

CODIFICAÇÃO 3D – “O Actor Sentou-se Ao Meu Lado”

João Costa, nº 65387

Manuel Faria, nº 65428

Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa
Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal
E-mail: {manel.arderius, jdiogo.rcosta}@gmail.com

ABSTRACT

“O Actor Sentou-se Ao Meu Lado”, é uma frase que qualquer indivíduo gostaria de dizer ao ir ao cinema ou a ver televisão. Este artigo pretende ilustrar os esforços científicos desenvolvidos em prol da criação de uma visualização de vídeo 3D o mais real possível e os impactos globais desta evolução. Divulgam-se os princípios técnicos mais relevantes da codificação digital de vídeo 3D actual, sendo que a norma MVC é seleccionada como a tecnologia mais viável, pela sua eficiência e compatibilidade inversa. O comportamento do mercado, a influência na sociedade e a importância que é dada a este tipo de entretenimento, são factores também abordados. É analisado o futuro desta tecnologia, sendo que a norma 3DVC é o próximo passo da codificação 3D.

Palavras-Chave — Codificação 3D, MVC, 3DTV, Estereoscopia, extensão H.264/AVC, 3DVC.

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da comunicação por vídeo, que a ciência na área procura representar o melhor possível a realidade humana: o primeiro salto foi a adição de áudio ao vídeo a preto-e-branco, depois, o aparecimento das cores. Já no século XIX se conheciam os fenómenos estereoscópios e em 1935 é produzido o primeiro filme 3D a cores. Nos anos 50, reagindo à massificação da televisão a cores nos E.U.A., muitos filmes a três dimensões foram produzidos pela indústria cinematográfica. Contudo, o entusiasmo com esta tecnologia inovadora para a época, rapidamente se desvaneceu, devido simplesmente à sua fraca qualidade.

Com o aparecimento do vídeo digital e com o progresso da tecnologia, começou a haver uma nova aposta nos conteúdos 3D. O meio digital veio introduzir novas possibilidades de processamento da informação e evolução

científica. Um dos primeiros desafios a superar para se fazer o salto para o 3D, é lidar com a muito maior quantidade de informação requerida por este tipo de conteúdos e conjugá-la com a capacidade dos canais existentes, de forma a obter um produto final com uma qualidade realmente boa e imersiva – só assim é possível conquistar adesão do público a este mercado. A codificação 3D é, então, um factor essencial neste sentido: a eficiência de compressão dos dados, vai permitir o alcance de qualidades maiores para uma dada capacidade do canal. Factores como a compatibilidade com o equipamento já existente, preços das novas infra-estruturas, emoções e danos físicos no consumidor, são também muito importantes para a penetração do vídeo 3D no mercado do entretenimento. Este artigo, vai-se focar, então, na influência da codificação na produção e consumo de conteúdos 3D, principalmente no cinema e em casa. De seguida apresenta-se a estrutura do trabalho.

Na secção 2, é feita uma abordagem técnica da codificação 3D, onde se escolhe a norma MVC como a tecnologia principal, pela sua eficiência de compressão em conteúdos estereoscópicos e facilidade de penetração no mercado, devido à sua compatibilidade com a norma H.264/AVC. É concedida uma especial importância a esta secção, dado o tema do artigo. A secção seguinte trata dos vários modelos de negócio onde se insere todo o mercado do vídeo digital 3D. Uma breve abordagem aos aspectos legais desta tecnologia é feita na secção 4. A secção 5 faz um pequeno estudo dos impactos sociais subjacentes ao respectivo tema. Por fim, a secção 6 discute o futuro da codificação e do mercado 3D.

2. TECNOLOGIA

2.1. O que é a Estereoscopia?

Antes de ser mencionada a tecnologia propriamente dita, é essencial expor os pilares científicos em que esta assenta.

Como base motivacional, é então explicado de seguida o fenómeno de estereoscopia.

A percepção tridimensional é uma parte intrínseca da experiência humana. Um dos factores causador da noção de profundidade visual humana, é a disparidade de retina. Isto é, o afastamento entre os olhos humanos provoca a recepção de imagens ligeiramente diferentes para cada olho. O cérebro combina estas duas imagens no córtex visual, calculando a profundidade da cena. A estereoscopia, é o método que usa este pressuposto, para criar o efeito 3D em imagens planas. Para se criar este fenómeno, nomeadamente em vídeo, é igualmente necessária a criação de duas vistas díspares e um sistema, *a posteriori*, que possibilite cada olho ver a sua vista, respectivamente [1].

