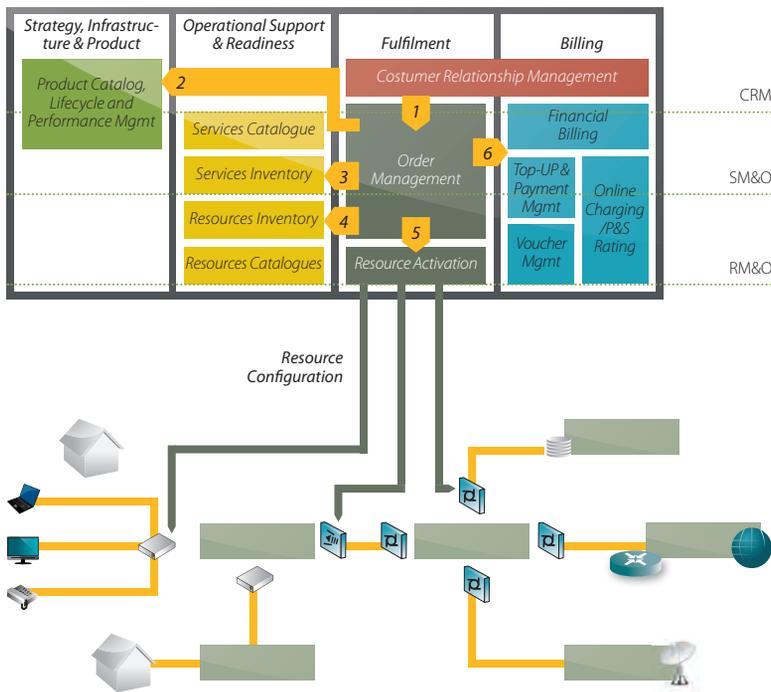


Figura 3 - Processo de provisão de serviços

Por via da utilização de modelos de informação SID *Compliant*, um CSP consegue implementar processos unificados que são guiados por regras de negócio e análise semântica dos modelos de informação, suportando a sua operação em padrões de processos *Near Zero Touch*. A Figura 3 mostra uma visão simplificada de um padrão de processos unificados de provisão para serviços comerciais suportados por elementos de redes de telecomunicações:

1. O sistema de *Order Management* (assumindo-se para efeitos de simplificação um só sistema com funções de *Customer, Service e Resource Order Management*) recebe ordens de cliente para a subscrição de serviços;
2. O sistema de *Order Management* usa os serviços de um catálogo comercial para identificar todas as entidades comerciais que estão incluídas na ordem (serviços comerciais, planos de *Rating & Charging*, etc.);
3. Para cada serviço comercial incluído na ordem, o sistema de *Order Management* requer a um inventário de serviços a identificação das instâncias dos serviços de rede que são necessárias configurar para prestar o serviço comercial ao cliente final;
4. Para cada serviço de rede identificado no passo anterior, o sistema de *Order Management* requer ao inventário de recursos a identificação das instâncias de recursos físicos e lógicos que devem ser instalados e configurados para poderem prestar o serviço de rede;
5. O sistema de *Order Management* requer a um sistema de ativação de recursos a configuração das instâncias de recursos identificados no passo anterior;
6. O sistema de *Order Management* requer aos sistemas da coluna de *Billing* (*Online Charging, Financial Billing*, etc.), a provisão das entidades comerciais necessárias para que os serviços que o cliente contratou possam ser tarifados, cobrados, faturados, pagos, etc.

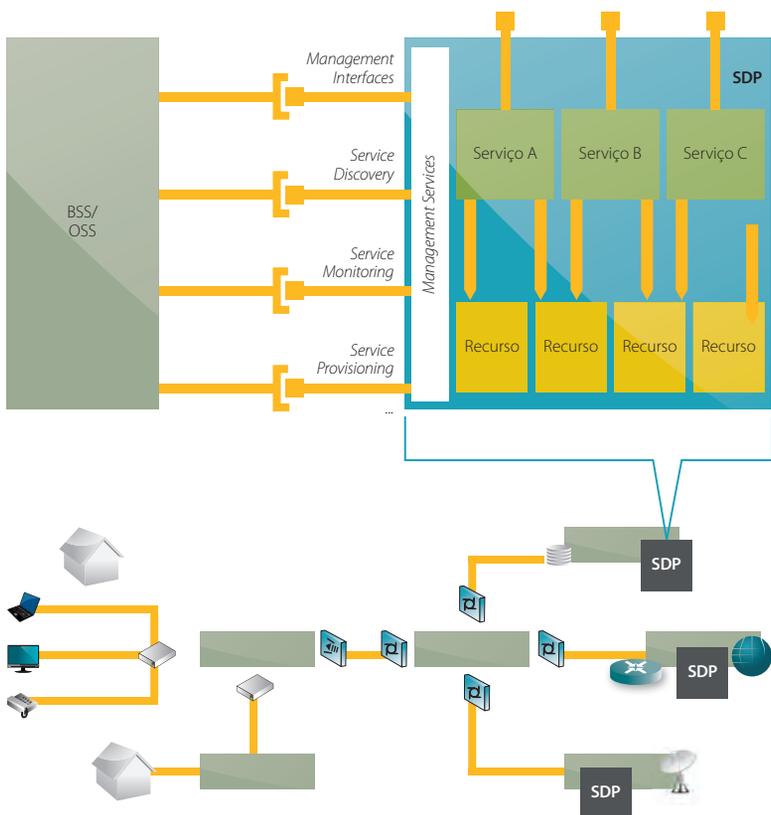


Figura 4 - Service delivery platforms

3. Um passo na evolução – Surgimento de plataformas de serviços

O surgimento de plataformas computacionais anexas às redes de telecomunicações, as plataformas de *Service Delivery*, corresponde ao aparecimento de um

“novo” tipo de elemento que os CSP têm ao seu dispor para entregar serviços aos seus clientes.

Tal como ilustrado na Figura 4, face aos recursos típicos de redes de telecomunicações, estas plataformas aparecem como elementos mais complexos, que agregam e gerem de forma autónoma vários recursos internos para entregar serviços (sobre os quais os operadores não têm visibilidade ou controlo explícito). São elementos mais inteligentes, que podem ser configurados para entregar serviços mais complexos e uma maior diversidade de serviços.

Para o CSP as plataformas de serviço surgem como mais um tipo de elementos que podem ser configurados para suportar a entrega de novos serviços e que podem ser provisionados para suportar a entrega de instâncias de serviços a clientes específicos. Neste sentido, tal como para os elementos de rede de telecomunicações, para desenvolver o seu negócio sobre os serviços disponibilizados pelas plataformas de serviço o *Service Provider* tem de poder catalogar e eventualmente inventariar os serviços configurados nas plataformas. E consequentemente tem de saber provisioná-los, supervisioná-los, tarifá-los, cobrar e faturar a sua utilização.

Segundo esta perspetiva, a gestão de

serviços disponibilizados por plataformas de serviço não é de todo diferente face à gestão de serviços de telecomunicações. De facto, uma plataforma de serviços deve ser vista como apenas mais um elemento com capacidades para colaborar juntamente com outros elementos na entrega de serviços ao cliente final. Contudo, ao contrário dos elementos tradicionais de redes de telecomunicações, para as plataformas de serviço o CSP não tem visibilidade e controlo face aos recursos internos que as plataformas utilizam na entrega de serviços. A plataforma abstrai desta forma um nível de complexidade podendo funcionar como um fator de simplificação dos processos de gestão operacional, evitando a necessidade de catalogação e inventariação de recursos e por inerência simplificando os processos de provisão.

A Figura 5 mostra o mesmo padrão de processos de provisão ilustrado na Figura 3, mas neste caso para serviços comerciais suportados exclusivamente por plataformas de serviço.

Nesta circunstância, a abstração dos recursos internos da plataforma que suportam os serviços entregues pela mesma poderá obviar a etapa 4 do fluxo de provisão na medida em que os processos de gestão

não conhecem nem controlam explicitamente os recursos envolvidos na prestação dos serviços técnicos.

Adicionalmente poderá também obviar a etapa 5, a delegação de provisão de recursos a um sistema de *Resource Activation*, podendo o sistema de (*Service*) *Order Management* interagir diretamente com as plataformas de Serviço, tal como o sistema de (*Customer*) *Order Management* faz para a provisão dos sistemas de *Billing*.

Este “efeito simplificador” não é consensual nos grupos de trabalho dos fóruns de indústria e organismos de normalização que trabalham nestes domínios. De facto, a provisão de plataformas de serviço diretamente por sistemas de *Service Order Management* não é necessariamente um fator de simplificação e uniformização dos processos de provisão na medida em que não contribui para que os processos de provisão sejam uniformes independentemente do tipo de elementos que participam na prestação de serviços.

Segundo esta abordagem, no contexto dos processos de provisão o sistema de *Resource Activation* deixa de ser o único responsável pela mediação com os elementos que participam na entrega de serviços, abstraindo por completo esse aspeto dos sistemas de orquestração de ordens, condição fundamental para termos processos de orquestração de ordens genéricos.

Por outro lado, para muitos as plataformas de serviço são sistemas de TI, não elementos de rede e, tal como os sistemas de *Billing*, devem ser provisionadas diretamente pelo orquestrador de ordens ao nível adequado (Serviço). *Yet to be further discussed...*

4. Cloud computing?

Cloud Computing aparece no horizonte dos CSP como uma nova forma de entregar serviços. *Cloud Computing* define um novo modelo funcional, assente fundamentalmente na virtualização de recursos computacionais, para entregar serviços de TI de diferentes tipos:

- **IaaS - Infrastructure as a Service:** Disponibilização de capacidade computacional como um serviço;
- **PaaS - Platform as a Service:** disponibilização, como um serviço, de ambientes integrados para suportar o desenvolvimento de aplicações;

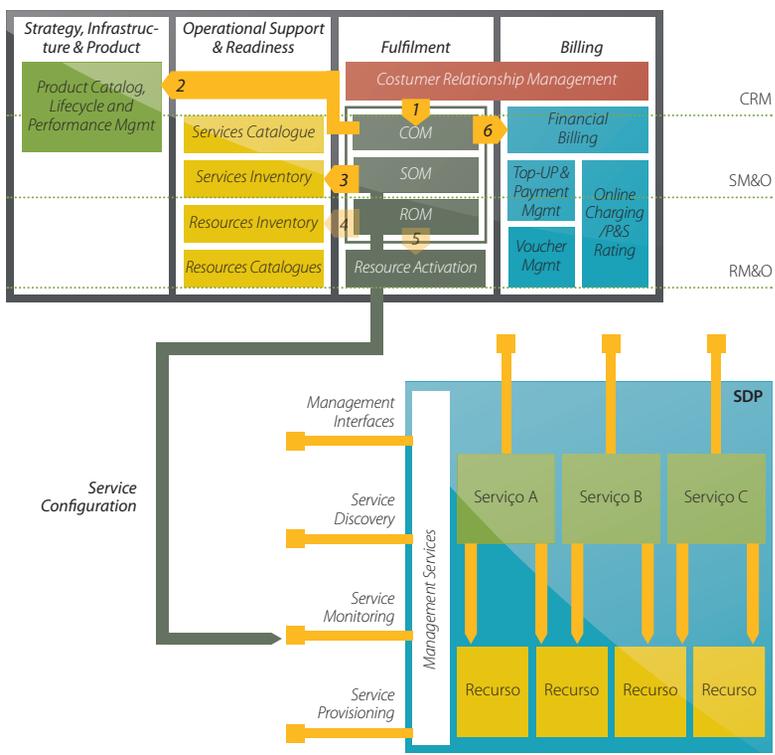


Figura 5 - Provisão de *service delivery platforms*

- **SaaS – Software as a Service:** disponibilização de aplicações para o utilizador final.

Independentemente do tipo de serviço (IaaS, PaaS, SaaS), a disponibilização de serviços sobre uma Infraestrutura/ambiente *Cloud* obedece (deve obedecer) a um conjunto de princípios bem definidos:

- **Provisão on demand e automática:**

- A subscrição destes serviços pelo cliente final deve ser suportada por processos automáticos de provisão que tornam os serviços disponíveis ao utilizador final de forma quase imediata;

- **Multi tenancy:**

- Os serviços fornecidos ao cliente final não dependem de infraestrutura física dedicada;

- O cliente final contrata a utilização de funcionalidades e não tem o conhecimento de qual a infraestrutura / recursos físicos que suportam os serviços;

- Os mesmos recursos físicos podem ser partilhados por diferentes instâncias de serviços, eventualmente utilizados por clientes diferentes;

- A associação, eventualmente dinâmica, de recursos físicos a serviços é da gestão exclusiva da *Cloud*;

- **Broad network access:**

- Os serviços devem estar acessíveis para o cliente final por via de redes de comunicações de acesso generalizado e por via de protocolos normalizados que promovam a utilização dos serviços em dispositivos heterogéneos;

- **Elasticidade rápida:**

- O utilizador final deve ter meios que lhe permitam aumentar ou diminuir a capacidade de serviço contratada de forma automática e quase imediata;

- **Modelo Pay-As-You-Go:**

- Cobrança de serviços baseada na utilização efetiva dos mesmos.

Independentemente dos tipos de *Cloud Services* (Infraestrutura, Plataforma, Software,...), das suas características intrínsecas e da grande ambiguidade nas suas definições, dos modelos de negócio que possibilitam e estimulam no desenvolvimento de negócio de um CSP, da sua arquitetura interna e tecnologias de suporte, um ambiente *Cloud* apresenta-se para os processos de gestão como mais um elemento, ou conjunto de elementos, capaz

de suportar a entrega de serviços ao cliente final, e segundo esta perspetiva não é diferente de uma qualquer plataforma de serviços.

Face ao ilustrado na Figura 6, tal como descrito para as plataformas de serviços uma *Cloud* é constituída por elementos que podem ser configurados para suportar a entrega de novos serviços e que podem ser provisionados para suportar a entrega de instâncias de serviços a clientes específicos. Neste sentido, tal como descrito para as plataformas de serviços, para desenvolver o seu negócio sobre este tipo de ambientes o CSP tem de poder catalogar e eventualmente inventariar os serviços disponibilizados pela *Cloud*. E consequentemente tem de saber provisioná-los, supervisioná-los, tarifá-los, cobrar e faturar a sua utilização.

Tal como para as plataformas de serviços, o CSP não tem visibilidade e controlo sobre os recursos internos que os elementos da *Cloud* utilizam para suportar a entrega de serviços. Em suma, tal como para as plataformas de serviço, os ambientes *Cloud* apresentam-se aos processos de gestão ao nível do serviço e não do recurso, sendo que o impacto para os processos de gestão de um CSP pela introdução de *Cloud Services* não será diferente do impacto causado pelo aparecimento de plataformas de serviços em redes tradicionais de telecomunicações.

Adicionalmente, a gestão de serviços *Cloud* pelo ecossistema de Gestão do operador

em nada deve comprometer as características inatas dos serviços (Provisão *On-Demand*, modelo *Pay-As-You-Go*, etc.).

A provisão *On-Demand* não é um novo desafio que a *Cloud* trouxe para os *Service Providers*. De fato, a evolução do mercado da prestação de serviços de telecomunicações tem obrigado os *Service Providers* a caminhar nesse sentido e a adotar processos automatizados e eficientes que permitam a catalogação, inventariação e provisão automatizada de serviços, fornecendo ao cliente final a experiência de subscrição imediata de serviços.

O mesmo se poderá dizer relativamente ao modelo de pagamento de serviços pela sua utilização. Os *Communication Service Providers* implementam este modelo há mais de uma década. De facto este é um modelo que foi introduzido com o aparecimento das plataformas de rede inteligente e é utilizado hoje em dia de forma transversal para a cobrança de qualquer tipo de serviço, suportado por qualquer tipo de redes ou plataformas de serviço.

O acesso aos serviços por redes de comunicações de acesso generalizado é o core do negócio dos *Communication Service Providers* desde a sua génese.

6. Importância para os negócios do grupo PT

Cloud Computing é um modelo de entrega de serviços de IT que, pelo espaço de

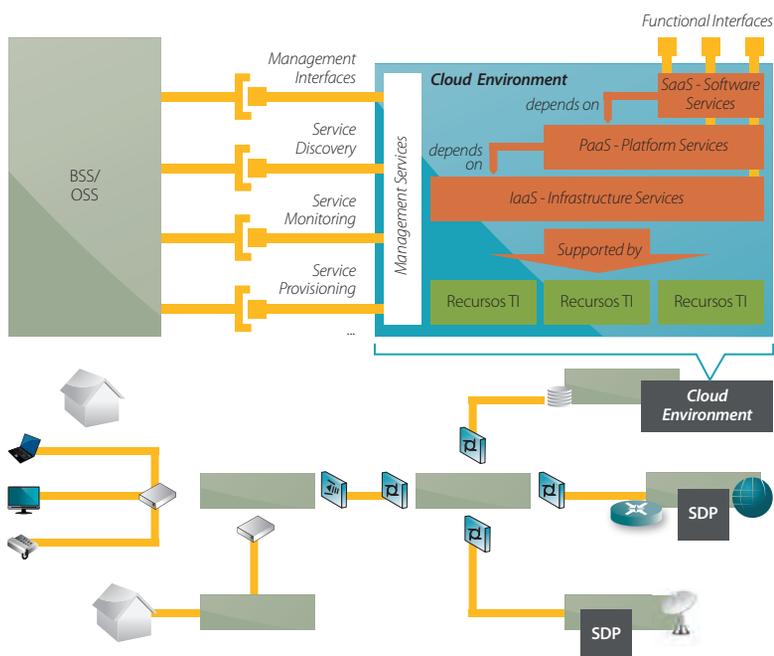


Figura 6 - Cloud environments for service delivery

mercado que demonstra ter, é mais uma oportunidade para os CSP alargarem o seu âmbito de atuação no universo da prestação de serviços, caminhando para se tornarem *Broad Service Providers* em lugar de provedores de serviços de conectividade.

É também uma oportunidade para a definição de novos modelos de negócio, que passem não só pela entrega isolada de serviços de telecomunicações ou de serviços de IT mas que passem sobretudo pela construção de ofertas e de modelos de comercialização de serviços que integrem e capitalizem as capacidades de telecomunicações e de serviços de IT.

Até à data os CSP não tiraram partido do controlo integrado das redes de telecomunicações, das plataformas de serviço “convencionais” e da *Cloud*. E não fazendo-o não tiram partido de capacidades de entrega de serviço que nenhum *Over The Top* tem, o controlo dinâmico dos meios de comunicação que permitem aceder a serviços de TI oferecidos por ambientes *Cloud* ou quaisquer outros, nomeadamente a capacidade de garantir meios de acesso seguros, robustos, com controlo explícito de qualidade de serviço e acima de tudo com a capacidade de fazer variar as condições de prestação de conectividade em função das características da oferta comercial e dos serviços de TI contratados.

A Portugal Telecom, no âmbito da iniciativa *Smart Cloud*, aposta neste preciso momento na construção de uma oferta diversificada de *Cloud Services*, já disponíveis para o mercado pessoal e empresarial. Contudo a abordagem é para já conservadora, apostando em ofertas que não tiram partido do controlo dos ativos nucleares de um CSP, a rede e os seus elementos.

No que toca à gestão de serviços na *Cloud*, a arquitetura de processos e de informação que a Portugal Telecom persegue é uma arquitetura apta para a gestão de serviços fornecidos pela *Cloud*, como o é para a gestão de serviços sobre plataformas de serviços “convencionais” e sobre redes de telecomunicações. Segue as principais referências do TM Forum (eTOM, SID), sendo essa a condição fundamental para acomodar de forma *Technology Agnostic a Cloud* como um novo domínio técnico para a prestação de serviços e sem ter de criar processos específicos para a sua gestão.

7. Conclusão

Tal como os elementos das redes e as plataformas de serviços, os ativos que qualquer CSP tem ao seu dispor para a entrega

de serviços aos seus clientes, a *Cloud* é um novo domínio técnico que introduz neste “ecossistema” novos elementos, novos ativos, que o CSP pode explorar na entrega de serviços.

Um CSP que esteja alinhado com a arquitetura de informação e processos do TM Forum está preparado à partida para fazer uma gestão de negócio e gestão operacional agnóstica aos diferentes domínios técnicos e comerciais em que atua, significando isto que não necessita de implementar processos ou modelos de informação diferentes para acomodar novos domínios como a *Cloud*.

Pelo contrário, um CSP com estas características tem condições de acomodar graciosamente novos domínios técnicos, usando os seus modelos de informação normalizados para modelar os novos elementos e capacidades de entrega de serviços e mantendo inalterados os seus processos. Por esta via, os novos elementos e capacidades de entrega de serviço de uma *Cloud* são novas peças de lego para construir novas ofertas que cruzem todas as capacidades do CSP, sendo este capaz de fazer a orquestração necessária para a configuração dinâmica, flexível e integrada de todos os seus elementos, sejam de rede, plataformas de serviços ou fornecidos por *Clouds*.

Referências

- [1] NIST – *National Institute of Standards and Technology*, "The NIST Definition of Cloud Computing", Janeiro 2011
- [2] *Telemanagement Forum Cloud & New Services Initiative*, <http://www.tforum.org/EnablingCloudServices/8006/home.html>
- [2] *Telemanagement Forum Framework*, <http://www.tforum.org/TMForumFramework/1911/Home.html>

Mário Rui da Costa, licenciado em Engenharia Electrónica e Telecomunicações pela Universidade de Aveiro e pós-graduado em Tecnologias Aeroespaciais pelo Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (INETI). Desempenhou funções na C.P.R. Marconi na área das telecomunicações via satélite e na gestão da rede de transporte. Desempenhou funções na PT Inovação na área de serviços de gestão de redes e na área das plataformas de rede inteligente, onde coordenou a equipa de desenvolvimento da plataforma de OM&C. Atualmente é Consultor Tecnológico da PT Inovação, desempenhando funções na direção de Coordenação Tecnológica e Desenho de Soluções, nomeadamente para a definição da arquitetura de processos e sistemas de suporte ao negócio e operação (BSS/OSS) e da arquitetura da *Service Delivery Framework* da PT Inovação.

Telma Mota, concluiu a Licenciatura e Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores na Universidade do Porto. Ingressou na empresa TLP SA, onde realizou trabalho de planeamento e dimensionamento de redes de comutação digital, Redes Inteligentes e teletráfego. Desde 1994 que integra a PT Inovação e tem estado ligada às áreas de gestão e arquiteturas de Redes e Serviços; IN, evolução da IN, TINA, Parlay, IMS, TISPAN e MBMS, assim como às normas 3GPP que se dedicam a definir aspectos de estabelecimento de Sessões Multimédia, QoS, Mobilidade e *Multicast*. Recentemente tem-se dedicado às arquiteturas de serviços; OMA, SOA, Web 2.0. Participou em diversos projectos Europeus (Eurescom e IST), liderou o C-CAST e na PTIN é responsável pela divisão "Plataformas e Redes Multi-serviço".

Pedro Neves, licenciado e Mestre em Engenharia Electrónica e Telecomunicações pela Universidade de Aveiro em 2003 e 2006 respetivamente, encontra-se, desde 2007, a desenvolver o Doutoramento em Engenharia Informática e Telecomunicações na mesma Universidade. Simultaneamente, participa na coorientação de alunos de Mestrado de Engenharia Electrónica e Telecomunicações. Após a Licenciatura, tornou-se bolseiro de investigação do Instituto de Telecomunicações, onde trabalhou nos projetos cofinanciados pela Comissão Europeia DAIDALOS-I e II, tendo sido responsável pela definição de uma arquitetura para a rede de acesso com integração da tecnologia WiMAX. Em Junho de 2006 iniciou atividade na PT Inovação, no domínio das redes de acesso *wireless* de próxima geração all-IP, nomeadamente na especificação de mecanismos para suporte de mobilidade transparente e QoS para as tecnologias WiMAX e 3GPP UMTS/LTE, no âmbito de projetos cofinanciados pela Comissão Europeia (WEIRD e HURRICANE) e pelo Eurescom. É coautor de cerca de 6 livros na área das telecomunicações, e tem mais de 25 artigos publicados em revistas e conferências internacionais.

Paulo Chainho, licenciado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores pelo Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa e Mestre em Telecomunicações pela mesma universidade. Trabalha na PT Inovação desde 2001 na área das Aplicações e Plataformas de Serviços Convergentes para Redes de Nova Geração, incluindo soluções de Servidor de Aplicações SIP e SDP/SDF. Nestas atividades tem desempenhado funções de Gestão de Projecto e de Concepção das soluções. Atualmente participa em atividades de consultoria para desenvolvimento e gestão de produtos SDF e Atividades de Gestão Estratégica. Entusiasta do "Open Source". Grande experiência em projetos Internacionais de Investigação e Desenvolvimento incluindo Eurescom, ETSI SPAN e EU IST.

Ricardo Azevedo, MSC em *Internet Computing* pelo *Queen Mary College* (Universidade de Londres), em 2006, e Licenciado em Engenharia de Computadores e Telemática pela Universidade de Aveiro, em 2004. Foi bolseiro de investigação do IT desde 2004 a Fevereiro de 2006, com trabalho desenvolvido na área de QoS em redes heterogéneas de 4ª geração. Em Fevereiro de 2006 iniciou a sua actividade profissional na PT Inovação. Tem participado em diversos projectos de I&D no âmbito do IST e Eurescom, nas áreas de QoS e *Network Management*, Mobilidade, Segurança, Privacidade e Gestão de Identidades. Atualmente é *Team Leader* do grupo de Gestão de Identidades e Privacidade.

Sancho Rêgo, licenciou-se em Engenharia Electrónica e de Computadores pela Faculdade de Engenharia do Porto e obteve o MSc in Telecommunications pela *Queen Mary*, University of London, com distinção. Em 2005 entrou na PT Inovação, na área das Plataformas de Serviço, tendo trabalhado e estudado várias tecnologias emergentes nessa área, destacando-se em particular a tecnologia JSLEE. Desde 2006 começou a participar activamente em projectos europeus da área, tais como o OPUCE (criação de serviços convergentes por parte do utilizador) e o PERSIST (*smart spaces* pessoais), assim como em estudos Eurescom. Os seus interesses actuais centram-se em ambientes de execução de serviço, *service delivery platforms* e *cloud computing*.

Jorge Carapinha, obteve a Licenciatura em Engenharia Electrotécnica, Ramo de Informática, pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (1984) e Mestrado em Electrónica e Telecomunicações pela Universidade de Aveiro (1998). Desde 1985 é colaborador da PT Inovação. No âmbito de projetos nacionais e internacionais tem desenvolvido atividades em diversos domínios, com destaque para tecnologias de redes de núcleo, redes privadas virtuais e qualidade de serviço. Presentemente coordena a participação da PT Inovação no projeto SAIL, "Scalable and Adaptive Internet Solutions", no âmbito do FP7.

08

Implantação de Solução IMS na Rede da PTP

palavras-chave: *IP Multimedia Subsystem (IMS)*, Rede de Próxima Geração, serviços convergentes, serviços regulamentares



Francisco Fontes



José Carlos Silva



Paulo Rolo



António Amaral



José São Bráz
(PTC)



Paulo Melo
(PTC)

É hoje indiscutível a evolução da globalidade das redes de telecomunicações para a adoção generalizada do IP como elemento base de comunicação. Tecnologias de acesso como o GPON e o LTE vieram acelerar este processo. Complementarmente, ao nível dos serviços, o IMS (*IP Multimedia Subsystem*) é também um elemento chave que, gradualmente, deverá dar suporte à maioria dos serviços de telecomunicações, inserido numa estratégia global de evolução das atuais redes legadas, fixa e móvel, para uma arquitetura de Rede de Próxima Geração (RPG).

Não alheia a esta realidade, durante 2010, a PT Portugal (PTP) iniciou a operação de uma solução IMS, para a prestação de serviços aos segmentos de negócio residencial e empresarial, tendo a PT Inovação sido selecionada como fornecedor de parte dos componentes dessa solução. Inicialmente disponibilizando unicamente serviços de voz, a plataforma abre a possibilidade de construção de serviços multimédia mais avançados e prestados num contexto de convergência fixo-móvel. Tal ocorrerá obrigatoriamente com a anunciada colocação em operação de uma rede LTE, mas poderá acontecer já com as atuais redes 3G.

No entanto, apesar da nova arquitetura ser baseada em protocolos e componentes lógicos, devidamente definidos pelo IETF, ITU-T, ETSI e 3GPP, o processo de evolução agora iniciado apresenta-se como um processo longo e complexo. A novidade da tecnologia e a sua complexidade intrínseca resultante da integração de soluções de vários fornecedores vieram colocar à prova a capacidade técnica e de diálogo de todos os intervenientes. Para além disso, acresce ainda o facto de as entidades de regulação nem sempre evoluírem e se adaptarem à recente normalização, tornando-se também em mais um fator de constrangimento neste processo de evolução.

Este artigo descreve a arquitetura adotada no projeto IMS da PTP, bem como a estratégia enquadradora de migração progressiva para uma Arquitetura de Rede Convergente de Próxima Geração de acordo com o modelo NGN/IMS. Serão identificadas as soluções adotadas durante as fases já executadas do processo, bem como algumas das dificuldades encontradas.

