

IPTV – ARQUITECTURAS, PROTOCOLOS E SERVIÇOS

Frederico Silva, Nizarali Badrudino, Tiago Sousa

Instituto Superior Técnico - Taguspark
Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, 2744-016 Porto Salvo, Portugal
E-mail: { frederico.silva, nizarali.badrudino, tiago.sousa }@tagus.ist.utl.pt

RESUMO

A emergência da IPTV é um dos resultados da convergência entre o mundo das comunicações e o mundo do entretenimento. Como tal surge como uma oportunidade única para os operadores de telecomunicações aumentarem o espectro de serviços que fornecem, e assim poderem continuar competitivos num mercado cada vez mais dinâmico e agressivo. Ao longo deste artigo abordar-se-ão questões relacionadas com a arquitectura do sistema, codificadores e transporte de vídeo e de aspectos importantes de qualidade para que o serviço possa ser bem sucedido.

Palavras-Chave—IP, TV, SDV, *middleware*, codificadores, IP multicast, convergência, QoE, DRM, serviços

1. INTRODUÇÃO

A Internet tem vindo a ganhar um papel cada vez mais importante na sociedade, sendo actualmente essencial à vida das pessoas e indispensável para qualquer negócio. O acesso à Internet tem sido, tradicionalmente, um serviço prestado pelos operadores de telecomunicações (*telcos*), devido à existência de infra-estruturas de cobre das redes telefónicas, plenamente difundidas, e que permitem chegar a um grande número de pessoas. No entanto, nos últimos anos, têm surgido competidores da área dos fornecedores de televisão por cabo que, com a extensão da sua base de instalação, começaram a fornecer também o serviço. A oferta de valor acrescentado destes operadores consiste na possibilidade de os clientes obterem, a partir de um único fornecedor, o conjunto de serviços de comunicação que pretendem (actualmente são normais as ofertas designadas de *Triple Play* que conjugam o acesso à Internet, o serviço de Televisão e também o serviço de Telefone). Este fenómeno de convergência de dois mundos até há algum tempo completamente separados (o das telecomunicações e o do entretenimento) é, em grande parte, resultado da

digitalização da televisão, que permitiu que a informação a transmitir passasse a ser unicamente constituída por *bits*.

Assim, as grandes empresas de telecomunicações, com a concorrência crescente dos operadores de televisão por cabo e também dos operadores móveis, vêm ameaçada uma posição de vários anos e correm o risco da perda de clientes e conseqüente abaixamento dos lucros. De forma a igualar a oferta dos concorrentes, torna-se necessário fornecer serviços que possuam um valor acrescentado para o cliente, ao invés dos serviços de suporte oferecidos até agora. A televisão, juntamente com os milhões de euros que a indústria associada ao entretenimento envolve, surge assim como principal candidato na resposta das *telcos* às empresas de televisão por cabo.

Sob o ponto de vista tecnológico este novo serviço representa, no entanto, um grande desafio. Desde o mundo analógico até, mais recentemente, ao mundo digital, a televisão foi sempre o serviço que colocou maiores dificuldades técnicas e que, por isso, mais tarde foi dominado. O desafio para os operadores de telecomunicações consiste em fornecer o serviço de televisão, com elevados requisitos de largura de banda, através das suas já existentes redes IP.

Embora existam diversas tecnologias baseadas em IP para a transmissão de vídeo e televisão, a solução de IPTV abordada ao longo deste artigo incidirá sobre os sistemas para distribuição de televisão em directo (*Live Streams*), de boa qualidade, através das redes IP dos operadores de telecomunicações. Existem outros serviços de vídeo associados às soluções de IPTV dos operadores, como o Vídeo a Pedido (*Vídeo on Demand*), cujas características são importantes nos aspectos de arquitectura do sistema mas que não serão aprofundados.

No próximo capítulo irão ser abordados aspectos relativos ao desenho e arquitectura de uma solução de IPTV. No capítulo 3, incidir-se-á sobre os aspectos de codificação e de rede mais significativos para a transmissão de vídeo em redes IP, para no capítulo 4 apresentar algumas soluções ao nível do transporte. No capítulo 5 irão ser explicitados alguns dos desafios no que diz respeito às garantias de um serviço de qualidade para, finalmente, no capítulo 6, se abordarem as perspectivas futuras em relação ao IPTV.

2. ARQUITECTURA

Sendo altamente impulsionado pelas grandes companhias de telecomunicações, o serviço de IPTV assenta essencialmente nas infra-estruturas já possuídas pelos operadores. Ao invés de criar uma nova rede para distribuição de televisão como acontece com algumas tecnologias concorrentes, os operadores procuram rentabilizar os investimentos efectuados e minimizar os custos associados à nova tecnologia.

Os operadores de telecomunicações possuem redes de elevada dimensão e com uma grande taxa de penetração ao nível dos países, o que se torna particularmente indicado para a oferta do serviço de televisão, podendo chegar a um elevado número de pessoas. No entanto, e ao contrário de redes de distribuição de televisão que foram pensadas de raiz para o efeito, as redes de cobre das *telcos* têm na sua origem o serviço telefónico, com requisitos de largura de banda muito inferiores o que, ainda hoje, tem grande impacto nas redes de acesso.