2.2. Tecnologia Principal: MVC

A. MVC – Uma extensão da norma H.264/AVC

A possibilidade de utilizar o fenómeno da estereoscopia para produzir vídeo digital 3D, requereu uma série de exigências para a sua implementação:

- Filmagem multi-vista;
- Existência de pelo menos o dobro das imagens – vídeo *stereo*;
- Utilização de ecrãs “especiais”;
- Pressuposto dos conteúdos 3D serem em HD – alta definição [2].

Consequentemente, todos estes requisitos se debruçam numa preocupação central para a gravação e transmissão dos dados – utilização de um formato eficiente de representação e compressão [3]. Ou seja, tais requisitos impõem, para uma qualidade subjectiva aceitável, capacidades muito maiores de memória - para gravação - e de largura de banda ou débito binário - para transmissão. Era, portanto, essencial encontrar-se no mercado uma norma poderosa que permitisse a evolução da visualização de conteúdo 3D.

Na repetição da bem-sucedida união das companhias ITU-T e ISO/IEC na criação da norma H.264/AVC no ano 2000, norma esta com grande eficiência de compressão e muita adesão na indústria do vídeo digital (para uma informação mais detalhada sobre a norma H.264/AVC, o leitor deve consultar [4] e outros artigos gerais que a discutem [5]-[8]), foi também desenvolvida, posteriormente, uma extensão a pensar no conteúdo 3D – o *Multiview Video Coding* (MVC). Tal extensão tecnológica, não só permite uma codificação de dados eficiente, como também consente a compatibilidade com os *players* antigos de H.264/AVC, que retiram só a informação 2D. Somado a isto, é importante referir que a norma H.264/AVC, foi criada a pensar em todos os tipos de canais e receptores. Ora, tais características, são fortes armas de penetração do MVC no mercado do vídeo digital.

O MVC tem a capacidade de codificar vídeo *stereo*, como também tramas de *free-viewpoint television* [9] e de vídeo 3D multi-vista – **Figura 1**.

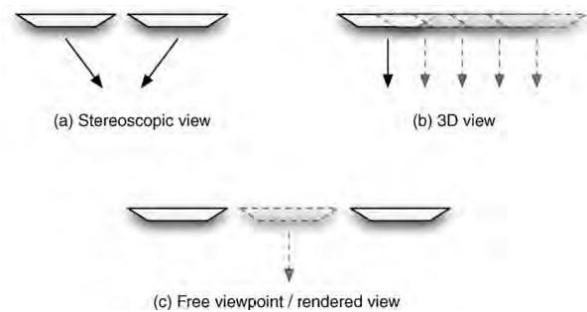


Figura 1 - Vídeo *Multiview*: exemplos das diferentes vistas [4].

B. Arquitectura

O vídeo com mais de uma vista – *multiview video* – contém uma grande quantidade de dependências estatísticas, visto que, todas as câmaras capturam a mesma cena de diferentes pontos de vista. Esta redundância espacial, combinada com a redundância temporal, é a chave do sucesso para a eficiência de codificação do MVC. A melhor predição de uma *frame* (imagem individual de um vídeo) de uma certa câmara, pode não só ser explorada temporalmente nas *frames* da mesma câmara, como também nas *frames* das câmaras vizinhas. Na literatura [10], a esta possibilidade dá-se o nome de *inter-view prediction* – predição entre-vistas.

A **Figura 2** ilustra como é feita a predição entre *frames* do mesmo vídeo na tecnologia MVC. Como termo de comparação para um codificador básico H.264/AVC basta considerarmos a estrutura da **Figura 2** só com a câmara 1, por exemplo. Uma das câmaras possui a “filmagem base”, que possibilita a compatibilidade com a tecnologia H.264/AVC para 2D. É de notar que o *design* do MVC, só permite o uso de perdições inter-vista do mesmo instante de tempo. Caso contrário, isto envolveria complexidade adicional para ganhos de compressão muito limitados [2].

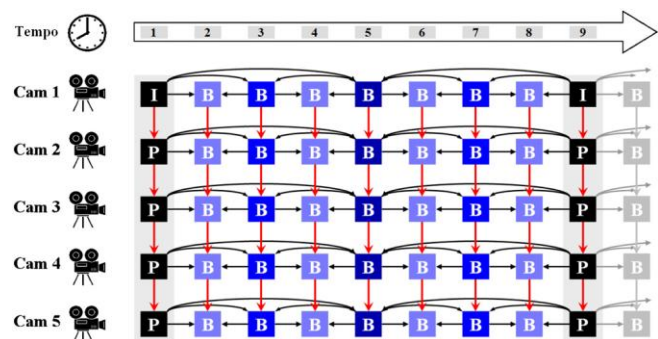


Figura 2 - Estrutura de predição típica do MVC. (Linhas a preto - predição temporal; linhas a vermelho - predição entre vistas) [2].