1. Introdução

Durante 2010 a PTP iniciou a operação comercial de uma solução IMS, para a prestação de serviços de telecomunicações aos segmentos de negócio residencial e empresarial, tendo sido a PT Inovação selecionada como fornecedor de parte dos componentes dessa solução. Isto representa o culminar de um longo processo em que a PT Inovação se apresentou desde o início como fornecedor de uma solução global IMS, integrando componentes próprios e de terceiros. A PTP acabou por decidir em 2009 a aquisição da solução a dois fornecedores, Ericsson e PT Inovação, e o projeto teve o seu início em Outubro de 2009, com o fecho dos requisitos, desenho, implementação e validação da solução em laboratório. A ligação dos primeiros clientes MEO GPON, para o segmento residencial, ocorreu em Outubro de 2010.

Disponibilizando inicialmente unicamente serviços de voz, a plataforma abre a possibilidade de construção futura de serviços multimédia mais avançados e prestados num contexto de convergência fixo-móvel. Certamente que a anunciada colocação em operação de uma rede LTE irá capitalizar em cima desta plataforma IMS mas, entretanto, outros serviços, como o RCS ou a integração com outras plataformas como a de televisão IP, serão possíveis.

Durante a execução do projeto, as maiores dificuldades sentidas relacionaram-se com a colocação em operação de uma plataforma de controlo e serviços, adotando uma nova tecnologia, complexa, ainda não dominada dentro do Grupo PT, com distintos fornecedores e que tem de atender às

exigências do regulador nacional e ao próprio enquadramento dentro do contexto de redes e serviços PT, já em operação. Não sendo uma tecnologia emergente mas sendo nova no seio da PT, uma parte substancial dos recursos humanos consumidos foram-no na definição da configuração da solução, de forma a atender a todos os requisitos impostos para alcançar o nível de qualidade que caracteriza os produtos e serviços PT.

2. Estratégia de evolução para rede de próxima geração

A PT tem em curso uma estratégia de migração progressiva para uma Arquitetura de Rede Convergente de Próxima Geração, de múltiplas redes para os vários Serviços para uma Rede Convergente Multiserviço. Esta estratégia visa permitir:

- Independência entre acesso e serviço – cada acesso com vários serviços, cada serviço com vários acessos;
- Foco no utilizador – utilizador com mais controlo sobre os seus serviços, utilizador reconhecido pela rede em diferentes interfaces de acesso.

O objetivo é evoluir para uma rede que permita maior flexibilidade na oferta de serviços, capacidade para combinar componentes de voz, dados e vídeo sobre as mesmas plataformas, portabilidade e mobilidade, maior controlo dos utilizadores sobre os serviços e reduzir custos. Esta estratégia aponta na direção de uma rede multiserviços, de acordo com o modelo NGN/IMS (*Next Generation Networks/IP*

Multimedia Subsystem), que se configura como uma verdadeira norma para a implementação da camada de controlo, potenciando simultaneamente a tão desejada convergência fixo-móvel.

Esta estratégia teve início na parte do transporte com a implementação da rede IP/MPLS que reúne todas as características de elevada escalabilidade e resiliência, capaz de transportar multiprotocolos e de implementar políticas de QoS, assegurando assim o suporte dos serviços de dados, voz e vídeo, prestados pela PT. Prosseguiu, no acesso, com a forte aposta da PT em aumentar a qualidade e débitos no acesso pela adoção de tecnologias óticas de nova geração (GPON). Em 2010 foi complementada, na parte de Controlo e Serviços/Aplicações com o início da implementação da arquitetura IMS (definida pelos organismos ETSI/TISPAN e 3GPP), abrindo a porta a uma maior convergência das redes fixas e móveis e ao desenvolvimento de plataformas aplicacionais que potenciem sinergias entre diferentes serviços. O IMS permite disponibilizar independência da rede de acesso, com uma arquitetura e protocolos abertos e flexíveis, o que permitirá a utilização dos serviços já existentes e a integração destes com novos serviços multimédia.

A implementação de um *core* IMS único para as redes fixa e móvel permite a oferta de serviços convergentes através da adição de *Application Servers* e permite racionalizar custos operacionais e de CAPEX, tirando partido da otimização das sinergias entre as redes fixa e móvel. Esta plataforma tem uma arquitetura com redundância lo-

¹ <http://www.3gpp.org>

² <http://www.ietf.org>

cal e geográfica, com nós em Lisboa e no Porto, de modo a assegurar os mais elevados padrões de segurança e fiabilidade.

Até ao final de 2011 a plataforma IMS terá uma expansão de capacidade para os seguintes valores:

- 2.500.000 utilizadores configurados/provisionados;
- 650.000 utilizadores registados simultaneamente;
- 17.000 chamadas em simultâneo.

No final de 2010 teve início a migração dos serviços suportados na Plataforma VoIP a funcionar sobre o *Softswitch Alcatel A5020*, estando esta praticamente concluída para o serviço VoIP de Classe 5 sobre GPON dado na plataforma IMS.

No 4º trimestre de 2011 está prevista a disponibilização do serviço SIP *Trunk* e numa 2ª fase a disponibilização dos serviços IP *Centrex* e *Business Trunking*, de desenvolvimento PT Inovação, sobre acessos primários. Em fases seguintes serão disponibilizados outros serviços, prevendo-se que a

médio prazo seja possível descontinuar a Plataforma VoIP A5020.

3. Descrição da tecnologia

O IMS [1] (*IP Multimedia Subsystem*) consiste numa arquitetura modular aberta e normalizada, definida pelo 3GPP¹, com o objetivo de providenciar, de forma eficiente, serviços multimédia sobre uma infraestrutura que disponibilize conectividade IP entre as entidades em comunicação, incluindo as em execução nos equipamentos terminais de cliente (*User Agent – UA*). Como tal, reutiliza protocolos definidos pelo IETF², em particular o SIP [2] e o Diameter [3].

Inicialmente definido para aplicação às redes de acesso sem fios definidas pelo 3GPP (por exemplo redes 3G), as suas vantagens numa aplicação mais lata foram percebidas e é atualmente uma peça central na construção das Redes de Próxima Geração (RPG ou NGN – *Next Generation Networks* [4]) onde a convergência fixo-móvel vem potenciar a criação de novos serviços e modelos de negócio. Neste contexto, a sua adoção implica uma nova abordagem à forma de fazer telecomunicações, impli-

cando alterações infraestruturais e organizacionais para um pleno usufruir das suas vantagens.

A arquitetura modular do IMS, com entidades funcionais bem definidas, permite a sua adaptação a diversos cenários, quer em termos de escalabilidade, quer em termos de serviços a disponibilizar, bem como a seleção de múltiplos fornecedores para a construção de uma solução completa. É possível agrupar diversas entidades funcionais no mesmo elemento físico ou replicar algumas entidades em vários elementos físicos, garantindo assim a escalabilidade da solução.

A arquitetura IMS de núcleo (*Core Network*) é implementada nas seguintes entidades:

- Servidores SIP ou encaminhadores das mensagens SIP: **CSCF (S, I, P e E)**;
- Controladores de saída do domínio IMS: **BGCF**;
- Controladores de elementos de saída de domínio IMS para domínio PS ou CS: **MGCF**;
- Controladores de media: **MRFC**.

Para além destas entidades, o núcleo IMS complementa-se com outras entidades:

- Repositórios com informação, permanente e dinâmica, dos utilizadores do sistema IMS: **HSS** (UPSF, no âmbito das redes NGN) e **SLF**;
- Adaptadores para outras tecnologias e domínios IMS e não IMS: **SGF** e **IBCF**;
- Elementos de media: **MRFP**, **MGW** (*Access e Trunk*);
- Servidores que executam a lógica das aplicações e dos serviços a disponibilizar aos utilizadores: **AS**.

A Figura 1 ilustra a organização e relações estabelecidas entre as entidades IMS.

O objetivo principal do operador de telecomunicações é o de prestar serviços de telecomunicações aos seus clientes, os quais, na esmagadora maioria dos casos, são agnósticos à tecnologia utilizada para o efeito. Na situação de utilização de um núcleo IMS, esses serviços são executados em plataformas aplicacionais constituídas por *SIP-Application Servers* (SIP-AS). Esses servidores agem em função da sinalização SIP que lhes é encaminhada desde o núcleo IMS e que é trocada entre os ele-

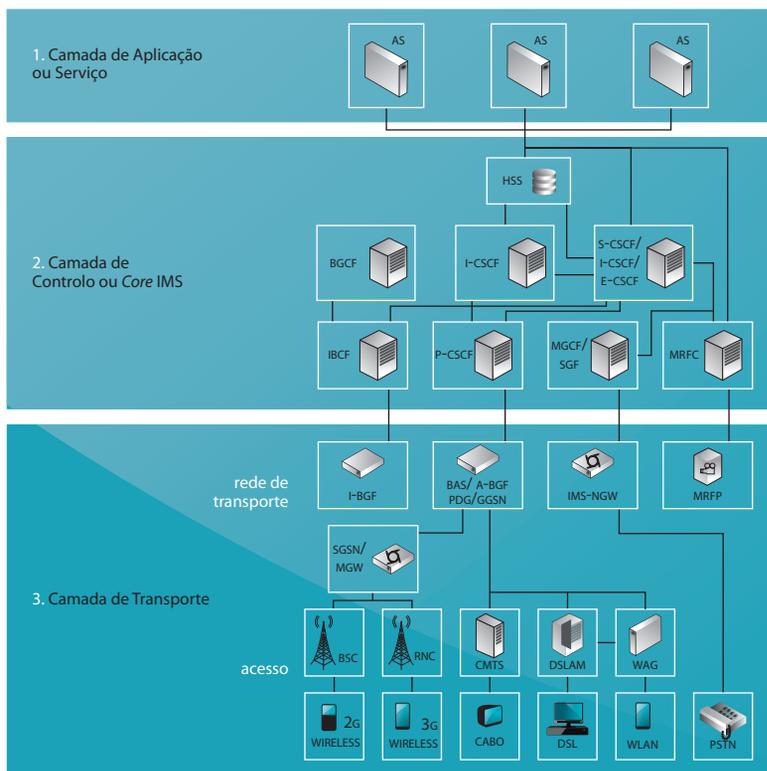


Figura 1 - Arquitetura geral IMS

1. <http://www.3gpp.org>
2. www.ietf.org

mentos terminais dos clientes, de forma a prestar a funcionalidade pretendida. São, assim, elementos fundamentais, quando se pretendem funcionalidades para além da chamada de telefonia básica, podendo constituir um ecossistema muito rico, incluindo interações entre eles e com outras entidades, externas ao ecossistema IMS.

O IMS integra-se com outras entidades das redes IP sobre as quais vai operar. Em particular surgem entidades como o CLF (ver subsistema NASS [5] do ETSI/TISPAN), PCRF (ver arquitetura PCC [6] do 3GPP), SPDF e A-BGF (ver subsistema RACS [7] do ETSI/TISPAN).

Quando instanciados em produtos comerciais alguns desses módulos funcionais aparecem agregados no mesmo elemento. É o caso do *Session Border Controllers* (SBC), que, na rede de acesso, pode agregar o P-CSCF, A-BGF e E-CSCF tornando-se nos elementos de entrada no domínio IMS, desde as diversas redes de acesso.

Para além dos elementos funcionais identificados surgem outros, necessários para o cumprimento das funções requeridas. Para o suporte a chamadas de emergência tem de existir um LRF [8] [9] [10]. Este elemento permite identificar qual deve ser o encaminhamento a dar a uma chamada de emergência, com base na sua origem e dessa forma garantir o correto encaminhamento para o PSAP (*Public Safety Answering Point*) correspondente. Esta função consiste numa base de dados e executa funções de decisão de encaminhamento (RDF - *Routing Determination Function*).

Do ponto de vista operacional e, para garantir a escalabilidade da solução, é necessária a utilização de ADC (*Application Delivery Controllers*). No âmbito da área técnica descrita neste artigo, estes elementos são utilizados com a função de balanceadores na rede de acesso, permitindo crescer a solução mantendo o nível funcional e de redundância.

As redes de acesso utilizadas podem ser quaisquer, fixas ou móveis. Redes que já suportem nativamente comunicação por pacotes IP e com a qualidade necessária, são naturalmente integradas com um núcleo de controlo de serviços IMS. Para outras redes, como a PSTN, é necessária a utilização dos respetivos adaptadores de sinalização e de *media*.

Para além da necessidade de garantir a necessária QoS para os serviços IMS, há necessidade de implementação de outros requisitos regulamentares como a interceção legal de chamadas (ILC) e restrição geográfica (RG). Enquanto numa rede PSTN

este último requisito está naturalmente garantido, numa rede IP há que garantir que, apesar de existir conectividade IP, determinados serviços apenas são disponibilizados na localização geográfica correta, por exemplo, sobre a linha DSL ou acesso GPON autorizados. Para o suporte de ILC, também devem ser colocados em operação elementos capazes de extrair da rede IP os dados necessários para realizar a ILC. Por último, a colocação em operação de uma nova tecnologia, tem impacto em outros sistemas do operador pelo que também os sistemas de OSS e BSS devem ser atualizados.

4. Descrição da solução atual

A solução colocada em operação pela PTP tem dois fornecedores principais, PTIN e Ericsson, trazendo ambos componentes próprios e de terceiros, IMS e não IMS.

A Ericsson foi selecionada para fornecer o núcleo IMS (CSCF, BGCF e HSS), entidades de interfuncionamento (MGW e MGCF) com a PSTN, entidades de mediação (EMA – Ericsson *Multi Activation*, e MM – *Multi-Mediation*) e complementares (DNS e ENUM). Para além destes componentes, é responsável também pela integração dos SIP-AS da *Broadsoft*, usados para prestação dos serviços de voz residencial e empresarial SIP-*Trunking*.

A PTIN foi selecionada para fornecer as entidades de acesso (SBC), balanceadores

(ADC), elementos de suporte à restrição geográfica (CLF), emergência (LRF), ILC e SIP-AS para serviço empresarial *ip-Centrex* (onde se inclui o MRFP/C, *ip-Windless*, para este serviço). Adicionalmente, a solução integra-se ainda com outros produtos PTIN, como o *Network Activator* (NA) e ArQoS. A Figura 2 resume o atrás descrito.

Para além dos elementos serem fornecidos em configurações locais altamente redundantes, normalmente com elementos duplicados em operação do tipo *active/standby* ou mesmo *active/active* com balanceamento de carga, foi ainda objetivo garantir redundância geográfica. Para isso a plataforma foi implantada com duas instâncias, uma em Lisboa (Picoas) e outra no Porto (Bonfim). Os dois núcleos IMS trabalham sem partilha de carga e na situação de uma falha grave, parcial ou total do núcleo da localização ativa, pode-se utilizar a outra instância para suportar a totalidade dos clientes.

De referir que na solução os elementos de acesso (SBC e ADC) não são redundantes mas estão antes funcionalmente distribuídos pelas duas localizações. Existem SBC para suporte ao serviço residencial em Lisboa (quatro pares) e SBC para o serviço empresarial em Lisboa e no Porto (três e um par, respetivamente). O ADC efetua balanceamento unicamente entre os SBC dando serviço aos clientes residenciais, pelo que também se localiza nas Picoas.

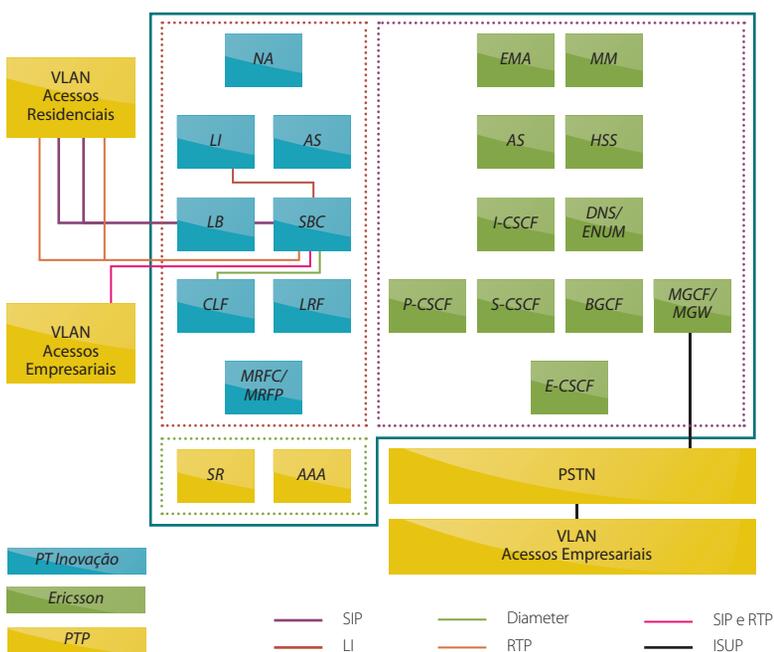


Figura 2 - Elementos e fornecedores da solução IMS/PTP

Atualmente a plataforma disponibiliza comercialmente o serviço de voz residencial (Class 5) sendo acedida por clientes MEO GPON (os restantes serviços estão em testes, com entrada em produção prevista entre o final deste ano e início de 2012), desde a rede lógica IPTV. Para este serviço, os elementos de fornecimento PTIN desempenham as seguintes funções:

- Os SBC, elementos ACME *Packet Net-Net 4500*³ de integração PTIN, estão envolvidos nas soluções de Restrição Geográfica, Chamadas de Emergência e Interceção Legal de Chamadas, interagindo, para o efeito, com outros elementos da solução; fazem adaptação de sinalização (essencialmente pela execução de HMR – *Header Manipulation Rules*), contornam situações de NAT (inexistentes até ao momento na rede de acesso) e garantem a segurança ao resto da solução (DDoS – *Distributed Denial of Service*). Desta forma, são elementos fundamentais da solução, apresentando uma grande complexidade. A escalabilidade, a este nível, é conseguida por adição de mais elementos físicos, tarefa possibilitada pela utilização de um *Load Balancer* (ADC). De salientar que, apesar de poderem funcionar como P-CSCF, foi opção colocar essa funcionalidade nos elementos Ericsson. No entanto, essa funcionalidade está parcialmente ativa de forma a ser efetuada a consulta aos CLF e assim garantir o requisito de restrição geográfica;
- O *Load Balancer* (LB ou ADC), elemento F5 *BIG-IP*⁴ 6900 de integração PTIN, é responsável pelo balanceamento de clientes (processando unicamente sinalização) dentro do conjunto de SBC dedicados ao tráfego residencial (pilha de SBC em Lisboa/Picoas). De forma a simplificar a solução, o balanceamento é efetuado pela análise do IP originário de sinalização desde as redes de acesso utilizadas (acesso IPTV sobre a tecnologia GPON, de momento). É necessário manter persistência para que todo o fluxo de sinalização de um determinado cliente seja processado pelo mesmo SBC, durante todo o tempo que durar o registo do cliente. Essa persistência também é garantida por observação do IP de origem da sinalização. Este elemento corresponde a um ponto único de falha e apenas pode ser ampliado por

substituição por outro elemento de maior capacidade. Com a solução de balanceamento desenhada com a PT Inovação, em que o fluxo de *media* não atravessa este elemento (média trocado diretamente entre cliente e SBC), consegue-se utilizar um modelo de menor capacidade (6900) para um maior número de clientes;

- O CLF, elemento de desenvolvimento PTIN integrado no produto *ip-Tiller*, está envolvido na solução de Restrição Geográfica, mantendo registo da correspondência entre linhas de acesso, endereços IP e endereços MAC dos elementos de acesso. Para a realização dessa tarefa, recebe registos de *accounting RADIUS* desde os elementos de rede *Service Routers* (SR), que iniciam o envio dessa sinalização para o CLF após a atribuição de um endereço IP a um elemento de acesso de cliente. Também está integrado, via *Web Service*, com servidores RADIUS de outras redes que não a de IPTV para obter também essa informação sobre o cliente (clientes com ligação à rede com autenticação RADIUS, tipicamente utilizando PPP). Durante o processo de registo dos clientes SIP, os SBC consultam o CLF no sentido de adicionarem à mensagem de registo a localização do cliente (*LineID*), conseguido com base no IP da entidade cliente. Funciona como ponto de flexibilidade permitindo adaptar o *LineID* a outros elementos de rede. Disponibiliza ainda um interface *Web Service*, que pode ser usado por outras aplicações ou serviços que necessitem deste tipo de informação;
- O LRF, elemento de desenvolvimento PTIN, também este integrado no produto *ip-Tiller*, está envolvido na solução de Chamadas de Emergência. Sempre que este tipo de chamadas é identificado, após um conjunto de validações (localização, situações de anonimato, etc.), estas chamadas são encaminhadas para o E-CSCF que, por sua vez, consulta o LRF no sentido de saber como encaminhar estas chamadas. O LRF consiste numa base de dados com informação de encaminhamento a devolver com base na identificação do número chamador dos serviços de emergência e do tipo de serviço invocado;

- O ILC, elemento *Verint Stargate*⁵ de integração PTIN, garante as funcionalidades necessárias para a Interceção Legal de Chamadas. Tratando-se de uma infraestrutura autónoma, o único ponto de contacto com a plataforma é nos SBC, através de interfaces apropriados, suportados por ambos (X1/2/3). Através do ILC e por essas interfaces, após receção e validação de mandados judiciais, os alvos são aprovacionados nos SBC. Estes, ao detetarem chamadas originadas ou terminadas em números sob observação, iniciam o envio de descrição das chamadas e media para o *Stargate* que, por sua vez, os envia ao LEA (*Law Enforcement Agency*, no caso português é a PJ);

- O NA desempenha um papel central em todo o aprovisionamento da plataforma IMS, num contexto onde todos os serviços serão configurados segundo processos automatizados e integrando os elementos da plataforma IMS com os sistemas de informação do Grupo PT. O NA faz interface direto aos elementos PTIN e aprovisiona os elementos Ericsson fazendo interface via entidades de mediação EMA.

Do descrito, torna-se evidente que os elementos PTIN requerem um elevado nível de integração entre eles, com elementos de rede e de aprovisionamento da PTP e com elementos IMS e de aprovisionamento da Ericsson. Na Figura 3 são representadas as interfaces estabelecidas entre as diversas entidades, com a finalidade de obter as funcionalidades necessárias.

A solução atual representa um único domínio IMS e apenas processa chamadas de e para clientes aprovacionados na plataforma, nativos ou portados, que tenham acessos em redes IP da PTP (de momento apenas na rede IPTV sobre a tecnologia GPON, mas com possibilidade de se estender ao DSL, HSPA e LTE). Não processa, portanto, chamadas que não sejam originadas ou terminadas em clientes aprovacionados na plataforma (por exemplo, chamadas em trânsito), com exceção de chamadas de emergência. Neste cenário, situações de portabilidade e saída/entrada de chamadas para/de outros operadores, são ainda endereçadas na PSTN (atual rede dando o serviço fixo de telefonia tradicional, por tecnologia de comutação de circuitos e executando lógica de serviços em plataforma

³ http://www.acmepacket.com/Collateral/Documents/English-US/_1data_sheets/APKT_DS_NN-4500_110908.pdf

⁴ <http://www.f5.com/products/big-ip/>

⁵ http://verint.com/communications_interception/section2a.cfm?article_level2_category_id=7&article_level2a_id=220

ao ILC é independente, tendo os SBC, na configuração estabelecida pela PTIN/PTP, um interface próprio para ligar a essa rede.

Existência de oferta de referência de interligação (ORI)

Para a interligação com outros Operadores, a PT está regulamentarmente obrigada a ter uma Oferta de Referência de Interligação (ORI). Na versão atual da ORI a interligação está definida sobre tecnologia TDM e sinalização SS#7, não estando ainda prevista interligação em tecnologia IP. De modo a não contrariar a atual ORI e, como no IMS existem clientes de três diferentes Operadores (PT Comunicações, PT Prime e TMN), as chamadas entre clientes IMS mas de diferentes Operadores terão que fazer *break-out*, fazendo assim *tromboning* na PSTN/PLMN. Isso é conseguido pela definição, no núcleo IMS, de três *phone contexts* o que permitirá a segmentação do tráfego, enviando as chamadas para MGW específicas ligando a cada operador.

6. Principais dificuldades e evoluções futuras

Nesta secção identificam-se as principais dificuldades sentidas pela equipa de trabalho durante todo o processo descrito:

- **Nova tecnologia, equipa heterogénea:** A tecnologia IMS, por si mesma, é bastante complexa e, por outro lado, ainda existe pouca experiência com a mesma. Existe um elevado número de protocolos envolvidos e entidades funcionais, requerendo especialistas em cada um deles. Essa complexidade agrava-se quando a equipa de trabalho tem diferentes origens, como são a PTIN, PT Portugal e Ericsson, com diferentes dinâmicas e metodologias de trabalho. Como forma de mitigar esta dificuldade, utilizaram-se diversas formas de coordenação, a diferentes níveis, em especial através da realização de reuniões e audioconferências periódicas. Também se utilizou o laboratório para a realização de testes exaustivos às soluções desenhadas e validação de cumprimento com os requisitos definidos;
- **Flexibilidade e complexidade da solução:** A complexidade do IMS deve-se à grande flexibilidade de que se quis dotar a tecnologia, necessária para ter a capacidade de poder ser adotada em diversos cenários, substituindo a atual tecnologia e possibilitando a construção dos futuros serviços de telecomunicações. As funcionalidades necessárias estão

distribuídas por várias entidades e os próprios protocolos de comunicação, em especial o SIP, apresenta também bastante flexibilidade.

Para além disso, também se quis que a instância IMS na PTP tivesse também bastante flexibilidade mas, ao mesmo tempo, requer algumas validações, por exemplo:

- Possibilidade de utilização de qualquer tipo de *hard/softphone*, sem requisitos especiais no seu funcionamento, o que implica necessidade de, no acesso (SBC), normalizar sinalização e numeração (por exemplo utilização de formato nacional/internacional, inclusão de '00' ou '+', entre outros);
- Possibilidade de realização de chamadas de emergência mesmo quando o terminal não está registado;
- Permitir que os clientes tenham acesso ao serviço mesmo quando não é possível impor restrição geográfica;

- **Tempo necessário para a implantação de funcionalidades:**

Dada a complexidade da tecnologia e da equipa, observa-se um ciclo demorado de especificação de funcionalidade, desenho de solução, validação em laboratório, execução de eventuais correções e validação em produção. Dado tratar-se de uma solução *carrier-grade*, as diversas soluções devem ser desenhadas de forma a não deixarem lugar a situações de indefinição que podem levar a comportamentos inesperados e indesejados;

- **Normalização inexistente:** Dada a interface MI, entre o E-CSCF e o LRF, não estar normalizada, foi disponibilizado uma interface *Web Service*. Esta interface pode ser adequada às necessidades específicas de cada operador. Na situação particular, fez-se este desenvolvimento alinhado com a implementação Ericsson no seu componente E-CSCF;

- **Necessidade de integração com elementos legados:**

A existência de no acesso existem acessos legados, obrigou a adicionar funcionalidades adicionais em alguns elementos, nomeadamente no CLF. Para impor restrição geográfica a clientes ligados à rede por acessos internet (PPP), em que não é possível o envio da informação do AAA/DHCP para o CLF, este disponibiliza um *Web Service* para solicitar a formação de associação endereço IP/

LineID ao AAA ou DHCP do operador. Neste caso, de forma a garantir a coerência e validade da informação recebida, esta não é armazenada pelo CLF, funcionando este como uma *gateway* protocolar.

A plataforma que agora inicia a sua operação nas redes do Grupo PT irá evoluir, sendo várias as dimensões de crescimento:

- **Arquitetura e rede:**

- Interligação das plataformas legadas na arquitetura IMS (e.g. IVR, *voicemail*, IN, SMS, MMS, etc.);
- Interligação em IP com outros operadores nacionais e internacionais;
- Evolução da plataforma para o suporte de operação em IPv6.

- **Serviços:**

- Introdução de serviços RCS;
- Implementação dos serviços MMTel, IMS *Centralized Services* (ICS) e *network centric Voice Call Continuity* para o VoLTE.

7. Conclusões

Este artigo endereçou a tecnologia IMS e o seu enquadramento de implantação na rede da PTP, onde se encontra a prestar serviço de voz a clientes residenciais. Esta estratégia enquadra-se num plano de evolução das redes do Grupo PT e que está alinhada com as tendências globais de evolução das redes dos operadores, de adoção de arquiteturas de Rede de Próxima Geração. Nesse sentido, durante os próximos anos observar-se-á uma crescente capitalização da plataforma, com uma crescente implantação de redes de acesso All-IP (GPON e LTE).

A PT Inovação forneceu componentes próprios e de terceiros, contribuindo para a solução geral, em cujo fornecimento também participou a Ericsson. As tarefas de colocação em operação comercial da solução, veio confirmar a complexidade da tecnologia, derivada da sua grande flexibilidade. No entanto, o sucesso dessa tarefa está confirmado pelo desempenho que a plataforma tem apresentado até ao momento, cumprindo em nível de desempenho e funcionalidades, incluindo todos os requisitos regulamentares e integração com outras redes.

Referências

- [1] IP *Multimedia Subsystem (IMS), Stage 2*, TS 23.228, *3rd Generation Partnership Project*
- [2] RFC 3261, SIP: *Session Initiation Protocol*, Junho 2002
- [3] RFC 3588, *Diameter Base Protocol*
- [4] ITU-T, Y.2012, "*Functional requirements and architecture of the NGN release 1*", Setembro 2006
- [5] ETSI TISPAN ES 282 004 v1.1.1: "*NGN Functional Architecture; Network Attachment Sub-System (NASS)*"
- [6] 3GPP TS 23.203 (*Policy and charging control architecture*)
- [7] ETSI ES 282 003 V3.5.1
- [8] Ver 3GPP TS 23.167, IP *Multimedia Subsystem (IMS) emergency sessions*
- [9] ETSI 3GPP TS 123 167 v8.5: "*Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; IP Multimedia Subsystem (IMS) emergency sessions*"
- [10] ETSI 3GPP TS 102 650 v1.1.1: "*Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); Analysis of Location Information Standards produced by various SDOs*"

Francisco Fontes, licenciado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, ramo de Electrónica e Telecomunicações, pelo Instituto Superior Técnico (Setembro de 1991) e Doutorado pela Universidade Politécnica de Madrid (Novembro de 2000) na área de gestão distribuída de redes de telecomunicações.