Embora com recentes avanços ao nível do acesso em redes de cobre, nomeadamente através das tecnologias xDSL, tenha sido possível oferecer o serviço de acesso à Internet designado de banda larga (superior a 2 Mbps), estas dificuldades vão ter um forte impacto ao nível da arquitectura dos sistemas de IPTV. Nomeadamente, levaram ao estabelecimento de um tipo de arquitectura baseada no conceito de Vídeo Digital Multiplexado (SDV – *Switched Digital Video*)0, que será explicado de seguida.

2.1. Arquitecturas SDV

As arquitecturas *Switched Digital Video* caracterizam-se por sistemas de distribuição de televisão/vídeo nos quais apenas os canais seleccionados são efectivamente transmitidos até ao cliente. Em oposição, os sistemas tradicionais de televisão por cabo (analógica ou digital) e de televisão por satélite levam até ao equipamento do cliente um conjunto alargado de canais em simultâneo através do mesmo meio de transmissão.

No caso do IPTV, a utilização de IP *Multicast*, nomeadamente do protocolo IGMP (*IP Group Membership Protocol*), irá permitir gerir os canais seleccionados a cada momento por cada cliente, levando a uma eficiente utilização dos recursos da rede. Este processo de selecção de canal terá um papel importante no serviço oferecido aos utilizadores, nomeadamente o tempo de mudança de canal, que é bastante diferente do processo selecção do canal televisivo por *sintonização*, em se escolhe um dos vários canais que chegam ao equipamento através do meio de transmissão.

Embora possua algumas desvantagens, note-se que só através do conceito de multiplexagem dos canais de vídeo é possível oferecer o serviço de televisão através da rede de cobre devido aos seus baixos débitos. Uma outra vantagem dos sistemas SDV prende-se com a ausência de um limite teórico em relação ao número de canais que podem ser distribuídos até ao cliente. Isto corresponde a um passo no sentido da personalização dos conteúdos, podendo tornar-se num dos valores acrescentados que a tecnologia pode oferecer.

2.2. Elementos Básicos da Arquitectura

A arquitectura genérica de um sistema IPTV passa pela existência dos elementos básicos presentes na figura 1, que são explicados de seguida. De notar a presença na figura da bidireccionalidade inerente a uma rede de distribuição IPTV o que é um dos factores de distinção em relação a outros modelos de distribuição do serviço de televisão.[2][3]

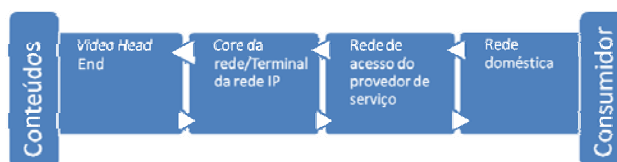


Figura 1 – Elementos básicos da arquitectura

2.2.1. Vídeo Head End

O *Vídeo Head End* é o ponto da rede onde são adquiridos os sinais de televisão e restantes conteúdos de forma a serem preparados para posterior distribuição numa rede IP.

As emissões de estações televisivas podem ser adquiridas de diversas formas. A título de exemplo, podem ser capturadas via transmissão digital por satélite, através de outras redes de distribuição, a partir de ligações de fibra óptica aos próprios centros de produção das estações televisivas (como acontece com a PT Comunicações, em Lisboa [4]) ou mesmo através de transmissões analógicas terrestres. Outros conteúdos a serem distribuídos aos clientes, através do serviço de Vídeo a Pedido, por exemplo, são também introduzidos e guardados ao nível do *Vídeo Head End*.

A principal função deste elemento é codificar os conteúdos num formato de vídeo digital, por exemplo MPEG-2/4, e encapsulá-los posteriormente em pacotes IP de forma a serem transmitidos na rede.

2.2.2 Rede Core IP do Fornecedor de Serviços

A rede *core* do fornecedor de serviços será responsável pelo transporte eficiente das tramas de vídeo ao longo da rede pelo que é necessário que forneça os

mecanismos de Qualidade de Serviço (QoS) para um transporte eficiente do vídeo.

Alguns dos mecanismos de transporte de vídeo em redes IP e respectivas vantagens e desvantagens para um sistema deste tipo serão abordados no capítulo 4.

2.2.3 Rede de Acesso do Fornecedor de Serviços

A rede de acesso é a responsável pela ligação da rede do fornecedor de serviços até à rede doméstica do cliente. Também conhecida como *Last Mile*, a ligação utiliza normalmente a infra-estrutura já existente por parte dos operadores de telecomunicações, neste caso a rede de cobre. Desta forma, principalmente por uma questão de minimização dos custos e de rentabilização da infra-estrutura existente, a tecnologia normalmente utilizada para o acesso em IPTV é o ADSL. A rede de acesso deverá cumprir os requisitos de qualidade necessários ao transporte de vídeo pelo que deverá permitir débitos superiores a 8 Mbps (para televisão e acesso à internet).

