

# INTERNET LIVE STREAMING

André Marques (63091), Raquel Bettencourt (63118), Joana Falcão (65380)

Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Instituto Superior Técnico  
Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal  
E-mail: {andre.c.marques, raquel.bettencourt, joana.falcao}@ist.utl.pt

## RESUMO

The abstract should appear at the top of the left-hand column of text, about 0.5 inch (12 mm) below the title area and no more than 3.125 inches (80 mm) in length. Leave a 0.5 inch (12 mm) space between the end of the abstract and the beginning of the main text. The abstract should contain about 100 to 150 words.

This template should be taken as the default template; most characteristics recommended here shall not be changed, e.g. font size, but it can be changed to improve the graphical looking of the paper, e.g. insertion of boxes, color, etc.

**Palavras-Chave**— Live Streaming, áudio, vídeo

## 1. INTRODUÇÃO

Hoje, o vídeo tem um peso dominante no tráfego da Internet, de acordo com o relatório da Cisco [1], o vídeo na Internet atingiu, em 2010, 40% do tráfego total, prevendo-se que até ao final de 2012 venha a atingir valores na ordem dos 50% e em 2015 cerca de 62% de todo o tráfego consumido. Estes valores são referentes maioritariamente a *streaming* de vídeo armazenado e *streaming* de vídeo em tempo real, não incluindo a partilha de ficheiros de vídeo através das conhecidas aplicações P2P (*Peer-to-Peer*).

Não se pode deixar de notar que este crescimento está em parte associado ao aumento das ofertas de largura de banda que permitiu aos utilizadores altas velocidades de acesso à Internet, possibilitando aceder a *streams* de vídeo com elevada qualidade [2]. Apesar do mais preponderante em termos de tráfego ainda ser o *streaming* de vídeo armazenado, como o disponibilizado tradicionalmente pelo Youtube, o método de emissão de conteúdos *Live* tem recebido cada vez mais atenção e importância, principalmente na transmissão de emissões televisivas, videoconferências e outros eventos diversos. Estas aplicações de *live streaming* destinam-se a um grupo massivo e heterogéneo de utilizadores em simultâneo, como tal necessitam de se revelar escaláveis e de ser suportadas por algum mecanismo de *multicast*.

Não se pode falar de *live streaming* sem abordar o *streaming* de áudio, apesar de neste artigo o áudio aparecer

quase sempre associado ao áudio integrado nos vídeos. O *streaming* de áudio por si só é cada vez mais usado, por exemplo no *broadcast* das rádios a nível mundial, o que permitiu em qualquer lugar do mundo ouvir emissões ao vivo de rádios de qualquer país à escolha.

É importante tentar esclarecer bem a diferença entre alguns conceitos que são relevantes para a correcta compreensão deste artigo, como as técnicas de *streaming*, *progressive downloading* e *adaptive streaming*, e é o que se tentará fazer de seguida de um modo muito breve e duma perspectiva de utilizador.

Experimentalmente, o conceito de *streaming* significa que quando um utilizador clica no botão de reprodução numa página Web o vídeo começa a ser reproduzido imediatamente e continua de um modo, mais ou menos, consistente até ao fim. Para que aconteça desta forma o ritmo de transmissão do ficheiro codificado deve ser menor do que a capacidade da largura de banda do cliente, de outro modo o vídeo sofreria paragens durante a reprodução [3].

Quando se fala em *progressive download*, tecnicamente, refere-se a vídeo disponibilizado por servidores de Internet HTTP tradicionais, e tipicamente os vídeos transmitidos com esta técnica recorrem a armazenamento no disco do utilizador à medida que são recebidos e só depois são reproduzidos a partir dele [3]. Isto não acontece no *streaming* que utiliza servidores específicos e não faz armazenamento local dos dados. Mas as pareências não ficam por aqui, a experiência é muito semelhante no sentido em que os vídeos começam também a ser reproduzidos quando se pressiona o *play* e continuam de forma consistente, mas o *progressive download* permite que a codificação possa ser feita num a um ritmo mais elevado. Note-se que a razão de alguns serviços só serem servidos sobre *streaming* pode estar relacionada com uma questão de segurança, porque como não há armazenamento em disco torna-se muito mais difícil copiar o conteúdo [3].

As tecnologias de *adaptive streaming* são utilizadas na codificação de múltiplos streams de emissões ao vivo ou VoD (*Video on-Demand*) e adaptam o ritmo de transmissão às condições da ligação com cada cliente final, tais como a velocidade da ligação e a capacidade de processamento.

Estes aspectos serão as mais abordadas ao longo deste trabalho.

Primeiro optou-se por apresentar várias tecnologias que ao longo dos anos foram utilizadas na difusão de vídeos através da Internet de modo a perceber-se que o *live streaming* de hoje usa tecnologias que resultaram de um conjunto de métodos diversificados. Os aspectos técnicos são apresentados logo de seguida com especial foco nas arquitecturas de rede, nos protocolos e nos *codecs*. Os modelos de negócio também são abordados e consequentemente as questões legais e sociais que podem derivar deste tipo de transmissões, as perspectivas de futuro surgem como o culminar destas tecnologias e revelam as potencialidades que ainda não foram totalmente exploradas.

## 2. TECNOLOGIAS RELACIONADAS

Variadas técnicas têm sido propostas ao longo dos anos para permitir a disponibilização dos conteúdos em tempo-real. Nesta secção tentaremos incluir uma breve descrição de algumas tecnologias que foram importantes para que o *live streaming* evoluísse e conquistasse a relevância que hoje detém nos serviços de Internet.