Em Setembro de 1991 iniciou a sua actividade profissional na PT Inovação (CET) tendo-se especializado em tecnologias de rede de banda larga.

Actualmente os seus interesses situam-se na área das arquitecturas de redes, em especial na sua evolução para arquitecturas RPG All-IP, com ênfase no IMS. É especialista em tecnologias de rede local e acesso, IPv6 e Multicast.

Também colabora com a Universidade de Aveiro/DETI, na qualidade de Professor Auxiliar Convidado, para as áreas de redes IP aplicadas às telecomunicações.

José Carlos Silva, concluiu o Bacharelato em Engenharia Informática, pelo Instituto Politécnico de Bragança em 2002, e licenciou-se em Engenharia de Sistemas e Informática, pela Universidade do Minho em 2005. Ingressou nesse mesmo ano a PT Inovação, estando desde então ligado à área de Redes de Próxima Geração. Actualmente integra o departamento de Desenvolvimento de Plataformas de Rede e Soluções Multimédia, na divisão de Soluções e Serviços Convergentes onde desempenha funções de desenho e integração de soluções IMS.

Paulo Rolo, licenciado em Engenharia Electrónica e de Telecomunicações pela Universidade de Aveiro em 1997, concluiu o mestrado em Electrónica e Telecomunicações pela Universidade de Aveiro em 2001. De 1998 a 1999 desempenhou funções na PT Comunicações na área de Infraestruturas de rede. Iniciou actividade na PT Inovação em 2000, na área de redes IP tendo participado em diversos projectos europeus. Desde 2002 participou no desenho e desenvolvimento de soluções pós e prépagas para controlo de dados em diversos projectos. Nos últimos anos liderou as equipas de AAA e *networking*, Qualidade e Integração de Soluções, e *Online Charging*. Desempenha actualmente as funções de *Team Leader* dos produtos MIGAS *gateway* (adaptação de pedidos Wap dentro da rede do operador), AAA (autenticação e autorização do acesso de clientes à rede de dados) e NASS (registo e inicialização de terminais e autenticação em redes TISPAN).

António Manuel Amaral, concluiu em 2001, a licenciatura em Engenharia Electrónica e de Telecomunicações, pela Universidade de Aveiro. Ingressou nesse ano no Instituto de Telecomunicações de

Aveiro como investigador na área de Redes. Concluiu em 2006, o Mestrado em Engenharia Electrónica e de Telecomunicações, pela Universidade de Aveiro, defendendo a dissertação de mestrado intitulada de "Encaminhamento *Multicast* em Redes IP". Ingressou na PT Inovação em 2006 e está incorporado no departamento de Desenvolvimento de Plataformas de Rede e Soluções Multimédia, na divisão de Soluções e Serviços Convergentes, desempenhando do papel de *Team-Leader* de uma equipa responsável pelo desenvolvimento de Soluções e Serviços Convergentes.

José São Braz licenciou-se em Engenharia Electrotécnica, ramo de Telecomunicações e Electrónica, pelo Instituto Superior Técnico. No grupo PT desempenhou funções na área de Planeamento da Rede de comutação telefónica e na área de Evolução Estratégica da Rede e Plataformas de Serviço, nomeadamente na evolução para Redes de Nova Geração. De 2006 a 2008 integrou o Grupo de Projeto de implementação do MEO/IPTV. Actualmente é responsável pelo Planeamento e Implementação da Rede Core de Voz Fixa.

Paulo Melo, licenciado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores pelo Instituto Superior Técnico.

De 1996 a 1997, na TV Cabo (Direção de Engenharia – novos serviços) coordenou e definiu a primeira demonstração de acesso à Internet e vídeo on demand na rede HFC, incluindo a solução de retorno ótico para garantir a bidirecionalidade.

De 1998 a 2008, na PTC (Direção de Engenharia - sistemas de comutação de voz), participou em alguns dos projetos mais importantes decorrentes de imposições regulamentares como a 'Alteração do Plano nacional de Numeração', 'Serviço de Pré-selecção de Operador' ou 'Portabilidade Numérica'. Representou a PT em grupos de trabalho do ETSI e ITU-T relativos à sinalização DSS1 e SS7.

Desde 2004 passou a estar mais ligado a projetos de Voz sobre IP, em particular a rede *Surpass* da PT-Prime.

Em 2006 coordena e define as primeiras soluções de interligação VoIP com clientes empresariais, que vieram a assumir o nome comercial de *GlobalPhone Business Trunk*.

De 2008 a 2011, na PTC (Direção de plataformas e engenharia de serviços - responsável pela área de soluções VoIP), define e coordena a solução técnica para oferecer serviços convergentes no grupo PT, o que incluiu a redefinição da solução de IP-centrex (i.e., *GlobalPhone Central* telefónica).

Responsável pelo stream de serviços no projeto de implementação da rede IMS no grupo PT.

01

Otimização de Recursos para Serviços de Vídeo em Redes Móveis

palavras-chave:

Otimização de serviços de vídeo, Qualidade de Experiência, Redes de distribuição de conteúdos, Rede Móvel, ICT MEDIEVAL



Nuno Carapeto



Pedro Miguel Neves



Telma Mota

O *streaming* de vídeo é considerado em muitos aspetos a mais importante e desafiadora aplicação nas redes móveis da próxima geração. As infraestruturas atuais não estão preparadas para lidar com a crescente quantidade de tráfego e a internet não foi pensada nem desenhada com os requisitos desta aplicação em mente. A atual arquitetura é ineficiente para este tipo de tráfego e não tem em conta a qualidade de experiência proporcionada ao utilizador. Este artigo centra-se no projeto MEDIEVAL que apresenta algumas metodologias definidas para proporcionar uma maior eficiência a estes serviços, centrados na utilização de *codecs* dinâmicos, otimização de mecanismos de transporte e integração de técnicas de *caching* avançadas.

1. Introdução

O tráfego associado a serviço de vídeo já representa mais de 40% do tráfego global e o seu volume aumenta a cerca de 76% ao ano, enquanto a largura de banda a apenas cerca de 30%, impulsionando os preços e custos associados. O crescimento da dimensão deste tipo tráfego é tal que seriam necessários 5 anos para visualizar todo o tráfego de vídeo transmitido num segundo atualmente na internet. Atualmente o tráfego de vídeo em redes móveis representa apenas 2% de todo o tráfego de vídeo, mas prevê-se que em 2015 já atinja os 9% do total de vídeo e 66% de todo o tráfego móvel [1].

Na origem desta escalada está o aumento da diversidade e crescimento da qualidade nos serviços de vídeo móveis. A popularidade e rápida evolução de *smartphones* e *tablets* têm tornado serviços como a televisão móvel, os clubes de vídeo *online*, o *broadcast* de vídeos pessoais

e videochamadas muito atrativas. As redes sociais e a fácil partilha de conteúdos de imagem e vídeo têm levado a um novo e atrativo mercado. No entanto, estes serviços possuem requisitos de qualidade de serviço elevados e são muito exigentes para com os serviços de rede. Assim para o operador surgem vários problemas associados a esta tendência de crescimento, especialmente nas redes de acesso e em períodos de picos significativos de tráfego.

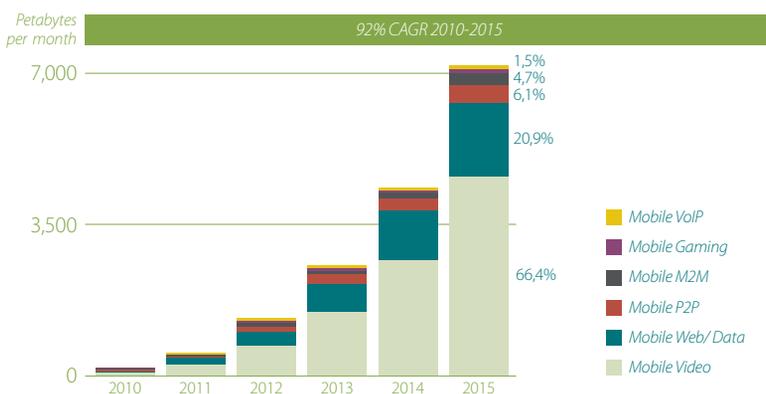
Como forma de atenuar o impacto deste crescimento para os operadores, este artigo apresenta um conjunto de mecanismos de otimização que passam pela gestão mais inteligente da adaptação e distribuição dos conteúdos de vídeo, assim como pela ativação de mecanismos na rede que têm como principal preocupação manter o mais elevada possível a "qualidade de experiência" do utilizador. Concretamente, a utilização de *codecs* adaptáveis (p.e. SVC - *Scalable Video Coding*),

aliada à seleção ativa de níveis de qualidade permite aumentar a escalabilidade das soluções e adequar os meios de transmissão aos utilizadores finais, seus equipamentos e redes de acesso. Na distribuição, é possível selecionar e aplicar de forma diferenciada diversos mecanismos de otimização como por exemplo: redução de escalonamento de tráfego, perda ativa de pacotes e/ou *frames*, redução de camadas ou até acionar mobilidade [2] entre redes de acesso. Por fim, a utilização de *Content Delivery Networks* com *caches* ativas alimentadas por métodos P2P facilita a descentralização dos conteúdos e liberta a rede *core*. Assim este artigo apresenta o trabalho que está a ser desenvolvido no projeto MEDIEVAL [3].

2. Serviços de vídeo

Os utilizadores de hoje em dia consomem serviços de vídeo através de todos e os mais diversos aparelhos: computadores, portáteis, *smartphones*, *tablets*, *set-top boxes*, *media centres*, etc. Todos estes aparelhos apresentam condições diferentes de visualização e necessitam da disponibilidade de diferentes resoluções e adaptações de vídeo apropriadas. Neste caso consideram-se os serviços de vídeo de: *video on demand*, televisão móvel, videochamadas e *live broadcast*.

O crescimento da popularidade de serviços de *video on demand* (VoD) como o YouTube, Ustream, etc. tem sido o mais notório e mais impulsionado pelas redes sociais e de partilhas de conteúdos gratuitos gerados pelos próprios utilizadores do que por conteúdos profissionais, normalmente pagos. Nestes serviços os utilizadores podem a qualquer momento ver e rever os conteúdos em qualquer altura, desde que cumpram os requisitos de acesso.



VoIP traffic forecasted to be 0,4% of all mobile data traffic in 2015.
Source: Cisco VNI Mobile, 2011

Figura 1- Previsão de crescimento do tráfego de vídeo nas redes móveis

A televisão móvel, embora muito popular em alguns países, ainda está longe de ser o serviço de sonho que prometia relançar a TV no mercado das telecomunicações. Parcialmente limitada pelas capacidades da rede, pelas dimensões dos ecrãs dos terminais e pela inadequação dos conteúdos existentes a TV móvel enfrenta a forte competição de serviços *on demand* que prometem oferecer os mesmos e mais conteúdos mas com mais comodidade e oportunismo.

Os serviços de videochamada têm tido uma procura muito reduzida junto do utilizador comum, em parte devido aos elevados custos associados quando comparado com a tradicional voz e com o pouco valor adicional que o vídeo traz na maioria das situações. No entanto, aplicações como o *FaceTime* e os novos modelos de *smartphone* devolveram alguma esperança a este sector, especialmente junto de cliente empresariais, graças à possibilidade de videoconferência entre múltiplos participantes.

O *broadcast* de vídeos (PBS – *Personal Broadcast*) por parte dos utilizadores e empresas tem ganho um segmento importante na área dos audiovisuais graças aos baixos custos que apresenta quando comparado com as abordagens mais tradicionais. Por outro lado, os *blogs* com *webcasts* e *podcasts*, têm feito surgir uma nova comunicação social limitada à Web e com uma nova atitude relativa à cobertura de eventos desportivos, culturais e político-económicos.

3. Arquitetura MEDIEVAL

O projeto MEDIEVAL não pretende definir toda uma nova arquitetura de vídeo, mas integrar nas arquiteturas existentes novas funcionalidades. Estas, quando integradas em arquiteturas como a definida pelo 3GPP, irão possibilitar a adaptação de conteúdos de forma a permitir que os utilizadores usufruam de serviços de vídeo com uma qualidade de experiência (QoE – *Quality of Experience*) apropriada e média superior ao tradicional.

A entidade que incorpora os serviços de vídeo é, neste caso, responsável pelo aprovisionamento de conteúdos, gestão de sessão e todos os aspetos relacionados com a adaptação de vídeo. Esta entidade é também responsável pela derivação de metadados de QoE que possam ser utilizados pelas outras entidades e permitam a adaptação eficiente dos mecanismos de transporte. Os serviços de vídeo definem

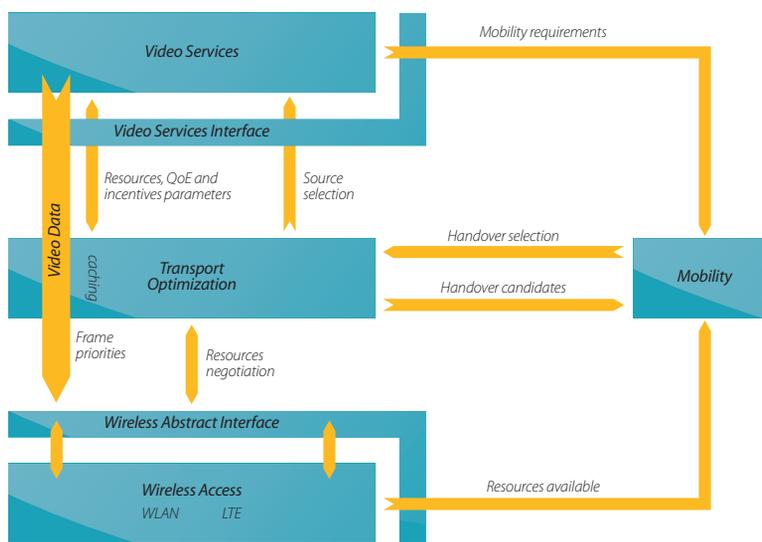


Figura 2 - Principais entidades lógicas da arquitetura MEDIEVAL

também os parâmetros que permitem configurar as redes de acesso adequadamente e o sistema de mobilidade.

A entidade de otimização de transporte é responsável pela otimização de todo o QoE na rede. Através dos dados de QoE retirados aos serviços de vídeo, é possível efetuar operações de gestão de tráfego de forma a maximizar o QoE de alguns utilizadores na rede ou da soma de todos. O otimizador recolhe a estimativa dos recursos de rede disponíveis para as aplicações de vídeo e realoca esses recursos de forma a atingir objetivo de qualidade no maior número de utilizadores possível. Quando os recursos são limitados, o tráfego é otimamente reduzido, através de alguma degradação de resolução, mas mantendo uma satisfação na qualidade experienciada pelos utilizadores.

A entidade de mobilidade recolhe todas as funcionalidades que se relacionam com a gestão da conectividade dos equipamentos às várias redes de acesso disponíveis. No caso de MEDIEVAL, uma arquitetura de mobilidade distribuída permite uma rápida e eficiente troca de um utilizador de uma rede de acesso congestionada para uma rede mais disponível, ou mesmo o *offload* de vários utilizadores de forma a prevenir congestionamentos. Estes métodos também têm em conta a localização da origem dos conteúdos, seja servidores ou *caches* dinâmicas espalhadas pela rede. Conhecendo o serviço e as suas restrições de QoS (*Quality of Service*) é possível efetuar alterações de rede com rapidez e com impacto mínimo na qualidade experienciada pelos utilizadores.

Na entidade de acesso *wireless* estão implementadas funções que permitem otimizar o último troço da entrega de vídeo e o seu foco está em facilitar a interoperabilidade entre redes de acesso baseadas em contenção (WiFi) e em coordenação (LTE), construindo uma camada de abstração sobre estas. Esta abstração permite também a tradução de parâmetros genéricos dos serviços de vídeo em parâmetros que permitam melhorar a atribuição de níveis de QoS na rede de acesso.

4. Adaptação de vídeo baseada em parâmetros de QoE

A rápida evolução do mercado de terminais tem expandido a variedade de formatos de ecrãs, resoluções suportadas e capacidades dos equipamentos. Toda esta variedade de terminais aliada a aplicações multimédia altamente exigentes, leva a uma também elevada variedade de resoluções e níveis de qualidade que podem ser entregues aos utilizadores e que são ótimas para uns e outros equipamentos. Assim com esta base, a adaptação de vídeo torna-se um fator central e distintivo nos serviços móveis, de uma forma que se torna essencial quando se pretende entregar a melhor qualidade e ao mesmo tempo consumir o menor número de recursos possíveis. Assim para o MEDIEVAL, a adaptação de vídeo é sempre realizada com um objetivo de qualidade de experiência para o utilizador. Tradicionalmente os operadores usam apenas métricas de qualidade de serviço (QoS) para adaptar os seus conteúdos. A QoS permite uma ideia clara da situação em que um pacote foi ou não entregue. No entanto, esta QoS

pouco diz relativamente à percepção que um utilizador tem relativamente ao serviço e em até que ponto a adaptação foi ou não a mais correta. Assim pretende-se olhar para muitas das técnicas utilizadas pelos operadores na sua rede à luz de uma nova métrica, que transmite um sentido muito mais lato da qualidade experienciada pelo utilizador.

Esta métrica é representada como funções que definem a relação entre as ações de adaptação e a qualidade percentual dos vídeos adaptados. Assim é possível alcançar a relação entre o *bitrate* de um vídeo sujeito a mecanismos de adaptação e os níveis de qualidade de experiência que ele atinge para o utilizador. Os mecanismos de adaptação de vídeo normalmente implicam a redução da taxa de transmissão, que pode ser obtida por *transrating* ou engenharia de tráfego como o descarte de determinados pacotes, *frames* ou camadas de vídeo (dependendo dos *codecs* em uso). O nível de QoE do vídeo adaptado é medido obtido através de uma técnica denominada de *Video Structural Similarity* ou VSSIM [4]. Esta técnica promove vantagens claras de complexidade e exatidão e correlaciona-se bem com o sistema visual humana, pois considera a perda de informação estrutural perceptível como a causa de degradação de qualidade. Como forma de medida usa um sistema baseado na média de pontuações (de 1 a 5) atribuídas por utilizadores, o MOS (*Mean Opinion Score*) [5][6]. Na Figura 3 é possível visualizar-se 5 exemplos das funções de qualidade por taxa de transmissão para 5 vídeos

diferentes que foram analisados depois de adaptados em várias resoluções distintas.

Graças à natureza diversa do conteúdo dos vídeos, a sua sensibilidade à adaptação é bastante diferente e esta informação permite ao adaptador encontrar a melhor forma de otimizar os recursos na rede. Assim é possível reduzir mais os recursos consumidos por um vídeo menos sensível e não o fazer para vídeo mais sensível, reduzindo os recursos totais mas mantendo uma qualidade homogénea e objetiva ótima. Como se verifica na figura é possível poupar mais recursos em vídeos mais estáticos como o caso das notícias (“Akiyo”, “MothrDotr”), mas menos em vídeo mais dinâmicos e com mais movimento como nos vídeos de desporto (“Football”, “Soccer”), pois estes últimos são mais sensíveis a adaptação das taxas de transmissão.

É importante de referir que estas técnicas podem ser utilizadas em dois momentos bem distintos. O primeiro na origem do *stream* de vídeo, onde já normalmente é realizado algum *transcoding* dos conteúdos, é possível reduzir a taxa de transmissão de uma forma eficiente, para toda a duração da transmissão ou apenas durante as faixas temporais de tráfego mais elevado. Um segundo, na própria rede, quando se detetam picos de tráfego é possível reagir imediatamente de forma a minimizar o impacto para o cliente final. Neste caso normalmente a ação passa pelo descarte de pacotes previamente marcados como menos importantes (terão menos impacto na qualidade final) ou

da retenção das camadas de maior qualidade para o caso de *codecs* escaláveis. É também possível incutir nos elementos de rede, componentes de otimização de vídeo que reajam desta mesma forma aos picos de tráfego. Na maioria dos casos é ótimo que estes equipamentos reajam sobre tráfego em agregado, especialmente, se for possível agrupar fluxos que depois de tipificados apresentem características semelhantes. No entanto a forma ótima de funcionamento seria em baixa granularidade, principalmente no fluxo individual, onde conhecendo a função que representa o seu comportamento no decorrer de vários momentos de tempo a adaptação pudesse ser ajustada com o decorrer do vídeo.

5. Redes móveis de entrega de conteúdos (*mobile CDN*)

Visto que o evoluir do tráfego de vídeo em redes móveis está-se a tornar um problema, MEDIEVAL optou pela implementação de uma MCDN (*Mobile Content Distribution Network*) [7], onde os nós podem guardar vídeos populares em *cache*. A disposição ótima de uma MCDN tem que ter em conta principalmente a quantidade e a localização das *caches*, de forma a garantir em simultâneo um aumento de performance e um baixo custo. A particularidade mais interessante de uma MCDN quando comparada com as tradicionais é os clientes destas têm um grande dinamismo, podendo-se mover de uns nós para outros. No caso de se movimentarem muitos nós, os conteúdos podem ser realocados entre *caches*.

O MEDIEVAL considera várias características importantes para as MCDN que facilitam a sua gestão e as tornam mais eficientes:

- Os conteúdos menos requisitados são descartados por um algoritmo que escolhe estes conteúdos e permite que o tamanho das *caches* não cresça indefinidamente;
- Partilha proativa de conteúdos com as *caches* para provocar baixos tempos de acesso, baseado em estimativas de acessos futuros;
- Troca distribuída de conteúdos entre *caches* inspirada em rede *peer-to-peer* (P2P) para diminuir a carga de acesso aos servidores;
- A localização dos nós é escolhida de antemão tendo com base a localiza-

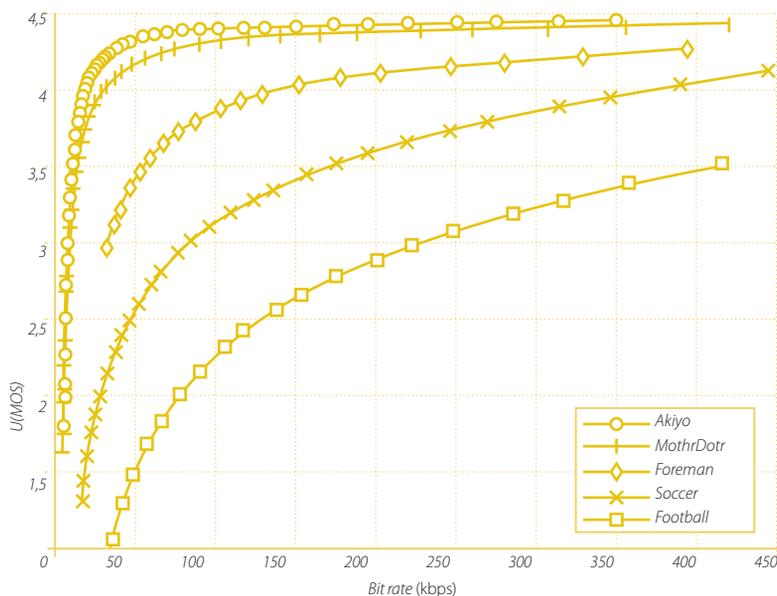


Figura 3 - Funções de qualidade por taxa de transmissão para 5 vídeos diferentes

ção e estrutura física e funcional da rede *core* de operador móvel;

- Armazenamento de conteúdos transmitidos sobre protocolos *http*, interceptados na rede e com recurso a *cacheing* dinâmico;
- Seleção do nó de origem dos *streams* de vídeo com base na infraestrutura de rede e na mobilidade dos utilizadores.

As redes de distribuição de conteúdos apresentam vantagens face a métodos mais tradicionais de entrega e tendem a agregar os mais diversos serviços (*mobile* TV, VoD e PBS) sob uma mesma arquitetura, especialmente num mercado de internet global onde grande parte dos conteúdos está fora da rede do operador.

6. Interesse para a PT

O interesse para a PT neste tipo de técnicas está sempre direcionado à possibilidade de poupar recursos de rede ao mesmo tempo que se aumenta a qualidade percebida pelo utilizador. Mesmo ignorando a tendência de crescimento que os serviços de vídeo apresentam para o futuro, não nos podemos alhear das vantagens que estes sistemas trazem para os utilizadores quando incorporados com os serviços existentes e atualmente disponibilizados pela PT. Cada vez mais, nas redes móveis os utilizadores consomem conteúdos de fontes diversas e que não têm uma resolução adequada para os seus terminais, muitas vezes levando a um consumo de tráfego extra que poderia ser evitado. Na maioria dos casos este consumo extra de tráfego não se traduz em receita, mas sim em custos para o operador.

Estas técnicas podem ser utilizadas em serviços de vídeo do MEO *Mobile*, mas também no MEO videoclube e no Sapo Vídeos. Para serviços mais vocacionados no *Video on Demand*, as *caches* podem apresentar poupanças muito significativas do tráfego transacionado. Técnicas de adaptação com base QoE apresentam vantagens para todos os tipos de serviços, em especial para aqueles que utilizem *codcs* escaláveis.

Como ponto adicional, a obtenção de aproximações à qualidade de experiência apresentada ao utilizador, são muito importantes em vários sentidos. Primeiro na descoberta de problemas em utilizadores individuais e em segundo para possibilitar uma concorrência mais feroz em termos genéricos da qualidade apresentada pelos produtos PT.

7. Conclusão

Todo este trabalho, entre outros, está a ser realizado no âmbito do projeto MEDIEVAL e com o intuito de melhorar as situações decorrentes do *streaming* UDP dos pacotes de vídeo. Cada vez mais o tráfego TCP (p.e. HTTP) se torna mais popular e ameaça substituir o restante. Assim grande parte da investigação realizada no âmbito deste projeto foca-se nesta primeira corrente, apesar de mecanismos como os relativos às *caches* poderem ser utilizados tanto em sistemas TCP como UDP.

Neste artigo foram apresentadas algumas abordagens para atenuar o impacto crescente do tráfego de vídeo na rede mantendo uma qualidade de experiência adequada para os utilizadores.

Referências

- [1] E. Schonfeld, "By 2013 Video Will Be 90 Percent Of All Consumer IP Traffic And 64 Percent of Mobile" online: <http://techcrunch.com/2009/06/09/cisco-by-2013-video-will-be-90-percent-of-all-consumer-ip-traffic-and-64-percent-of-mobile/>, visitado em Junho 2010
- [2] F. Giust, C. J. Bernardos, S. Figueiredo, P. Neves, T. Melia, "A Hybrid MIPv6 and PMIPv6 Distributed Mobility Management: the MEDIEVAL approach", na *workshop Mediawin 2011*, parte do ISCC 2011
- [3] FP7 EU project: *MultimEDIA transport for mobile Video Applications (MEDIEVAL) Consortium*, online: <http://www.ict-medieval.eu/>, visitado em Junho 2010
- [4] Z. Wang, L. Lu, A. Bovik "Video quality assessment based on structural distortion", 2005
- [5] S. Thakolsri, S. Khan, E. Steinbach, W. Kellerer "QoE-Driven Cross-Layer Optimization for High Speed Downlink", 2009
- [6] ITUT-P800, "Methods for subjective determination of transmission quality, {Recommendation ITU-R}", Agosto 1996
- [7] N. Amram, B. Fu, G. Kunzmann, T. Melia, D. Munaretto, and M. Zorzi, "QoE-based Transport Optimization for Video Delivery over Next Generation Cellular Networks," in Proc. IEEE MediaWin, Junho de 2011.

Nuno Filipe Carapeto, Licenciado em Engenharia Informática e Sistemas, desde 2005 pelo Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Colabora com a PT Inovação e o Instituto de Telecomunicações desde 2005 e o em projetos europeus como EU-QoS, HURRICANE, CCast e MEDIEVAL. As suas principais áreas de interesse são a qualidade de serviço e de experiência, otimização de mecanismos de rede IP, mobilidade e gestão de informação de contexto.

Pedro Neves, licenciado e Mestre em Engenharia Electrónica e Telecomunicações pela Universidade de Aveiro em 2003 e 2006 respetivamente, encontra-se, desde 2007, a desenvolver o Doutoramento em Engenharia Informática e Telecomunicações na mesma Universidade. Simultaneamente, participa na coorientação de alunos de Mestrado de Engenharia Electrónica e Telecomunicações. Após a Licenciatura, tornou-se bolseiro de investigação do Instituto de Telecomunicações, onde trabalhou nos projetos cofinanciados pela Comissão Europeia DAIDALOS-I e II, tendo sido responsável pela definição de uma arquitetura para a rede de acesso com integração da tecnologia WiMAX. Em Junho de 2006 iniciou atividade na PT Inovação, no domínio das redes de acesso *wireless* de próxima geração all-IP, nomeadamente na especificação de mecanismos para suporte de mobilidade transparente e QoS para as tecnologias WiMAX e 3GPP UMTS/LTE, no âmbito de projetos cofinanciados pela Comissão Europeia (WEIRD e HURRICANE) e pelo Eurescom. É coautor de cerca de 6 livros na área das telecomunicações, e tem mais de 25 artigos publicados em revistas e conferências internacionais.