Devido aos crescentes requisitos de largura de banda associados a novos serviços que surjam com IPTV, as operadoras poderão utilizar alternativas baseadas em redes de fibra óptica passiva (PON – *Passive Optical Network*) até cada edifício (FTTB – *Fiber To The Building*) ou mesmo até casa do cliente (FTTH – *Fiber To The Home*), permitindo débitos muito mais elevados.

2.2.4 Rede Doméstica

A rede doméstica é responsável por distribuir o serviço de IPTV através da residência do cliente. Existem vários tipos de tecnologias utilizadas em redes domésticas mas nem todas são indicadas para fornecer este tipo de serviço. Dados os requisitos de largura de banda e de resistência a erros para o serviço de televisão, tecnologias que usem uma infra-estrutura cablada como *Ethernet* ou *HomePlug* (utilização da rede eléctrica doméstica) serão mais indicadas que tecnologias sem fios. No entanto, normas recentes das redes sem fios 802.11 suportam já requisitos de QoS pelo que se podem afigurar como uma solução possível no futuro.

Finalmente, o equipamento terminal ao qual se liga o televisor designa-se por *set-top box* (STB). No serviço IPTV, com a utilização de software adequado, um PC pode também ser o equipamento terminal do sistema do lado do cliente.

2.2.5 Middleware

Embora não representado na figura como elemento básico da arquitectura, o termo *middleware* é usado para descrever o software existente em cada um dos componentes que torna o serviço de IPTV possível no seu conjunto.

É responsável pela gestão dos utilizadores, pela gestão dos conteúdos e pela gestão dos serviços. Por exemplo, é ao nível do *middleware* que será possível

diferenciar os serviços fornecidos a cada cliente (personalização) ou, ao nível dos conteúdos, limitar o acesso de determinados utilizadores a certos conteúdos. Ao nível da *set-top box*, controla a interacção com o utilizador sendo, por isso, a imagem que este tem de todo o sistema.

É através da camada de *middleware* que é possível diferenciar a oferta de um serviço de televisão baseado em IP, explorando a interacção com diferentes serviços e aplicações e caminhando no sentido da convergência.

2.3. Exemplo de Arquitectura IPTV sobre ADSL

Na figura 2, podemos observar um exemplo de uma solução para o fornecimento do serviço de IPTV por um operador de telecomunicações [5].

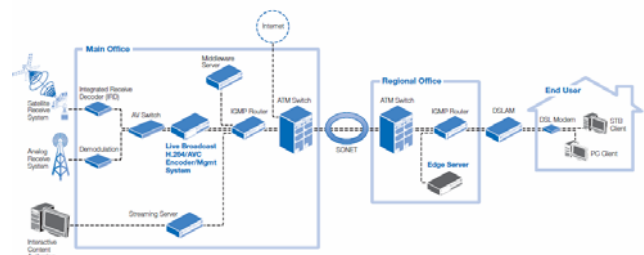


Figura 2 – Arquitectura IPTV

No *Main Office* encontramos as funcionalidades de *Head End* com as várias formas de aquisição de conteúdos. A este nível encontram-se também o codificador de Televisão em Directo, o servidor de serviços de Vídeo a Pedido e o servidor de *middleware* responsável pelos aspectos enunciados na secção anterior. A gestão da transmissão *multicast* dos canais é efectuada no *Main Office* através do Broad Service Router (IGMP router).

Podemos também observar a existência da rede core do operador que permite interligar o *Main Office* à Internet e aos vários *Regional Offices*. Ao nível deste ultimo, pode ser efectuada algum processamento dos grupos *multicast* assim como a aquisição de conteúdos para a distribuição regional.

Finalmente, os serviços serão fornecidos ao utilizador final através da tecnologia ADSL (DSLAM do lado da rede, e modem ADSL no cliente), culminando nos equipamentos terminais que podem ser STBs ou PCs.

3. CODIFICADORES E PROTOCOLOS

3.1. Codificadores de Vídeo e de Áudio

Dadas as limitações ao nível da rede de distribuição, as soluções de IPTV estão altamente dependentes da utilização de bons codificadores de vídeo. Esta é a razão principal para que os serviços de vídeo digital tenham sido os últimos a ser oferecidos neste tipo de redes. Um vídeo em PCM (Pulse Code Modulation) necessita de

um débito de tal maneira elevado que nunca seria considerado para distribuição generalizada através das redes já existentes. Por isso, surge a necessidade de utilizar codificadores de fonte que permitam obter uma boa qualidade dos conteúdos ao mesmo tempo que diminuem fortemente os débitos necessários para a sua transmissão. Neste sentido, a norma MPEG-2 veio permitir a generalização da televisão digital por conseguir cumprir os requisitos atrás enunciados. Mais recentemente, a norma MPEG-4/H.264 AVC (Advanced Video Coding) veio trazer alguns benefícios que a tornam especialmente indicada para a oferta do serviço de IPTV.