### 2.1. Multi-Rate Multicast

Os sistemas primordiais de Internet vídeo *streaming* eram essencialmente baseados em modelos de IP *multicast*. O *multi-rate multicast* modelo tenta fazer o mesmo, mas com elevada eficiência na transmissão dos pacotes [4]. Construindo uma *spanning tree* sobre os encaminhadores da rede, conseguiu-se a distribuição dos pacotes por vários destinatários, sem replicação da informação e utilizando cada caminho uma só vez. De acordo com [5], o maior problema com esta técnica revelou ser a heterogeneidade apresentada por cada utilizador em termos de capacidade de processamento e de largura de banda para o acesso. Para tratar este problema, um protocolo sugeria o envio de várias camadas do vídeo para grupos *multicast* diferentes, atribuindo a cada grupo um ritmo de transmissão fixo.

No seguimento deste protocolo surgiram dois problemas principais, o primeiro continua relacionado com o problema da escalabilidade, porque no caso de existir um número muito elevado de grupos *multicast*, estes exigem uma gestão do nível de numa rede de grandes dimensões. O segundo problema deteve-se com as grandes exigências em termos da coordenação dinâmica das *spannings trees* construídas sobre sub-redes muito diversificadas e autónomas.

### 2.2. Protocolos de distribuição de ficheiros P2P

As redes P2P são dependentes dos seus participantes em vez de dependentes de servidores para distribuir os serviços. Uma das principais características é o facto de cada participante na rede contribuir com recursos o que faz com

que a capacidade da rede possa mesmo aumentar quanto maior for o numero de participantes no sistema, no fundo, cada nó contribui com largura de banda, espaço de armazenamento e capacidade de processamento computacional. Esta é uma grande diferença entre arquitecturas P2P e arquitecturas cliente-servidor, em que nestas ultimas o fenómeno era o inverso, à medida que surgiam mais clientes o desempenho global era reduzido [5].

No caso de partilhas de grandes ficheiros, as técnicas P2P revelam grandes desempenhos pois o conteúdo pode ser extraído de vários portos ao mesmo tempo. Outra grande vantagem surge na robustez, porque como não depende de um servidor centralizado, a resistência a falhas é muito maior. As propostas iniciais de streaming P2P tiveram como base os protocolos de IP *multicast*, conseguindo ultrapassar algumas das limitações por estes apresentadas [6].

### 2.3. CoolStreaming

Lançado em 2004, o Coolstreaming [7] é considerado a primeira demonstração de sistemas de P2P *live streaming* de grande escala [5] e tem uma visão centrada nos dados. A arquitectura do Coolstreaming possibilita que, periodicamente, cada nó troque informações com um conjunto de parceiros sobre a os dados que contém e extrai dados de que não dispõe a partir de um ou mais parceiros ao mesmo tempo que faculta aqueles que possui.

Do sistema apresentado na Figura 1 é interessante perceber o funcionamento de alguns dos módulos. O *Membership Manager* auxilia os membros da rede a manter uma visão parcial dos outros nós, mas é o *Partnership Manager* que estabelece e mantém as ligações de parceria entre os diversos nós. Quando um *stream* de vídeo é dividido em segmentos de comprimento uniforme a disponibilidade de cada segmento no *buffer* de cada nó é apresentada no *Buffer Map*, este registo é constantemente

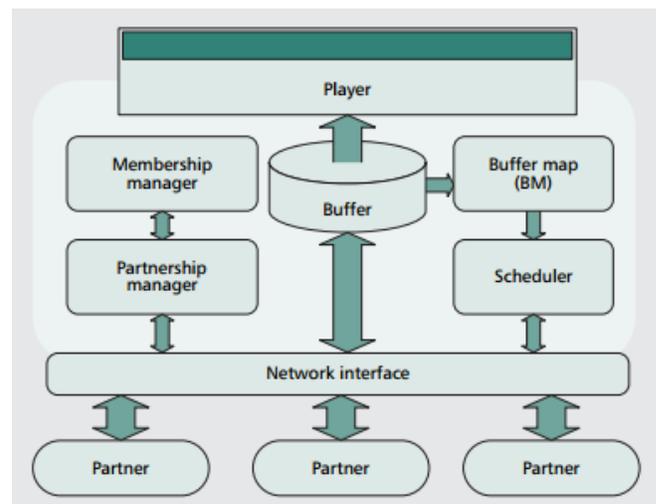


Figura 1: Diagrama de um sistema *Coolstreaming* [5].

trocado entre os parceiros, o que permite que o *Scheduler* possa agendar a extracção de segmentos dos parceiros [5].

Esta estratégia revelou um grande potencial na escalabilidade destes sistemas, mas a divisão dos *streams* e a transmissão por múltiplos caminhos demonstraram uma elevada utilização da largura de banda. O maior problema do Coolstreaming está relacionado com os tempos iniciais de estabelecimento das ligações que por vezes eram longos, o que, para o *live streaming* pode ser crucial [8].

#### 2.4. Content Distribution Networks (CDN)

Estas redes de distribuição de conteúdos são analisadas em [3] e, conceptualmente, muito mais fáceis de compreender. A estratégia é implementar nós da rede distribuídos geograficamente e estrategicamente em vários Provedores de Serviços de Internet (ISPs) e esses nós cooperam entre si na difusão dos conteúdo. Dito de outra forma, cada um destes nós implementa um servidor de streaming e quando um utilizador requer um determinado conteúdo é redireccionado para o servidor mais próximo de si e é iniciada a transmissão. Esta solução revelou óptimos resultados em distribuições de larga-escala, tendo sido esta avaliação é baseada na experiência do utilizador.

#### 2.5. HTTP Live Streaming

Este protocolo também é conhecido como HLS e funciona dividindo o *stream* total numa sequência de pequenos *downloads* de ficheiros baseados em HTTP o que faz com que possa utilizar os servidores Web já existente ao invés de um distribuidor de *streaming* para a difusão dos conteúdos.