Telma Mota, concluiu a Licenciatura e Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores na Universidade do Porto. Ingressou na empresa TLP SA, onde realizou trabalho de planeamento e dimensionamento de redes de comutação digital, Redes Inteligentes e teletráfego. Desde 1994 que integra a PT Inovação e tem estado ligada às áreas de gestão e arquitecturas de Redes e Serviços; IN, evolução da IN, TINA, Parlay, IMS, TISPAN e MBMS, assim como às normas 3GPP que se dedicam a definir aspectos de estabelecimento de Sessões Multimédia, QoS, Mobilidade e *Multicast*. Recentemente tem-se dedicado às arquitecturas de serviços; OMA, SOA, Web 2.0. Participou em diversos projectos Europeus (Eurescom e IST), liderou o C-CAST e na PTIN é responsável pela divisão "Plataformas e Redes Multi-serviço".

02

Garantia de QoS/QoE nas Redes de Dados Móveis

palavras-chave:
Policy Enforcement, QoS, QoE, 3GPP, Congestão, Admissão



Filipe Alexandre Leitão



Jorge Miguel Sousa



Miguel Santos

Atualmente, a evolução das infraestruturas de telecomunicações caminha para cenários de rede que suscitam o aparecimento de aplicações com características muito particulares como por exemplo o IPTV. Para acompanhar esta tendência os organismos de normalização tem definido arquiteturas de controlo para *Policy Enforcement* que quando aliadas a técnicas avançadas de *Deep Packet Inspection* tentam controlar e aproximar de um modo mais eficaz os níveis de qualidade de serviço (QoS – *Quality of Service*) associados à sessão do utilizador com às exigências dessas aplicações. Proporcionalmente à emergência de novas aplicações móveis está o crescimento de um segmento de subscritores exigentes, que preferem pagar para ter garantia de um serviço que cumpra as suas expectativas (QoE – *Quality of Experience*). Este é um segmento que poderá abrir portas a novos e interessantes modelos de negócio. A implementação destes serviços é dificultada pelo facto do controlo de QoS nas atuais redes 3GPP se materializar apenas na gestão da largura de banda e prioridade de tráfego, por fluxo de dados ou subscritor, no *core* da rede de um modo completamente agnóstico ao estado global de congestionamento, não tendo nenhum mecanismo de regulação e controlo de admissão aos recursos existentes.

O que se pretende apresentar neste artigo é a nossa proposta para resolução, ou pelo menos minimização do impacto, desse problema. Essa proposta materializa-se numa entidade que se designou como CAC (*Congestion and Admission Control*). Esta entidade terá a função de monitorizar o estado corrente da rede móvel e decidir a admissão ou rejeição de um novo subscritor na rede baseando-se na sua classe de serviço (tipo de cliente ou serviço accedido), largura de banda a atribuir a esse acesso e congestão da célula/área onde o cliente se encontra. Esta entidade não pretende substituir mas sim, complementar a atual arquitetura de controlo de *Policy* e *Charging* normalizada pelo 3GPP e existente na PT Inovação sob o produto ipRaft.

1. Introdução

Desde o primeiro serviço de acesso à Internet lançado pelos *Internet Service Providers* (ISP) que o desafio da gestão dos recursos da rede independentemente do estado de evolução ou maturidade da rede de acesso tem sido encarado como crítico e fator diferenciador.

Quando surgiu a rede Internet, baseada no conceito, que a caracteriza, de *best-effort*, emergiram protocolos com o propósito de minimizar este défice, orientados muito especificamente a um tipo de serviço, como é o caso do HTTP, SMTP ou RTP. Durante algum tempo, esta especificidade na escolha do protocolo associado ao serviço foi suficiente para maioria dos perfis de utilização da rede Internet, quando complementados com o protocolo de transporte adequado. No entanto, o aumento dos recursos de rede disponíveis, juntamente com a caracterização de neutralidade da Internet e a facilidade de implementação de um qualquer serviço sobre esta, já faziam prever a chegada de uma segunda vaga de serviços e aplicações com exigências muito específicas no que toca ao comportamento de rede como é hoje o caso dos serviços VoIP ou IPTV. Estes serviços, para além de requererem mais largura de banda dos que os demais, não toleram a variação constante do atraso de pacotes consequente da irregularidade de congestão na rede. Este problema foi agravado com o aparecimento em simultâneo de aplicações "indesejadas" pelos ISP como as aplicações baseadas em *Peer-to-Peer* (P2P) ou os serviços de *broad-cast* de vídeo. [1]

Assegurar níveis de QoS a serviços pre-

mium e ao mesmo tempo que assegurar a sua coexistência com serviços que monopolizam os recursos de rede continua a ser um desafio para os ISP. O refúgio comum, ou a solução sistematicamente colocada em prática, tem sido o investimento dos operadores com vista à melhoria de recursos de rede e consequente aumento de largura de banda disponível. Em redes fixas, associando uma eficaz monitorização da atividade e performance da rede, esta solução torna-se tolerável e consegue-se aproximar dos níveis mínimos de Qualidade de Serviço oferecidos, mas em redes móveis celulares o caso muda completamente de figura. Em primeiro lugar, o sobreaprovisionamento de largura de banda não é solução, por óbvias limitações físicas e custos associados. Em segundo lugar, esta é uma rede de comportamento imprevisível em que uma célula pode variar de um estado de baixa utilização para sobrelocação em minutos.

Com a disseminação do 3G e a chegada anunciada do 4G/LTE (*Long Term Evolution*), as infraestruturas de rede de dados nas telecomunicações móveis contemplam um aumento explosivo do número de utilizadores, potenciado pela aquisição cada vez mais e acessível de *tablets* e *smartphones*, bem como substituição por muitos subscritores do serviço fixo regular de acesso à Internet pelos *dongles* de acesso móvel. Nesse sentido, as entidades de normalização, como o *3th Generation Partnership Project* (3GPP) ou a *Internet Engineering Task Force* (IETF), têm definido entidades e arquiteturas de controlo para redes celulares móveis dotando os operadores de meios que lhes permita fazer o *enforcement* do QoS desejado, de forma

diferenciada. De facto, estas entidades quando aliadas a técnicas avançadas de *Deep Packet Inspection* (DPI) contribuem para que os operadores tenham acesso a um controlo mais apertado sobre o comportamento das aplicações na rede.

Hoje assistimos a uma mudança naquilo que é o comportamento e expectativas dos clientes, já que as garantias oferecidas, sendo impercetíveis ou incompreendidas culminam na frustração e descontentamento e muitas vezes ao cancelamento de serviços. *Quality of Experience* (QoE) do utilizador é um *driver* cada vez mais crítico e garantia de competitividade, e quanto a isso nem os operadores nem as entidades reguladoras tem argumentos claros [2].

Este é um dos temas quentes na comunidade científica, que procura um método eficaz que traga mais garantias, já não só ao nível do QoS, mas também da QoE do serviço. A grande dificuldade encontrada pelos engenheiros e investigadores, que trabalham com o intuito de garantir nas redes móveis celulares indicadores aceitáveis para estes índices, é o facto da maioria das soluções encontradas serem demasiado complexas, intrusivas e não evitarem a congestão irregular dos serviços de dados das redes móveis celulares. Já que o sobreaprovisionamento não é solução, resta então apostar num controlo mais apertado dos pedidos de acesso à rede, evitando que uma sobrelocação da mesma degrade o serviço de quem já lá se encontrava previamente ou paga mais pelo mesmo serviço. Este tipo de abordagem, pode levar ainda ao aparecimento de novos modelos de negócio, mais flexíveis e apelativos, mas sobretudo aproximados ao perfil de utilização do subscritor.

2. A arquitetura de policy enforcement 3GPP

Com uma evolução de mais de dez anos, as normas 3GPP ultimam hoje a normalização do *Long Term Evolution* (LTE), uma das tecnologias que caracterizam a Quarta Geração da rede celular móvel. Na *Release 7* do 3GPP foi desenhada uma arquitetura, inspirada na unificação de entidades que já existiam, para *Policy and Charging Control* (PCC) [3]. Esta arquitetura introduziu entidades como o *Subscription Profile Repository* (SPR) o *Policy and Charging Enforcement Function* (PCEF) e, finalmente, o cérebro da arquitetura, o *Policy and Charging Rules Function* (PCRF). A contextualização da arquitetura na rede pode ser observada na Figura 1.

A finalidade do 3GPP substanciada no desenho da arquitetura PCC foi a sua implementação nas redes atuais de multisserviço, que tornam imperativo o controlo e a inspeção de tráfego. Com estas entidades, o operador torna-se capaz de: aplicar diferenciação no tratamento de tráfego (por serviço ou cliente); fornecer diferenciação de largura de banda (novamente por serviço ou cliente); e aplicar regras que se traduzam no controlo eficiente do comportamento do tráfego de rede. Na *Release 7* de uma rede 3GPP, *Policy Enforcement* começa quando um subscritor de um serviço de dados inicia o seu acesso à rede. Nesse momento, o PCRF, cérebro da arquitetura PCC, é questionado pelo PCEF sobre a viabilidade do acesso do subscritor, consultando o SPR de modo a obter regras específicas associadas ao perfil do cliente e serviços subscritos. No final, o PCRF devolve ao PCEF essas regras e este instala-as no sistema que irá controlar a aplicabilidade

de das mesmas ao longo da sessão de dados. Este elemento, o PCEF, apresenta funcionalidades de um DPI, realizando operações de QoS e *quota management*, podendo estar integrado no próprio GGSN (*Gateway General Support Node*), *gateway* para dados numa rede 2G/3G, no PGW (*Packet Data Network Gateway*) numa rede 4G, ou alternativamente em linha com o tráfego (Gi/SGi), podendo diferenciar o tráfego dos clientes com base das regras obtidas do PCRF.

2.1. Evolução da arquitetura

A arquitetura PCC 3GPP (iniciada na *Release 7*) conta com implementações em praticamente todos os maiores operadores e fabricantes mundiais, o que reflete bem a sua maturidade. Hoje, após o fecho da *Release 10* e início dos trabalhos para a *Release 11*, observa-se que o conceito chave da arquitetura PCC se mantém, focando-se na evolução nas funcionalidades de *roaming* de dados e conceito de sessão, de modo a moldar a arquitetura inicial para os desafios inerentes à implementação do LTE, que traz o conceito de estabelecimento e controlo de múltiplos *Bearers* por terminal. Resumindo, a problemática da garantia de QoS relativamente à sessão/aplicação como descrita anteriormente mantém-se, mas agora com outros aspetos tidos em conta como o acesso por diferentes tipos de tecnologia, *roaming* e questões inerentes a mobilidade multiacesso.

No entanto, mesmo com a evolução da arquitetura, esta continua a falhar na resolução de problemas “reais” na rede. Um deles é a congestão na componente rádio da rede de dados nomeadamente ao nível das células.

3. Congestion and admission control

3.1. Um problema real de rede

A arquitetura PCC 3GPP foi introduzida como a ferramenta de um operador para assegurar níveis de QoS diferenciados consoante os vários tipos de tráfego. Esta arquitetura é suficiente para a maioria das redes de dados celulares onde a subscrição de planos de dados *flat rate* sem garantias de serviços funcionando em *best effort* representa a maioria das ofertas. Contudo, o crescimento exponencial na aquisição de *smartphones* e *tablets*, bem como a adesão crescente dos subscritores à rede de banda larga a partir de *dongles* 3G, com planos de dados diferenciadores, coloca os operadores à mercê de sérios problemas num futuro próximo, enquanto enquadrados em mercados altamente competitivos, onde o correto uso dos seus recursos, bem como QoE que podem oferecer, será fator crítico à sua competitividade. Apesar da diferenciação de tráfego ser garantida num ponto centralizado da rede (PCEF), isso pouco importa se elevados níveis de congestão na célula ou determinada área provocam a deterioração dos serviços de rede oferecidos, independentemente do perfil do subscritor ou serviço subscrito.

A razão para o problema apontado é o da arquitetura atual não estar ao corrente das condições de rede no momento de tomar as decisões de admissão do cliente na rede ou na determinação das regras a aplicar este, tendo para isso apenas em consideração o tipo de cliente e serviço subscrito. Desse modo, aceita indiscriminadamente qualquer pedido de acesso à rede, chegando a um ponto de congestão em que os serviços *premium* como IPTV ou a própria navegação se tornam impraticáveis pois nenhuma das regras atribuídas pode ser garantida e então voltamos a uma situação de QoS em *best-effort*. Numa fase em que muitas operadoras, se preparam para lançar redes LTE como Quarta Geração móvel, oferecendo maior largura de banda, serviços mais apelativos e preparando a futura migração dos serviços CS para IP como serviços de voz, torna-se imperativo resolver este problema para que a verdadeira perceção do cliente não seja afetada.

3.2. Uma nova entidade para policy enforcement

De modo a assegurar que as decisões tomadas pela arquitetura PCC são tomadas tendo em conta as condições reais da rede foi desenhada uma nova entidade pela PT Inovação: o *Congestion and Admission Control* (CAC).

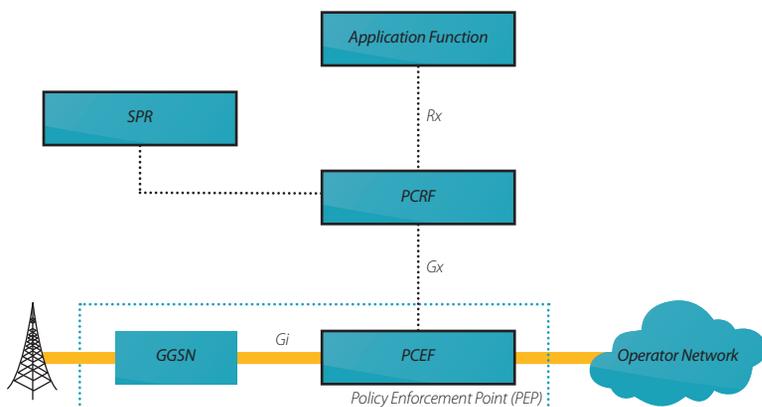


Figura 1 - 3GPP (Release 7) PCC Architecture [4]

O CAC irá ter a função de monitorizar as condições da rede, nos seus nós e *links* de acesso, tendo consciência do seu nível de utilização e dessa forma prever situações de congestão, e em determinadas condições transferir recursos previamente alocados a um cliente para outro. Dessa forma, poderá auxiliar o PCRF a tomar uma decisão mais justa sobre a admissão de cliente, e até tomar decisões como a de ajustar a largura de banda requerida pelo cliente ou dos que já se encontram ligados. A posição do CAC face à arquitetura PCC 3GPP e papel na rede pode ser observada na Figura 2.

A Figura 2 demonstra como é que a entidade proposta irá ser “alimentada” por indicadores, KPI (*Key Performance Indicator*), ao longo dos vários nós ou *links* de uma rede 3GPP, mantendo dessa forma uma visão detalhada do estado e níveis de utilização da rede. Esse conhecimento será mais uma variável a ter em conta no processo de admissão de um cliente pela arquitetura PCC:

- 1) A tentativa de sessão de dados chega inicialmente por forma de um *Credit Control Request (CCR)* ao PCRF a partir da rede pela interface *Diameter Gx* no momento em que o subscritor se tenta ligar à rede;
- 2) O PCRF consulta então o SPR ou a lógica de negócio para tomar conhecimento das regras a aplicar ao cliente no PCEF (até aqui nada de novo);
- 3) Neste novo passo, em vez de apenas responder ao PCEF com as regras a instalar, o PCRF interroga o CAC sobre a possibilidade de aceitação do cliente. Nessa altura o CAC vai executar internamente um algoritmo tendo em conta as condições que mantêm da rede, retornando uma resposta baseada: na localização do cliente; no congestionamento da célula/*link*; no perfil de QoS da subscrição; no impacto que a aceitação do cliente pode ter no estado da rede.

4) Analisando a resposta do CAC, o PCRF tem agora condições para tomar uma decisão mais precisa sobre a admissão do cliente e agir tendo em conta todos estes fatores. Essa decisão pode passar por: aceitação incondicional do subscritor tendo em conta a largura de banda associada ao seu perfil de QoS; aceitação condicional reduzindo a largura de banda associada ao seu perfil de QoS para o valor mínimo que lhe corresponder; rejeição do cliente por motivos de impossibilidade física.

Uma das grandes vantagens da implementação do CAC é a sua simplicidade e flexibilidade. Desta forma o impacto do componente na arquitetura PCC é mínimo, não agravando o *overhead* da tomada de decisão do PCRF. A entidade foi desenvolvida, seguindo o plano lógico da Figura 3, e está integrada com a atual solução de PCRF da PT Inovação.

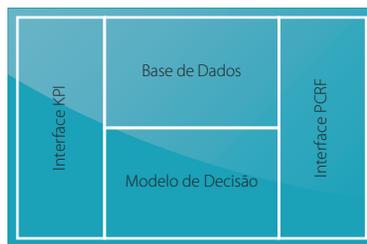


Figura 3 - Modelo Lógico do CAC.

3.3. Evitando problemas de congestão

Na última secção, o CAC foi descrito como mantendo uma monitorização constante do estado da rede. Essa monitorização auxilia o PCRF na tomada de decisão sobre a admissão de um subscritor de modo a evitar situações de congestão da célula.

Configurando valores para *threshold*, o CAC tem ainda o poder de por iniciativa própria bloquear indiscriminadamente qualquer novo subscritor de uma determinada célula/*link* ou realocação de recursos de rede. Esta realocação de recursos pode

ter várias formas e ter em conta vários fatores, no entanto o critério mais simples e justo é a priorização dos perfis *online* por duração corrente de sessão ou tipo de cliente. Deste modo, a congestão de uma célula pode ser evitada e os clientes já ligados não sentem um impacto drástico com novas entradas.

4. Conclusão

Embora a maturidade da solução 3GPP para *Policy Enforcement* não seja posta em causa, a necessidade de dotar a rede de sistemas de regulação e controlo que evitem a congestão de nós ou *links* é de extrema importância numa altura em que os operadores enfrentam uma cada vez maior procura pelos serviços de dados e muitos se preparam para lançar uma nova tecnologia de acesso e oferecer novos serviços particularmente exigentes e a atual arquitetura PCC 3GPP não está preparada para evitar situações de congestão.

Neste artigo foi apresentada uma entidade que pode ser considerada uma *add-on* à atual arquitetura PCC, preenchendo a lacuna apontada. O CAC consegue o seu propósito diferenciando os clientes pelo seu perfil de subscrição e/ou tempo corrente de sessão. Desta forma, os operadores são capazes de oferecer serviços exigentes como o IPTV, sem receios de quebras no serviço pois os recursos de rede podem ser alocados independentemente das condições da célula. Para além disso, a alocação de recursos feita dinamicamente é uma vantagem do componente que permite prever e evitar uma condição de congestão e ao mesmo tempo rentabilizar ao máximo os recursos existentes já que a prioridade é evitar o desperdício de largura de banda.

A introdução do CAC torna possível a aplicação de modelos de negócio que tenham em conta a localização do cliente, de forma a evitar situações previsíveis de congestão localizada como em estádios até mesmo no metro.

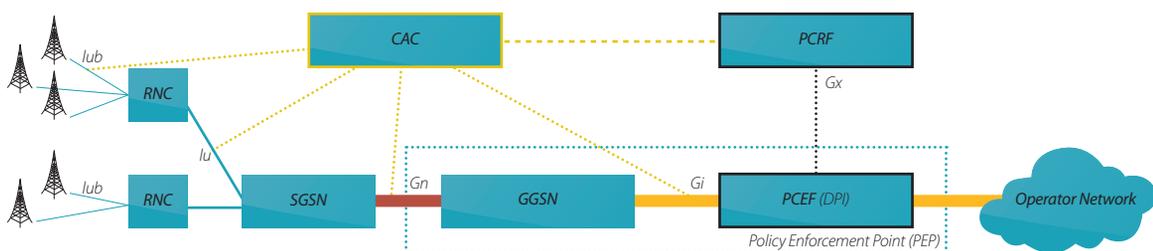


Figura 2 - CAC na Arquitetura PCC.

Em meados de Abril deste ano de 2011, o 3GPP iniciou trabalhos para avaliar a aplicabilidade daquilo a que chamou de "Policy control based on network condition" [5]. A ideia será precisamente a de integrar na normalização da arquitetura de *Policy Enforcement* apresentada no documento TS 23.203 [3] os conceitos apresentados neste artigo, embora seja trabalho para a Release 11 do 3GPP. Com esta proposta, a PT Inovação pretende não só acompanhar as tendências evolutivas da arquitetura PCC, mas também antever problemas das redes móveis atuais com propostas de valor inovadoras.

Referências

- [1] Ricciato, F., "Unwanted Traffic in 3G Networks", ACM SIGCOM *Computer Communication Review, Volume 36 – Number 2, April 2006*.
- [2] G. Finnie, "The Evolution of Policy Management: From QoS to QoE", *Heavy Reading, October 2007*.
- [3] 3GPP TS 23.203, v8.4.0, "Policy and Charging control architecture", December 2008.
- [4] 3GPP TS 29.212, v8.2.0, "Policy and charging control over Gx reference point", December 2008.
- [5] 3GPP TD S2-111562, Rel-11, "Policy control based on network condition", April, 2011.

Filipe Alexandre Leitão, Licenciado em Engenharia Informática pela Universidade do Minho em 2007, onde finalizou também o Mestrado em Engenharia Informática, em 2009, em colaboração com a PT Inovação na área de *Messaging* e *IMS*. Desde 2008 que integra a divisão de Soluções para Redes de Dados do DPM trabalhando na evolução e integração de soluções para *Policy Enforcement* e *Charging* em redes móveis.

Jorge Miguel Sousa, licenciado em Engenharia Electrotécnica e Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (especialização Automação) em 2001, concluiu a pós-graduação em Redes e Serviços de Comunicação na Faculdade de Engenharia do Porto em 2007. De 2001-2003 trabalhou na PT Inovação integrado na equipa de desenvolvimento da solução de redes inteligentes. Em 2004 trabalhou na Altran integrado na equipa de desenvolvimento da *stack protocolar* 3G para NEC. Desde de 2005 trabalha na PT Inovação integrado na equipa de desenvolvimento de soluções para redes de dados. Desempenha o papel de *team leader* desde de 2008 no sistema ipRaft (interface com as redes telecomunicações para o controlo de serviços de dados, nomeadamente interfaces *Policy* e *Charging*).

Miguel Santos, licenciado em Engenharia Electrotécnica e Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (especialização em Telecomunicações e Computadores) em 1998, concluiu o mestrado em Engenharia Electrotécnica e Computadores na Universidade da Florida em 2001. Desde 2002 trabalha na PT Inovação integrado na equipa de desenvolvimento da solução de redes inteligentes. Desempenha desde 2008 as funções de gestor da divisão de soluções para redes de dados onde se inclui os sistemas ipRaft (interface com as redes telecomunicações para o controlo de serviços de dados), *WAP gateway* (adaptação de pedidos *wap* dentro da rede do operador), *RADIUS AAA* (autenticação e autorização do acesso de clientes à rede de dados) e *M2M* (soluções *machine-to-machine*). Foi o representante da PT Inovação no 3GPP TSG SA WG2 – *Architecture*.

03

Always Best Connected Resultados e Desafios de Implementação na Rede do Operador

palavras-chave:
Mobilidade Seamless, 3G, Wi-Fi, Android, IPv6, Operador
Móvel



Tiago Cardoso



Pedro Neves



Ricardo Silva



Miguel Santos



Susana Sargento
(IT/UA)



Telma Mota

O grande investimento aplicado na área das telecomunicações móveis durante a última década trouxe uma enorme diversificação de soluções ao nível das redes de acesso *wireless*. Para áreas metropolitanas, verificou-se numa primeira fase a massificação do 3G através da tecnologia UMTS e, posteriormente, a introdução da tecnologia HSPA, dando início ao 3.5G. Apesar do acréscimo da velocidade fornecida pelo 3.5G, continuou a ser insuficiente para promover o aparecimento de serviços *real-time* para *smartphones* cada vez mais desenvolvidos e com maiores potencialidades. Deste modo iniciou-se a migração para o paradigma 4G através do surgimento das tecnologias WiMAX e LTE. Paralelamente, para áreas locais, a tecnologia Wi-Fi continuou a sua ascensão e solidificou a sua presença no mercado, complementando as redes *wireless* metropolitanas 3G (UMTS), 3.5G (HSPA) e 4G (WiMAX, LTE). A heterogeneidade de tecnologias de acesso disponíveis e o desejo dos utilizadores estarem permanentemente *online*, independentemente do lugar onde se encontram, motivou os operadores para adotarem o paradigma *Always Best Connected* (ABC). Os mecanismos necessários para implementar este paradigma têm sido amplamente estudados em diversas iniciativas de investigação onde a PT Inovação tem estado ativamente presente – projetos Europeus, projetos do Plano de Inovação, pós-graduações, organismos de

normalização — e das quais resultou a especificação, implementação e demonstração de uma *framework* de mobilidade *seamless* inter-tecnologia num ambiente IPv6 com *smartphones* Android. Sucintamente, este artigo apresenta os primeiros resultados experimentais de uma *framework* de mobilidade *seamless* inter-tecnologia e discute os principais desafios e soluções para integrar este novo paradigma na rede de um operador de telecomunicações móvel.

1. Introdução

Uma das áreas de investigação em telecomunicações de interesse crescente prende-se com os sistemas futuros de comunicações móveis de próxima geração. Estes sistemas, com suporte de múltiplas tecnologias sem fios, irão suportar larguras de banda elevadas fornecendo permanentemente capacidades de comunicação transparentes ao utilizador. De entre estas tecnologias, destacam-se as tecnologias *Wi-Fi*, LTE, *WiMAX* e HSPA. Note-se que, atualmente encontram-se já disponíveis várias tecnologias de acesso num telemóvel ou computador comuns, tais como o *Bluetooth*, GPRS, UMTS e *Wi-Fi*. Tendo em conta o cenário de convergência que se está atualmente a desenhar no espectro das telecomunicações, é essencial garantir que as diferentes tecnologias de acesso sem fios sejam capazes de funcionar em conjunto, de forma harmonizada e eficaz, permitindo, entre outras funcionalidades, o *handover* entre as mesmas. É então essencial que os sistemas de comunicação da futura geração possam suportar de uma forma transparente estas tecnologias, fazendo uso das mesmas para possibilitar um acesso *online* permanente dos utilizadores, em qualquer lugar e em qualquer instante.

O conceito de *handover* é essencial para suportar a conectividade nestes cenários dinâmicos, que permite efetuar o processo de transição de um utilizador entre redes diferentes, ou entre células diferentes da mesma rede, independentemente da tecnologia e, em condições ideais, completamente transparente para o utilizador, sem perda de conectividade. Para suportar esta mobilidade é essencial ter um protocolo de gestão de mobilidade, como o *Mobile IP* (MIP) [1], mas também é necessário in-

tegrar uma arquitetura de otimização de mobilidade, como o IEEE 802.21 [2], para otimizar os vários processos de mobilidade e diminuir o tempo sem ligação, com conseqüente diminuição de problemas nos serviços ativos.

Como resultado destes trabalhos de integração e de otimização dos processos de mobilidade, a PT Inovação tem em funcionamento um demonstrador funcional de mobilidade inter-tecnologia com *smartphones* Android que permite efetuar a mobilidade entre redes *Wi-Fi*, *WiMAX* e HSPA, em que esta mobilidade não é perceptível nos serviços ativos. Este demonstrador foi resultado do trabalho de um conjunto de projetos de investigação (e trabalhos de pós-graduação incluídos nos mesmos) e encontra-se preparado para incluir novas funcionalidades, como o *multi-homing*, integração de uma plataforma de contexto e mecanismos de decisão de mobilidade com informação de contexto [3]. Além disso, partes deste demonstrador encontram-se em fase final de prototipagem para desenvolvimento de produtos e soluções comerciais.

Este artigo descreve a arquitetura de mobilidade especificada e implementada no demonstrador, assim como os cenários de estudo e o seu funcionamento. De acordo com os vários cenários serão também apresentados os resultados de desempenho do mesmo. De uma forma geral, os serviços ativos não têm qualquer perda de pacotes durante o processo de *handover* quando os mecanismos de otimização desenvolvidos estão ativos. Ao nível do atraso dos pacotes durante o processo de *handover*, este situa-se também em valores muito baixos, da ordem das dezenas de milissegundos, enquanto que o tempo de

handover tem valores da ordem dos 50 a 200 milissegundos dependendo da tecnologia.

O artigo apresenta a seguinte estrutura. A secção 2 apresenta o cenário experimental que se encontra implementado e em demonstração e os seus resultados de desempenho são apresentados na secção 3. A secção 4 apresenta as considerações finais e descreve os desenvolvimentos recentes de transposição dos conceitos e protótipo desenvolvidos para desenvolvimento de um produto comercial.

2. Cenário experimental

O processo de mobilidade pode ser dividido em várias fases distintas, nomeadamente, I) iniciação, II) preparação, III) execução e IV) conclusão, e utiliza como base os protocolos IEEE 802.21 e MIP. Na fase de iniciação o gestor de mobilidade (*Mobility Manager* – MM) toma conhecimento que o terminal detetou uma quebra de sinal e inicia o processo de pesquisa de redes na vizinhança do mesmo (accedendo à informação disponível num servidor central). Na fase de preparação é reunida toda a informação passível de afetar a decisão do *handover*, desde as redes que realmente o terminal consegue receber até às preferências do terminal, e são efetuadas as operações que permitem a uma rede candidata receber o terminal sem que ocorram perdas significativas, nomeadamente, a reserva de recursos na rede selecionada para o *handover*. A fase de execução engloba o processo de mobilidade ao nível IP, em que neste caso, é efectuado o *trigger* remoto, a partir da rede, do MIPv6 no terminal. A fase de conclusão compreende a eliminação de recursos na rede à qual o terminal estava inicialmente conectado.