A utilização de codificadores MPEG-2 surgiu como uma das primeiras soluções ao nível do codificador de fonte a ser utilizado no Head-End. Esta permite, actualmente, débitos binários na ordem dos 3Mbps [5] (para televisão de resolução normal) que são comportáveis utilizando as redes de acesso ADSL. Para além disso tem sido vastamente utilizada ao longo dos últimos anos pelos fornecedores e distribuidores de conteúdos de vídeo digital, pelo que é considerada uma tecnologia madura.

No entanto, a recente norma H.264/MPEG-4 Part 10 define um codificador de vídeo (AVC) cujos principais objectivos o tornam particularmente interessante para IPTV:

- Providenciar codificação de vídeo com boa qualidade a débitos substancialmente mais baixos que normas anteriores (nomeadamente, MPEG-2).
- Permitir flexibilidade suficiente para funcionar com uma grande diversidade de aplicações e dispositivos.
- Procurar, ao nível do codificador, definir medidas que permitam adaptar a codificação ao meio de transmissão. Esta funcionalidade é dada pela Camada de Abstracção da Rede (NAL - Network Abstraction Layer).

O codificador AVC fornece, para soluções IPTV, um conjunto de vantagens que o tornam uma melhor escolha em relação a outros codificadores. A primeira prende-se com os maiores factores de compressão para a mesma qualidade, sendo que em relação a MPEG-2 representam cerca de metade do débito (o ganho é menor em relação a MPEG-4 Part 2, ASP). Por um lado, a utilização deste codificador de fonte permite fornecer um maior número de canais para a mesma ligação de acesso (Fig. 3).



Figura 3 – Comparação de débitos

Por outro, permite fornecer o serviço IPTV a clientes com ligações de acesso de débitos menores, aumentando a cobertura do serviço (Fig. 4).

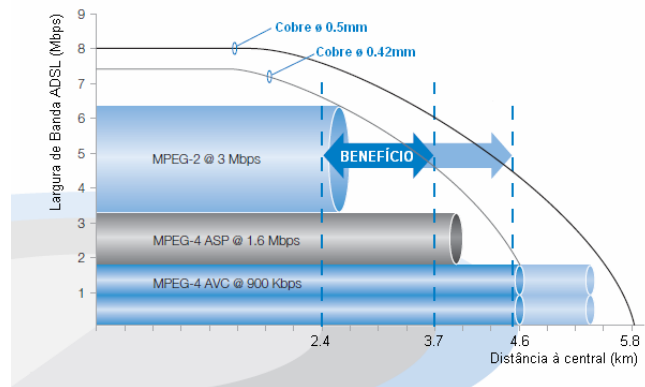


Figura 4 – Cobertura do serviço (Fonte: Envio, Inc., 2003)

A incorporação da camada de abstracção da rede (NAL) oferece flexibilidade ao nível do transporte, permitindo a utilização de diferentes soluções de distribuição do vídeo. Adicionalmente, possui mecanismos de resistência a erros que são úteis num cenário de perdas na rede. Alguns destes aspectos irão ser abordados no capítulo 4, referente ao transporte de vídeo em redes IP.

3.2. IP Multicast

De forma a garantir os requisitos enunciados no capítulo 2, principalmente o conceito de Vídeo Multiplexado e a possibilidade de rapidamente mudar de canal, definiu-se que a difusão de canais seria efectuada em modo multicast. Dado que seria também vantajoso para o fornecedor de serviço poder especificar a quem e como seriam os dados enviados, foi escolhido o Internet Group Multicast Protocol (IGMP) como protocolo de gestão de grupos [6].

Para o IGMP, cada Set Top Box *sintonizada* para um canal pertence a um determinado grupo, sendo que quando muda de canal, o que no fundo faz, é mudar de grupo. Nesta lógica de grupos torna-se então possível fazer *zapping* não possuindo localmente todos os canais em simultâneo. Na comunicação IGMP o BSR, é fornecedor do serviço em *multicast*, o Routing Gateway (RG) agrega os vários pedidos dos clientes e a STB é o cliente que efectua os pedidos IGMP. O papel do DSLAM de ponte entre o RG e o BSR, podendo ter um papel activo, funcionando como proxy-IGMP, melhorando o processo de mudança de canal.

Nas três versões que existem do IGMP, são usadas em IPTV a v3 e, tipicamente, a v2. Podem-se definir 3 conceitos fundamentais na troca de mensagens da STB, o cliente IGMP, para o BSR, o router IGMP:

- JOIN: um pedido realizado quando o cliente se quer juntar

a um grupo, ou seja, na perspectiva IPTV, sintonizar um determinado canal.

- LEAVE: utilizado para abandonar um grupo do qual se recebia o fluxo de dados, equivalente a deixar de ter o canal sintonizado.

- QUERY: devolve uma lista de grupos da qual o cliente faz parte. Útil para verificar se um pedido de JOIN ou LEAVE foi recebido ou para recuperação de uma falha.