A arquitectura de blocos base de alto nível da tecnologia MVC, consiste, então, numa arquitectura típica de um codificador H.264/AVC, com uma componente de multiplexagem das diferentes vistas e a respectiva estimação de profundidade - **Figura 3**. Portanto, esta estrutura permite usufruir das possibilidades poderosas de compressão do *codec* H.264/AVC [4], com a diferença de que existem mais imagens – das diferentes câmaras – guardadas em memória, e mais um bloco de estimação de profundidade. Este último é o que permite construir uma imagem 3D. Os módulos de codificação de baixo nível, são portanto, os mesmos da sua norma “mãe” - H.264/AVC - pelo que a sua estrutura só é alterada na arquitectura a um nível mais alto. Estes níveis de codificação são essencialmente feitos a nível do macro-bloco. Um macro-bloco é uma unidade de divisão de uma imagem individual de 16x16 pixéis. É nestas unidades de divisão que o processamento mais complexo é realizado pelas diversas funcionalidades do H.264/AVC. Algumas dessas ferramentas incluem:

- Vectors de movimento flexíveis;
- Tramas I, P e B, com diferentes possibilidades de predição temporal;
- Mapas de alocação dos macro-blocos – *slices*;
- Possibilidade de explorar redundância espacial na mesma imagem, nas tramas I.

Para melhor compreensão destas e de todas as outras funcionalidades aqui não enunciadas, devem ser consultados [2]-[4], [8] e [10].

Resumindo, a arquitectura geral de um codificador MVC consiste numa multiplexagem de várias vistas, guardadas posteriormente em memória, constituídas por diferentes tipos de *frames* (I, P ou B), estruturadas em macro-blocos, cada um deles representado usando vectores de movimento e/ou coeficientes da transformada quantizados, seguindo as restrições impostas por cada grupo de codificação (*slice*). Cada imagem de uma vista diferente é referenciada com um *index*, para posterior estimação de profundidade ou para simples acesso em *free-viewpoint*.

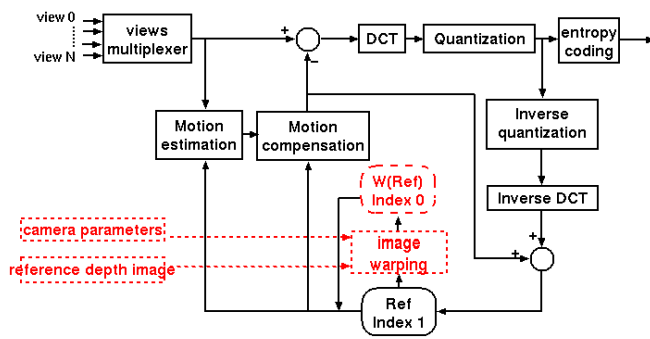


Figura 3 - Arquitectura típica simplificada de um codificador H.264/AVC – MVC [8].

2.3. Tecnologias Alternativas

Para além da referida tecnologia, existem outras soluções para a reprodução de conteúdos 3D:

- A. *Simulcast*
- B. *Frame-Compatible Stereo Encoding Formats*
- C. *Conventional Stereo Video Coding*
- D. *Depth-based Representation*

A. Simulcast

Neste caso, cada vista é codificada individualmente sem ser explorada a redundância entre as diferentes vistas. O resultado são níveis de compressão bastante baixos, que podem ser melhorados reduzindo a qualidade numa das vistas. Esta redução de qualidade, dentro de determinados limites, não afecta a qualidade subjectiva do consumidor final.

A título de exemplo, é de referir que esta tecnologia foi usada pelas operadoras de telecomunicações portuguesas, ZON e MEO, na transmissão 3D dos jogos do Mundial de Futebol de 2010.

B. Frame-Compatible Stereo Encoding Formats

Este tipo de formatos insere-se na classe de *videos stereo* onde ambas as vistas são multiplexadas numa única trama codificada ou numa sequência de tramas [10].

Este formato de codificação consiste em codificar duas vistas ambas com metade da resolução espacial ou temporal, ou seja, as vistas são misturadas em PCM, e posteriormente codificadas como um único vídeo.

Este formato tem uma grande vantagem relativamente ao MVC, pois é suportado, tanto nos dispositivos de *hardware* existentes, como nos canais de transmissão utilizados no início da codificação 3D, permitindo um rápido desenvolvimento desta tecnologia no mercado de conteúdos e serviços multimédia, antes de existir uma forte solução de codificação 3D [3].



Figura 4 - Exemplo das diferentes codificações *frame-compatible stereo* [3].