Com base em [9], a um nível elevado podemos dizer que o HLS funciona como todas as tecnologias de *adaptive streaming*, o ficheiro fonte, que pode ser um conteúdo pré-gravado ou ao vivo, é codificado em MPEG-4 (geralmente vídeo em H.264 e áudio em AAC) e empacotado num *stream* de transporte em MPEG-2. Esta arquitectura é sucintamente apresentada na Figura 2. É este *stream* de transporte que é segmentado em múltiplos ficheiros com ritmos de dados diferentes, os quais são então divididos em trechos de informação com duração de segundos. É disponibilizada então uma lista que contém informações sobre estes trechos que compõe a transmissão do conteúdo áudio ou vídeo. A lista é renovada à medida que a transmissão avança, eliminando os segmentos que representam trechos antigos e substituindo-os por mais recentes [10].

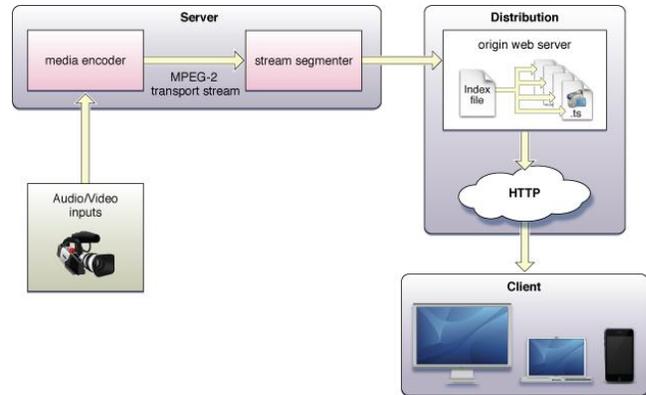


Figura 2: Arquitectura HTTP Live Streaming [9].

Quando o cliente tenta aceder ao conteúdo que procura, há um acesso a esta lista e o utilizador recebe os trechos da transmissão que são temporariamente armazenados até que cada um seja reproduzido, assim evitando-se quebras na transmissão do vídeo ou do áudio. Presentemente vários serviços comerciais oferecem sistemas de HTTP vídeo *streaming* que podem ser baseados em formatos privados ou *standard*. O MPEG e 03GPP normalizaram um sistema de *streaming* HTTP conhecido por DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP) [10, 11].

### 3. IMPLEMENTAÇÃO TÉCNICA

#### 3.1. Rede

As redes de distribuição de conteúdos são o grande pilar da distribuição de vídeo pela Internet [2], têm como base o paradigma cliente-servidor. O objectivo de uma CDN é melhorar a performance ao nível do atraso e da taxa de transferência. Para atingir este objectivo uma CDN tem vários nós, usualmente chamados de *edge servers*, que estão distribuídos geograficamente por múltiplos ISPs como se esquematiza na Figura 3.

Actualmente, as redes de *streaming* de vídeo baseadas em CDN oferecem um serviço do tipo *adaptive streaming* [2]. Este serviço possibilita que um único vídeo possa ser transmitido em várias qualidades a partir do servidor e o reprodutor de vídeo escolhe qual a qualidade que melhor se

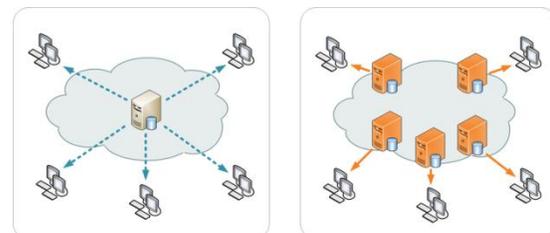


Figura 3: Diferença entre uma rede tradicional de distribuição e CDN [3].

adapta às condições da ligação do utilizador. A Akamai, AT&T, NTT, Communication, Limelight, Mirror Image, Level 3, Verisign e Internap, são exemplos de empresas que o utilizam sistemas baseados em CDN [12].

No entanto, uma CDN necessita de um grande número de servidores, o que torna esta arquitectura muito cara, pois cada serviço de *streaming* pode consumir muita largura de banda e durar muito tempo, o que significa que os recursos do lado do servidor, como a largura de banda e a capacidade podem ficar bastante limitados, dando uma má experiência ao utilizador. Para resolver este problema foi proposta uma arquitectura de rede para o sistema de *streaming* baseada em P2P. Os problemas citados a cima são resolvidos utilizando os recursos disponíveis dos utilizadores, isto é, quando um utilizador está a utilizar um serviço de streaming está ao mesmo tempo a providenciar esse mesmo serviço a outros utilizadores. Quanto mais utilizadores se juntarem à rede mais recursos podem ser consumidos, desta forma, assim é possível fornecer serviços de streaming de mais alta qualidade e com maiores capacidades em comparação a CDN [13]. Os utilizadores/clientes podem trocar dados uns com os outros ou podem receber dados de outros clientes, desde de que quem providencia o serviço dê autorização. Através da Figura 4, pode-se observar que cada nó da rede é tratado tanto como cliente como servidor. Todos os nós são considerados iguais em termos de partilha de recursos e comunicação de informação [2].

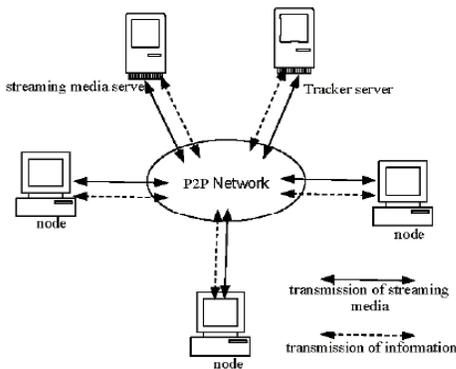


Figura 4: Arquitectura de um sistema de *live streaming* P2P [13].