Apesar de as mensagens diferirem entre as versões do protocolo, as funções mantêm-se. As diferenças existentes entre as duas versões utilizadas em IPTV prendem-se pelo tipo de rede e pela possibilidade de agrupar ou não mensagens. Enquanto que o IGMPv2 se destina a redes Any Source Multicast (ASM), nas quais é possível receber dados de qualquer dispositivo na rede, o que se pode tornar numa vulnerabilidade, no IGMPv3 por sua vez opta-se por uma rede SSM (Single Source Multicast), na qual só aparelhos específicos podem enviar dados. Já ao nível do agrupamento de mensagens, na 3ª versão é possível agrupar mensagens de forma a eliminar o overhead existente na 2ª versão no envio de um LEAVE seguido de um JOIN, tal como mostra a figura 5.

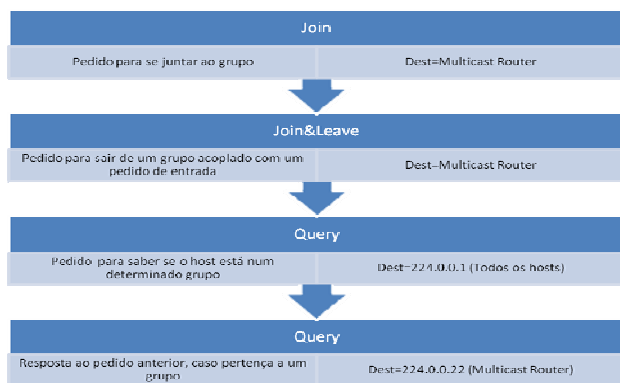


Figura 5 – Exemplo de interacção IGMPv3

4. TRANSPORTE DE VÍDEO EM REDES IP

Como foi apresentado anteriormente a utilização de um codificador H.264/MPEG-4 AVC possui algumas vantagens em relação às restantes alternativas. Assim ir-se-á, neste capítulo, abordar algumas das soluções para transporte de vídeo codificado em AVC sobre redes IP.

4.1. MPEG-2 Transport Stream

Uma vez que as primeiras soluções de IPTV se basearam na norma MPEG-2, foram utilizadas para o transporte as tramas MPEG-2 Sistema encapsuladas no stack de protocolos IP. Quer o codificador de áudio quer o

de vídeo produzem *Packetized Elementary Streams* (PES) que, por sua vez, são multiplexados em conjunto com informação de programa em tramas de transporte de 188 bytes (Figura 6).

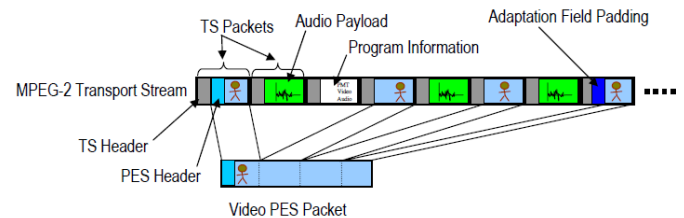


Figura 6 – Elementos básicos da arquitectura

Para o encapsulamento em protocolos do *stack* IP é normalmente usado UDP como protocolo de transporte devido aos requisitos de tempo real do serviço. Cada datagrama UDP contém várias tramas TS consoante o MTU (*Maximum Transmission Unit*). Para além de acrescentar um *overhead* na comunicação, este facto terá implicações na robustez do método de transporte em relação aos erros.[7] Uma melhor alternativa para efectuar o transporte de vídeo em redes IP consiste em utilizar protocolos nativos do mundo IP como é o caso do protocolo RTP (*Real-time transport protocol*) [8] que iremos ver de seguida.

4.2. Real Time Protocol

A partir do momento em que, ao contrário do que acontece em sistemas de *broadcast* baseados em MPEG-2, se utilizam redes IP para a distribuição, é possível tirar partido da bidireccionalidade da comunicação de forma a que cada cliente possa pedir os conteúdos que pretende. Desta maneira, grande parte das tarefas de multiplexagem de diferentes canais em tramas TS (que é efectuado pelo MPEG-2) tornam-se desnecessárias. Para além disso a própria sincronização do áudio e vídeo pode ser efectuada à custa de protocolos baseados em IP como é o caso do protocolo RTP.[9]

As principais vantagens de utilizar este protocolo para o transporte de vídeo são: por um lado, o menor *overhead* na comunicação e, por outro, a possibilidade de associar as unidades NAL (resultantes da codificação) em pacotes RTP independentes, permitindo tirar partido das funcionalidades que a camada NAL disponibiliza. Uma outra vantagem prende-se com a maior adaptabilidade do débito/qualidade do vídeo que a utilização de um protocolo de controlo como o RTCP (*Real-Time Control Protocol*), que funciona em conjunto com o RTP, permite. Em concreto, é possível através da monitorização das perdas e erros na transmissão, adaptar essa qualidade, tirando partido dos mecanismos de **codificação escalável** que a norma permite.

5. GARANTIAS DE SERVIÇO

Como vimos anteriormente, os recentes avanços na área do acesso à Internet através da rede de cobre e, simultaneamente, o desenvolvimento de codificadores de vídeo cada vez mais avançados e que permitem maiores factores de compressão, abriram porta à entrada do serviço de televisão nas redes dos operadores de telecomunicações, que apostam fortemente nesta possibilidade.