Contudo, esta maneira simples de tratar o 3D, causa uma deterioração do sinal a nível espacial ou a nível temporal, consoante o formato de codificação utilizado, limitando assim a percepção dos efeitos tridimensionais [3].

C. Conventional Stereo Video Coding

Esta codificação de imagens 3D, é a solução antecessora do MVC, que consiste na multiplexagem de apenas duas vistas. Sendo assim, esta solução não possibilita a criação de paralaxe horizontal, ou *free-viewpoint TV*.

Convencionalmente, o par *stereo* refere-se aos diferentes ângulos de visão análogos aos dos olhos humanos, estando as câmaras distanciadas em média 6cm uma da outra, simulando assim a disparidade binocular. É de esperar, portanto, que ambas as imagens sejam bastante semelhantes, pelo que a técnica de exploração de redundância espacial entre vistas, constitui uma boa opção [11].

Esta técnica corresponde à já desenvolvida e bem definida especificação descrita na ITU-T Rec.H.262/ISO/IEC 13818-2 MPEG-2 Video, *Multiview Profile*, como é ilustrado na **Figura 5** [11].

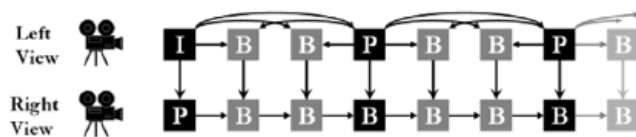


Figura 5 - Ilustração da estrutura de previsão no H.262/MPEG-2 Video *Multiview Profile* [11].

D. Depth-based Representation

As *depth-based representations* constituem outra classe de formatos 3D. Os formatos baseados nas técnicas de *depth-based image rendering* (DBIR), permitem a criação de “vistas virtuais” através de uma imagem base e da informação de profundidade dos objectos dentro dela. Esta informação é representada em mapas de profundidade - **Figura 6** - e pode ser obtida através de câmaras com laser, desenvolvidas para esse efeito, ou através de cálculos com a luminosidade entre duas imagens.



Figura 6 - Ilustração do mapa de profundidade de uma imagem utilizado no formato *depth-based* [3].

Este formato pode ser bastante atractivo, pois através de algoritmos e cálculos matemáticos mais ou menos complexos podem obter-se n-vistas, sem a necessidade de ter que as codificar todas integralmente. Ou seja, umas podem ser estimadas através de outras, minimizando assim o *bitrate* (débito binário) e viabilizando o aumento da qualidade da experiência 3D ao utilizar ecrãs auto-estereoscópicos.

Contudo, apesar do grande ganho em eficiência que esta técnica pode representar, tem duas grandes desvantagens. O aumento da complexidade no decodificador, torna-o mais caro, algo que é bastante desmotivador para as empresas no ramo. A segunda desvantagem é de índole técnica e reside no facto das *depth-based representations* actuais não estarem especificamente desenhadas para lidar com oclusões.

3. MODELO DE NEGÓCIO

Como foi visto na secção técnica, o vídeo digital com mais do que uma vista exige muito mais recursos, pelo que as técnicas de compressão enunciadas vieram dar uma boa ajuda à gravação e à transmissão do 3D. Com esta facilidade, apareceram dois principais ramos de negócio distintos na distribuição deste tipo de conteúdos – no cinema e em casa. Naturalmente que as empresas de ecrãs reagiram e lançaram-se no mercado, pelo que, actualmente se testemunha um grande investimento nas tecnologias dos *displays 3D* por parte das marcas ligadas ao ramo.

3.1. No Cinema

Em 1994, James Cameron começou a escrever o filme *Avatar*, planeando-se a sua realização em 1999. Contudo, segundo Cameron, a tecnologia necessária ainda não estava disponível para a concretizar a sua visão do filme [12]. Em 2009, foi finalmente lançado o filme, com uma imersividade nunca antes vista em cinema. *Avatar* tinha acabado de lançar a moda do 3D de alta qualidade. Até aí, os filmes disponibilizados a três dimensões, devido à sua qualidade limitada, ainda não tinham convencido o grande público.

O filme *Avatar* registou o maior retorno financeiro de sempre, pelo que a indústria cinematográfica começou a investir cada vez mais na tecnologia 3D. Na **Tabela 1**, registam-se os melhores resultados de bilheteira de sempre nos Estados Unidos da América.

Dos filmes apresentados na **Tabela 1**, quatro destes foram disponibilizados em 3D, e dois deles estão no Top-3 de vendas: *Avatar* e *Os Vingadores*. Isto mostra a revolução que o 3D tornou possível na indústria de Hollywood, e justifica os fortes investimentos nesta tecnologia.

