

INTERNET VIDEO STREAMING

João Oliveira 57593, Pedro Nobre 69414

Mestrado Integrado Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Universidade de Lisboa - Instituto Superior Técnico
Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal
E-mail: {joao.de.oliveira, pedro.roque.nobre}@tecnico.ulisboa.pt

Resumo

Nos dias de hoje a internet faz parte do quotidiano das pessoas. Partilha de ficheiros áudio ou vídeo on-line tornou-se comum nos utilizadores de internet.

Sendo assim, cada vez mais existe a necessidade de desenvolvimento da internet para os seus utilizadores terem um rápido e eficaz acesso. Com este desenvolvimento surgiu a *stream* de vídeo e áudio ao vivo.

Neste artigo abordar-se-á então as tecnologias usadas na transmissão de vídeos em directo (*live streaming*), arquitectura de rede, protocolos e *codecs*.

De seguida irão ser introduzidos alguns serviços disponibilizados por esta mesma tecnologia e alguns aspectos sociológicos relevantes.

Finaliza-se o artigo com o que se prevê para o futuro na área de *vídeo live streaming* e com uma breve conclusão.

Palavras chave - *live streaming*, vídeo, conteúdos audiovisuais

1. Introdução

Streaming é o nome associado à tecnologia que, nos dias atuais, permite a transmissão de áudio e vídeo através da internet sem a necessidade de fazer o download do mesmo, dado que, à medida que a informação é recebida pela máquina (PC, tablet, smartphone...) é de imediato transmitida ao utilizador.

Surgiu em 1997, onde o vídeo se juntou à já existente tecnologia de *áudio streaming*. Provou ser um desafio pelo facto do volume de informação de um vídeo ser bastante superior à de um ficheiro áudio. A primeira transmissão data de 9 de Abril do mesmo ano tendo sido um evento desportivo (jogo futebol americano) “pela mão” da *Progressive Networks*, introduzindo assim o *Real Video*.

O consumo de vídeo online foi evoluindo e em 2014 foi responsável por 64% de tráfego de internet no mundo, continuando a ter tendência para aumentar, segundo um relatório apresentado pela Cisco [1], num futuro muito próximo (2019), o vídeo passará a ser responsável por 80% do tráfego mundial. Estes valores referem-se, na sua maioria, a *streaming* de vídeo em tempo real (TV, eventos desportivos...) e armazenado,

sendo este último o mais influente, tomando por exemplo o caso do *Youtube*.

A grande diferença entre *streaming* e *progressive download* ou apenas *download*, para além do tipo de servidores e protocolos que utilizam, é o facto de em *download* ser necessário descarregar por completo todo o ficheiro para depois ser possível visualizar, em quanto que em *streaming* o ficheiro é visualizado à medida que vai sendo efectuado o download, sendo criado um *buffer* para guardar temporariamente a informação (não ficando esta guardada numa pasta na máquina contrariamente também ao *download*) e quando este enche é iniciada a transmissão. Em caso de interrupção na ligação o vídeo continuará a ser reproduzido até que acabe a informação no *buffer*, voltando ao processo inicial aquando da retoma da ligação. Contudo, haverá sempre um atrasado na emissão (caso de emissão em directo) que se deve à codificação e transmissão do sinal.

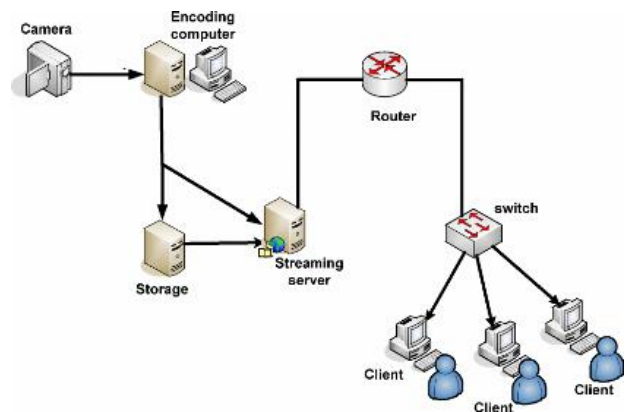


Figura 1 - Arquitectura da rede de vídeo live streaming

Em termos de qualidade de visualização, esta difere consoante a qualidade da ligação do cliente e o ritmo de transmissão que essa mesma ligação consegue atingir, sendo necessário que este último seja menor que a capacidade de largura de banda do utilizador para que não haja nenhum corte na reprodução. [2]

Outra tecnologia, o *adaptive streaming*, é utilizada na codificação de múltiplos *streams* de emissões ao vivo ou *on-demand* e adaptam o ritmo de transmissão à velocidade da ligação e capacidade de processamento da ligação de cada utilizador. [2]

2. Tecnologia

2.1 Arquitectura

Embora o processo de reprodução de um vídeo, para o utilizador, seja bastante simples, o processo nos “bastidores” é bastante complexo. Para que tal aconteça, é necessário existir uma arquitectura de rede.