Embora dominada a tecnologia, o seu sucesso comercial está bastante dependente do que se irá passar nos tempos mais próximos. A própria natureza dos serviços IPTV tem implicações tecnológicas que colocam desafios ao nível das garantias de serviço.[10] Por exemplo:

- O serviço de Vídeo a Pedido puro é *unicast*, o que aumenta bastante a quantidade de informação que passa na rede. O sucesso deste serviço pode vir a ter implicações na qualidade do serviço que é oferecido.
- Serviços de videogravadores pessoais de rede (nPVR - *network personal vídeo recorder*), que permitem ao utilizador gravar conteúdos para posterior visionamento, constituem um desafio uma vez que exigem à rede maior disponibilidade de recursos.
- Possibilidade de haver várias *set-top box* por residência ou multi-canais no mesmo televisor irão aumentar o número de canais em simultâneo e, conseqüentemente, os requisitos de largura de banda.
- Conteúdos de alta definição, que hoje começam a aparecer, irão tornar-se cada vez mais comuns e têm necessidades elevadas de largura de banda, quando comparados com conteúdos de televisão de resolução *normal*.

Esta explosão de serviços e conteúdos que a IPTV proporcionará irá, assim, exigir um nível de garantias de serviço que ultrapassa o correcto funcionamento de cada um dos componentes individuais do sistema, sendo necessário um elevado grau de integração que permita garantir um serviço escalável, de custos reduzidos e que cumpra as expectativas do cliente. Segundo Kerpez et al [11], os grandes desafios que os operadores enfrentam na oferta de um serviço de qualidade passam pelas seguintes categorias:

5.1. Capacidade e Aprovisionamento

De forma a garantir a oferta do serviço com qualidade é necessário um aprovisionamento cuidado dos recursos na rede. Assim, os principais requisitos são a largura de banda suficiente à transmissão de vídeo, quer na rede core quer no acesso, e um nível de perdas e de variação do atraso baixo.

É importante notar que estes requisitos para um serviço de IPTV são mais estritos do que acontece com o serviço de acesso à Internet. Neste último, é possível aos fornecedores do serviço efectuar um aprovisionamento estatístico dos recursos, garantindo apenas em média o cumprimento das condições acordadas. O mesmo não pode acontecer em relação ao serviço de televisão, dadas as suas necessidades constantes de débitos elevados e de baixos atrasos. Neste caso, qualquer abaixamento no desempenho da rede será imediatamente percebido pelo cliente final.

As ferramentas fundamentais para garantir estes requisitos passam pela utilização de *multicast* e de mecanismos de Qualidade de Serviço ao nível da rede, como vimos anteriormente, que minimizem a quantidade de tráfego e, ao nível do acesso, a aposta em tecnologias que permitam elevados débitos até a casa dos clientes (o chamado *Last Mile*). Numa primeira fase, dada a sua base instalada e os débitos crescentes que tem vindo a permitir, o ADSL surge como a principal tecnologia a ser usada. No entanto, tecnologias alternativas que permitam débitos ainda mais elevados e que se mostrem competitivas ao nível dos custos com o ADSL (como acontece com as PON) devem também ser consideradas.

5.2. Qualidade de Experiência (QoE)

Embora as medidas anteriores ao nível da rede permitam garantir os níveis de qualidade de serviço da mesma, um sistema como a IPTV envolve um número elevado de componentes que, em conjunto, oferecem vários serviços. Como tal, a qualidade do sistema percebida pelo utilizador possui um sentido mais alargado que o da qualidade de serviço ao nível da rede. Ao conceito que envolve, para além de métricas objectivas, um conjunto de métricas subjectivas que permitem caracterizar a qualidade percebida pelo utilizador, dá-se o nome de Qualidade de Experiência (QoE – *Quality of experience*).

Desta forma, para além das métricas objectivas que, tradicionalmente, ajudam a caracterizar o desempenho de uma rede (débitos, atrasos, perdas e latência), torna-se necessário considerar outros aspectos que tenham impacto na qualidade de experiência de utilização, tais como o sincronismo entre o áudio e o vídeo ou o tempo de resposta à mudança de canal, por exemplo. São, no entanto, os factores relacionados com a própria qualidade do vídeo, percebida pelo utilizador, os mais importantes para caracterizar esta qualidade de experiência. Assim, foram definidas algumas métricas, designadas de VQM (*Video Quality Metrics*) [11][12][13][14], que ajudam a caracterizar a qualidade subjectiva do vídeo para os utilizadores. O exemplo mais comum de uma métrica subjectiva designa-se por *Video mean opinion score* (VMOS) e é obtida pela média de pontuações dadas por um conjunto de utilizadores de teste. A pontuação é dada numa escala de 1 a 5, em que 1 corresponde a má qualidade e 5 corresponde a uma

qualidade subjectiva excelente. Uma vez que obter este tipo de métrica num cenário de operação é pouco prático, utilizam-se algumas métricas mais objectivas que procuram caracterizar a qualidade do vídeo, como por exemplo, taxas de erros (MSE – *Mean Square Error*) ou a relação sinal-ruído de pico (PSNR – *Peak Signal-to-noise ratio*).