Apesar dos preços dos bilhetes 3D serem superiores aos bilhetes normais, conforme se pode verificar na **Tabela 2**,

existe, actualmente, uma grande procura da parte do público, o que impulsiona a contínua aposta neste tipo de conteúdos.

Rank	Title	USA Box Office
1.	Avatar (2009)	\$760,505,847
2.	Titanic (1997)	\$658,672,302
3.	Os Vingadores (2012)	\$623,279,547
4.	O Cavaleiro das Trevas (2008)	\$533,316,061
5.	Star Wars: Episódio I - A Ameaça Fantasma (1999)	\$474,544,677
6.	Star Wars: Episódio IV - Uma Nova Esperança (1977)	\$460,935,665
7.	O Cavaleiro das Trevas Renasce (2012)	\$448,130,642
8.	Shrek 2 (2004)	\$436,471,036
9.	E.T. - O Extra-Terrestre (1982)	\$434,949,459
10.	Piratas das Caraíbas - O Cofre do Homem Morto (2006)	\$423,032,628
11.	O Rei Leão (1994)	\$422,783,777
12.	Toy Story 3 (2010)	\$414,984,497
13.	The Hunger Games - Os Jogos da Fome (2012)	\$407,999,255
14.	Homem-Aranha (2002)	\$403,706,375
15.	Transformers - Retaliação (2009)	\$402,076,689
16.	Harry Potter e os Talismãs da Morte: Parte 2 (2011)	\$380,955,619

Tabela 1 – Tabela extraída do Internet Movie Data Base (IMDB), com o ranking dos 16 filmes com melhores resultados de bilheteira de sempre [13].

Tipo de bilhete	Preço Unitário
Bilhete normal	6,60 EUR
Bilhete estudante	5,70 EUR
Bilhete normal 3D	8,80 EUR
Bilhete estudante 3D	7,90 EUR

Tabela 2 – Tabela de preços de bilhetes de cinema para uma sala de cinema ZON-Lusomundo comum, em Lisboa, Portugal.

Note-se que a grande maioria dos filmes que é disponibilizado nesta versão, são os filmes de animação, visto que são mais fáceis de processar digitalmente e não

envolvem todo um conjunto de infra-estruturas e técnicas de filmagem para uma realização especial 3D de um filme “real”.

3.2. Em Casa

A. Blu-ray Disc

Como resposta ao sucesso do 3D nos cinemas, o mercado exigia também a mesma possibilidade em casa. A *Blu-ray Disc Association* (BDA) anuncia, então, em Dezembro de 2009, a adesão à tecnologia de codificação MVC para filmes 3D de alta-definição. Estes utilizam o perfil *Stereo High* específico da norma. Através desta alternativa - eficiente e com compatibilidade inversa para os *players* antigos de H.264/AVC - foi fácil aparecerem rapidamente os filmes *Blu-Ray 3D* [14].

A possibilidade da experiência imersiva do 3D, nomeadamente na visualização de filmes, que antigamente só era vivida em cinema, tornou-se, então, posteriormente possível para os possuidores de ecrãs estereoscópicos. Os filmes 3D começaram a ser comercializados, sendo que os utilizadores com os leitores antigos de *Blu-Ray* descodificam a informação estereoscópica, descartando a segunda vista.

Esta vertente aumenta, sem dúvida, as potencialidades do *Blu-Ray*, tornando os seus produtos mais atractivos, sem que haja perturbações na penetração do mercado, devido ao fácil *upgrade* do *codec* e à sua compatibilidade inversa. Sendo assim, é de esperar que os retornos financeiros, teoricamente, sejam no mínimo iguais ou maiores aos do *Blu-Ray Disc* usual.

Em suma, o ramo de negócio do *Blu-Ray* é maioritariamente direccionado para a gravação de filmes, onde a visualização 3D, para determinados conteúdos, tem realmente um acréscimo de valor na qualidade da experiência.

B. Televisão Digital

Enquanto que na indústria cinematográfica a produção de conteúdo 3D tem justificado o investimento, já na televisão digital a sua implantação no mercado tem sido mais lenta. De facto, nem todos os conteúdos televisivos são atractivos a três dimensões. Programas de informação, entrevistas, entre outros, não fazem qualquer sentido serem visualizados em 3D. Outro aspecto a ter em conta, é o facto da produção para este tipo de conteúdos ser mais dispendiosa e tecnicamente diferente, o que implica mais investimento por parte das produtoras.

Apesar das adversidades, tudo indica que o mercado do 3D em casa, através da televisão digital, ainda tem muito para crescer. Alguns países já têm canais *premium* 3D, quem

emitem essencialmente desporto e filmes, conteúdos onde a imersividade na visualização é muito apreciada.