Um dos grandes problemas de usar uma arquitectura P2P é a dificuldade em transmitir vídeo a uma qualidade constante, o que pode levar a os utilizadores ficarem insatisfeitos. Recentemente, foi proposto um novo sistema híbrido de *streaming*, que combina a tecnologia CDN com P2P. Estes sistemas prometem atingir a escalabilidade dos sistemas P2P e os níveis de atraso e de taxa de transferência dos sistemas CDN. *LiveSky* é o exemplo de um sistema comercial de *live streaming* com mais de 10 milhões de utilizadores que adoptou o sistema híbrido CDN-P2P [13]. Conceber e gerir um sistema híbrido CDN-P2P pode ser

bastante complexo, pois estes sistemas têm que ter duas propriedades [2]:

- *Adaptive streaming*, disponibilizar várias qualidades para o mesmo vídeo;
- Operação em modo híbrido, os utilizadores tanto podem receber dados do servidor como de outros utilizadores que estejam a ver o mesmo vídeo.

É também preciso ter em atenção a interacção entre as duas propriedades descritas acima. A arquitectura de um sistema híbrido CDN-P2P é a apresentada na Figura 5. Os sistemas híbridos CDN-P2P podem melhorar a satisfação dos utilizadores entre 20% a 40% quando comparados com sistemas CDN e, consegue-se chegar a uma poupança de capacidade do servidor entre 21% a 100% em comparação aos sistemas CDN [2].

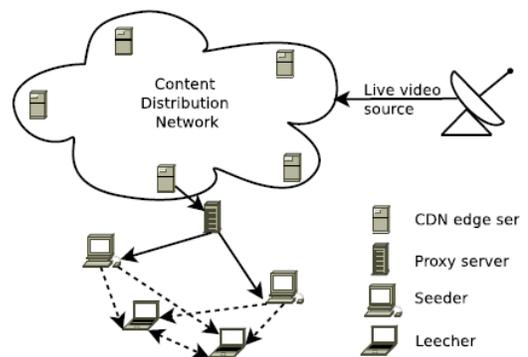


Figura 5: Arquitectura de um sistema híbrido CDN-P2P [2].

### 3.2. Protocolos

Antigamente, a maioria dos sistemas de *live streaming* utilizava os protocolos RTSP (*Real Time Streaming Protocol*) e RTP (*Real Time Protocol*). Os programas utilizados para reproduzir os conteúdos usavam RTSP para fazer o pedido de *streaming* ao servidor e, após o pedido ser aceite, entravam em ciclo para receber os conteúdos enquanto o servidor entrava em ciclo para os enviar, utilizando o protocolo RTP sobre UDP [14].

Neste modelo de comunicação RTSP/RTP, é o servidor que decide qual o fragmento do conteúdo que deve ser enviado no próximo momento, baseando-se nos *acknowledgements* e informação de erros enviadas pelo cliente. O papel do cliente é apenas receber os dados enviados pelo servidor e reproduzi-los.

Posteriormente, começou a ser adoptado o modelo HTTP *live streaming*. Neste modelo é o programa de reprodução do cliente que controla quando e quais os fragmentos que devem ser enviados por parte do servidor. Actualmente, os sistemas com base neste modelo dispõem de *adaptive streaming*, isto é, o programa de reprodução escolhe a *bit rate* dos fragmentos a serem pedidos ao servidor. Sendo assim, o servidor tem apenas duas tarefas, codificar o conteúdo a transmitir em tempo real com diferentes qualidades e enviar os fragmentos pedidos pelo

cliente. Quando o programa de reprodução contacta pela primeira vez o servidor de streaming, este envia um ficheiro metadata (*manifest*) contendo a lista com os fragmentos disponíveis no servidor quando foi feito o pedido [14]. Os protocolos HLS (HTTP *Live Streaming*) da Apple, HDS (HTTP *Dynamic Streaming*) da Adobe, *Smooth Streaming* da Microsoft e MPEG-DASH (MPEG *Dynamic Adaptive Streaming over HTTP*) são baseados no modelo acima descrito.

### 3.2.1 Apple HLS

O HLS permite que o utilizador faça *on-demand* ou *live streaming* de áudio e vídeo de um servidor para qualquer dispositivo que tenha pelo menos o iOS 3.0 (iPhone, iPad e Apple TV) ou o Safari 4.0 instalado (Computador). Como podemos observar da Figura 2, o HLS tem três partes fundamentais: componente do servidor, componente de distribuição e *software* do cliente [9].

### 3.2.2 Microsoft Smooth Streaming

É semelhante ao Apple HLS, mas tem diferenças chave. Enquanto o HLS cada vez que tem um fragmento novo disponível envia um *manifest* actualizado para o cliente, o *Smooth Streaming* utiliza códigos de tempo nos pedidos dos fragmentos. Assim, o cliente não tem que fazer repetidamente *download* do *manifest*. Isto faz com que a duração recomendada para os fragmentos em *Smooth Streaming* seja de 2 segundos, mas em HLS seja de 10 segundos, de forma a diminuir o envio de *manifest* [15].

Apesar de ambos utilizarem os codecs H.264 para codificação de vídeo e AAC para codificação de áudio, enquanto o HLS utiliza ficheiros do tipo MPEG-2 *Transport Stream* (MPEG-TS), o *Smooth Streaming* utiliza ficheiros do tipo ISO *Base Media File Format* (ISO BMFF) [15].

### 3.2.3 Adobe HDS

Mais parecido com o *Smooth Streaming* do que com o HLS. Utiliza ficheiros fragmentados do tipo ISO BMFF como o *Smooth Streaming*. A principal diferença entre HDS, HLS e *Smooth Streaming* reside no envio de *manifest*, o HDS utiliza sequências de números nos pedidos dos fragmentos, para que o cliente não tenha que fazer repetidamente *download* do *manifest*. Isto faz com que a duração recomendada para os fragmentos em HDS seja entre 2 a 5 segundos [9].