2.1.1 P2P

Uma das principais arquitecturas é o P2P (*peer-to-peer*), onde cada utilizador (*peer*) da rede tanto funciona como cliente ou servidor, pois permite o compartilhamento de serviços/ficheiros/dados sem a necessidade de haver um servidor central, comum a todos os utilizadores, o que resulta numa maior robustez da rede e num melhor desempenho, dado ser possível extrair um ficheiro de vários “nós” da rede ao mesmo tempo. Cada utilizador contribui assim com recursos para a rede comum, aumentando a capacidade da mesma. Ou seja, cada “nó” da rede contribui com largura de banda, capacidade de armazenamento e de processamento, aumentando estes à medida que são inseridos novos “nós” na rede, o que contrasta em relação à arquitectura “servidor-utilizador” onde se verifica o inverso, à medida que surgem novos clientes o desempenho da rede ir-se-á reduzindo. [3]

Contudo este sistema também apresenta falhas devido às constantes entradas e saídas de utilizadores que resulta numa deterioração da largura de banda disponível. Tem problemas também ao nível da qualidade de transmissão que apresenta oscilações, não conseguindo manter uma qualidade constante.

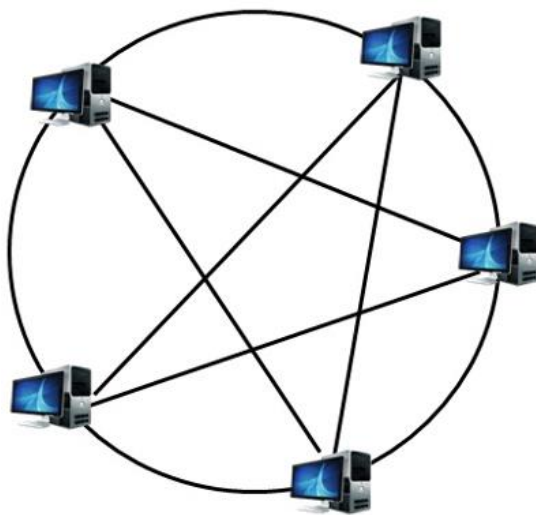


Figura 2 - Arquitectura de rede P2P

2.1.2 Content Distribution Networks

Outra arquitectura de rede relevante é a denominada *Content Distribution Networks* (CDN), método mais utilizado para distribuição de conteúdo na internet que oferece um serviço de *adaptive streaming*. Esta rede permite distribuir informação mais rapidamente a um grande número de utilizadores ao duplicar a informação em vários servidores, distribuídos

geograficamente, e direccionar o conteúdo ao cliente através do servidor que estiver mais próximo do mesmo. Ou seja, em cada um dos “nós” (*edge servers*) é implementado um servidor *streaming* e quando um utilizador solicita um determinado conteúdo, este é encaminhado para o servidor mais próximo e é iniciada a transmissão.

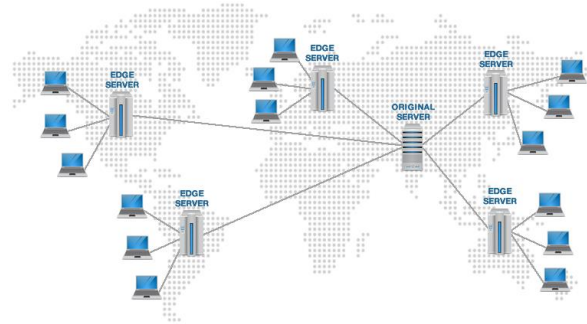


Figura 3 – Arquitectura da rede Content Distribution Networks

Embora deste modo seja possível otimizar a velocidade de acesso aos conteúdos pretendidos, esta arquitectura de rede necessita de muitos servidores, o que constitui um aumento do preço, podendo resultar numa limitação dos recursos do servidor que pode significar uma má qualidade da transmissão para o cliente.