3.3. Tipos de Ecrãs

Assiste-se a uma grande evolução na tecnologia dos ecrãs nos últimos anos. Nomeadamente na televisão, houve um primeiro salto dos televisores de tubos de raios catódicos para ecrãs Plasma, LCD's e ecrãs de LED, a par de uma passagem para a alta definição, e agora o aparecimento das *Smart TV's* ou 3DTV's. Naturalmente que as marcas de *displays* quiseram acompanhar o entusiasmo do conteúdo 3D nos cinemas, respondendo ao mercado com novas ofertas neste sentido. Note-se que, dependendo das tecnologias usadas, grande parte das salas de cinema também tiveram que investir em melhorias nas suas infra-estruturas para acolher o 3D. Nesta subsecção, é feita uma pequena abordagem sobre a tecnologia presente nos diferentes tipos de ecrãs que têm vindo a aparecer no mercado, sem se referir os aspectos sociais que estes implicam. Um maior aprofundamento sobre esta matéria, é dado em [15]-[17].

A sensação de profundidade nos ecrãs, é dada por duas imagens 2D separadas, cada uma entregue a um olho do espectador, respectivamente. Todas as tecnologias de visualização 3D partilham este princípio, apenas diferem no método de multiplexagem das imagens. Pode-se, então, distinguir dois grandes grupos de ecrãs:

- A. Estereoscópicos;
- B. Auto-estereoscópicos.

A. Ecrãs Estereoscópicos

Estes ecrãs são baseados no uso de óculos. A sua tecnologia, difere no tipo de filtragem que os óculos fazem. Distinguem-se, assim, os seguintes principais sistemas:

- Divisão do comprimento de onda;
- Polarização da luz;
- Obturação da luz.

B. Ecrãs Auto-estereoscópicos

A necessidade do uso de óculos para a visualização de conteúdo estereoscópico, há muito que tem sido apontada como sendo desconfortável para o espectador, além de trazer outro tipo de desvantagens, relacionadas essencialmente com potencial falta de sincronismo dos óculos e o elevado preço, no caso do sistema de obturação da luz. Vários esforços foram feitos no sentido de anular a dependência dos óculos na visualização de conteúdo 3D, pelo que surgiram duas principais soluções:

- Barreira de paralaxe;
- Lentes lenticulares.

4. IMPACTOS LEGAIS

De facto, para se ter “actores na sala”, é necessário ter advogados no escritório. Na actualidade, todo o paradigma tecnológico prende-se essencialmente com questões de licenciamento e patentes. O caso particular da tecnologia 3D não foge à regra, sendo que as principais áreas de “conflito” no que toca a questões legais de licenças e patentes são:

- *Codecs*;
- Tecnologias e *design* dos ecrãs;
- *Copyright* dos conteúdos.

No caso particular dos *codecs*, por exemplo o MVC, verificamos o seu revestimento total de inúmeras patentes. Todas as pequenas tecnologias de baixo nível e critérios usados num *codec* estão patenteados, o que obriga ao seu pagamento para qualquer aplicação legal do mesmo. O problema com que as empresas criadoras de tecnologia se podem deparar, é o desconhecimento do número e de quais as patentes que precisam de pagar para poderem usufruir da norma nas suas aplicações específicas. Uma das principais empresas que ajuda a solucionar este problema é a MPEG LA [18]. Esta companhia torna o “mar” da propriedade intelectual acessível às empresas de tecnologia, criando pacotes padrão de patentes para uma determinada aplicação e dando assistência a nível jurídico.

Quanto às tecnologias dos ecrãs, pode-se referir, a título de exemplo, que a LG é a única marca actualmente com ecrãs estereoscópicos por polarização da luz, por ter sido a primeira empresa a patentear este sistema em 3DTV. No *design* dos ecrãs, normalmente as marcas optam também por registar a exclusividade de cada modelo, por uma questão de competitividade.

Nas questões que se prendem com o *Copyright*, não se verificam alterações às habituais problemáticas da propriedade intelectual, que desde sempre têm vindo a existir nos conteúdos 2D.

5. IMPACTOS SOCIAIS

Esta secção centra-se essencialmente em dois principais tópicos:

- A. Qualidade da experiência.
- B. Saúde dos utilizadores.

A. Qualidade da experiência

Neste contexto e segundo um estudo efectuado por especialistas na área e publicado em [3], onde se compara o MVC com o *simulcast*, conclui-se:

- 1- Para filmes de animação a qualidade aumenta ou diminui independentemente da taxa de *bitrate* usada para codificar a vista dependente. Ou seja, os filmes de

animação podem ser bem codificados com valores muito baixo de *bitrate* na vista-dependente.

2 - De um modo geral, quando a vista-dependente é codificada com menos de 20% de *bitrate* da vista base, as pessoas não gostam da experiência.