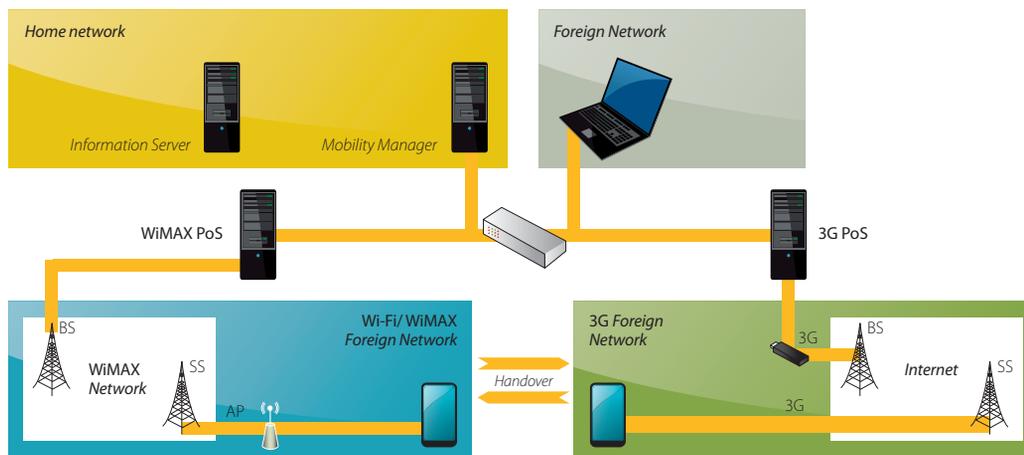


Figura 1 - Cenário de Mobilidade Seamless Implementado

O cenário implementado teve como principal objectivo ser próximo de um ambiente de redes heterogéneas disponibilizado por um operador. Sendo assim, este cenário integra três tecnologias de acesso banda larga: *Wi-Fi*, *WiMAX* e *UMTS / HSPA*. A gestão de mobilidade IP, a cargo do protocolo *MIPv6*, está dividida em quatro domínios *MIP*:

- **Home Network** – rede onde se encontram os servidores de gestão – *Media Independent Handover (MIH)* *Information Server (IS)*, *Home Agent (HA)*, *Mobility Manager (MM)*. O *IS* consiste numa aplicação *MIH* com ligação a uma base de dados *MySQL* com informação sobre a topologia da rede. O *HA* é a entidade *MIPv6* que controla a mobilidade IP dos terminais na rede. O *MM* é a entidade que controla o processo de mobilidade entre diferentes redes de acesso através do protocolo *IEEE 802.21 MIH*;
- **Foreign Network CN** – rede utilizada para efetuar *streaming* multimédia através de um *Correspondent Node (CN)*;
- **Foreign Network 3G** – rede comercial *UMTS/HSPA* da *TMN* onde se encontra o *MIH Point of Service (PoS)* da rede 3G;
- **Foreign Network Wi-Fi/WiMAX** – rede de acesso *Wi-Fi* com *backhaul* *WiMAX*, implementado através da ligação do *Access Point (AP) Wi-Fi* a uma *Subscriber Station (SS)* que por sua vez comunica com a *Base Station (BS)*. Dada a escassez de terminais móveis com suporte *WiMAX*, o objetivo desta rede é permitir efetuar reservas de recursos de modo a garantir *QoS* na rede *Wi-Fi*.

Este cenário possui algumas particularidades que o caracterizam em termos de desempenho em processos de *handover*. Nomeadamente o facto da rede comercial 3G ainda não disponibilizar *IPv6*, sendo que para ultrapassar este problema foi criado um túnel *IPv6* sobre *IPv4* entre o *PoS 3G* e o terminal. Este túnel pode afetar de alguma maneira os tempos de *handover* devido à necessidade de mais processamento por parte das entidades envolvidas na comunicação, já que têm que encapsular/descapsular mais um *header* no pacote IP. É ainda de salientar que, como esta rede é uma rede comercial, não é possível garantir *QoS* nem efetuar reservas de recursos rádio.

O terminal móvel utilizado neste demonstrador — *HTC Google Nexus One* — possui algumas modificações em relação ao modelo comercializado, nomeadamente ao nível das permissões de acesso, ao nível do *kernel Linux* e ao nível da *ROM*. Deste modo é possível executar aplicações externas, como o protocolo *MIPv6*, e obter controlo das interfaces rádio para otimizar o processo de *handover*. A implementação do protocolo *MIPv6* utilizada inclui alguns melhoramentos face à versão original, o *UMIPv0.4* [4], permitindo interação com entidades externas para controlo da execução do *handover* (instante e interface).

Para efetuar os testes de avaliação de performance foi utilizada a ferramenta geradora de tráfego *Distributed Internet Traffic Generator (D-ITG)* [5]. Esta abordagem tem o objectivo de avaliar quantitativamente os parâmetros de *QoS* nos processos de *handover* no terminal, como por exemplo o atraso, débito utilizado e quantidade de pacotes perdidos, com diferentes tipos de tráfego. Neste caso foram testados três

tipos de tráfego – Vídeo (512kbps), *VoIP* e *HTTP*. A avaliação do lado da rede foi fundamentada nos tempos despendidos em cada fase do processo de *handover*: iniciação, preparação, execução e conclusão.

3. Resultados obtidos

A Figura 2 e a Figura 3 representam os tempos decorridos durante a processo de *handover* do lado da rede, ou seja, valores medidos no *MM*. Comparando os procedimentos *3G > Wi-Fi* e *Wi-Fi > 3G* podemos observar que em *handovers* de *3G > Wi-Fi* o tempo total despendido (~900ms) é superior a *handovers* *Wi-Fi > 3G* (~450ms). Este facto é explicado por dois motivos: I) a fase de preparação é a que mais mensagens troca na rede inicial, neste caso a rede 3G; II) a rede 3G não possui as mesmas condições de acesso (qualidade de sinal, velocidade e garantias de *QoS*) que a rede *Wi-Fi*, e desta forma, os pacotes que são trocados pela rede 3G sofrem um atraso considerável. De salientar que os processos de *scanning* da interface apenas acontecem para a interface *Wi-Fi*, ou seja, em *handovers* em que a tecnologia de destino é *Wi-Fi*.

Fazendo uma análise aos serviços testados verifica-se o comportamento particular do tráfego *HTTP* que devido às características de protocolo de transporte *TCP* adquire uma performance pior devido às propriedades que lhe asseguram robustez e segurança.

É ainda relevante analisar a performance do *handover* no terminal, ou seja, tempo em que o terminal realmente executa o *handover*. Através da análise dos pacotes de sinalização *MIPv6*, analisando o tempo desde que o terminal envia um *Binding*

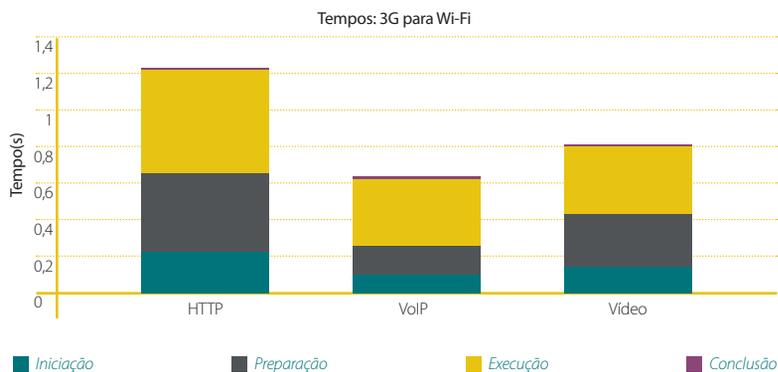


Figura 2 - Tempo total de handover 3G > Wi-Fi

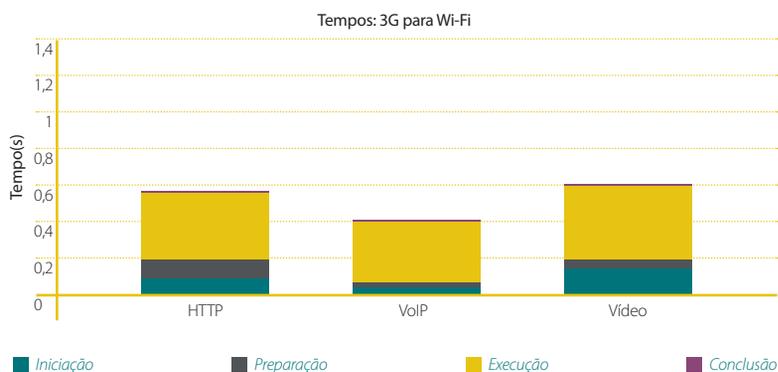


Figura 3 - Tempo total de handover Wi-Fi > 3G

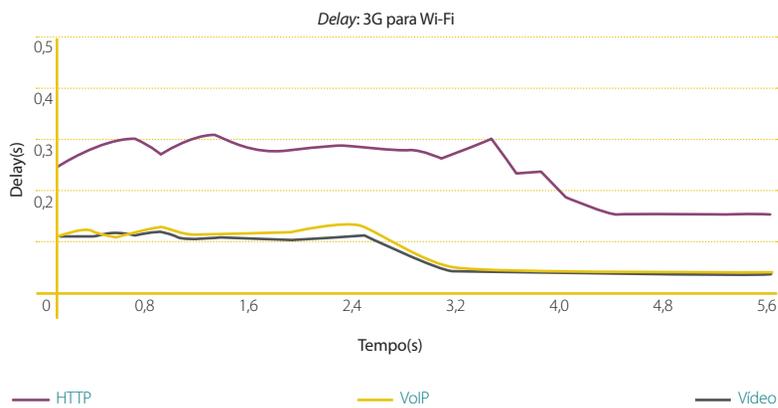


Figura 4 - Atraso Wi-Fi > 3G

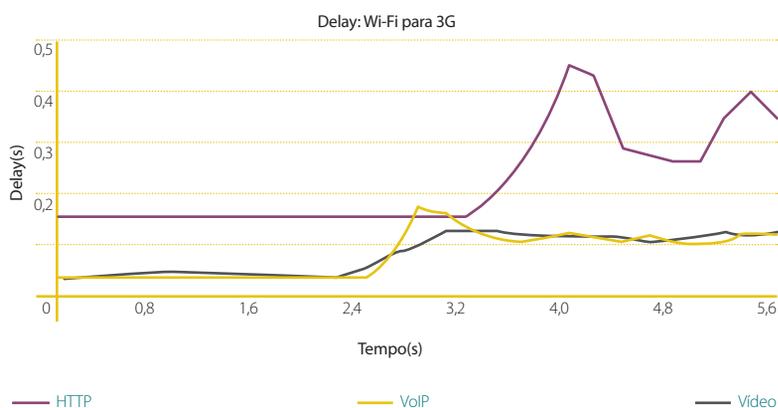


Figura 5 - Atraso 3G > Wi-Fi

Update pela interface antiga até receber um pacote pela nova interface. Este tempo, em handovers de 3G > Wi-Fi, foi de ~50ms e Wi-Fi > 3G ~200ms. Este tempo varia essencialmente devido às propriedades da rede 3G que, por possuir um delay superior ao Wi-Fi, influencia o tempo em que o primeiro pacote chega pela nova interface.

Em termos de QoS é relevante analisar a perda de pacotes (Tabela 1), onde é possível verificar a diferença de performance entre handovers com quebra abrupta da ligação, hard handover ou break-before-make, e handovers utilizando uma entidade de gestão de mobilidade (MM com suporte IEEE802.21), soft handover ou make-before-break.

A perda de pacotes observada em handovers 3G > Wi-Fi deve-se a pacotes fora de ordem, isto é, pacotes que no instante de handover se encontravam a ser encaminhados pela infraestrutura da rede 3G, sofrendo um maior atraso, sendo que devido a este facto chegam mais tarde que os pacotes que são encaminhados pela rede Wi-Fi. Analisando o atraso dos pacotes é verificável a diferença de entre a rede 3G e a rede Wi-Fi, com um factor 2:1.

O número de pacotes TCP apresentado na Tabela 2 representa todos os pacotes TCP, trocados pelo MM na troca de mensagens IEEE802.21 com outras entidades da rede. Como se pode verificar, a quantidade de dados relativa às mensagens IEEE802.21 trocadas com outras entidade IEEE802.21, incluindo o MN, é pouco significativa na perspectiva da capacidade das redes existentes atualmente, isto é, redes com capacidades da ordem das dezenas de MBytes/s. Analisando a informação relativa ao procedimento de configuração de terminais, verifica-se que foram trocados, em média, cerca de 2KBytes de tráfego de dados. Este valor foi constante durante os testes e depende maioritariamente do número de interfaces de rede que um terminal possui, uma vez que, por cada interface, uma mensagem IEEE802.21 é enviada para subscrever os eventos suportados por essa interface. Analisando o procedi-

	HTTP	VoIP	Vídeo
Hard Handover			
	0	155	166
Soft Handover			
3G > Wi-Fi	9	7,5	3,5
Wi-Fi > 3G	0	0	0

Tabela 1 - Perda média de pacotes por handover (make-before-break)

mento de *handover*, a mesma observação pode ser feita, isto é, a quantidade de tráfego IEEE802.21 enviado e recebido durante um procedimento de *handover*, cerca de 3,5Kbytes, é pouco significativa.

4. Considerações finais

Hoje em dia, a visão que os operadores móveis têm sobre o tema da mobilidade está a sofrer uma mudança importante. O volume de tráfego de dados não para de aumentar e as necessidades dos utilizadores deixam de se prender apenas com a velocidade do seu acesso e começam a centrar-se também na forma como estão ligados. A PT Inovação como fornecedora de serviços de controlo de acesso e tarifação deve estar atenta a esta mudança e deve preparar as suas soluções para incluir o suporte a mobilidade inter-tecnologia (por exemplo: rede móvel 3G e redes Wi-Fi) num futuro próximo. Desta forma, a aplicação do *know-how* obtido durante a realização deste protótipo surge como um passo natural na evolução da solução ip-Raft, solução de *Online Charging e Policy Enforcement* da PT Inovação. Com isto pretende-se que os clientes desta solução forneçam aos seus utilizadores uma experiência de mobilidade melhorada através de um mecanismo de gestão capaz de otimizar a utilização dos recursos móveis e gerir de forma eficiente a conectividade de um terminal.

4.1. Do protótipo ao produto – desafios e soluções

A Figura 6 representa a arquitetura de alto nível atual do produto ip-Raft no âmbito da solução *Shipnet* e a forma como se pretende que este demonstrador seja integrado. A comunicação entre o MM e o PCRF será efetuada através do protocolo proprietário RTDAP. Por sua vez, o MM comunicará com as outras entidades através do protocolo IEEE802.21, neste caso o terminal móvel.

Normalmente, as redes móveis de dados e as redes Wi-Fi estão desassociadas, o que levanta algumas questões que impedem o *deployment* direto deste protótipo. Do ponto de vista técnico o facto de cada rede ter o seu controlo acesso (AAA) próprio e efetuar atribuição de endereços (DHCP) distintamente dificulta o processo de controlo de mobilidade de uma forma centralizada, uma vez que o gestor de mobilidade necessita de ter uma visão pormenorizada e unificada da topologia/arquitetura da rede.

O protótipo atual foi concebido para gerir mobilidade em ambientes IPv6, decisão

Fase	N.º de Pacotes TCP	Tráfego (Bytes)
Iniciação	6	856
Preparação	10	1672
Execução	2	612
Conclusão	3	428

Tabela 2 - Pacotes/bytes de sinalização na rede

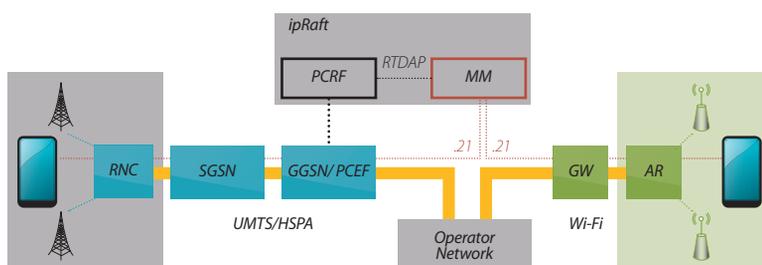


Figura 6 - Integração da plataforma de mobilidade com a plataforma ip-Raft

que teve em conta a capacidade do IPv6 de integrar mecanismos de mobilidade, nomeadamente através do MIPv6. No entanto, o processo de mudança IPv4 para IPv6 está a decorrer de uma forma lenta e desta forma são poucas as redes preparadas para suportar IPv6. Este facto levará este protótipo a sofrer algumas modificações, mais concretamente ao nível das entidades que efetuam a gestão de mobilidade IP na rede.

Os organismos de normalização têm vindo a especificar o funcionamento das redes de nova geração no que diz respeito a funcionalidades de mobilidade, mais concretamente, o 3GPP recentemente adotou o *Proxy MIP* (PMIP) [6] como sistema de gestão de mobilidade ao nível IP para LTE (3GPP TS 23.402). A proximidade com a evolução da rede móvel para LTE poderá levantar alguns desafios e oportunidades interessantes, nomeadamente com a inclusão do PMIP na arquitetura *Evolved Packet Core* (EPC), que permite que o controlo de mobilidade se encontre completamente do lado do operador, sem ser necessária a intervenção direta do terminal móvel.

Referências

- [1] C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4", IETF RFC 3220, Janeiro 2002.
- [2] IEEE 802.21 WG, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Media Independent Handover Services", IEEE Std. 802.21-2008, Dezembro 2008.
- [3] P. Neves, J. Soares, S. Sargento, H. Pires, F. Fontes, "Context-aware Media Independent Information Server for Optimized Seamless Handover Procedures", The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, Computer Networks, Special Issue on Network Convergence, Elsevier, Volume 55, Issue 7, Maio 2011, pp. 1498-1519.
- [4] M. Aramoto, M. Nakamura, S. Sugimoto, N. Takamya, <http://umip.linux-ipv6.org/>, accessed in 31st Agosto 2011.
- [5] Distributed Internet Traffic Generator (D-ITG), <http://www.grid.unina.it/software/ITG/>, acedido a 31 Agosto 2011.
- [6] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, B. Patil, "Proxy Mobile IPv6", IETF RFC 5213, Agosto 2008.

Miguel Santos, licenciado em Engenharia Electrotécnica e Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (especialização em Telecomunicações e Computadores) em 1998, concluiu o mestrado em Engenharia Electrotécnica e Computadores na Universidade da Florida em 2001. Desde 2002 trabalha na PT Inovação integrado na equipa de desenvolvimento da solução de redes inteligentes. Desempenha desde 2008 as funções de gestor da divisão de soluções para redes de dados onde se inclui os sistemas ipRaft (interface com as redes telecomunicações para o controlo de serviços de dados), WAP *gateway* (adaptação de pedidos *wap* dentro da rede do operador), RADIUS AAA (autenticação e autorização do acesso de clientes à rede de dados) e M2M (soluções *machine-to-machine*).

Foi o representante da PT Inovação no 3GPP TSG SA WG2 – *Architecture*.

Ricardo Silva, licenciado em Engenharia Informática em 2008 e mestre em Engenharia Informática em 2010 pela Universidade do Minho. Desde 2009 está na PT Inovação onde realizou a dissertação com o tema "Mobilidade em Ambientes de Acesso Heterogéneos com Terminais Android". O resultado deste trabalho deu origem a solução *MyConnect*, um gestor de conectividade para PC's, e ao desenvolvimento de uma solução de mobilidade para terminais móveis. Encontra-se neste momento a desenvolver a nova versão do *Meo Online* para Android.

Tiago Cardoso, concluiu o Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, ramo de Telecomunicações e especialização em Redes e Serviços de Comunicações, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Ingressou na PT Inovação no início de 2010 para realizar a sua dissertação intitulada "Mobilidade Entre Diferentes Redes de Acesso em Terminais de Próxima Geração" cujo trabalho se inseriu no âmbito do projeto europeu HURRICANE. Posteriormente esteve envolvido no desenvolvimento da solução *MyConnect*, gestor de conectividade para PC's. Atualmente encontra-se a trabalhar no projeto *MyMove*, solução de mobilidade para terminais móveis.

Pedro Neves, licenciado e Mestre em Engenharia Electrónica e Telecomunicações pela Universidade de Aveiro em 2003 e 2006 respetivamente, encontra-se, desde 2007, a desenvolver o Doutoramento em Engenharia Informática e Telecomunicações na mesma Universidade. Simultaneamente, participa na coorientação de alunos de Mestrado de Engenharia Electrónica e Telecomunicações. Após a Licenciatura, tornou-se bolseiro de investigação do Instituto de Telecomunicações, onde trabalhou

nos projetos cofinanciados pela Comissão Europeia DAIDALOS-I e II, tendo sido responsável pela definição de uma arquitetura para a rede de acesso com integração da tecnologia WiMAX. Em Junho de 2006 iniciou atividade na PT Inovação, no domínio das redes de acesso *wireless* de próxima geração all-IP, nomeadamente na especificação de mecanismos para suporte de mobilidade transparente e QoS para as tecnologias WiMAX e 3GPP UMTS/LTE, no âmbito de projetos cofinanciados pela Comissão Europeia (WEIRD e HURRICANE) e pelo Eurescom. É coautor de cerca de 6 livros na área das telecomunicações, e tem mais de 25 artigos publicados em revistas e conferências internacionais.

Susana Sargento, concluiu o Doutoramento em Engenharia Electrotécnica em 2003. Começou por ser docente no Departamento de Ciências de Computadores da Universidade do Porto de 2002 a 2004, e encontra-se desde 2004 na Universidade de Aveiro e Instituto de Telecomunicações. Durante os últimos anos ela tem estado envolvida em vários projetos nacionais e internacionais, destacando-se os projectos Europeus FP6 IST-Daidalos, IST-C-Mobile, IST-WIP e FP7 ICT-4WARD, ICT-C-CAST, ICT-Euro-NF, com responsabilidades de coordenação de várias atividades, como as atividades de Qualidade de Serviço e Integração de Redes auto-organizadas no projeto FP6 IST-Daidalos. Está correntemente envolvida em vários projetos Internos da Rede de Excelência FP7 Euro-NF na área de arquiteturas inovadoras para a Internet do Futuro, projetos no âmbito do Programa CMUJPortugal (DRIVE-IN), e projetos Nacionais FCT e com Empresas (de onde se destacam as colaborações com a PTInovação). Os seus interesses de investigação centram-se nas áreas de redes de Nova Geração e de Internet do Futuro, mais especificamente nas áreas de QoS, mobilidade, virtualização, redes autogeridas e cognitivas.

Telma Mota, concluiu a Licenciatura e Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores na Universidade do Porto. Ingressou na empresa TLP SA, onde realizou trabalho de planeamento e dimensionamento de redes de comutação digital, Redes Inteligentes e teletráfego. Desde 1994 que integra a PT Inovação e tem estado ligada às áreas de gestão e arquiteturas de Redes e Serviços; IN, evolução da IN, TINA, Parlay, IMS, TISPAN e MBMS, assim como às normas 3GPP que se dedicam a definir aspectos de estabelecimento de Sessões Multimédia, QoS, Mobilidade e Multicast. Recentemente tem-se dedicado às arquiteturas de serviços; OMA, SOA, Web 2.0. Participou em diversos projectos Europeus (Eurescom e IST), liderou o C-CAST e na PTIN é responsável pela divisão "Plataformas e Redes Multiserviço".

01

Evolução das Redes de Acesso de GPON para XGPON

palavras-chave:
GPON, XGPON, FTTH.



Rui Silva



Cláudio Rodrigues



Cesário Nogueira
(Withus)



Paulo Mão-Cheia

Nos últimos anos, tem havido uma clara evolução na implantação e desenvolvimento de fibra ótica até casa (FTTH – *Fiber To The Home*) devido à sua flexibilidade, características da tecnologia e evolução. Esta tecnologia permite a oferta de aplicações a uma elevada taxa de débito por cliente e, como tal, é a tecnologia com maior capacidade de criação de receita.

Atualmente as redes FTTH são o principal diferenciador entre operadores. Outra vantagem do FTTH é o facto de esta tecnologia permitir maior eficiência operacional, quando comparada com outras tecnologias de acesso, principalmente por redução de manutenção e custos operacionais. Além disso, requer menores espaço nas centrais e apresenta menos consumo de energia.

Como consequência, as redes FTTH, tais como a GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) (ITU-T G.984.x) foram normalizadas e desenvolvidas em todo o mundo, mas a necessidade de largura de banda pelos utilizadores e novos serviços faz com que este tipo de redes necessite de evoluir dos actuais 2,5 Gbps para os 10 Gbps na direcção do utilizador e 1,25 Gbps para 2,5 Gbps na direcção da central. Desta forma e para redução de custos operacionais e protecção do investimento inicial, os operadores devem manter o actual planeamento de comprimentos de onda

para que possa ocorrer uma coexistência na mesma fibra da actual GPON para as futuras redes de acesso, XGPON, tendo em conta a divisão de potência, distância e perdas.

Inerente à evolução tecnológica está também a evolução protocolar. Para a GPON apenas existe um *standard* (G984.x) que está segmentado em várias secções que descrevem as camadas física e protocolar. Esta abordagem não se verifica no XGPON pois neste momento existem dois standards que se complementam para o detalhar (G.987.x e G.988), estando o primeiro relacionado com a camada física e o segundo com a camada protocolar de gestão.

Neste artigo pretende-se rever e comparar a actual rede GPON e discutir um possível cenário de evolução para XGPON tendo em conta: normalização, planeamento das bandas óticas, equipamento de central (OLT – *Optical Line Termination*), equipamento de cliente (ONT – *Optical Network Termination*) e interoperabilidade.

1. Introdução

Considerável pesquisa e desenvolvimento foram realizados em torno das redes FTTH para responder adequadamente a uma série de exigências de serviços multimídia. A tecnologia TDM-PON (*Time Division Multiplexing – Passive Optical Network*), mais concretamente GPON é apresentada como a solução mais utilizada para FTTH. No entanto, a crescente necessidade de aplicações que requerem mais largura de banda, juntamente com as exigências dos utilizadores finais, farão com que em breve a capacidade desta primeira geração de rede de acesso baseada em fibra seja ultrapassada [1], [8] - [14]. Assim, o investimento em infraestruturas devem ser considerados e os requisitos para os serviços futuros devem ser tidos em conta. Um dos objetivos principais no processo de instalação de fibra é assegurar que o investimento em infraestruturas se encontra desenvolvido tendo em conta a máxima flexibilidade de forma a assegurar o progresso.

A popularidade atual da GPON entre operadores deve-se à exigência dos utilizadores finais, não existindo dúvidas que uma elevada largura de banda em fibra permite internet de alta velocidade, IPTV (*IP Television*), VoIP (*Voice over IP*) e vídeo analógico. No entanto, irá a seleção da tecnologia TDM-PON e o seu esquema de fibra em árvore limitar o futuro do fornecedor de serviços?

2. Rede FTTH baseada em GPON - caso português

Para a primeira geração de redes de acesso óticas a indústria e investigação focaram-se na tecnologia GPON. Esta tecnologia é baseada em divisão de potência numa configuração em estrela passiva onde o nó remoto

(RN – *Remote Node*) divide o sinal no sentido do cliente igualmente para os diferentes terminais de fibra ótica (ONT) Figura 1. Em adição ao baixo custo de instalação de apenas uma fibra até ao RN, este tipo de arquiteturas promove não só baixos custos energéticos mas também custo de manutenção de componentes ativos mais baixos.[3],[6]

Atualmente a GPON é baseada na norma do ITU-T Rec. G.984.x e suporta serviços *triple play* (dados, voz e vídeo) sobre *Ethernet* e interfaces E1, onde o GPON *Encapsulation Mode* adapta ambas as tecnologias. Tendo em conta estas propriedades e o facto de suportar 2,5 Gbits no sentido do cliente, 1,25 Gits no sentido da central, e a capacidade de atingir um rácio de divisão ótica 1:64 sobre uma única fibra com um alcance lógico de 60 km, é possível inferir que a GPON é a tecnologia mais eficiente em redes óticas passivas hoje em dia [3], [4], [6].

A Figura 2 apresenta a alocação de comprimentos de onda de acordo com a norma ITU-T Rec. 984.5. [2]-[4], [6].

A tecnologia GPON possui três comprimentos de onda definidos para os diferentes serviços, 1310 nm, 1490 nm e 1555 nm. O sinal para o utilizador encontra-se definido entre os 1480 nm e os 1500 nm e o sinal do utilizador dos 1260 nm aos 1360 nm, usando a banda dos 1550 nm aos 1560 nm para a distribuição de vídeo analógico.

Uma rede típica é apresentada na Figura 3 onde um filtro WDM combina o sinal para o utilizador, 1490 nm e 1555 nm e isola não apenas o sinal do utilizador, a 1310 nm, mas também o sinal de vídeo na central. A ONT usa um *triplexer* que inclui um filtro de vídeo integrado [2] (Figura 4).