2.1.3 CDN-P2P

Devido a este problema tentou-se criar uma arquitectura mais eficiente ao fundir as duas até agora mencionadas que resultou no CDN-P2P. [4]

O objectivo é tratar os problemas de estabilidade do sistema P2P e os grandes gastos de *hardware* do CDN.

Actualmente podemos encontrar esta arquitectura na LiveSky Sports que utiliza esta rede para fazer chegar aos seus clientes os eventos desportivos solicitados. [5]

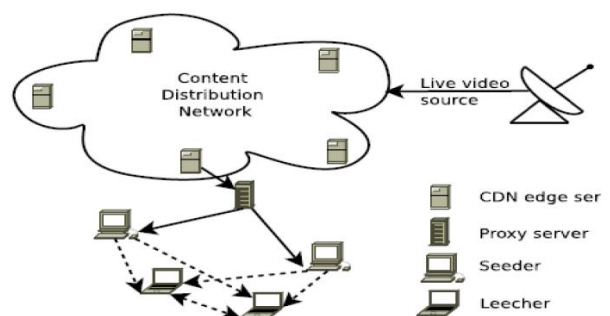


Figura 4 - Arquitectura de rede CDN-P2P

2.2 Protocolos de transmissão

O *video live streaming* ao transmitir o conteúdo pela internet lida com ligações não perfeitas (smartphones fora de rede, wi-fi não confiável, velocidades de serviço baixas quando a rede é usada por muitos utilizadores...). Por esta razão são utilizados protocolos, projectados para

radiodifusão através da internet, para situações de largura de banda variável.

Os primeiros protocolos a serem utilizados foram o RTP (*Real Time Protocol*) e o RTSP (*Real Time Streaming Protocol*).

O RTP é um protocolo que realiza o transporte de pacotes de vídeo e áudio. Utiliza a internet para transferir, por exemplo, uma conversa telefónica.

O RTSP foi desenvolvido com o objectivo de controlar a entrega de dados em tempo real. É utilizado, por exemplo, na transmissão de eventos desportivos ou em vídeos jogos on-line.

Mais tarde surgiu o HTTP *live streaming* que dispõe de *adaptive streaming*, ou seja, o programa do utilizador escolhe o *bit rate* dos fragmentos solicitados ao servidor. Neste protocolo o cliente, através do seu programa de reprodução, dá a indicação ao servidor dos fragmentos que devem por ele ser enviados e quando o fará. Por seu lado o servidor, depois de ser contactado pelo programa de reprodução do utilizador, envia um ficheiro *metadata*, denominado *manifest*, com os fragmentos disponíveis aquando do pedido

Sendo assim o servidor tem apenas duas tarefas, codificar e transmitir os fragmentos em tempo real. [6]

Baseados no protocolo HTTP surgiram:

2.2.1 Apple HLS

O HLS (*HTTP Live Streaming*) permite enviar áudio e vídeo através de HTTP desde um servidor comum para dispositivos que possuem um dos sistemas operativos Apple iOS ou Safari. Suporta conteúdos em directo como *on demand*.

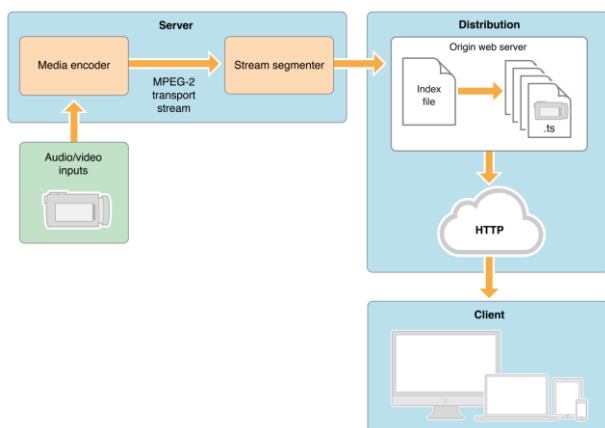


Figura 5 - Protocolo Apple HLS

Possui três componentes: servidor, distribuição e cliente. [8]

Protocolo que faz diversas divisões do *streaming* em pequenos *downloads* do conteúdo, com todos os ficheiros baseados em HTTP, permitindo utilizar os vários servidores internet.