### 3.2.4 MPEG-DASH

Com o surgimento de várias soluções baseadas em HTTP *adaptive live streaming*, começaram a surgir vários problemas. O mercado do *streaming* de conteúdos começou a ficar dividido devido à variedade de soluções, houve um aumento dos custos relativos à capacidade de armazenamento e à largura de banda, sendo o maior prejudicado o cliente. Ficou assim claro que era necessário normalizar o HTTP *adaptive streaming*. Desta forma nasce

o MPEG-DASH, a norma MPEG para *Dynamic Adaptive Streaming over http*, ratificada em Novembro de 2011. DASH pode ser considerado como uma combinação dos protocolos Apple HLS, Adobe HDS e Microsoft *Smooth Streaming*. Principais características:

- O *manifest* é chamado de *Media Presentation Description* (MPS) e é criado no formato XML;
- Permite a utilização tanto de MPEG-TS como de ISO BMFF, de forma a ser mais fácil a migração para DASH;
- Há uma independência de *codecs*, isto é, há liberdade de escolha para os codecs a utilizar na codificação do áudio e do vídeo;
- *Common Encryption* permite a utilização vários métodos de encriptação.
- Podem ser criados vários perfis. Em cada perfil podem-se definir restrições para formatos multimédia, *codecs*, formatos de protecção, *bit rates*, resoluções, entre outros aspectos relacionados com o conteúdo.

No entanto, apesar do DASH permitir flexibilidade para a transmissão de conteúdos através de streaming, ainda não é possível saber se vai ser globalmente adoptado ou não, só o tempo o dirá [10].

## 3.3. Codecs

Os *codecs* são uma parte muito importante do *live streaming*, note-se que estes são ferramentas de compressão/descompressão de conteúdos, como vídeo e áudio. O grande objectivo é conseguir a mesma qualidade utilizando o mínimo de bits possível.

Como podemos observar na Figura 6, foram vários os codecs de vídeo que apareceram ao longo do tempo. O codec H.264 é sem dúvidas o mais importante, veio substituir o antigo H.263, pois além de ser mais eficiente ao nível da compressão, foi criado com o objectivo de preencher todos os requisitos necessários para aplicações de *streaming* [16]. O codec H.264 depois de várias “guerras”

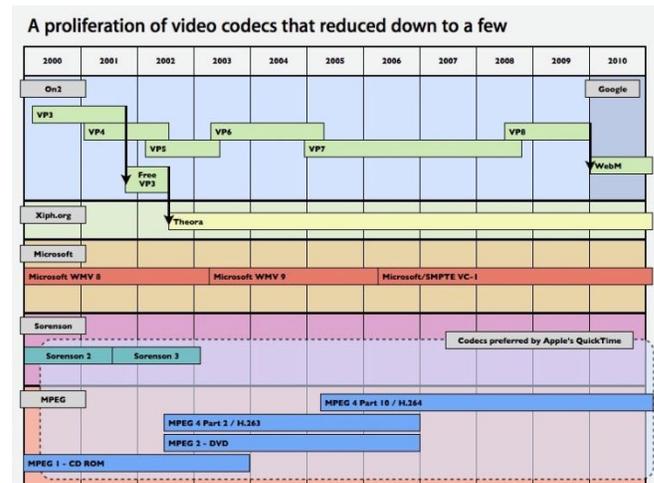


Figura 6: Codecs de vídeo utilizados ao longo do tempo (<http://www.appleinsider.com>)

contra outros codecs como VC-1, Ogg Theora e WebM (VP8), é o que domina hoje em dia o mercado do *live streaming*.

Quando a Microsoft lançou o *Windows Media Video* (VC-1) em 2006 teve bastantes problemas pois infringia várias tecnologias patenteadas pela MPEG. Com o aparecimento da nova especificação HTML5 em meados de 2009, o Mozilla e o Opera tentaram que o *codec royalty-free* Ogg Theora fosse o oficialmente escolhido para codificação de vídeo em HTML5, mas como esta nova especificação permite que qualquer codec de vídeo seja utilizado, o Ogg Theora não foi muito adoptado. Em Fevereiro de 2010, a Google compra a empresa On2, passando assim a ter todos os direitos sobre os codecs, principalmente sobre o *codec* VP8. Após a aquisição, a Google lança o novo *codec royalty-free* WebM com alternativa ao H.264. A Google adopta para o YouTube o codec WebM e junta-se à Mozilla e Opera, na “guerra” contra o H.264. Contudo o WebM não ganhou atracção por parte do mercado, em grande parte por os dispositivos da Apple apenas utilizarem H.264. Recentemente o Mozilla afirmou que perderam a “guerra” contra o H.264 e que o seu *browser* passará a ter suporte para este tipo de *codec* [17].

Para a codificação de áudio em *streaming* o *codec* AAC é o mais utilizado, este foi desenhado para ser o sucessor do MP3 e faz parte das especificações MPEG-2 e MPEG-4, por isso é utilizado em *streaming* em conjunto com o codec de vídeo H.264. Já em conjunto com os codecs de vídeo VP8 e Ogg Theora em *streaming* é actualmente utilizado o *codec royalty-free* Vorbis. É de realçar que os *containers* mais utilizados actualmente são MPEG-TS e o ISO BMFF, já referidos anteriormente.

#### 4. MODELOS DE NEGÓCIO

Ao abordar os modelos de negócios temos que distinguir dois mundos diferentes, o *streaming* só de áudio, *Radio on-line*, e o *streaming* de vídeo, *transmissão on-line* de áudio com vídeo.