Figura 1 - ONT7-SFU

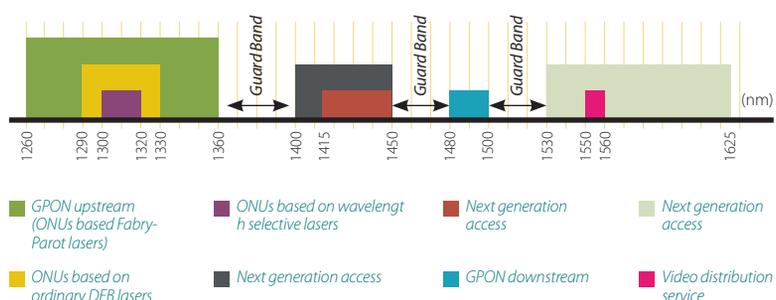


Figura 2 - Alocação de comprimentos de onda GPON [2].

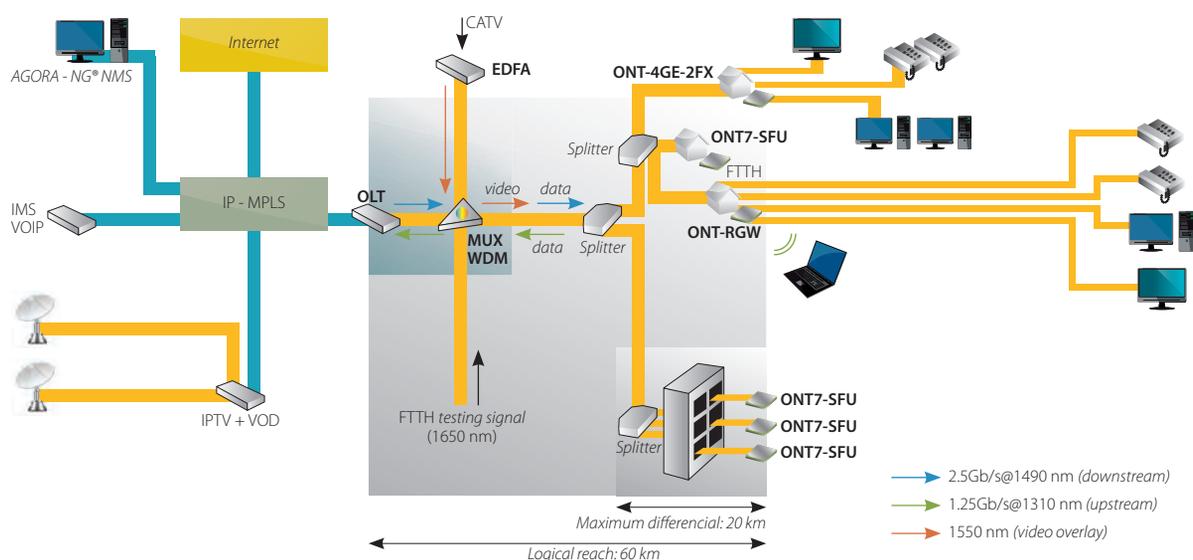


Figura 3 - Arquitetura GPON

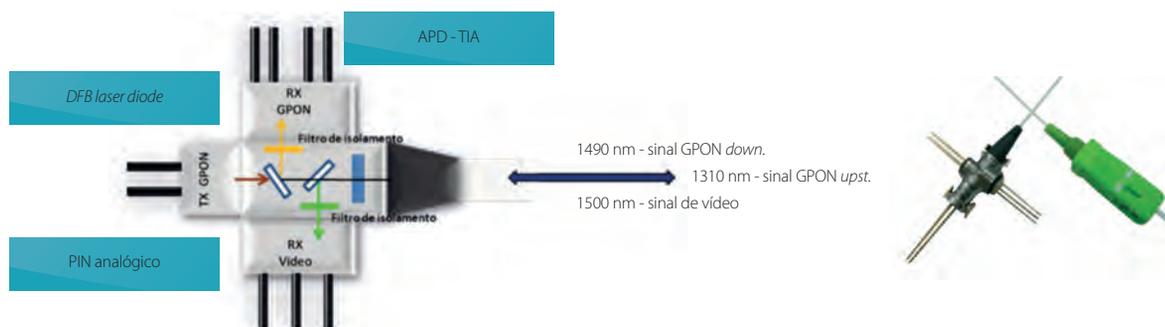


Figura 4 - Triplexer ONT



Figura 5 - OLT

A atual arquitetura GPON contempla também, um sistema centralizado e automático através do uso de um OTDR que insere um comprimento de onda a 1650 nm na rede para monitoria da fibra. Esta monitoria é realizada mediante o uso de elementos refletivos colocados no triplexer da ONT. Esta tecnologia de monitoria permite ganho de custos, fácil manutenção e rápida intervenção em caso de disrupção de serviço.

No caso português, cada PON, de classe B+ (28 dB de gama dinâmica), suporta 64 utilizadores ou ONT e é conseguida através de dois ou três níveis de divisão ótica. O plano de construção da rede de fibra define três tipos de topologias, com a combinação de 4 tipos de divisores óticos, 2:2 (ou 1:2), 1:4, 1:8 e 1:32, alimentando 64 clientes por cada porto do terminal de linha ótica (OLT) (Figura 5).

3. Evolução para XGPON

Para corresponder às necessidades dos utilizadores finais, as atuais redes GPON têm de enfrentar a primeira evolução em termos de equipamentos terminais e infraestrutura atual. A migração será feita através de um novo planeamento de comprimento de onda que permite a coexistência entre as duas tecnologias na mesma fibra. A norma ITU-T Rec. G987.1 define um mecanismo de migração para aquisição de um sinal para o utilizador de 10 Gbit/s e 2,5 Gbits do utilizador [5].

A Figura 6 apresenta o planeamento de comprimentos de onda definido na norma ITU-T Rec. G987.1 [5].

Para acompanhar o plano definido, o sinal do utilizador GPON tem que ser restrito a ONT baseadas em lasers DFB (*Distributed FeedBack*), enquanto o sinal para o utilizador XGPON está definido na gama dos

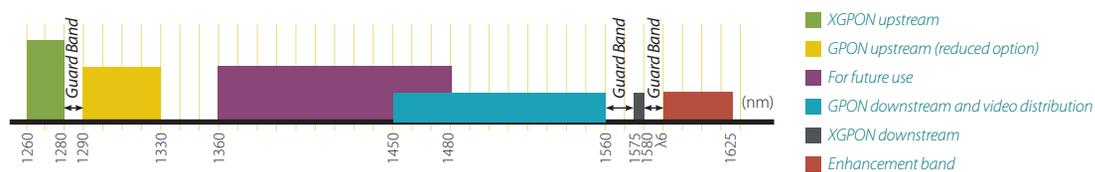


Figura 6- Alocação de comprimentos de onda GPON e XGPON [2-5].

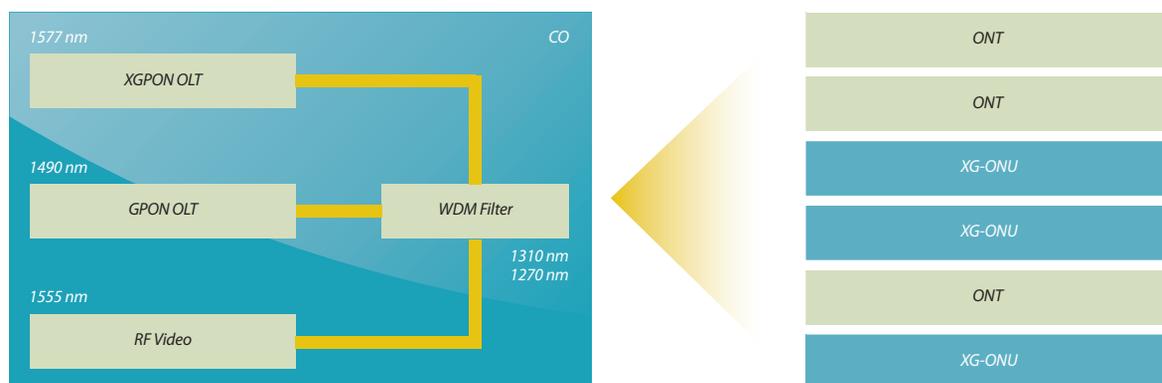


Figura 7 - Coexistência GPON e XGPON.

1575 nm aos 1580 nm e o sinal do utilizador dos 1260 nm aos 1280 nm [2-5]. Para a coexistência da tecnologia XGPON e GPON sobre a mesma fibra a central necessita de um filtro WDM que combine o sinal para o utilizador (1490 nm, 1555 nm and 1577 nm) e isole o sinal do utilizador, 1310 nm e 1270 nm, com o sinal de vídeo [2-5]. O sinal a 1650 nm, usado para monitoria, deve também ser contemplado.

Em adição, as ONT devem usar um *triplexer* que inclua um filtro integrado e um filtro discreto WDM que distinga os diferentes sinais presentes na fibra. As redes atuais, equipadas com ONT que respeitem a norma ITU -T Rec. G984.5, tais como as ONT7-SFU, são facilmente atualizadas para XGPON.

Classe B+, 28 dB de gama dinâmica ótica, é o requisito nominal para coexistência de GPON e XGPON sobre a mesma fibra. Tendo em conta o requisito de uma classe B+ para a coexistência entre as duas tecnologias, a atual arquitetura de rede instalada não vai limitar o futuro do fornecedor de serviços de telecomunicações visto a rede poder ser facilmente atualizada mediante a colocação de novos equipamentos terminais, nomeadamente: XOLT e XONT e trocando os atuais filtros WDM pelos novos de modo a suportarem sinais XGPON [4], [5].

Tal como a GPON, a XGPON suporta serviços *triple play* (dados, voz e vídeo) assim

como precisa de frequência/fase/sincronização temporal para aplicação em serviços móveis através da sua elevada qualidade de serviço e elevada capacidades de *bit rate*. Acesso a serviços *Ethernet* tais como ponto a ponto, ponto multiponto e roteamento multiponto de ligações *Ethernet* virtuais deve ser suportado. Finalmente como requisito global, a tecnologia XGPON deve suportar IPv6 [5].

4. Conclusões

As actuais redes GPON encontram-se totalmente preparadas para futuro, pois as redes de próxima geração, nomeadamente a XGPON, vão funcionar sobre a atual infraestrutura de fibra permitindo aos operadores capitalizar os seus investimentos para as próximas décadas.

Em termos de *bit rate*, a tecnologia XGPON é a evolução natural para as redes GPON.

Referências

- [1] Fu-Tai An, Kyeong Soo Kim, Yu-Li Hsueh, Matthew Rogge, Wei-Tao Shaw and Leonid Kazovsky, "Evolution, Challenges and Enabling Technologies for Future WDM-Based Optical Access Networks", white paper, January 2008.
- [2] ITU-T Recommendation G.984.5, Series G: Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Enhancement band, September 2007.
- [3] ITU-T Recommendation G.984.2, Series G: Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification, March 2003.
- [4] ITU-T Recommendation G.984.2 Am1, Series G: Physical Media Dependent (PMD) layer specification, Amendment 1: New Appendix III – Industry best practice for 2.488 Gbit/s downstream, 1.244 Gbit/s upstream G-PON, February 2006.
- [5] ITU-T Recommendation G.987.1, SERIES G: 10 Gigabit-capable Passive Optical Network (XG-PON): General Requirements, January 2010.
- [6] ITU-T Recommendation G.984.1, Series G: Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): General characteristics, 2008
- [7] ITU-T Recommendation G.694.1. Series G: Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid, June 2006.
- [8] W. Lee, M. Park, S. Cho, J. Lee, C. Kim, G. Jeong and B. Kim, "Bidirectional WDM-PON Based on Gain-Saturated Reflective Semiconductor Optical Amplifiers", IEEE Photonics Technology Letters, Vol.17, No. 11, November 2005.
- [9] F. Payoux, P. Chanclou, M. Moignard, R. Brenot, "WDM PON based on Spectrum Slicing and Reflective SOA", in NOC, London, 2005.
- [10] S. Park, G. Kim, T. Park, "WDM-PON system based on the laser light injected reflective semiconductor optical amplifier", Optical Fiber Technology, vol. 12, pp. 162-169, 2006.
- [11] E. Wong, K.L. Lee and T. Anderson, "Low-Cost WDM passive optical network with directly modulated self seeding reflective SOA", Electronics Letters 2nd March 2006 Vol. 42 No. 5.
- [12] Tae-Young Kim, Jeung-Mo Kang, and Sang-Kook Han, "Performance Analysis Of Bidirectional Hybrid WDM/SCM PON Link Based On Reflective Semiconductor Optical Amplifier", Microwave and Optical Technology Letters / Vol. 48, No. 11, November 2006.
- [13] J. Prat, C. Arellano, V. Polo and C. Bock, "Optical Network Unit Based on a Bidirectional Reflective Semiconductor Optical Amplifier for Fiber-to-the-Home Networks", IEEE Photonics Technology Letters, VOL. 17, NO. 1, January 2005.
- [14] A. Banerjee, Y. Park, F. Clark, H. Song, S. Yang, G. Kim, B. Mukherjee, "Wavelength-division-multiplexed passive optical network (WDM-PON) technologies for broadband access: a review", (Invited), Journal of Optical Networking, Vol.4, No. 11, November 2005.

Rui Manuel Silva obteve a Licenciatura em Engenharia Electrónica e Telecomunicações pela Universidade de Aveiro em 2005. Foi investigador do Instituto de Telecomunicações, Pólo de Aveiro durante dois anos, 2005 até 2007 na área de redes IP e codificação de Vídeo. Desde 2007 faz parte da PT Inovação, S.A, no departamento de Desenvolvimento de Sistemas de Rede na área de redes de transporte, onde participa em projetos de desenvolvimento da rede GPON, nomeadamente nas ONT.

Cláudio Rodrigues, obteve o Mestrado em Engenharia Física em 2007 pela Universidade de Aveiro e a Licenciatura em Engenharia Física pela Universidade de Aveiro em 2006. Foi investigador do grupo de comunicações óticas do Instituto de Telecomunicações, Pólo de Aveiro durante dois anos, 2006 até 2008, na área das redes óticas passivas por multiplexagem densa no comprimento de onda e redes de fibra ótica de plástico. Participou ainda em diversas conferências, publicando diversos artigos. Desde 2008 faz parte da PT Inovação, S.A, no departamento de Desenvolvimento de Sistemas de Rede na área de redes de transporte, onde participa em diversos projetos na área da fibra ótica e projetos nacionais e europeus de investigação.

Cesário Ricardo Costa Nogueira obteve a Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro em 2005, mestrado em Engenharia Eletrotécnica e dos Computadores em 2009 pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Desde 2005 faz parte da PT Inovação, S.A, atualmente exerce funções no departamento de Desenvolvimento de Sistemas de Rede na área de redes de transporte, onde participa em projetos de desenvolvimento da rede GPON, nomeadamente nas ONT.

Paulo Mão-Cheia, licenciado em Eng^a Electrónica e Telecomunicações pela Universidade de Aveiro. Ingressou no Centro de Estudo de Telecomunicações em 1991 no grupo de comunicações óticas. Tem trabalhado desde então no desenvolvimento de sistemas, e é actualmente responsável pela unidade Redes de Transporte. Participa em vários organismos de normalização nomeadamente no *Full Services Access Network*.

02

Transmissão e Recepção Coerente a 40 Gb/s e 100 Gb/s

40 Gb/s, 100 Gb/s, detecção coerente, transmissão coerente, DP-QPSK

palavras-chave:



Fernando Guiomar
(UA/IT)



Cláudio Rodrigues



Armando Pinto
(UA/IT)



Paulo Mão-Cheia

Neste artigo serão discutidos aspectos fundamentais da transmissão e recepção ótica coerente utilizando formatos avançados de modulação. Será dado especial enfoque a sistemas DP-QPSK, os quais assentam na codificação de 2 *bits* por símbolo por polarização, permitindo que a transmissão de sinais a 100 Gb/s seja reduzida a uma taxa de 25 *Gbaud*. Tirando partido das potencialidades do processamento digital de sinal, analisaremos soluções de detecção coerente de reduzida complexidade e custo. Analisaremos ainda diferentes métodos de equalização digital das distorções do sinal ótico, apresentando resultados para um sistema a 40 Gb/s.

1. Introdução

As redes de comunicações óticas representam atualmente o principal suporte de transmissão de informação a média e longa distâncias. Ao longo dos últimos anos, tem-se assistido a um crescimento assinalável de tráfego nestas redes, obrigando à reformulação de alguns paradigmas fundamentais. As operadoras de telecomunicações construíram amplas redes óticas por multiplexagem no comprimento de onda (WDM) a trabalhar a taxas de transmissão de 10 Gb/s por canal ótico. No entanto, a maioria destas redes é ainda suportada por sistemas de transmissão baseados em modulação em intensidade e detecção direta (IM/DD – *Intensity Modulation / Direct Detection*), uma tecnologia simples que está a atingir os seus limites de desempenho. Atualmente, a intenção das operadoras de telecomunicações passa pela migração para taxas de transmissão por canal ótico de 40 Gb/s e 100 Gb/s, o que obriga à adoção de novos paradigmas de transmissão e receção do sinal. Neste sentido, o uso de modulação ótica avançada em conjunto com detecção coerente e pós-processamento digital de sinal emerge como a resposta tecnológica atualmente mais aceite pelas comunidades científica e industrial [1].

Neste artigo começaremos por fazer um levantamento do estado da arte dos sistemas de transmissão ótica coerente, com especial enfoque na transmissão, detecção e pós-processamento digital do sinal. Serão analisados resultados de simulação relativos ao desempenho de técnicas de equalização digital após detecção coerente do sinal ótico, apresentando-se ainda uma proposta base para a realização de um sistema ótico coerente a 40/100 Gb/s.

2. Sistemas de comunicações óticas coerentes

A próxima geração de sistemas de comunicações óticas apresentará uma mudança radical de paradigmas ao nível da transmissão e detecção do sinal. A adoção de formatos avançados de modulação ótica, do lado transmissor, e de detecção coerente, do lado do recetor, permitem atingir taxas de transmissão superiores a 100 Gb/s por canal ótico. O advento destas novas tecnologias permite às operadoras de telecomunicações aumentar a capacidade das suas redes de transporte.

2.1. Formatos avançados de modulação e transmissores óticos

Os formatos de modulação em intensidade (ASK – *Amplitude Shift Keying*), tradicionalmente utilizados em sistemas de comunicações óticas, apresentam fortes limitações ao nível da eficiência espectral e robustez a distorções do sinal. Para além disso, a codificação de informação exclusivamente na intensidade do sinal limita ainda a sensibilidade de detecção do sinal no recetor ótico. Por estes motivos, tem surgido um interesse crescente em formatos avançados de modulação [1]. Neste artigo daremos destaque à modulação ótica de amplitude em quadratura (QAM – *Quadrature Amplitude Modulation*), em que duas portadoras ortogonais entre si são independentemente moduladas em amplitude. O sinal resultante da adição das duas portadoras possui informação codificada na amplitude e fase do campo ótico, apresentando uma componente em fase (*I – In-phase*) e uma componente em quadratura (*Q – Quadrature*). Um sinal QAM é tipicamente classificado de acordo com o número de símbolos distintos, M , que constituem o seu alfabeto, em que o número de *bits* transportados por cada sím-

bolo é dado por $\log_2(M)$. Um sinal 4-QAM — ou alternativamente, QPSK (*Quaternary Phase-Shift Keying*) — apresenta uma constelação com quatro símbolos e pode ser obtido pela modulação binária em amplitude das suas portadoras *I* e *Q*. No caso particular de um sinal ótico é possível tirar partido de um grau de liberdade adicional que é fornecido pela polarização do sinal. Deste modo, os formatos de modulação ótica que apresentam atualmente maior potencial de implementação utilizam as duas componentes ortogonais de polarização do sinal para transportar sinais QAM independentes, dando origem a um sinal DP-QAM (*Dual Polarization QAM*), que transportando $2\log_2(M)$ *bits* permite duplicar a eficiência espectral do sistema. Na Figura 1 é apresentado um diagrama de blocos simplificado que ilustra a estrutura de um transmissor DP-QAM genérico, onde as linhas a vermelho representam ligações eléctricas; as linhas a azul representam ligações óticas; DAC – Conversor Analógico-Digital (*Analog-To-Digital Converter*); PM – Modulador de Fase (*Phase Modulator*). Um laser operando em contínuo fornece a portadora do sinal DP-QAM que ao passar por um polarizador (PBS – *Polarization Beam Splitter*) dá origem a duas portadoras independentes alinhadas com as componentes vertical e horizontal do vector polarização. Estas portadoras alimentam dois moduladores IQ semelhantes, mas independentemente operados. Nos moduladores IQ, cada portadora é separada nas suas componentes *I* e *Q*, sendo aplicada modulação em amplitude a cada uma destas componentes utilizando um modulador do tipo *Mach-Zehnder* (MZM – *Mach Zehnder Modulator*) para esse efeito. Por fim, as componentes *I* e *Q* são reagrupadas num sinal QAM e após o controlo de polarização (PC – *Polarization Controller*)

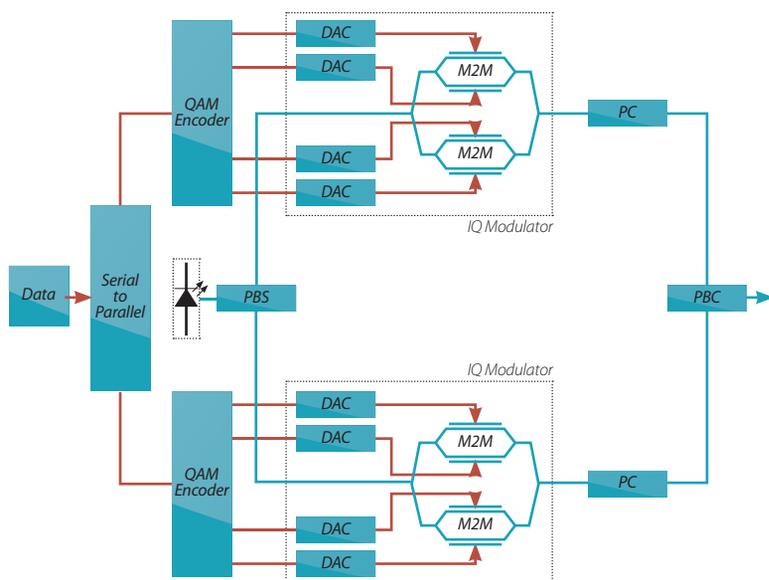


Figura 1 – Estrutura universal de um transmissor óptico DP-QAM.
 DAC – Conversor Analógico-Digital (Analog-To-Digital Converter); PM – Modulador de Fase (Phase Modulator)

as suas componentes horizontal e vertical são adicionadas num acoplador de polarização (PBC – Polarization Beam Combiner). Uma das principais vantagens desta estrutura de transmissor reside no seu carácter universal. A modulação de sinais QAM de diferente complexidade exige apenas a adaptação dos blocos de codificação (QAM Encoders), responsáveis por gerar as correntes de condução dos moduladores IQ.

2.2. Detecção coerente e recetores óticos

Os recetores tradicionalmente utilizados em redes óticas baseiam-se no princípio de deteção direta, sendo apenas sensíveis à informação modulada na amplitude do sinal recebido. A adoção desta tecnologia simples e de baixo custo foi a escolha natural no advento das comunicações óticas. Contudo, as limitações da deteção direta vêm sendo expostas pelo progressivo aumento de tráfego nas redes de núcleo e consequente necessidade de superior largura de banda e eficiência espectral. Desde logo, a incompatibilidade com formatos avançados de modulação coloca um forte entrave à otimização espectral do sistema ótico. Por outro lado, o próprio princípio de deteção direta limita a máxima sensibilidade de deteção atingível. Por fim, a lei quadrática de deteção direta e consequente eliminação da informação de fase do sinal limitam gravemente o desempenho e a própria aplicabilidade do processamento digital de sinal após deteção, para efeitos de sincronização e equalização. Estas limitações tecnológicas obrigam à adoção de uma solução para deteção do sinal mais avançada – a deteção ótica coerente. Ao

contrário do recetor de deteção direta, o recetor ótico coerente efetua a deteção da informação de amplitude e fase do campo ótico [2]. Deste modo, para além de ser compatível com modulação avançada, a deteção coerente potencia ainda a utilização de pós-processamento digital de sinal para otimização do desempenho do sistema ótico. Graças aos assinaláveis avanços registados ao longo da última década, a deteção ótica coerente pode já ser encarada como uma tecnologia madura do ponto de vista científico. A necessidade de modernizar as redes de transporte, de modo a suportar taxas de transmissão por canal ótico superiores a 100 Gb/s, tem levado diversos fabricantes a incluir esta tecnologia no seu portefólio.

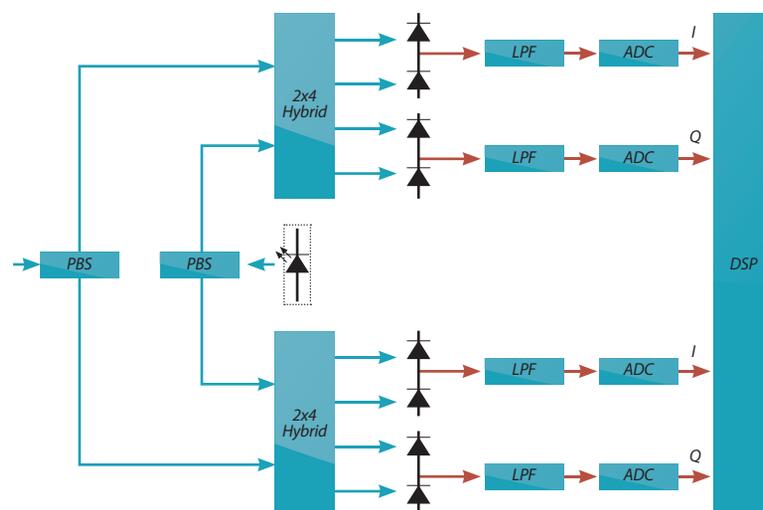


Figura 2 – Estrutura universal de um recetor ótico coerente em configuração intradina

Actualmente, o recetor ótico coerente que reúne maior consenso no seio da comunidade científica baseia-se numa configuração intradina, cuja estrutura simplificada é apresentada na Figura 2. Recorrendo novamente a PBS, as componentes de polarização horizontal e vertical são extraídas do sinal recebido e da portadora de referência gerada pelo laser oscilador local (OL). Estas componentes são independentemente desmoduladas recorrendo a híbridos óticos de 90°. Cada híbrido ótico de 90° possui duas entradas (sinal recebido e laser oscilador local (OL)) e quatro saídas, compreendendo duas saídas simétricas para cada uma das componentes I e Q, resultantes da mistura entre o laser oscilador local (OL) e o sinal recebido. Após este estágio de desmodulação, as componentes I e Q nos dois estados de polarização são convertidas para o domínio eléctrico por intermédio de quatro pares de fotodiodos em configuração balanceada. Após uma filtragem passa-baixo (LPF – Low-Pass Filter), procede-se à amostragem destes quatro sinais eléctricos em unidades de conversão analógico-digital (ADC – Analog-to-Digital Conversion) de alta velocidade. Pelo menos uma amostra por símbolo é necessária para uma correta descodificação do sinal recebido. Contudo, a obtenção de duas amostras por símbolo é recomendada para um superior desempenho dos algoritmos de equalização digital. Por fim, as amostras obtidas das unidades ADC vão alimentar a um dispositivo de processamento digital de sinal (DSP – Digital Signal Processor), onde são realizadas as etapas complementares do recetor coerente: recuperação de portadora; estimação de fase; desmultiplexagem de polarização; equalização digital e decisão entre símbolos.

2.3. Realizações experimentais – estado da arte

A investigação na área das comunicações óticas ficou marcada, ao longo da última década, por um assinalável progresso dos sistemas óticos coerentes, permitindo quebrar barreiras e estabelecer novos recordes ao nível das taxas de transmissão, eficiência espectral e capacidade total da fibra. Uma das dificuldades primárias associadas ao recetor coerente prende-se com a implementação em tempo real dos blocos de processamento de sinal. Por esse motivo, as primeiras realizações experimentais de sistemas óticos coerentes recorrem a pós-processamento digital em *offline* [3] [4] [5]. A primeira implementação em tempo real de um sistema de transmissão ótica coerente com modulação QPSK remonta a Junho de 2006 [6]. O sistema operava a uma taxa de transmissão de 800 Mb/s e utilizava lasers DFB standard, bem como as ADC comercialmente disponíveis à data e uma FPGA (*Field Programmable Gate Array*) para pós-processamento digital. Ainda em Novembro de 2006, a taxa de transmissão para um sistema coerente QPSK foi aumentada para 4.4 Gb/s, usando um recetor intradino, suportado por uma FPGA [7]. Já em 2007, a eficiência espectral do sistema ótico foi duplicada com a demonstração de um sistema DP-QPSK a 2.8 Gb/s, utilizando um laser DFB como oscilador local e uma FPGA *Xilinx Virtex 4* [8]. Em 2008 foi apresentado o primeiro protótipo de um sistema ótico coerente DP-QPSK operando em tempo-real a 40 Gb/s, usando desta feita uma ASIC (*Application Specific Integrated Circuit*) CMOS com quatro unidades ADC a 20 Gsa/s e capacidade de processamento de 12×10^{12} operações por segundo [9].