Durante períodos que existam falhas na conexão, o conteúdo é armazenado temporariamente em trechos até que a ligação volte a estar disponível, evitando assim perdas de transmissão.

2.2.2 Microsoft smooth streaming

O *Smooth Streaming* utiliza códigos de tempo nos pedidos dos fragmentos, desta maneira o utilizador não tem que fazer múltiplas vezes download do *manifest*.

Utiliza os *codecs* H.264 para vídeo e AAC para áudio e ficheiros do tipo ISO BMFF (*ISSO Base Media File Format*).

Com esta tecnologia os utilizadores conseguem um *buffer* reduzido e um tempo de arranque rápido, sendo a qualidade de transmissão adaptada à largura de banda e CPU do cliente. [7]

2.2.3 Adobe HDS

O *streaming* dinâmico em HTTP (HDS) permite o acesso de vídeo com uma taxa de transmissão de bits adaptável, tanto em directo como *on-demand*, baseando-se num padrão MP4 através de conexões regulares HTTP.

Utiliza ficheiros fragmentados do tipo ISO BMFF tal como o *Smooth Streaming*, contendo a diferença reside no envio do *manifest*. O HDS utiliza uma sequência de números nos pedidos dos fragmentos de maneira a que o utilizador não necessite de estar repetidamente a fazer *download* do *manifest*, levando a que a duração recomendada dos fragmentos em HDS seja 2-5 segundos. [9]

2.2.4 MPEG-DASH

Ao serem criados diferentes protocolos é também necessário criar vários formatos dos produtos para alcançar todo o mercado de *video live streaming*, o que eleva os custos. Viu-se a necessidade por parte dos produtores de conteúdo e fornecedores de equipamentos de criar um formato universal, um novo padrão de *streaming* que junte o melhor dos anteriores protocolos. Surge assim o MPEG-DASH, MPEG para *Dynamic Adaptive Streaming over HTTP*. [10]

Neste novo protocolo o ficheiro *manifest*, criado em XML, passa a ser denominado *media presentation description* (MPS) e a tecnologia está instruída para trabalhar tanto em MPEG-TS como em ISO BMFF. Não existe também um *codec* predefinido na codificação/descodificação, dando a escolher qual será utilizado.

Para o conteúdo podem ser criados também perfis, onde se podem definir formatos de protecção, *bit rate*, *codecs*, resoluções...

Apesar de ter sido projectado para ser adoptado mundialmente e de permitir uma grande flexibilidade na transmissão de conteúdos em *streaming* ainda não ganhou empatia por parte dos gigantes da indústria.

2.3 Codecs

Os *codecs* (acrónimo de codificador/descodificador de sinais) são uma área muito importante no *video live streaming*, é através deles que os conteúdos quer de áudio quer de vídeo são comprimidos/descomprimidos de maneira a que chegue ao utilizador um conteúdo com uma boa qualidade (menor que o original) mas utilizando-se o número mínimo de bits possível.

Hoje em dia existem muitos *codecs* que realizam a transmissão de conteúdo através da internet e por isso mesmo é essencial para os produtores de *video live*

streaming escolherem a “ferramenta” certa para a informação que se pretende transmitir. É necessário decidir tendo em conta características como os custos da tecnologia, os atrasos que poderão existir e a qualidade final que se pretende.

Existem dois tipos de *codecs*, com e sem perdas, ou seja, ferramentas que ao comprimir a informação geram uma certa perda de qualidade com a finalidade de alcançar maiores taxas de compressão e outros que ao efectuarem o mesmo processo garantem a mesma qualidade que a informação original, tendo por isso baixas taxas de compressão. Dito por outras palavras, ao se efectuar a descodificação, o conteúdo descodificado é igual ao original.

2.3.1 H.264

Este *codec* é o mais utilizado actualmente em *video live streaming* dado que consegue produzir pequenos ficheiros com alta qualidade e de ser compatível com *Youtube*, *HTML 5* e *Adobe Flash*, ainda que haja alguns *codecs* concorrentes como o *VP8* e o *VC-1* das gigantes *Google* e *Microsoft*, respectivamente. [11]

2.3.2 MP3

Um dos primeiros tipos de compressão de áudio com perdas praticamente imperceptíveis ao ouvido humano com um *bitrate* na ordem de 128 kbit/s, é actualmente o sistema de compactação áudio mais utilizado do mundo. Tecnologia acessível e de baixo custo, mas tem a vantagem de apresentar um *delay* comparado com outros *codecs* de *streaming*.