Em relação à rádio estamos a observar uma migração da transmissão tradicional de rádio limitada a uma certa região geográfica, para uma transmissão para todo o mundo utilizando a Internet. Este serviço permite a uma pessoa em qualquer parte do mundo possa estar conectada com as suas rádios favoritas recebendo notícias e informações de eventos do seu país. Uma nova modalidade associada à *radio on-line* é a existência de rádios temáticas e puramente *on-line*, que se caracterizam por transmitir apenas um género musical. A transmissão de rádio é suportada por conteúdos publicitários.

Em relação ao vídeo temos várias companhias que disponibilizam serviços e soluções de *internet live streaming*. Como exemplo de algumas destas companhias temos a *Justin.tv*, *Livestream.com* e o *UStream.com*. Estas companhias oferecem a possibilidade de qualquer pessoa

que tenha uma camara de vídeo e acesso à internet possa comunicar com família amigos, fans, etc, ao vivo para todo o mundo. Para além deste serviço estar orientado para a utilização pessoal, existe também uma gama de produtos oferecidos orientados para empresas e transmissões de eventos de grande escala.

O modelo de negócios deste tipo de companhias está orientado para dois mercados, o mercado da distribuição de vídeo e *software* e o mercado da publicidade. Em relação ao primeiro mercado, estas companhias oferecem dois modelos, a oferta de um serviço grátis com a inclusão de publicidade de produtos ou outras companhias, normalmente associado a uma utilização doméstica, ou um pacote mensalmente pago, livre de anúncios publicitários e com oferta de uma gama de novos serviços não disponível na versão grátis.

Nas versões pagas do serviço, dependendo do pacote escolhido, a oferta de serviços pode variar. Os serviços oferecidos são tão diversos como: acesso a uma *contra premium*, onde o utilizador passa a visualizar todos os canais sem a existência de publicidade, *transmissão em HD*, soluções de armazenamento de conteúdos produzidos, remoção de publicidade não institucional, até ao total controlo da página e da transmissão, sem referência alguma ao fornecedor do serviço, possibilidade de integrar o stream noutras páginas, e limitar a visualização a grupos restritos [18]. Os diferentes pacotes disponíveis estão orientados para diferentes públicos-alvo. Pacotes mais simples, onde se oferece um serviço de *broadcast HD* e remoção de publicidade, estão mais orientados para pequenas empresas, ou eventos individuais de pequenas dimensões [18,19]. Pacotes que oferecem serviços que possibilitam a remoção de todo o tipo de publicidade, a inserção do stream noutras páginas web estão mais orientados para profissionais de comunicação ou eventos de dimensão média [18,19].

Finalmente, pacotes que oferecem total controlo do stream são direccionados para eventos de grande dimensão [18,19]. O preço de cada pacote, dependendo da companhia que oferece o serviço e do pacote escolhido, pode variar entre os 80 euros e os 800 euros mensais [18,19].

Outra área de negócio é a venda de *software* para a produção de conteúdos. Mais uma vez, como no caso dos serviços oferecidos, existem duas modalidades, a modalidade grátis e a modalidade paga. À semelhança do que acontece com os pacotes de serviços, à medida que o *software* oferece um maior número de ferramentas o preço deste também aumenta.

Finalmente tem-se a segunda área de negócio, a publicidade. Como se viu anteriormente, para pequenos utilizadores domésticos não existe nenhuma taxa pela utilização do serviço. Os gastos associados a estes utilizadores são suportados pelas receitas dos anúncios publicitários de outras marcas e companhias. Milhões de utilizadores transmitem e assistem a conteúdos neste tipo de *sites*, o que torna bastante aliciante a utilização destas plataformas para dispor publicidade.

## 5. QUESTÕES LEGAIS E SOCIAIS

A transmissão de eventos ao vivo utilizando a internet pode despoletar um conjunto de problemas e situações a nível legal. A violação dos direitos de autor e dos direitos de transmissão são dois dos principais problemas associados ao *Internet live streaming*. A retransmissão de jogos de futebol e corridas de Fórmula 1 são dois exemplos reais de violação de direitos de transmissão. Normalmente estes conteúdos são transmitidos em canais de sinal fechado e a sua visualização apenas é possível mediante o pagamento de uma mensalidade. Perante isto, existem *sites* que efectuam a retransmissão em tempo real deste tipo de conteúdos. O processo passa por ligar directamente a *set-top box*, que descodifica o canal ao computador e a partir disso transmitir o conteúdo para toda a web, sem o pagamento dos direitos de autor e de transmissão dos conteúdos. Mais uma vez, apesar de ilegais, este tipo de *sites* consegue ter uma rentabilidade económica devido à publicidade que aloja durante a transmissão.

No combate à violação de direitos de autor e de transmissão desportiva temos o exemplo do governo norte-americano que alguns dias antes do início do evento *Super Bowl 2012* fechou vários *sites* que faziam o *live stream* de eventos das várias ligas nacionais de futebol, basquetebol, hóquei. Os promotores das respectivas ligas referem que tais serviços *on-line* reflectem-se na perda de vários milhões de dólares associados à compra de ingressos e de assinaturas de canais desportivos [20].

Os *sites* apresentados no tópico anterior definem, nos campos “termos de utilização” e “política legal”, vários pontos relacionados com a questão dos direitos de transmissão e *copyright*. No tópico de *copyright* a política destas companhias é unanime, os termos de utilização apresentados aos utilizadores referem que os utilizadores devem respeitar os direitos de propriedade intelectual dos conteúdos apresentados. As mesmas companhias disponibilizam serviços de reclamação e alerta caso algum espectador encontre conteúdos transmitidos que violem os direitos de autor. Caso essa situação aconteça, o utilizador que transmite é avisado e no caso de ser uma reincidência os termos de utilização prevêm o encerramento imediato e sem aviso prévio da conta [21, 22, 23].