Após a demonstração de sistemas a 40 Gb/s, a normalização do 100-GE (100 *Gigabit Ethernet*) começou naturalmente a forçar a migração para os 100Gb/s, de modo a permitir o transporte de um sinal 100-GE num único canal ótico. A solução atualmente mais sólida para transmissão a 100 Gb/s envolve a modulação DP-QPSK a 28 *Gbaud*, gerando uma taxa de transmissão por canal de 112 Gb/s, onde os 12% de *overhead* contemplam já cabeçalhos *Ethernet* e códigos de correção de erros (FEC – *Forward Error Correction*) [10]. Esta solução é particularmente interessante por ser totalmente compatível com a atual grelha WDM de 50 GHz, proporcionando uma eficiência espectral de 2 b/s/Hz e uma capacidade total na banda C entre 8 a 10 Tb/s. [11].

Entretanto, soluções para transporte de múltiplos sinais 100-GE ou para transporte

do futuro standard 400-GE estão já a ser alvo de estudo intensivo [12] [13]. O atual recorde de capacidade de 101.7 Tb/s (320×294 Gb/s) é apresentado em 2011 [14]. A mesma realização experimental estabelece também o recorde de eficiência espectral em 11 b/s/Hz.

3. Processamento digital de sinal

3.1. Pós-processamento digital de sinal em sistemas óticos coerentes

O pós-processamento digital de sinal desempenha um papel de destaque na nova geração de sistemas óticos coerentes. A implementação de tarefas básicas do recetor coerente no domínio digital (estimação de fase, estimação de frequência, controlo de polarização) está na base de uma drástica redução de complexidade e custo. Deste modo, pode-se considerar que o pós-processamento digital de sinal está na base do atual sucesso da deteção coerente, viabilizando a sua implementação comercial. O diagrama de blocos da Figura 3 apresenta, de forma sequencial, os principais módulos de processamento digital de sinal num recetor ótico coerente [15].

Os dois primeiros blocos de processamento digital, têm por objetivo compensar eventuais imperfeições do desmodulador ótico, ao nível de atrasos temporais (*Deskew*) ou incorreções de fase e amplitude (*Orthonormalization*) entre os braços dos híbridos óticos. Segue-se um estágio de equalização estática (*Static Equalization*) de efeitos determinísticos, nomeadamente a dispersão cromática (CD – *Chromatic Dispersion*) e eventualmente efeitos não-lineares. Por seu turno, a dispersão dos modos de polarização (PMD – *Polarization Mode Dispersion*) tem um carácter aleatório, obrigando a um estágio subsequente de equalização dinâmica (*Dynamic Equalization*), onde pode também ser eliminada uma quantidade residual de CD. Devido a imperfeições nas ADC, existe inevitavelmente um desvio em relação ao instante ideal de amostragem, que pode até variar no tempo. Este comportamento obriga à implementação de funções de recuperação do relógio no domínio digital, que podem envolver estágios de interpolação (*Interpolation*) e reamostragem (*Timing Recovery*). O recetor coerente intradino é caracterizado pela operação livre do laser OL, o que leva a desvios de frequência e fase em relação ao sinal recebido. A remoção desses desvios é uma vez mais feita no domínio digital, recorrendo a funções de estimação de frequência (*Frequency Estimation*) e fase (*Phase Estimation*). Finalmente, as amostras do sinal recebido estão prontas para o bloco de identifica-

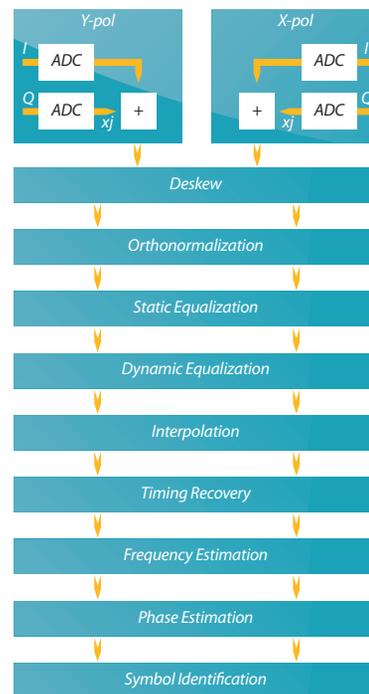


Figura 3 – Principais módulos de pós-processamento digital num recetor ótico coerente

ção e descodificação de símbolos (*Symbol Identification*).

3.2. Técnicas de equalização digital

A deteção da informação de amplitude e fase do sinal recebido em sistemas óticos coerentes abre a possibilidade de mitigar as distorções de sinal através de pós-processamento digital, permitindo aumentar significativamente a tolerância do sistema ótico às distorções de propagação do sinal na fibra [2]. A equalização digital oferece ainda a vantagem de permitir uma compensação dinâmica e adaptável às características de cada sistema [16]. A eficácia com que as distorções do canal ótico são compensadas é determinante para alcançar simultaneamente maiores ritmos de transmissão e maiores distâncias de propagação.

A compensação digital dos efeitos lineares de propagação do sinal na fibra é atualmente realizável no domínio do tempo recorrendo a filtros de resposta finita ao impulso (FIR – *Finite Impulse Response*) [17] ou de resposta infinita ao impulso (IIR – *Infinite Impulse Response*) [18]. Este tipo de filtros pode ser usado para equalização quer da dispersão cromática, quer da dispersão dos modos de polarização. Alternativamente, a equalização digital da dispersão cromática pode também ser realizada no domínio da frequência, aplicando a fun-

ção de transferência inversa da resposta linear da fibra, que pode ser conhecida à partida, ou determinada com recurso a algoritmos adaptativos [19]. Os resultados publicados até à data revelam que ambas as opções de equalização permitem mitigar com elevada precisão os efeitos lineares decorrentes da propagação do sinal na fibra [20]. A pós-compensação da dispersão cromática em sistemas óticos coerentes permite substituir as fibras de compensação da dispersão, melhorando a razão sinal ruído ótica (OSNR) e diminuindo as distorções não-lineares e o tempo de propagação.

Atualmente, o desenvolvimento de técnicas de pós-compensação dos efeitos não-lineares é um tópico de investigação muito ativo [21]. Os trabalhos mais recentes nesta área baseiam-se na inversão digital do canal de propagação, permitindo compensar totalmente todos os efeitos determinísticos sofridos pelo sinal e compensar parcialmente os restantes efeitos não-determinísticos [22] [23] [24]. Estas técnicas baseiam-se na resolução da equação inversa não-linear de *Schrödinger*, aplicando o método iterativo de *split-step Fourier* no sentido inverso (BP-SSF - *Backward Propagation Split-Step Fourier*), em que os operadores linear e não-linear são aplicados separadamente ao longo de uma curta distância. Contudo, o elevado desempenho da compensação é obtido à custa de um grande esforço computacional. Por esse motivo, a implementação prática de equalização não-linear exige que se adote um compromisso entre desempenho e complexidade numérica. Tendo em conta o aspecto computacional, propusemos recentemente uma nova técnica de equalização não-linear baseada num algoritmo não-iterativo assente numa expansão em série de Volterra da resposta impulsional da fibra no domínio da frequência [25] [26].

3.3. Resultados de simulação

Definindo um cenário de simulação em que um sinal QPSK a 40 Gbit/s é propagado ao longo de 1600 km (20x80 km) de fibra SSMF (*Standard Single-Mode Fiber*) foram testados diversos métodos de equalização digital e registados os seus desempenhos em termos da magnitude do vector de erro (EVM - *Error Vector Magnitude*) em relação à constelação QPSK ideal. Os resultados apresentados na Figura 4 demonstram que o uso conjunto do equalizador linear (CDE - *Chromatic Dispersion Equalizer*) e do equalizador não-linear de

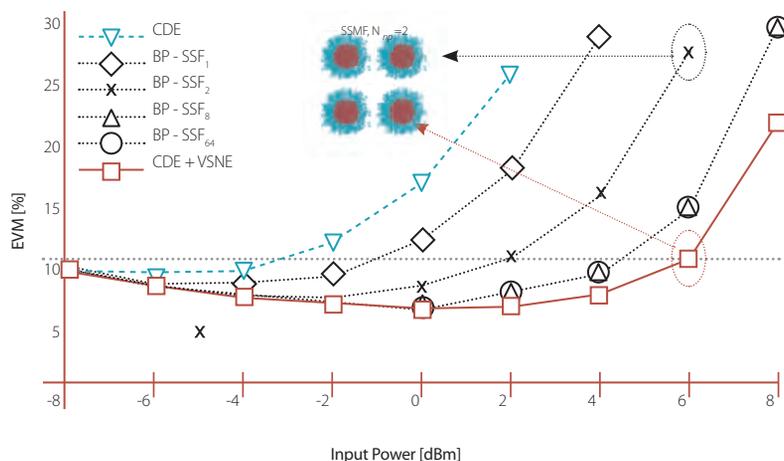


Figura 4 – Desempenho da equalização digital (em termos de EVM) em função da potência de entrada de um sinal QPSK a 40 Gbit/s propagado ao longo de 1600 km de fibra.

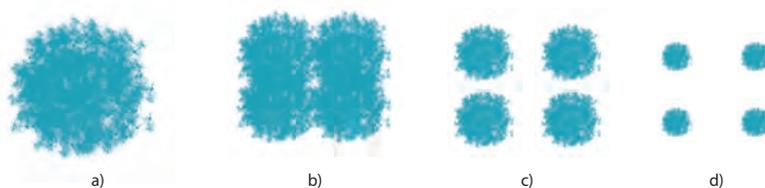


Figura 5 – Constelações de um sinal QPSK a 40 Gbit/s. a) sinal recebido (sem equalização); b) após equalização linear (CDE); c) após equalização não-linear com BP-SSF (2 passos por secção de fibra); d) CDE + VSNE

Volterra (VSNE - *Volterra Series Nonlinear Equalizer*) permite obter um aumento da tolerância não-linear do sistema em 2 dB, face ao método BP-SSF com 64 passos por secção de fibra [26]. Na Figura 5 são apresentadas as constelações do sinal QPSK recebido, após CDE, após BP-SSF e após CDE+VSNE, demonstrando claramente a importância da equalização digital e o aumento de desempenho obtido com a equalização não-linear face à equalização linear.

4. Conclusões

A adoção de modulação ótica avançada em conjunto com detecção coerente constitui um passo tecnológico fundamental para a modernização das redes de telecomunicações. Para sistemas a 40/100 Gb/s o formato de modulação DP-QPSK é particularmente interessante, pois permite a transmissão em baixa largura de banda (10/25 *Gbaud*), mantendo uma elevada tolerância de OSNR. O pós-processamento digital desempenha um papel fundamental em sistemas óticos

coerentes, contribuindo simultaneamente para um aumento do desempenho e para uma redução de custos. Em particular, a equalização digital das distorções do sinal contribui decisivamente para o aumento do seu alcance e débito, permitindo ainda simplificar a estrutura da rede e conferir-lhe maior adaptabilidade a diferentes cenários de transmissão.

Referências

- [1] G. Charlet, "Progress in optical modulation formats for high-bit rate WDM transmissions," *IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron.*, vol. 12, no. 4, pp. 469–483, 2006.
- [2] E. Ip, A. P. T. Lau, D. J. F. Barros, and J. M. Kahn, "Coherent detection in optical fiber systems," *Opt. Express*, vol. 16, no. 2, pp. 753–791, 2008.
- [3] S. Tsukamoto, D.-S. Ly-Gagnon, K. Katoh, and K. Kikuchi, "Coherent demodulation of 40-Gbit/s polarization-multiplexed QPSK signals with 16-GHz spacing after 200-km transmission," in Proc. OFC/NFOEC 2005, Anaheim, CA, 2005.
- [4] C. Laperle et al., "Wavelength division multiplexing (WDM) and polarization mode dispersion (PMD) performance of a coherent 40 Gbit/s dual-polarization quadrature phase shift keying (DP-QPSK) transceiver," in Proc. OFC/NFOEC 2007, Anaheim, CA, 2007.
- [5] J. Renaudier, M. Salsi, H. Mardoyan, P. Tran, and S. Bigo G. Charlet, "Efficient mitigation of fiber impairments in an ultra-long haul transmission of 40 Gbit/s polarization-multiplexed data, by digital processing in a coherent receiver," in Proc. OFC/NFOEC 2007, Anaheim, CA, 2007.
- [6] T. Pfau et al., "Real-time Synchronous QPSK Transmission with Standard DFB Lasers and Digital I&Q Receiver," *Optical Amplifiers and Their Applications/Coherent Optical Technologies and Applications*, vol. CThC5, 2006.
- [7] A. Leven, N. Kaneda, A. Klein, U.-V. Koc, and Y.-K. Chen, "Real-time implementation of 4.4 Gbit/s QPSK intradyne receiver using field programmable gate array," *Electron. Lett.*, vol. 42, no. 24, pp. 1421–1422, 2006.
- [8] Timo Pfau et al., "Coherent Digital Polarization Diversity Receiver for Real-Time Polarization-Multiplexed QPSK Transmission at 2.8 Gb/s," *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 19, no. 24, pp. 1988–1990, 2007.
- [9] H. Sun, K.-T. Wu, and K. Roberts, "Real-time measurement of a 40-Gb/s coherent system," *Optics Express*, vol. 16, no. 2, pp. 873–879, 2008.
- [10] C.R.S. Fludger et al., "Coherent Equalization and POLMUX-RZ-DQPSK for Robust 100-GE Transmission," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 26, no. 1, pp. 64–72, 2008.
- [11] M. Birk et al., "Real-Time Single-Carrier Coherent 100 Gb/s PM-QPSK Field Trial," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 29, no. 4, pp. 417–425, 2011.
- [12] X. Zhou et al., "8 450-Gb/s, 50-GHz-spaced, PDM-32QAM transmission over 400km and one 50GHz-grid ROADMs," in Proc. OFC, San Diego, CA, 2011.
- [13] Xiang Liu et al., "448-Gb/s Reduced-Guard-Interval CO-OFDM Transmission Over 2000 km of Ultra-Large-Area Fiber and Five 80-GHz-Grid ROADMs," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 29, no. 4, pp. 483–490, 2011.
- [14] Dayou Qian et al., "101.7-Tb/s (370×294-Gb/s) PDM-128QAM-OFDM transmission over 3×55-km SSMF using pilot-based phase noise mitigation," in Proc. OFC, San Diego, CA, 2011.
- [15] Seb J. Savory, "Digital Coherent Optical Receivers: Algorithms and Subsystems," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 16, no. 5, pp. 1164–1179, 2010.
- [16] E. Ip and J. M. Kahn, "Fiber Impairment Compensation Using Coherent Detection and Digital Signal Processing," *J. Lightw. Technol.*, vol. 28, no. 4, pp. 502–519, 2010.
- [17] E. Ip and J. M. Kahn, "Digital Equalization of Chromatic Dispersion and Polarization Mode Dispersion," *J. Lightw. Technol.*, vol. 25, no. 8, pp. 2033–2043, 2007.
- [18] G. Gouffard and G. Li, "Chromatic Dispersion Compensation Using Digital IIR Filtering with Coherent Detection," *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 19, no. 13, 2007.
- [19] S. J. Savory, "Digital filters for coherent optical receivers," *Opt. Express*, vol. 16, no. 2, pp. 804–817, 2008.
- [20] J. Renaudier et al., "Linear Fiber Impairments Mitigation of 40-Gbit/s Polarization-Multiplexed QPSK by Digital Processing in a Coherent Receiver," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 26, no. 1, pp. 36–42, 2008.
- [21] T. Hoshida et al., "Recent Progress on Nonlinear Compensation Technique in Digital Coherent Receiver," in OFC/NFOEC, 2010.
- [22] E. Ip and J. M. Kahn, "Compensation of dispersion and nonlinear impairments using digital backpropagation," *J. Lightw. Technol.*, vol. 26, no. 20, pp. 3416–3425, 2008.
- [23] X. Li et al., "Electronic post-compensation of WDM transmission impairments using coherent detection and digital signal processing," *Opt. Express*, vol. 16, no. 2, pp. 880–888, 2008.
- [24] E. Ip, "Nonlinear Compensation Using Backpropagation for Polarization-Multiplexed Transmission," *J. Lightw. Technol.*, vol. 28, no. 6, pp. 939–951, 2010.
- [25] F. P. Guiomar, J. D. Reis, A. L. Teixeira and A. N. Pinto, "Digital Post-Compensation Using Volterra Series Transfer Function," *IEEE Photonics Technology Letters*, Vol. 23, No. 19, pp. 1412 - 1414, October, 2011.
- [26] F. P. Guiomar, J. D. Reis, A. L. Teixeira, and A. N. Pinto, "Mitigation of Intra-Channel Nonlinearities Using a Frequency-Domain Volterra Series Equalizer," in Proc. ECOC 2011, Geneva, Switzerland, 2011.

Fernando Guiomar obteve o grau de Mestre em Engenharia Electrónica e Telecomunicações pela Universidade de Aveiro em Dezembro 2009, com média final de 15 valores. Entre Março de 2009 e Maio de 2011 exerceu funções como bolseiro de investigação científica no Instituto de Telecomunicações de Aveiro, afecto ao projecto PANORAMA, em parceria com a PT Inovação. Em Janeiro de 2011 iniciou a tese de doutoramento em Engenharia Electrotécnica pela Universidade de Aveiro, intitulada "Pós-compensação digital em sistemas de transmissão ópticos de alto débito". Neste âmbito é atualmente membro ativo da rede de excelência europeia EURO-FOS (FP7) e colabora ainda com a PT Inovação através dos projetos PosDig e AdaptDig, desenvolvendo soluções tecnológicas para redes óticas de transporte multi-Terabit.

Cláudio Rodrigues, obteve a o Mestrado em Engenharia Física em 2007 pela Universidade de Aveiro e a Licenciatura em Engenharia Física pela Universidade de Aveiro em 2006. Foi investigador do grupo de comunicações óticas do Instituto de Telecomunicações, Pólo de Aveiro durante dois anos, 2006 até 2008, na área das redes óticas passivas por multiplexagem densa no comprimento de onda e redes de fibra ótica de plástico. Participou ainda em diversas conferências, publicando diversos artigos. Desde 2008 faz parte da PT Inovação, S.A, no departamento de Desenvolvimento de Sistemas de Rede na área de redes de transporte, onde participa em diversos projetos na área da fibra ótica e projetos nacionais e europeus de investigação.

Armando Nolasco Pinto é doutorado em Engenharia Eletrotécnica pela Universidade de Aveiro, tendo-se especializado em sistemas e redes óticas. Desde 1997, é docente do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro onde tem leccionados disciplinas sobre redes de telecomunicações. É ainda investigador do Instituto de Telecomunicações onde tem vindo a centrar o seu trabalho em sistemas e redes óticas a operarem a elevados débitos. No ano académico de 2006-2007 foi Professor Visitante na Universidade de Rochester (EUA). Tem mais de 100 artigos publicados em revistas e conferências científicas. É autor de duas patentes na área das telecomunicações e faz parte do corpo editorial do "The International Journal of Optics" e do "Journal of Selected Areas in Telecommunications (JSAT)". É membro da Optical Society of America (OSA) e Membro Sénior do Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

Paulo Mão-Cheia, licenciado em Eng^a Electrónica e Telecomunicações pela Universidade de Aveiro. Ingressou no Centro de Estudo de Telecomunicações em 1991 no grupo de comunicações óticas. Tem trabalhado desde então no desenvolvimento de sistemas, e é actualmente responsável pela unidade Redes de Transporte. Participa em vários organismos de normalização nomeadamente no Full Services Access Network.

03

Sistema de Gestão e Teste de Fibra Ótica, ArQoS — PROBE-PON

palavras-chave: fibra ótica, PON, OTDR, Monitorização, Sistema de Gestão.

O ArQoS é o Sistema de Monitoria de Qualidade de Rede e Serviços da PT Inovação. Para além dos módulos dedicados à monitoria de redes e serviços móveis, fixas e IP, contém um módulo especializado não intrusivo dedicado ao teste e diagnóstico de redes óticas, ponto-a-ponto e ponto-multiponto, através da PROBE-PON.

A PROBE-PON combina capacidades de reflectometria ótica no domínio do tempo com tecnologia de comutação ótica, permitindo testar localmente e remotamente até 512 redes de fibra ótica distintas. A partir de uma assinatura inicial das redes, por comparação e análise de dados no sistema de gestão, permite com rigor, detectar e localizar falhas e irregularidades nas redes de fibra ótica ponto-a-ponto e ponto-multiponto. Este equipamento possibilita uma visão global das redes óticas e assim a identificação de todos os elementos de interligação e divisão ótica, bem como todas as terminações/clientes existentes em cada rede através da colocação de elementos reflectivos integrados.

O sistema de Gestão além de oferecer uma interface aberta para sistemas externos, segundo modelo de arquitectura REST, tem interfaces nativos para os seguintes sistemas OSS da PT Inovação: GEREX, NetWin, *Alarm Manager* e SGA. Contribui por isso para a simplificação das tarefas operacionais, permitindo assim uma simplificação dos processos e redução dos custos de operação.



1. Arquitectura funcional

A arquitetura funcional do ArQoS para testes de fibra ótica é constituída, genericamente, por um conjunto de PROBE-PON e sistema de gestão. A comunicação entre ambos é efetuada via rede de gestão que garante a comunicação entre utilizadores e o sistema de gestão.

Na Figura 1 podemos encontrar uma arquitetura genérica ArQoS PROBE-PON para uma rede ponto-multiponto.

2. PROBE-PON

A PROBE-PON é um equipamento com capacidade de OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*) e diversos portos de saída, direcionado para medições em redes óticas passivas (PON – *Passive Optical Network*) e redes ponto-a-ponto.

A PROBE-PON inclui um módulo de controlo, um OTDR e um *switch* ótico que permite comutar a rede a testar. O uso de um *switch* ótico com múltiplos portos e um único OTDR para testes de redes ponto-multiponto e redes ponto-a-ponto permite um ganho de custos e tempo. O OTDR utiliza um comprimento de onda diferente do usado para o tráfego da rede permitindo o teste da rede enquanto esta se encontra em serviço. O comprimento de onda de teste pode ser inserido na rede utilizando uma segunda entrada do divisor ótico da central ou, se esta não se encontrar disponível, um filtro WDM.

Este sistema de teste, ao utilizar um comprimento de onda de 1650 nm, é compatível com diversas tecnologias PON, nomeadamente GPON, GEAPON, BPON e redes de futura geração como XGPON.

Para que o sistema detete com exatidão a posição dos clientes em redes ponto-multiponto são necessários elementos refletivos do comprimento de onda de emissão do OTDR. Os elementos refletivos produzem picos no traço da PROBE-PON que são utilizados para diferenciação dos diversos componentes da rede.

Em sistemas ponto-multiponto (rede em

estrela passiva) até 20 km, terão que utilizar marcadores óticos para a identificação precisa dos clientes. Em sistemas ponto-a-ponto utiliza-se um porto da PROBE-PON para monitora de uma única fibra. Caso exista um nó electro/ótico entre os pontos de teste deve extrair-se o sinal de teste antes do nó e injetá-lo depois do nó através de filtros WDM. (ver segundo cenário da Figura 2)

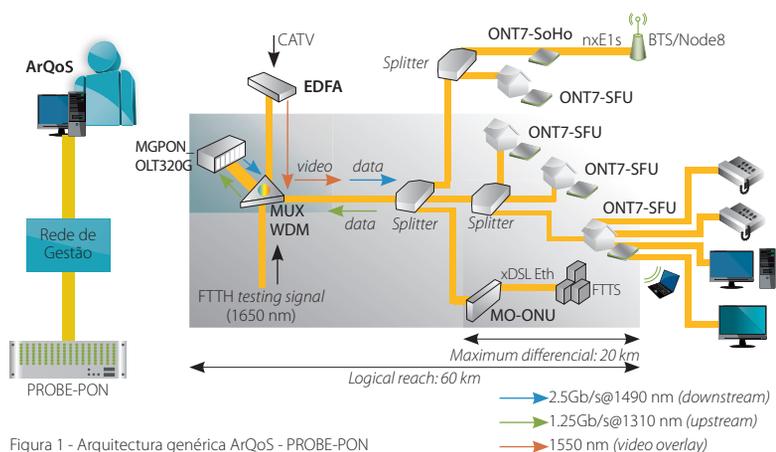


Figura 1 - Arquitectura genérica ArQoS - PROBE-PON

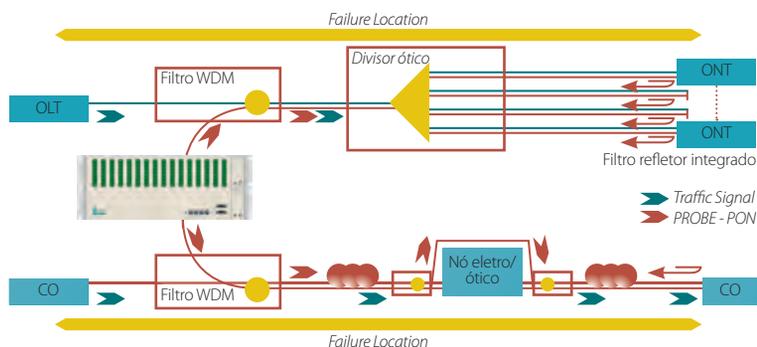


Figura 2 - Arquitectura genérica de utilização ArQoS - PROBE-PON

3. Vantagens para o negócio

A solução ArQoS PROBE-PON assegura as seguintes vantagens:

- Redução de custos de OPEX, através da detecção remota de cortes em fibra ponto-multiponto e ponto-a-ponto, evitando a deslocação indevida de técnicos ao terreno;
- Despiste em tempo real de anomalias de serviço reclamadas por clientes;
- Análise estatística do estado da rede ponto-multiponto e ponto-a-ponto, para efeitos de manutenção preventiva;
- Contribuição para detecção de avarias comuns que afetam serviços nomeadamente em GPON;
- Maior eficiência nas atividades de projeto, instalação, provisão e manutenção/ diagnóstico do serviço, quando integrado com outros sistemas OSS.

4. OTDR

O OTDR é parte constituinte do sistema PROBE-PON.

Os OTDR convencionais disponíveis no mercado são adequados para sistemas ponto-a-ponto. Se colocados na central, torna-se difícil encontrar uma falha numa ligação de fibra ótica equipada com um divisor ótico passivo porque a retrodispersão de *Rayleigh* das várias derivações de fibras acumula-se no traço de OTDR e dificulta as leituras de eventos. As capacidades do OTDR do sistema PROBE-PON foram otimizadas para permitir:

- Gama dinâmica elevada;
- Zonas cegas reduzidas;
- Elevada resolução;
- Comprimento de operação não intrusivo;

As suas características óticas encontram-se nas tabelas seguintes.

Comprimento de onda central (nm)	1650nm ± 5 nm (temperatura estabilizada)
Tipo de Fibra	Singlemode, 9u/125u
Largura de espectro (nm)	± 5 nm
Data Sampling Rate (MHz)	2 MHz
Número de Pontos	Max. 150001
Potência de saída (Pico) (dBm)	≤ 15dBm

Tabela 1- Características óticas do OTDR

Pulso (ns)	3	10	20	50	100	200	500	1000	10000	20000
Gama Dinâmica dB (SNR=1)	2.5	9.5	13	20	23.5	24.5	27	28.5	40	41
Zona morta de evento 1,5dB (m)	≥ 0.45	≤ 1.5	≤ 2.5	≤ 5.5	≤ 13	≤ 22	≤ 55	≤ 110	≤ 1050	≤ 2050
Zona morta de atenuação 0,1dB max ≤ (m)		6.5	8.0	10	16	32	65	120	1300	2600
Distância de resolução (m)	0.05m a 60m, dependente do número de pontos da amostra e da distância da medição									
Distância de medida (km)	1 km a 300 km									

Tabela 2- Características óticas de medição do OTDR



Figura 3 – Portal ArQoS com módulo ArQoS ON.

5. Sistema de gestão

O Sistema de Gestão ArQoS é um sistema *web-based*, multi-plataforma e multi-utilizador com controlo de acessos de utilizador e particionamento da rede gerida.

Este sistema segue as mais recentes orientações dos sistemas OSS (*Operating Support Systems*) em TMForum *Frameworkx*. Utiliza os mais recentes componentes (estado da arte) JEE (*Java Enterprise Edition*) suportados em servidores aplicativos robustos sendo um sistema escalável e modular.

O acesso ao sistema é feito usando um simples *browser web* conetado à rede de gestão e é controlado pelo Sistema de Controlo de Acessos (SCA). Todos os acessos ao sistema requerem autenticação de utilizador.

6. Arquitetura lógica

Do ponto de vista lógico o sistema é dividido em três camadas:

- Apresentação;
- Lógica de Negócio;
- Persistência de dados.

Inclui uma camada adicional para disponibilização de interface com outros sistemas (sistemas externos).

Esta arquitetura permite escalabilidade e alta disponibilidade, caso necessário. Ambas as características são conseguidas distribuindo os servidores de *software* por máquinas e *clusters* de servidores aplicativos.

7. Módulos do sistema de gestão ArQoS

O Sistema de Gestão ArQoS é dividido em módulos com diferentes responsabilidades, funções e capacidades. Isto permite a utilização de módulos específicos por tipos de utilizadores específicos, em diferentes níveis da distribuição e utilização do sistema.

O acesso ao sistema e seus módulos é controlado pelo SCA. Este módulo permite a gestão de utilizadores e acessos a cada uma das funcionalidades.

Um outro módulo, *Site Manager*, é utilizado para criar os domínios organizacionais da rede onde serão localizadas as PROBE-PON. Este módulo oferece a possibilidade de particionar a rede em vistas físicas e lógicas. Estes procedimentos são normalmente efetuados no momento da instalação do sistema ou cada vez que novas localizações ou domínios organizacionais são usados para instalação das PROBE-PON.