Consegue taxas de compactação até 12 vezes o tamanho do arquivo original.

2.3.3 ACC

Codec que veio substituir o *MP3* ao conseguir uma maior qualidade de áudio, com a mesma taxa de bits e um maior poder de compactação.

Formato padrão dos produtos *Apple* e *Sony*.

3. Aplicações

Há uma variedade de aplicações possíveis da tecnologia, sendo a *Stream TV* a mais difundida até ao momento, sobretudo devido à *Netflix*. A transmissão em tempo real de desportos via *video stream* é uma das aplicações em maior crescimento. O exemplo da *NBA League Pass* é dos mais difundidos a nível global, um serviço que permite assistir a jogos da *NBA* via *TV*, computador e dispositivos móveis (que tenham conexão à internet). Outro exemplo é o *FirstRow Sports* que tem dezenas de jogos internacionais das mais diversas modalidades (ténis, rugby, hóquei...). [11]

O *Youtube* tem vários exemplos de aplicação da tecnologia, uma vez que nos dias de hoje muitas estações televisivas transmitem, em tempo real, via *stream* noticiários, debates... O número de *podcasts* que transmitem on-line é enorme e continua a crescer. [13]



Figura 6 - Exemplo de live stream, transmissão de noticiário da Sky News

O ensino é também uma área onde a tecnologia tem permitido um grande desenvolvimento. Há várias universidades a nível global que transmitem as aulas via *live stream*. Existem também plataformas de ensino exclusivamente on-line que proporcionam serviços de explicações.

O mundo do *gaming* está em “explosão” muito devido à possibilidade de partilha via *stream* dos grandes jogadores. Plataformas como o *Twitch* são hoje muito utilizadas, permitindo rendimentos extras aos profissionais.

Sendo as aplicações da tecnologia muitas vastas, naturalmente, existem serviços gratuitos e outros pagos.

3.1 Serviços OTT

Um serviço *OTT (Over the Top)* caracteriza-se pela distribuição de conteúdos de áudio e vídeo na internet. Utiliza uma infra-estrutura gerida por *ISP (Internet Service Providers)* que garante uma qualidade de serviço (*QoS*).

Utilizam o protocolo *HTTP*, estando assim sujeitos a flutuações na largura de banda que poderá afectar a qualidade do serviço. Contudo, este protocolo, possui a vantagem de funcionar em todos os equipamentos que se consigam conectar à internet (desde que suportem o protocolo de *OTT* associado).

Um exemplo deste serviço é a *Netflix*, empresa que se dedica à distribuição de filmes e séries, oferecendo uma biblioteca muito vasta com conteúdos actuais, por um preço mensal relativamente baixo (8€/mês).

Uma das razões para alguns serviços só serem servidos sobre *streaming* está relacionada com uma questão de segurança, porque como não há armazenamento em disco torna-se muito mais difícil copiar o conteúdo [2].

3.2 Serviços PayTv

Estes serviços oferecem conteúdos audiovisuais em directo e contrariamente aos *OTT*, são caros, sendo por isso de esperar que os clientes deste tipo de serviço

vão diminuindo ao longo dos anos dado que existem, hoje em dia, soluções menos dispendiosas.

3.3 Serviços móveis

Com a evolução surgiram os *smartphone*, *tablets* e outros aparelhos móveis que estão cada vez mais presentes nas vidas dos consumidores. Com estes dispositivos tornou-se possível assistir a conteúdos audiovisuais em directo em qualquer local com acesso à internet.

Um exemplo disso é a Meo Go (serviço disponível pela operadora móvel Meo) que permite assistir em directo à programação oferecida em qualquer dispositivo móvel. [14]

4. Aspectos legais e sociológicos

A Internet *video streaming* veio proporcionar ao cidadão comum a possibilidade de transmissão on-line de uma infinidade de situações no seu dia-a-dia. Com isso aparecem questões legais a serem levantadas, como a privacidade de cada um e os respectivos direitos de imagem.

Outra questão muito relevante é que o *video streaming* veio permitir a abertura de um vasto mercado pirada de fornecimento de eventos desportivos, conteúdo televisivo e concertos em tempo real, violando assim os seus direitos de autor e de transmissão exclusiva dos mesmos conteúdos. As autoridades vão combatendo os sites que fornecem estes serviços, apesar de ser uma luta desigual.