A nível social, a possibilidade de transmitir conteúdos ao vivo através da internet, permite uma maior comunicação entre diferentes pessoas em localizadas em diferentes pontos do mundo, com os mesmos gostos. Estes serviços permitem a que os utilizadores possam acompanhar os seus eventos favoritos ao vivo e ao minuto, e que por questões geográficas ou económicas não o poderiam fazer.

## 6. PRESPECTIVAS DE EVOLUCAO FUTURA

Não se pode olhar para o futuro das comunicações de áudio e vídeo, no nosso caso o *live streaming* sem abordar dois pontos essenciais, a interactividade com o utilizador e o vídeo 3D, que tentam induzir a sensação de realidade de visualização.

Uma das formas de interactividade é a possibilidade do utilizador poder escolher o plano da camera que pretende visualizar, ou ainda poder escolher vários planos de visualização ao mesmo tempo. Este serviço pode aumentar bastante a sensação de realidade para um utilizador no caso de transmissões com muito movimento e com uma grande plano onde a acção se desenrola, como é o caso de um jogo de futebol, uma corrida de fórmula 1, ou festivais de música. Em [24] e apresentada uma proposta de um sistema de multiplanos, baseada no *internet live streaming*. A estrutura do sistema encontra-se representada na Figura 7.

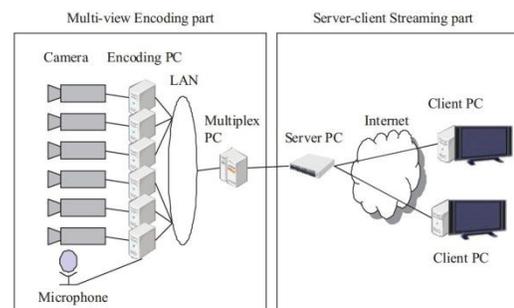


Figura 7: Esquema de captura, codificação, multiplexagem, transmissão e visualização [24].

Os planos distintos são captados por diferentes camaras, e codificados em computadores separados, um para cada camera. O áudio é captado em separado e a sua codificação é efectuada num dos computadores utilizados para a codificação de uma das camaras. Neste exemplo o codificador áudio utilizado é o AAC e o codificador vídeo é o H.264 Anexo H (*Multiview Video Coding, MVC*) *High profile*.

O *stream MVC*, com os planos das diferentes camaras, é multiplexado num outro PC e enviado para um servidor. O stream pode ser transmitido logo após a codificação ou ser armazenado numa base de dados para futura transmissão. No âmbito deste trabalho interessa-nos apenas a parte de transmissão ao vivo. Em relação à transmissão, tem que se garantir que mesmo quando o servidor está a trocar de plano, o áudio continua a ter uma transmissão contínua.

A selecção dos planos que cada utilizador pretende visualizar é efectuada no *buffer* do servidor. O *buffer* do servidor tem dois planos. O primeiro recebe o *stream MVC* e separa os diferentes planos atribuindo a cada um, um identificador. O segundo plano verifica quais os identificadores requisitados pelos utilizadores e envia o

respectivo *stream* para a rede. O *stream* recebido pelo utilizador pode conter um ou mais planos, e no terminal é seleccionado o plano a visualizar.

Outra tecnologia apresentada em [24] é a possibilidade da transmissão de *live streaming* em 3D. O processo de codificação e transmissão é idêntico ao apresentado anteriormente. Na captação as camaras adquirem duas imagens horizontais e codifica-as. Na recepção o descodificador descodifica o par de imagens horizontais e transforma-as numa SBS. Um dos obstáculos destes serviços é o atraso associado, os vários processos da cadeia introduzem atraso. Consideram-se os atrasos de aquisição, codificação, processamento servidor, transmissão na rede e descodificação no receptor. Uma das principais necessidades destes sistemas é um tempo de atraso reduzido, para além do tempo total de atraso de toda a cadeia, é necessário ter uma especial atenção ao tempo associado à troca do plano. Um atraso elevado neste processo pode diminuir bastante a sensação de realidade ou mesmo a sensação de continuidade da transmissão.

É importante também referir as perspectivas futuras de evolução das ferramentas de compressão, em especial o novo *codec* de vídeo H.265, que é o sucessor do H.264. O Gestor de Produtos da empresa *Qualcom*, *Phillippe Decotigne*, afirmou que o tamanho dos ficheiros utilizando H.265 deve ser 40 a 45% mais baixo que utilizando H.264. Pode-se ver na figura 8 um teste efectuado usando H.264 e H.265 para a mesma qualidade de vídeo [25].



Figura 8 – Diferenças de compressão entre H.265 e H.264 [25].

## 7. CONCLUSÃO

*Live streaming* é um serviço que cada vez está mais popular, em grande parte devido à evolução das redes de acesso à Internet, que permitem larguras de banda cada vez mais altas, como o recente conceito de *Fiber to the Home*, mas também devido à evolução das ferramentas de compressão e dos protocolos utilizados para *streaming*.

A tendência a nível da arquitectura da rede será a adopção do modelo híbrido CDN-P2P, apesar de os modelos CDN e P2P ainda serem bastante utilizados.

Espera-se que o protocolo MPEG-DASH, que combina os protocolos HLS da Apple, HDS da Adobe e *Smooth Streaming* da Microsoft, venha a ser o adoptado globalmente, no entanto, ainda é precoce afirmar com certeza se terá ou não sucesso.

O *codec* de vídeo H.264 é o mais adoptado globalmente, após ter vencido a “guerra” contra os *codecs* VP8 da Google, Ogg Theora da fundação Xiph.org e VC-1 da Microsoft. No entanto, em breve o seu sucessor H.265 deverá tomar o seu lugar. Em conjunto com o *codec* H.265 é geralmente utilizado o *codec* de áudio AAC.