A monitorização deste conjunto de métricas que englobam não só as características da rede como também as características do vídeo, permitirão a oferta de um serviço mais robusto, fiável e com maior qualidade de experiência (QoE) para os utilizadores finais.

5.3. Gestão de utilizadores e de conteúdos

A oferta de serviços personalizáveis e de conteúdos diferenciados por utilizador aumenta os requisitos de gestão de utilizadores ao nível da rede. Ao invés dos fornecedores de televisão por cabo cujos modelos de subscrição passam normalmente por pacotes de canais, em IPTV será possível que o cliente escolha e personalize o conjunto de canais e serviços que deseja.

Tradicionalmente, os operadores preferem mecanismos de gestão centralizados que lhes permitam ter o máximo controlo sobre a rede e os serviços. Ao nível dos mecanismos de autenticação/autorização, uma solução deste tipo permite não só um maior controlo ao operador como acaba por ser, também, mais robusto ao nível da segurança: a utilização de protocolos seguros em IP permite implementar os mecanismos de autorização ao nível da rede e, assim, evitar fenómenos de pirataria que passam pelo comprometimento do mecanismo de autorização ao nível do hardware do cliente (p.e., *set-top boxes* piratas), como acontece em alguns sistemas de televisão por cabo.

Uma outra questão associada à gestão de utilizadores e aos modelos de subscrição utilizados passa pelas formas de taxação de serviços como o Vídeo A Pedido ou o Videogravador Pessoal de Rede (nPVR). Estes apresentam novos desafios pelo que as soluções de taxação e contabilização (*billing*) devem ser bastante flexíveis.

No que diz respeito aos conteúdos, levantam-se um grande número de questões que estão bastante relacionadas com os fenómenos actuais de pirataria. Embora utilizando tecnologias baseadas nas redes IP, que muitas vezes se encontram associadas a esses fenómenos, os operadores necessitam de garantir às grandes distribuidoras que os seus conteúdos podem ser protegidos. Este aspecto é muito importante para a oferta de um serviço que cative os utilizadores uma vez que sem conteúdos apelativos o sucesso do mesmo fica comprometido. (é de tal forma importante que existem já empresas formadas para servirem de intermediários entre os distribuidores de conteúdos e os fornecedores de serviços [15]). Torna-se, assim, necessário utilizar mecanismos de DRM (*Digital Rights Management*) que garantam que apenas os utilizadores autorizados possam aceder a determinado conteúdo (seja ele uma transmissão

em directo ou um conteúdo guardado e visionado a pedido). Estes recorrem frequentemente à utilização de mecanismos de cifra em que uma ou mais chaves são necessárias para decifrar e, assim, visualizar determinado conteúdo. Contudo, estas formas de protecção não devem comprometer significativamente o desempenho do sistema.

6. IPTV, DESAFIOS E OPORTUNIDADES

Com o aparecimento da televisão digital, o sistema de televisão como o conhecíamos anteriormente tende a mudar radicalmente. Passamos de um cenário em que todas as pessoas assistiam aos mesmos conteúdos, difundidos por via terrestre para as televisões em casa de cada um, para uma multiplicidade de cenários em que as possibilidades são imensas. Desde logo a explosão dos conteúdos, dos mais generalistas até aos mais específicos, levam a uma personalização da televisão em que cada um assiste àquilo que mais gosta. Este fenómeno associado à diversidade de dispositivos em que o pode fazer leva a que cada pessoa possa assistir ao que quiser, quando quiser e como quiser.

A passagem a digital, para além de revolucionar a forma como cada pessoa vê televisão, veio também dar origem a um fenómeno de convergência entre as comunicações e o entretenimento, permitindo juntar dois mundos outrora separados. Como consequência, a concorrência aumentou significativamente e o serviço de televisão pode agora ser fornecido através de uma grande variedade de tecnologias e através de diversos modelos de negócio. Os principais intervenientes nesta competição parecem ser, neste momento, os operadores de televisão por cabo, os operadores de telecomunicações com IPTV e as estações de televisão com fortes interesses na tecnologia DVB para difusão de televisão digital. Adicionalmente, fenómenos como a Internet TV, suportada em tecnologias de *streaming peer-to-peer* [16] (como é o caso do software Joost [17], dos criadores do serviço de VoIP Skype) **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, e através de modelos de negócio baseados em publicidade, poderão vir a ter um papel importante nesta competição.