A área onde existe uma maior violação de direitos de transmissão são os eventos desportivos, normalmente transmitidos em canal fechado (Benfica TV, Sport TV, ...), onde a sua visualização é apenas possível mediante o pagamento de uma mensalidade.

Contudo, o *video live streaming* traz muitas vantagens a nível sociológico, permitindo a comunicação em longa distância entre amigos e familiares, assim como, o reconhecimento de várias entidades conhecidas globalmente por terem colocado os seus trabalhos on-line.

5. Modelos de negócio

É possível distinguir dois tipos de negócio para a tecnologia, o *streaming* de áudio (rádio *on-line*) e o *streaming* de vídeo.

As rádios, financiadas maioritariamente por conteúdos publicitários durante as suas emissões, estão em expansão nos dias de hoje, não se limitando apenas a emissões via ondas rádio, mas também com emissões *on-line* para todo o mundo.

Em relação ao vídeo existem empresas como a *Livestream.com* e o *UStream.com* que permite a qualquer pessoa que possua uma câmara e conexão à internet comunicar com outras pessoas em directo para todo o mundo. O modelo de negócios destas empresas apresenta duas vertentes, o mercado de distribuição de *software* e o mercado de publicidade. No primeiro caso, as empresas oferecem um serviço gratuito onde incluem publicidade

de produtos de outras empresas ou um serviço pago mensalmente, sem qualquer tipo de publicidade, com vários conteúdos não disponíveis na versão gratuita. [15]

Dentro do serviço pago existem várias opções disponíveis para o cliente. Para pequenas empresas existem pacotes onde se oferece um serviço de *broadcast HD* sem publicidade, enquanto que para empresas de comunicações ou de eventos de pequena/média dimensão permitem inserir a *stream* noutras páginas web e também sem qualquer tipo de publicidade. Para eventos de grande dimensão são oferecidos pacotes com total controlo da *stream*. [16]

A venda de *software* por si, também é uma grande área de negócio, fazendo chegar *software* ao público de maneira a que consigam produzir os seus próprios vídeos. Como no caso dos serviços, nesta área existe o pacote grátis e o pago, tendo este último mais vantagens em termos de ferramentas para “trabalhar” o vídeo do que o primeiro.

Em conclusão, todos os gastos associados à transmissão dos conteúdos são financiados, em grande parte, graças à publicidade. Dado que milhões de utilizadores transmitem e visualizam conteúdos nestas plataformas, as grandes empresas procuram publicitar os seus produtos nas mesmas de maneira a conseguir chegar ao maior número de pessoas.

6. Perspetivas de evolução futura

Apesar de não ser uma tecnologia recente, as capacidades de *hardware* estão finalmente a ir ao encontro das necessidades. A possibilidade de todas as aulas, incluindo práticas, serem transmitidas via *stream* é uma realidade próxima. A integração da tecnologia no conceito *Internet of things* é uma certeza. Possivelmente, num futuro próximo, os conteúdos terão direitos de autor de distribuição via TV e via *streams* independentes. No caso particular da medicina, a transmissão via *stream* de operações cirúrgicas é uma certeza. A possibilidade de ter uma aula de ginásio/ioga via *stream* (interactiva) também fará sentido.

A indústria do *gaming* será, provavelmente, a que mais sentirá o impacto. Desde a transmissão de torneios ou jogos em tempo real, bem como a análise aos mesmos.

A música é outra indústria que ao longo do tempo cada vez mais sentirá o impacto da *streaming*, com a possibilidade de artistas e/ou produtores musicais venderem a fãs ou estações ensaios ou concertos.

O interesse do Facebook em conteúdo vídeo é tal que Mark Zuckerberg (fundador) disse há pouco tempo que o futuro da sua empresa é o vídeo, não o texto. A compra da Oculus Rift é uma demonstração da aposta no vídeo e na realidade virtual e realidade aumentada, áreas onde o *video streaming* irá ter um papel fundamental.

Uma área que tenderá também a evoluir será o vídeo em 3D e a interactividade com o utilizador. O vídeo em 3D reforça a ilusão de percepção de profundidade projectando duas imagens, no mesmo plano, em pontos de observação diferentes, codificando-as. Em termos de

interactividade com o cliente será possível escolher o plano da câmara que se pretende ou até mais que um plano ao mesmo tempo (serviço *multi-view*). Cada plano, naturalmente, é captado por uma câmara diferente e codificado por computadores separados. O áudio é captado em separado e codificado num dos computadores utilizado para a codificação do vídeo, com a garantia que ao se mudar de plano a transmissão do áudio continua sempre constante.