Os utilizadores procuram cada vez mais novas maneiras de interactividade, com a oferta dos novos serviços de *live streaming* 3D e *multi-View*, vai permitir aos utilizadores uma maior sensação de realidade e, como pretendido, aumentar a satisfação dos mesmos.

A medida que o serviço de *live streaming* vai ganhando cada vez mais popularidade, obviamente, surgem com essa popularidade novas oportunidades de negócio.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] Cisco, “Cisco visual networking index: Forecast and methodology, 2010–2015,” 2011.
- [2] Mansy, A.; Ammar, M.; , "Analysis of adaptive streaming for hybrid CDN/P2P live video systems," *Network Protocols (ICNP), 2011 19th IEEE International Conference on* , vol., no., pp.276-285, 17-20 Oct. 2011.
- [3] J. Ozer (13 Maio, 2011), “Streaming Vs. Progressive Download Vs. Adaptive Streaming”. Disponível Online: <http://www.onlinevideo.net/>
- [4] Yang-hua Chu; Rao, S.G.; Seshan, S.; Hui Zhang; , "A case for end system multicast," *Selected Areas in Communications, IEEE Journal on* , vol.20, no.8, pp. 1456- 1471, Oct 2002.
- [5] Bo Li; Hao Yin; , "Peer-to-peer live video streaming on the internet: issues, existing approaches, and challenges [Peer-to-Peer Multimedia Streaming]," *Communications Magazine, IEEE* , vol.45, no.6, pp.94-99, June 2007.
- [6] K. Sripanidkulchai et al., “The Feasibility of Supporting Large-Scale Live Streaming Applications with Dynamic Application End-Points,” *Proc. ACM SIGCOMM*, Aug. 30–Sept. 3, 2004
- [7] X. Zhang et al., “DONet/CoolStreaming: A Data-driven Overlay Network for Live Media Streaming,” *Proc. IEEE INFOCOM*, Mar. 2005.
- [8] Susu Xie; Bo Li; Keung, G.Y.; Xinyan Zhang; , "Coolstreaming: Design, Theory, and Practice," *Multimedia, IEEE Transactions on* , vol.9, no.8, pp.1661-1671, Dec. 2007
- [9] Apple Inc.(1 Abril 2011), “HTTP Live Streaming Overview”, OS X Developer Library Disponível Online: <https://developer.apple.com/library/mac/>
- [10] Kofler, I.; Kuschig, R.; Hellwagner, H.; , "Implications of the ISO base media file format on adaptive HTTP streaming of H.264/SVC," *Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2012 IEEE* , vol., no., pp.549-553, 14-17 Jan. 2012
- [11] T. Stockhammer, “Dynamic adaptive streaming over HTTP: Standards and design principles,” in *Proceedings of the ACM MMSys 2011*, Feb. 2011, pp. 133–144.

- [12] Z. Lu, Y. Wang, Y. R. Yang, "An Analysis and Comparison of CDN-P2P-hybrid Content Delivery System and Model", *Journal of Communications*, vol. 7, no 3, pp 232-245, 3 Mar 2012
- [13] Gongcai Wu; Gongxin Wu; , "Research on P2P live streaming system," *Electronics, Communications and Control (ICECC), 2011 International Conference on* , vol., no., pp.1631-1634, 9-11 Sept. 2011
- [14] R. Roverso, S. El-Ansary, S. Haridi, "Smooth Cache: HTTP-Live Streaming Goes Peer-To-Peer" Disponível Online: <http://www3.mpsbroadband.com>
- [15] A. Salo (06 Jan, 2012), "Microsoft Smooth Streaming", RGB Networks. Disponível Online: <http://www.rgbnetworks.com/>
- [16] Yun Wu; Yong Zhao; Jianshi Li; , "Brief Analysis of the H.264 Coding Standard," *Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, 2007. IHHMSP 2007. Third International Conference on* , vol.2, no., pp.154-157, 26-28 Nov. 2007.
- [17] Feller, C.; Wuenschmann, J.; Roll, T.; Rothermel, A.; , "The VP8 video codec - overview and comparison to H.264/AVC," *Consumer Electronics - Berlin (ICCE-Berlin), 2011 IEEE International Conference on* , vol., no., pp.57-61, 6-8 Sept. 2011.
- [18] Ustream Inc., "Plans & Pricing",Disponível Online: <https://www.ustream.tv/ustream-pro/pricing>
- [19] LiveStream, "Plans & Pricing", Disponível Online: <http://new.livestream.com/broadcast-live/pricing-plans>
- [20] Stempel, J., "U.S. shuts 16 sports piracy websites pre-Super Bowl", *Arquivo Reuters*, 2 Fevereiro 2012. Disponível Online <http://www.reuters.com>
- [21] Ustream Inc., "Terms of Service", Disponível Online: <http://www.ustream.tv/terms>
- [22] Livestream, "Livestream Service Terms of Use". Disponível Online: <http://www.livestream.com/terms/generalterms>
- [23] Justin.tv Inc., "Terms of service". Disponível Online: [http://www.justin.tv/user/terms\\_of\\_service](http://www.justin.tv/user/terms_of_service)
- [24] Kimata, H.; Fukazawa, K.; Kameda, A.; Yamaguchi, Y.; Matsuura, N.; , "Interactive 3D multi-angle live streaming system," *Consumer Electronics (ISCE), 2011 IEEE 15th International Symposium on* , vol., no., pp.576-579, 14-17 June 2011.
- [25] S. Shankland (29 Fev, 2012), "Qualcomm shows horsepower of next-gen H.265 video". Disponível Online: <http://www.cnet.com>