3 - Por outro lado, quando o *bitrate* utilizado para codificar a vista dependente é superior a 25%, a compressão MVC consegue igualar o *simulcast* do H.264/AVC em termos de qualidade subjectiva.

4 - Um baixo *bitrate* da vista base, permite a utilização de mais débito para a vista dependente, melhorando assim os efeitos 3D e consecutivamente a experiência.

A qualidade da experiência, é portanto um factor essencial para a adesão do público a esta tecnologia.

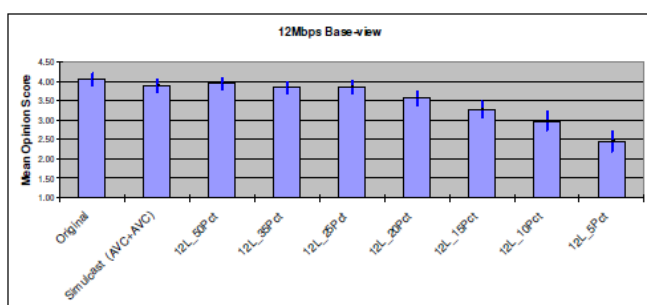


Figura 7 - Qualidade subjectiva de um clip de vídeo com a variação percentual da vista dependente em relação à vista base, fixada a um débito de 12Mb/s [3].

B. Saúde dos Utilizadores

Os estudos efectuados para aferir sobre a qualidade subjectiva do 3D levantaram outra preocupação: o cansaço da visão dos utilizadores quando expostos a grandes períodos de visualização de conteúdos estereoscópicos.

Para além disto as pessoas com problemas oftalmológicos como o estrabismo, não conseguem usufruir de uma experiência 3D a 100%.

Todos estes impactos sociais são tidos em conta no desenvolvimento de novas técnicas de codificação e nalguns casos, como o exemplo dos problemas de saúde, são grandes barreiras à explosão do 3D nos mercados.

6. FUTURO

Segundo Paul Gray, *TV Electronics Research* da consultora DisplaySearch [19], “As pessoas compram 3D-TV apenas se existirem conteúdos disponíveis. Em 2010, esses conteúdos eram insuficientes de modo que não justificava o investimento”. Em suma, ainda existe uma enorme discrepância entre o preço dos *displays* e a quantidade de conteúdos 3D.

Espera-se que nos próximos anos existam cortes de preços e que à medida que a competição se acentua no mercado, a tecnologia evolua e mais conteúdos 3D sejam disponibilizados.

De acordo com a empresa de estudos de mercado *DisplaySearch*, e como se observa na **Figura 8**, a venda de *displays* 3D tende a crescer de forma exponencial em todo o mundo. Contudo, é de referir que a usabilidade e a facilidade do vídeo 3D em casa, são factores muito importantes para o seu sucesso, pelo que ainda existem desafios a superar no que toca ao uso de óculos especiais e à tecnologia dos ecrãs auto-estereoscópicos correntes.

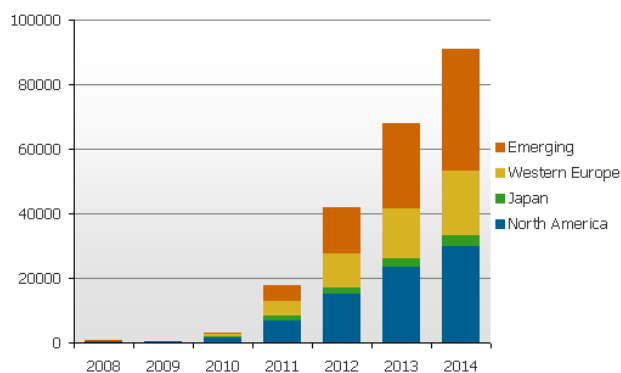


Figura 8 - Previsão de unidades de televisores 3D (em milhares) vendidas nas diferentes regiões do mundo até 2014 [19].

Em suma, acredita-se que num futuro não muito longínquo vão estar disponíveis ecrãs auto-estereoscópicos a um preço aceitável e conteúdos que sejam significativos para o consumidor querer mudar.