Em matéria de ferramentas de compressão à que ressaltar o aparecimento do *codec* de vídeo H.265 (sucessor do H.264), conseguindo taxas de compressão superiores, cerca de 40-45%. [17]



Figura 7 - Diferenças de compressão entre H.264 e H.265

7. Conclusão

Internet video streaming é uma tecnologia já bastante difundida a nível global, sendo que as potencialidades das redes e de *hardware* são factores fundamentais para um maior crescimento da difusão da tecnologia. A melhoria da qualidade de imagem e a minimização/eliminação das interrupções da ligação são factores fundamentais para o utilizador. De notar que a segurança da tecnologia *stream* é uma vantagem muito considerável em relação ao *download*.

O crescimento de aplicações da internet a novas áreas e indústrias (*internet of things*, ...) é uma grande vantagem, uma vez que a adesão dos utilizadores tem sido muito interessante.

Com uma estimativa de cerca de 800 mil minutos de vídeo por segundo na internet, o vídeo é mesmo o que mais se tem em consideração. Hoje, um utilizador usufrui de uma maior quantidade de tempo em aparelhos digitais do que na TV e isso muito se deve à evolução do *video stream*).

O crescimento do tráfego vídeo e das redes privadas de entrega de conteúdos das empresas gigantes (Facebook, Google, Apple, Netflix, ...) está a mudar a estrutura da internet, de uma estrutura em camadas para uma estrutura horizontal, permitindo aos gigantes, donos do conteúdo, decidir qual a melhor forma de encaminhar o conteúdo ao consumidor final. O facto de se usarem as redes privadas permitiu a explosão do *video streaming* de boa qualidade e sobretudo sem interrupção.

Assim, tanto os consumidores como as empresas vão continuar muito interessadas na difusão do *video streaming*.

Referências

- [1] Cisco, "White paper: Cisco VNU Forecast and Methodology, 2015-2020", 2016.
- [2] Jan Ozer 2011, "Streaming vs progressive download vs adaptive streaming".
- [3] Bo Li; Hao Yin, "Peer-to-peer live video streaming on the internet: issues, existing approaches, and challenges", 2007.
- [4] 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.
- [5] Hao Yin; Xuening Liu; Tongyu Zhan;, "Design and deployment of a hybrid CDN-P2P system for live video streaming: experiences with LiveSky", MM '09 Proceedings of the 17th ACM international conference on Multimedia
- [6] R. Roverso, S. El-Ansary, S. Haridi, "Smooth Cache: HTTP-Live Streaming Goes Peer-To-Peer".
- [7] A. Salo (06 Jan, 2012), "Microsoft Smooth Streaming", RGB Networks.
- [8] Apple Inc. (1 Abril 2011), "HTTP Live Streaming Overview".
- [9] Adobe, "Adobe HTTP Dynamic Streaming (HDS) Technology Center".
- [10] I. Sodagar, "The MPEG-DASH Standard for Multimedia Streaming Over the Internet", *IEEE Multimedia*, Oct-Nov 2011.
- [11] A. Luthra, G. J. Sullivan and T. Wiegand "H.264/AVC Video Coding Standard", *IEEE Trans. Circuits and Sys. for Video Tech.*, vol. 13, no.7, 2003.
- [12] <http://firstrowpt.eu>.
- [13] Youtube, "Live Events".
- [14] <http://meogo.meo.pt/Pages/homepage.aspx>.
- [15] Ustream Inc., "Plans & Pricing".
- [16] LiveStream, "Plans & Pricing".
- [17] <http://nordenergi.org/org-h.265-vs-h.264>.



João Pedro Ferreira de Oliveira é natural Yonkers, Nova Iorque, residente em Lisboa e nasceu a 23 de Março de 1987. Frequenta neste momento o 4º ano do Mestrado Integrado de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, no Instituto Superior Técnico, em Lisboa. Tem como ramo principal telecomunicações e secundário energia.



Pedro Miguel Roque Nobre é natural de Évora, residente em Alges e nasceu a 24 de Outubro de 1992. Frequenta neste momento o 4º ano do Mestrado Integrado de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, no Instituto Superior Técnico, em Lisboa. Tem como ramo principal telecomunicações e secundário energia.