Desta forma, e dado o mercado dinâmico em que concorrem, as ofertas de IPTV terão que apresentar um valor acrescentado para os clientes que os faça preferi-las sobre as restantes alternativas. Embora começando por serviços que permitam igualar a concorrência, o facto de ser um sistema totalmente baseado em tecnologias IP dá-lhe uma forte margem para a oferta de uma gama alargada de serviços, desde os mais comuns (Video a Pedido, videogravadores Pessoais, compras *online*, *eBanking*, entre outros) até serviços cada vez mais personalizados e interactivos (como os jogos) e que explorem a vertente social (*chat's* de canais, por exemplo).[10]

Uma outra mais-valia do serviço de IPTV, pelo facto de ser uma tecnologia impulsionada pelos operadores de telecomunicações, encontra-se relacionada com a

potencial integração com o mundo das redes móveis, nomeadamente através da integração com as arquitecturas IMS (*IP Multimedia Subsystem*). [18] Num cenário deste tipo, será possível fornecer os serviços já existentes a um maior número de utilizadores e de dispositivos sem grandes custos e, adicionalmente, proporcionar-se-á a criação de novos serviços que tirem partido desta integração entre os vários mundos (p.e., efectuar vídeo chamadas utilizando a televisão).

7. CONCLUSÕES

Presentemente, as *telcos* podem dar um salto tecnológico que lhes permita abranger um novo mercado cheio de potencial. Encontram-se definidas as normas e a tecnologia, seja transporte, codificação ou encaminhamento, necessárias para que através da fusão entre as telecomunicações e o entretenimento conceitos como o Triple Play e a IPTV se tornem passíveis de concretizar.

Não sendo necessárias grandes remodelações ao nível da infra-estrutura, o ganho vindo da implementação de um serviço como a IPTV traz mais vantagens que o serviço de TV normal, tendo sempre em conta a QoE, ao permitir novos métodos de distribuir conteúdos e publicitar produtos através de um novo modelo de negócio. É de destacar a nova filosofia com que a TV é confrontada: somos transportados para o fenómeno de personalização da televisão, criando conteúdos mais direccionados ao indivíduo em vez de ao grupo, podendo no entanto, por exemplo, criar redes de indivíduos com os mesmos interesses possibilitando a interacção entre eles em *chat-rooms* ou outros.

No futuro, os serviços que poderão ser implementados usando esta tecnologia serão apenas limitados pela imaginação dos fornecedores de conteúdos e de serviços, já que poderão ser integrados em arquitecturas IMS, exponenciando a interactividade entre dispositivos e pessoas e alargando as funcionalidades dos aparelhos.

8. REFERÊNCIAS

- [1] "Using Bandwidth More efficiently with Switched Digital Video", Motorola, 2006
- [2] "IPTV Explained", Broadband Services Forum
- [3] Sven Ooghe, "IPTV Architecture Overview", DSL Forum, Abr. 2006
- [4] A. Geirinhas, "IPTV: Evolução ou Revolução", PT Comunicações, apresentação no âmbito da cadeira de Planeamento e Projecto de Redes, IST, 2007
- [5] "H.264 & IPTV Over DSL – Enabling New Telco Revenue Opportunities", Intel Corporation
- [6] S. Schoaf, M. Bernstein, "Introduction to IGMP for IPTV networks", Juniper Networks, Jun. 2006

- [7] A. MacAulay, B. Felts, Y. Fisher, "IP Streaming of MPEG-4 : Native RTP vs MPEG-2 Transport Stream", Out.2005
- [8] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications", RFC 1889, Jan. 1996
- [9] J. Van Der Meer, D. Mackie, V. Swaminathan, D. Singer, P. Gentric, "RTP Payload Format for MPEG-4 Streams", IETF RFC 3640, Nov. 2003.
- [10] Jochen Altgeld, "The IPTV/VoD Challenge - Upcoming Business Models", IBM for IEC, 2005
- [11] K. Kerpez, D. Waring, G. Lapiotis, j. B. Lyles, R. Vaidyanathan, "IPTV Service Assurance", Telcordia Technologies, IEEE Communications Magazine, Set. 2006
- [12] "Assuring Quality of Experience for IPTV", Heavy Reading, Jul. 2006
- [13] "Testing MPEG based IP video QoE/QoS", Shenick Network Systems, 2006
- [14] VQEG – video quality experts groups, www.its.bldrdoc.gov/vqeg/, 2007
- [15] A. Cameron, "IPTV/VoD – The great content adventure", Digital TX, 2004
- [16] A. Martins, L. Pedro, M. Cabral, "Streaming Multimédia em redes P2P", IST, Mai.2007
- [17] Joost, www.joost.com, 2007
- [18] "Delivering converged quad-play services with IPTV and IMS", Nortel, 2006



Frederico Silva, nascido em Peniche em 1984. Frequenta actualmente o Mestrado em Engenharia de Redes de Comunicação, na área de especialização de Aplicações e Serviços. Encontra-se no 4º ano no IST, pólo do Taguspark.



Nizarali Badrudino, nascido em Lisboa em 1985. Frequenta actualmente o Mestrado em Engenharia de Redes de Comunicação, na área de especialização de Aplicações e Serviços. Encontra-se no 4º ano no IST, pólo do Taguspark.



Tiago Sousa, nascido em Lisboa em 1985. Frequenta actualmente o Mestrado em Engenharia de Redes de Comunicação, na área de especialização de Aplicações e Serviços. Encontra-se no 4º ano no IST, pólo do Taguspark.