O ArQoS suporta uma interface com o *NetWin* que permite a sincronização de PI automática com a árvore do *Site Manager*.

Para descobrir e configurar as PROBE-PON é utilizado outro módulo: *Resource Manager*. É suportada a descoberta automática de PROBE-PON pela simples indicação do IP de acesso à mesma. Este módulo é maio-

ritariamente utilizado quando uma nova PROBE-PON é descoberta ou é necessário efetuar alguma configuração ou consulta de estado no equipamento. Pode ser utilizado para consultar os parâmetros base da PROBE-PON, estado operacional atual e ainda listar os equipamentos geridos. Não é utilizado para realizar testes de monitoria.

O *Resource Manager* é responsável pela identificação dos elementos de rede associados aos portos da PROBE-PON. Para isso deve ser indicado o ID de Rede correspondente a cada fibra ótica/porto de OLT (*Optical Line Terminator*) conectado a cada porto da PROBE-PON. Adicionalmente pode usar-se a interface com o *NetWin* e selecionar o ID de Rede pela navegação nos domínios de rede, OLT e portos disponíveis neste sistema de cadastro.

Este módulo é responsável pela gestão de assinaturas de rede com representação e validação manual de eventos (juntas, conectores e terminação de cliente). Estas

assinaturas de rede são utilizadas como medidas de referência para análise posterior em testes de diagnóstico e supervisão para deteção de falhas. Com a associação dos eventos ao respectivo ID Serviço é possível ter uma vista de *outside plant* através da interface com *NetWin*.

O *Resource Manager* inclui um módulo que faz a monitoria contínua do estado das PROBE-PON cadastradas através de *polling* e geração de alarmes para as falhas verificadas. Permite configurações para controlo de frequência e distribuição de carga no tempo para evitar sobrecarga da rede/equipamentos. Permite ainda a definição de *thresholds* para análise de parâmetros de equipamentos e *timeouts* de operação.

Para execução de testes em redes de fibra ótica é utilizado o módulo **ArQoS ON (*Optical Networks*)**. Neste módulo são realizadas todas as atividades relacionadas com programação de testes interativos e agendados, *troubleshooting* e análise de resultados. Este é o módulo *core* do sistema de gestão e o mais usado na operação diária.

A unidade básica para construção de testes é a tarefa que inclui parâmetros de configuração com valores por defeito e que podem ser ajustados pelo utilizador. As tarefas são organizadas pelo utilizador para definir uma macro para teste de um serviço específico. A partir das macros podem ser imediatamente executados testes interativos ou então criados testes para execução posterior, associando módulos de PROBE-PON. Os testes podem ser interativos, isto é, executados em tempo real, agendados no tempo com execução única, ou então de forma recursiva. Existem ainda agendamentos por eventos, em que um teste é carregado na PROBE-PON e o seu início é decidido localmente, em vez de ser previamente calendarizado em ArQoS ON. Os testes interativos têm prioridade sobre os testes agendados.

Os testes de monitoria contínua validam as medidas obtidas pela PROBE-PON com as medidas de referência, através dos eventos validados no sistema. Caso se verifique uma diferença nas medidas superior aos limiares definidos, o resultado do teste é falhado, 'NOK'. O sistema permite a geração de alarmes para as falhas nos resultados de acordo com o perfil do agendamento. Os alarmes são geridos no módulo de alarmes com as opções de encaminhamento para sistemas externos e notificações via SMS e *e-mail*.

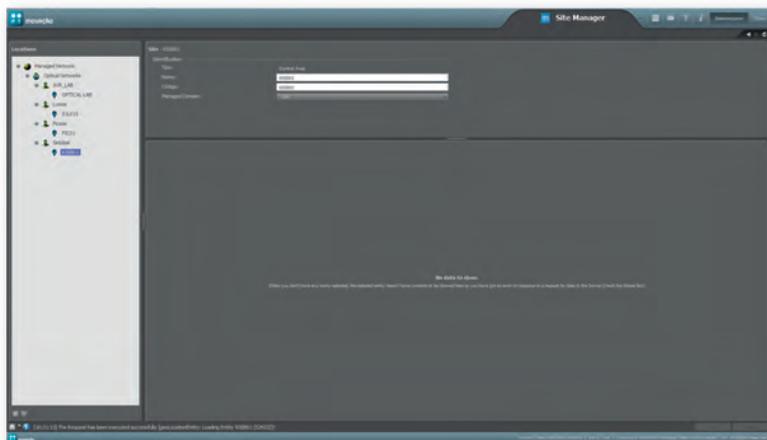


Figura 4 – Ecrã de *Site Manager*.

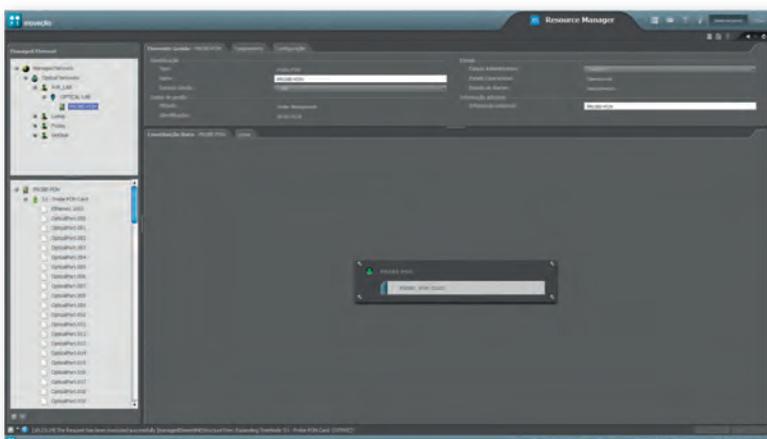


Figura 5 – Ecrã de *Resource Manager*

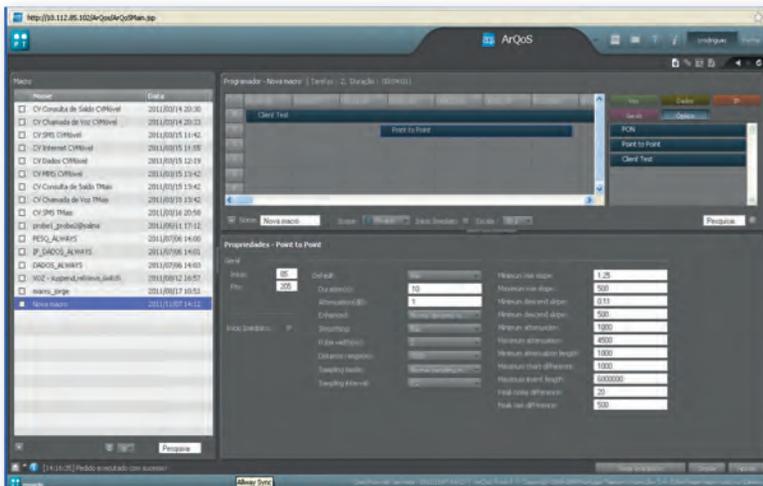


Figura 6 – Ecrã de ArQoS ON

Os testes suportados pela PROBE-PON podem ser testes ponto-a-ponto ou testes ponto multiponto. Estes testes podem ser invocados diretamente em ArQoS ou através de sistemas externos GEXE e SMS Centre. Os pedidos recebidos das interfaces externas são guardados em filas de espera até um tempo máximo (*timeout*). Se o pedido não for processado dentro do tempo de espera definido, o emissor do pedido é notificado da falha da operação.

O ArQoS ON (Figura 6) inclui mecanismos de reserva de recursos, de forma a evitar acumulação de pedidos que não podem ser executados nas PROBE-PON evitando saturação da comunicação na rede de gestão.

A comunicação entre o sistema de gestão e as PROBE-PON é efetuada via mediador, que inclui mecanismos de gestão de carga e recuperação de falhas.

A análise de resultados é efetuada em ecrã próprio com organização em árvore (Teste, Macros, Tarefa) e em relatórios tabulares com opções de filtragem e ordenação introduzidos pelo utilizador. Estes relatórios são exportáveis para Excel.

Em ecrã *dashboard* é possível combinar análise de resultados da PROBE-PON com informação de cadastro através da correlação eventos/ID Rede – ID Serviço. O módulo de análise do gráfico da rede permite operações de *Zoom in*, *Zoom Out*, PAN, localização por seleção de eventos em tabela associada e cálculo de atenuações e reflexões por arrastamento de barras verticais no gráfico. É ainda possível descarregar o gráfico em formato .SOR (Telcordia Technologies SR-4731) (Figura 7).

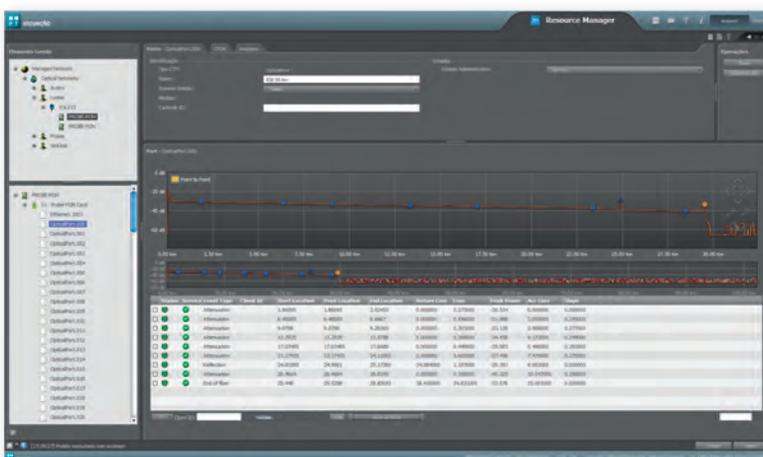


Figura 7 – Ecrã de ArQoS ON

A interface suportada com *NetWin* permite a representação em plataforma georeferenciada de toda a rede ótica analisada no contexto de um teste (Figura 8).

O **módulo de alarmes** do ArQoS gere todos os eventos de alarmes gerados no sistema e que incluem:

- Controlo de ligação e monitoria do estado das PROBE-PON;
- Alarmes para falhas nos resultados dos testes agendados e interativos;
- Alarmes provocados por violação de limiares.

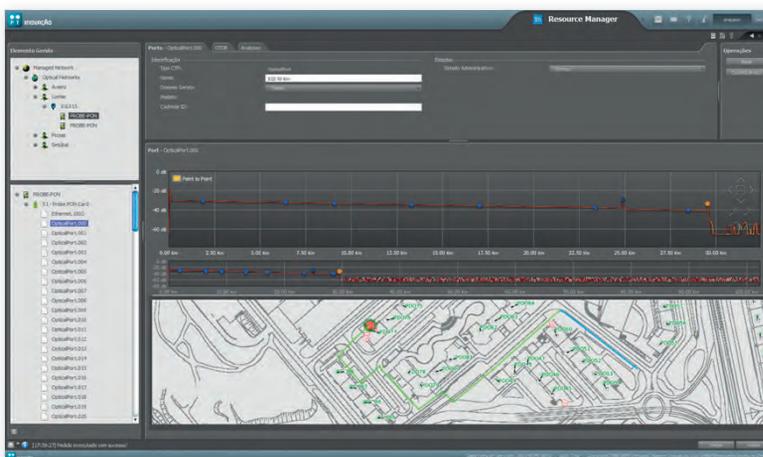


Figura 8 – Ecrã de ArQoS ON

São suportadas funcionalidades de correlação por compressão, isto é, são agrupados todos os eventos com o mesmo problema específico referentes à mesma entidade. Estes eventos são relacionados pelo mesmo ID ALARME, o que permite manter a correlação mesmo em sistemas externos, nomeadamente SGA. Permite parametrização de alarmes para incremento de severidade de acordo com regras de utilizador. Inclui ainda funcionalidades de filtragem e *reporting* de histórico. Suporta nativamente interface com sistemas *southbound* (SGA ou outros) via *Traps* [MIB `ptinNotifExternalSystemsDomainMIB`] e ficheiro (SysLog) com opções de filtragem por severidade. Permite ainda o envio de notificações via e-mail e SMS.

8. Conclusões

A integração da PROBE-PON da PT Inovação no sistema ArQoS disponibiliza novas funcionalidades para teste e diagnóstico dos serviços sobre fibra *ótica*, através da recolha de dados das redes de fibra até ao cliente e análise dos mesmos, permitindo detetar anomalias. Esta solução vai permitir aos utilizadores ter ferramentas que proporcionam uma *visão end-to-end* nas suas funções de operação e manutenção da rede orientadas para serviços suportados em PON.

Esta solução vai ao encontro não só das necessidades dos operadores tanto na fase de manutenção, como na fase de instalação do serviço ao cliente pelo auxílio de cadastro integrado com outros sistemas, como também na área de testes e diagnóstico de avarias.

Joaquim Maranga licenciou-se em Engenharia Electrotécnica – Ramo de Telecomunicações - pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra em 1991. Pós-Graduação em Organização e Sistemas de Informação pela Universidade de Évora em 1999. Na PT Comunicações desde 1991, exerceu funções na área dos Sistemas de Transmissão, Suportes Físicos, Construção de Rede e Infraestruturas de Apoio. Desde 2009 é responsável do departamento de Sistemas de Diagnóstico de Rede e Serviços, no âmbito dos Sistemas de Suporte à Operações de Rede na Direcção de Planeamento e Implementação da Rede.

Pedro Tavares obteve a Licenciatura de Engenharia Electrotécnica e de Computadores - Ramo de Telecomunicações - pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra em 2003. De 2004 a 2006 ingressou na PT Comunicações pelo programa Trainees, onde tinha como responsabilidades o diagnóstico de avarias de equipamento de suporte a rede ADSL bem como diagnóstico de avarias e provisão de clientes ADSL. De 2006 a 2009 ficou responsável pela equipa de diagnóstico de avarias ADSL/IPTV e suporte aos técnicos no terreno. Desde 2010 pertence à equipa dos Sistemas de Diagnóstico de Redes pertencente ao departamento de Sistemas de Suporte às Operações, onde tem como responsabilidades a especificação de testes e acompanhamento da implementação de novas funcionalidades nos Sistemas de Suporte e especificação e implementação dos Sistemas de Diagnóstico e Monitoria da Rede GPON.

Raúl Costa, licenciado em Engenharia Electrotécnica pela UTAD, frequenta atualmente o programa doutoral MAP-i na área de Ciências de Computação. Em 2005 iniciou o estágio profissional na PT Inovação subordinado ao tema clustering de aplicações J2EE. Desenvolveu diversas aplicações *Java* e J2EE para a gestão de alarmes de sistemas e serviços de telecomunicações. Em 2006 colaborou com a Withus que o levou a participar no projeto de ampliação da rede 3G da TMN onde coordenava os trabalhos de ampliação da transmissão para aumento de débitos até 3.6MB em todo o país. Regressou à PT Inovação em Fevereiro de 2007 onde continuou o trabalho de desenvolvimento e testes de sistemas de gestão de redes. Desde Março de 2010 que é *Team Leader* da equipa de desenvolvimento do ArQoS, o Sistema de Gestão para Monitoria de Qualidade de Rede e Serviços da PT Inovação.

Cláudio Rodrigues, obteve a o Mestrado em Engenharia Física em 2007 pela Universidade de Aveiro e a Licenciatura em Engenharia Física pela Universidade de Aveiro em 2006. Foi investigador do grupo de comunicações óticas do Instituto de Telecomunicações, Pólo de Aveiro durante dois anos, 2006 até 2008, na área das redes óticas passivas por multiplexagem densa no comprimento de onda e redes de fibra ótica de plástico. Participou ainda em diversas conferências, publicando diversos artigos. Desde 2008 faz parte da PT Inovação, S.A, no departamento

de Desenvolvimento de Sistemas de Rede na área de redes de transporte, onde participa em diversos projetos na área da fibra ótica e projetos nacionais e europeus de investigação.

Emanuel Miranda fez a tese de mestrado na NXP *semiconductors* Holanda, em 2008 e a Licenciatura em Eletrónica e Telecomunicações na Universidade de Aveiro. Iniciou colaboração na Withus a 17 de Março de 2009 desempenhando funções de *outsourcing* na PT Inovação em Aveiro. Nesta última desenvolveu *software* para diversos projetos, tais como blusão de alpinismo *Your Extreme Experiences* (YEXS), monitoria de redes GPON com o equipamento PROBE-PON e *Media Converter* SHDSL denominado MC7-SHDSL.

Fernando Almeida, frequentou o curso de Electrónica e Telecomunicações na Universidade de Aveiro. Desde 1996 que desenvolve sistemas de *software* e *hardware* de apoio à qualidade para a indústria. Em 2001 entra como colaborador na PT Inovação onde participa no desenvolvimento de soluções de gestão de redes de telecomunicações. Desde então tem participado no desenho e desenvolvimento de várias aplicações em Java, JEE e em várias tecnologias *Web*. Em 2011 participou no grupo de gestão de configurações contribuindo no desenvolvimento de novos processos de desenvolvimento de *software* para a PT Inovação.

João Kemp Carlos, especialista em tecnologias web. Aceitou um novo desafio em 2007 ingressando na Dreamlab onde desempenha atualmente o cargo de Web Developer e desde então que se encontra ligado ao departamento de Sistemas de Suporte às Operações da PT Inovação, tendo participado no design e implementação de interfaces gráficas para o utilizador em vários projetos, sendo de destacar o projeto ArQoS.

Ruben Oliveira licenciou-se em Design Industrial e desde 2005 que desenvolve interfaces homem-máquina. Participou em projetos de interfaces gráficas nas mais variadas indústrias desde a cerâmica, vidro até à aeronáutica onde participou ativamente na programação de consolas de controlo industriais e desenvolveu várias aplicações baseadas em *browser*. Em 2008 integrou a equipa de desenvolvimento do ArQoS e *Resource Manager* como colaborador externo, onde foi responsável pelo desenvolvimento de várias componentes gráficas em *javascript*. Atualmente integra o projecto Altaia onde participa no desenvolvimento quer do lado do cliente, em *javascript*, quer do lado do servidor, em *Java*.

Paulo Mão-Cheia, licenciado em Eng^a Electrónica e Telecomunicações pela Universidade de Aveiro. Ingressou no Centro de Estudo de Telecomunicações em 1991 no grupo de comunicações óticas. Tem trabalhado desde então no desenvolvimento de sistemas, e é actualmente responsável pela unidade Redes de Transporte. Participa em vários organismos de normalização nomeadamente no *Full Services Access Network*.

Manuel Aguiar, é licenciado em Engenharia Electrónica e Telecomunicações pela Universidade de Aveiro desde 1994. Antes de ingressar na PT Inovação, trabalhou na General Electric (GE) Medical Systems, na Marconi Telecomunicações Internacionais e no Instituto de Telecomunicações em Aveiro. Desde 2008 é responsável pela divisão de Diagnóstico e Qualidade de Serviço da direcção de Sistemas de Suporte às Operações. Anteriormente foi responsável pela unidade de Gestão Local e Qualidade de Serviço e trabalhou na equipa de desenvolvimento do OMC da PT Inovação para tecnologia *Netb@nd*.

siglas & acrónimos

#

3GPP 3rd Generation Partnership Project

A

A-BGF Access Border Gateway Function
AAA Authentication, Authorisation, Accounting
ABC Always Best Connected
ADC Application Delivery Controllers
ADC Analog-to-Digital Conversion
ADSL Asymmetric Digital Subscriber Line
AML Anti-Money Laundering
AP Access Point
API Application Programming Interface
APN Access Point Name
ARPU Average Revenue Per User
AS Application Server
ASIC Application Specific Integrated Circuit
ASK Amplitude Shift Keying
ATM Asynchronous Transfer Mode
ATM Automated Teller Machine

B

B2BUA Back-to-Back User Agent
B2C Business to Consumer
BGCF Breakout Gateway Control Function
BGP Border Gateway Protocol
BP-SSF Backward Propagation Split-Step Fourier
BS Base Station
BSS Business Support System

C

CA Certification Authority
CaaS Connectivity as a Service
CAPEX CAPital EXpenditure
CC Cloud Computing
CD Chromatic Dispersion
CDE Chromatic Dispersion Equalizer
CDN Content Delivery Networks
CE Customer Edge
CLF Connectivity Session Location and Repository Function
CMU Carnegie Mellon University
CN Cloud Networking
CN Correspondent Node
CPU Central Processor Unit
CRM Custom Relationship Management
CS Circuit Switched
CSCF Call Session Control Function

CV Computer Vision
CWMP CPE WAN Management Protocol

D

D-ITG Distributed Internet Traffic Generator
DC Data centres
DDoS Distributed Denial of Service
DHCP Dynamic Host Configuration Protocol
DLNA Digital Living Network Alliance
DNS Domain Name System
DoS Denial of Service
DP-QAM Dual Polarization QAM
DSLAM Digital Subscriber Line Access Multiplexer
DSP Digital Signal Processor

E

E-CSCF Emergency CSCF
E-MBMS Evolved Multimedia Broadcast Multicast Service
EAP Extensible Authentication Protocol
EAP-SIM Extensible Authentication Protocol - Subscriber Identity Module
EMA Ericsson Multi Activation, Multi-Mediation
ENUM Telephone NUmber Mapping
EPC Evolved Packet Core
EPS Evolved Packet System
ERP Enterprise Resource Planning
eTOM enhanced Telecom Operations Map
ETSI European Telecommunications Standards Institute
EVM Error Vector Magnitude

F

FEC Forward Error Correction
FIR Finite Impulse Response
FN Foreign Network
FOTA Firmware Over-the-Air
FPGA Field Programmable Gate Array
FTM Financial Transaction Management
FTTH Fiber To The Home

G

GEE Gases de Efeitos de Estufa
GeSI Global eSustainability Initiative
GPON Gigabit Passive Optical Network
GPRS General Packet Radio Service
GPS Global Positioning System
GSM Global System for Mobile Communications
GUI Graphical User Interface

H

HA Home Agent
HLR Home Location Register

HMR	<i>Header Manipulation Rules</i>	MGW	<i>Media Gateway</i>
HN	<i>Home Network</i>	MIH	<i>Media Independent Handover</i>
HSPA	<i>High Speed Packet Access</i>	MIP	<i>Mobile IP</i>
HSPDA	<i>High-Speed Downlink Packet Access</i>	MiM	<i>Man-in-the-Middle</i>
HSS	<i>Home Subscriber Server</i>	MM	<i>Mobility Manager</i>
HTTP	<i>HyperText Transfer Protocol</i>	MMS	<i>Multimedia Messaging Service</i>
		MMU	<i>Memory Management Unit</i>
I		MPLS	<i>Multi Protocol Label Switching</i>
I	<i>In-phase</i>	MPLS – TP	<i>Multi Protocol Label Switching – Transport Profile</i>
I-CSCF	<i>Interrogating CSCF</i>	MRFC	<i>Media Resource Function Controller</i>
IaaS	<i>Infrastructure as a Service</i>	MRFP	<i>Media Resource Function Processor</i>
IBCF	<i>Interconnect Border Control Function</i>	MZM	<i>Mach Zehnder Modulator</i>
ICNS	<i>International Conference on Networking and Services</i>		
ICT	<i>Information and Communication Technologies</i>	N	
ID	<i>IDentification</i>	NA	<i>Network Activator</i>
IdM	<i>Identity Management</i>	NaaS	<i>Network as a Service</i>
IDS	<i>Intrusion Detection System</i>	NASS	<i>Network Attachment SubSystem</i>
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i>	NAT	<i>Network Address Translator</i>
IIR	<i>Infinite Impulse Response</i>	NCSS	<i>Network-aware Cloud System Suite</i>
ILC	<i>Intercepção Legal de Chamadas</i>	NFC	<i>Near Field Communication</i>
IM/DD	<i>Intensity Modulation / Direct Detection</i>	NGN	<i>Next Generation Networks</i>
IMS	<i>IP Multimedia Subsystem</i>	NVSS	<i>Network Virtualization System Suite</i>
IMSI	<i>International Mobile Subscriber Identity</i>		
IN	<i>Intelligent Network</i>	O	
IP	<i>Internet Protocol</i>	OASIS	<i>Organization for the Advancement of Structured Information Standards</i>
IPS	<i>Intrusion Prevention System</i>		
IPTV	<i>Internet Protocol Television</i>	OCDE	<i>Organização para Cooperação e Desenvolvimento Económico</i>
IS	<i>Information Server</i>		
ITU –T	<i>Telecommunication Standardization Sector of International Telecommunication Union</i>	OCS	<i>Online Charging System</i>
		OLC	<i>Outdoor Lighting Controller</i>
IVR	<i>Interactive Voice Response</i>	OLT	<i>Optical Line Termination</i>
		ONT	<i>Optical Network Termination</i>
J		OPEX	<i>Operational Expenditure</i>
JSON	<i>Javascript Object Notation</i>	OSGi Alliance	<i>Open Services Gateway Initiative Alliance</i>
JVM	<i>Java Virtual Machine</i>	OSNR	<i>Optical Signal-To-Noise Ratio</i>
		OSS	<i>Operation Support System</i>
K		OTT	<i>Over-the-Top</i>
KYC	<i>Know Your Customer</i>		
		P	
L		P-CSCF	<i>Proxy CSCF</i>
LB	<i>Load Balancer</i>	P2P	<i>Person-To-Person</i>
LEA	<i>Law Enforcement Agency</i>	P2P	<i>Peer to Peer</i>
LPF	<i>Low-Pass Filter</i>	PaaS	<i>Platform as a Service</i>
LRF	<i>Location Retrieval Function</i>	PBC	<i>Polarization Beam Combiner</i>
LTE	<i>Long Term Evolution</i>	PBS	<i>Personal Broadcast</i>
		PBS	<i>Polarization Beam Splitter</i>
M		PC	<i>Polarization Controller</i>
M2M	<i>Machine-to-Machine</i>	PCC	<i>Policy Charging Control</i>
MAC	<i>Media Access Control</i>	PCRF	<i>Policy and Charging Rules Function</i>
MAAuthC	<i>Message Authentication Code</i>	PE	<i>Provider Edge</i>
MFS	<i>Mobile Financial Services</i>	PIB	<i>Produto Interno Bruto</i>
MGCF	<i>Media Gateway Control Function</i>	PIN	<i>Personal Identification Number</i>

PJ	Polícia Judiciária	SMS	Short Message Service
PLC	Power Line Communications	SO	Sistema Operativo
PLMN	Public Land Mobile Network	SOCIETIES	Self-Orchestrating Community ambiEnT Intelligence Spaces
PMD	Polarization Mode Dispersion	SPDF	Serving Policy Decision Function
PMIP	Proxy MIP	SS	Subscriber Station
PoS	Point of Sales	SSDP	Simple Service Discovery Protocol
PoS	Point of Service	SSL	Secure Socket Layer
PPP	Point-to-Point Protocol	SSMF	Standard Single-Mode Fiber
PS	Packet Switched	STB	Set Top Box
PSAP	Public Safety Answering Point	STK	Sim ToolKit
PSTN	Public Switched Telephone Network	SVC	Scalable Video Codec
PTC	Portugal Telecom Comunicações		
PTIN	Portugal Telecom Inovação		
		T	
Q		TAM	Telecom Applications Map
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	TCP	Transmission Control Protocol
QoE	Quality of Experience	TDM-PON	Time Division Multiplexing – Passive Optical Network
QoS	Quality of Service	TEL	Telephone
QPSK	Quaternary Phase-Shift Keying	TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
QR-code	Quick Response Code	TM Forum	Telemanagent Forum
		U	
R		UICC	Universal Integrated Circuit Card
RA	Resource Allocation	UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
RACS	Resource and Admission Control Sub-system	UPnP	Universal Plug and Play
RADIUS	Remote Authentication Dial In User Service	UPSF	User Profile Server Function
RAO	Resource Adaptation & Optimization	USIM	Universal Subscriber Identity Module
RCS	Rich Communication Suite	USSD	Unstructured Supplementary Service Data
RD	Resource Discovery		
RDF	Routing Determination Function	V	
REST	Representational State Transfer	VM	Virtual Machine
RF Mesh	Radio Frequency Mesh	VoD	Video on Demand
RFID	Radio Frequency Identification	VoIP	Voice over IP
RG	Restrição Geográfica	VoLTE	Voice over LTE
RM	Resource Management	VPC	Virtual private Cloud
RN	Remote Node	VPN	Virtual private Network
RPG	Rede de Próxima Geração	VSNE	Volterra Series Nonlinear Equalizer
		VSSIM	Video Structural SIMilarity
		W	
S		WAN	Wide Area Network
S-CSCF	Serving CSCF	WAP	Wireless Application Protocol
SaaS	Software as a Service	WDM	Wavelength Division Multiplexing
SaaS	Storage as a Service	Wi-Fi	Wireless Fidelity
SAML	Security Assertion Markup Language	WiMAX	Worldwide Interoperability Microwave Access
SBC	Session Border Controller	WORA	Write once, run anywhere
SGF	Signaling Gateway Function		
SI	Sistemas de informação	X	
SID	TM Forum Information Framework	XACML	Extensible Access Control Markup Language
SIM	Subscriber Identity Module	xDSL	Digital Subscriber Line
SIP	Session Initiation Protocol	XGPON	X Gigabit Passive Optical Network
SLA	Service Level Agreement	XML	Extensible Markup Language
SLF	Subscriber Location Function		



Portugal Telecom Inovação, SA

Rua Eng. José Ferreira Pinto Basto
3810-106 Aveiro – Portugal

Tel: +351 234 403 200
Fax: +351 234 424 723