Com isto, a codificação *2D + depth-based* é capaz de ganhar um peso bastante relevante na codificação 3D, pois permite com taxas mais baixas de *bitrate* criar efeitos tridimensionais de maior qualidade, ao sintetizar múltiplas vistas através de um número reduzido de vistas

Actualmente, reúnem-se esforços com intuito de unificar as técnicas exploradas no MVC com as técnicas de *depth-based*, para criar um *codec* mais poderoso a nível de compressão. De facto, verifica-se que quando o número de vistas aumenta, a eficiência do MVC é limitada. A norma 3DVC em desenvolvimento [20], permitirá que sistemas como *free-viewpoint TV* sejam viáveis em termos de débito. Na **Figura 9**, apresenta-se a arquitectura desta norma, onde se verifica a utilização das duas normas acima referidas em conjunto. Naturalmente, que isto implica um aumento de complexidade no descodificador, nunca antes visto. Contudo, tendo em conta a lei de Moore, no futuro, a complexidade inerente às rotinas algorítmicas e aos cálculos pesados que por vezes o descodificador tem que fazer na técnica de *depth-based representation*, serão pouco relevantes, tornando esta mais atraente a nível comercial.

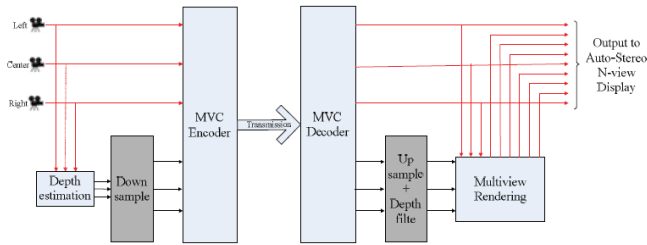


Figura 9 - Arquitetura de alto nível da norma 3DVC [21].

7. CONCLUSÕES

Devido ao bom trabalho efectuado no ramo da codificação 3D, actualmente este tipo de vídeo consegue oferecer uma experiência multimédia imersiva e de alta qualidade, pelo que é evidente o crescimento deste conteúdo no mercado. Ainda assim, muitas barreiras estão por ultrapassar. Os produtores de conteúdo, os fornecedores de serviços e os fabricantes de ecrãs, ainda se têm que esforçar para garantir que o consumidor final tenha uma boa experiência e não seja sobrecarregado com os elevados custos de transição ou desmotivado pelo desconforto ou cansaço de visualização. A legislação também é sempre um factor importante a considerar na inserção de uma tecnologia no mercado. No futuro, espera-se uma contínua evolução na codificação 3D, e um conseqüente crescimento do mercado envolvente. Apesar de o MVC, ser uma solução eficiente para conteúdos *stereo*, não é tão viável para um maior número de vistas para os canais de comunicação existentes, pelo que a norma 3DVC, em desenvolvimento, vem possibilitar a viabilidade de aplicações como o *free-viewpoint stereo*, ou conteúdos com paralaxe horizontal através de ecrãs auto-estereoscópicos. Em suma, ainda largos passos podem ser dados para finalmente se poder dizer: “O Actor Sentou-se Ao Meu Lado”.

8. REFERENCIAS

- [1] *Stereoscopy* – Wikipedia the free encyclopedia [Online]. Consultado em 8 de Dezembro de 2012: <http://en.wikipedia.org/wiki/Stereoscopy>.
- [2] P.Merkle, Y.Morvan, A.Smolic, D.Farin, K.Muller, P.H.N. de With and T.Wiegand, “The effects of multiview depth video compression on multiview rendering”, *Signal Processing: Image Communication*, 2009.
- [3] A. Vetro, A. Tourapis, K. Muller e T. Chen, “3D-TV Content Storage and Transmission”, *IEEE Transactions on Broadcasting*, Junho 2011.
- [4] I.E. Richardson, “The H.264 Advanced Video Compression Standard”, Second Edition, John Wiley & Sons, 2010.
- [5] T. Wiegand, G. Sullivan, G. Bjøntegaard e A. Luthra, “Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard”, *IEEE Transactions On Circuits And Systems For Video Technology*, vol. 13, no. 7, Junho 2003.
- [6] J. Ostermann, J. Bormans, P. List, D. Marpe, M. Narroschke, F. Pereira, T. Stockhammer e Thomas Wedi, “Video coding with H.264/AVC: Tools, Performance, and Complexity”, *IEEE Circuits And Systems Magazine*, 2004.
- [7] D. Marpe, T. Wiegand e G. Sullivan, “The H.264/MPEG4 Advanced Video Coding Standard and its Applications”, *IEEE Communications Magazine*, Agosto 2006.
- [8] *Advanced Video Coding – The Moving Picture Experts Group Website* [Online]. Consultado em 8 de Dezembro de 2012: <http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-4/advanced-video-coding>.
- [9] M. Tanimoto, M. Tehrani, T. Fujii e T. Yendo, “Free-Viewpoint TV – A review of the ultimate 3DTV and its related technologies”, *IEEE Signal Processing Magazine*, Janeiro 2011.
- [10] A. Vetro, T. Wiegand e G. Sullivan, “Overview of the Stereo and Multiview Video Coding Extensions of the H.264/AVC Standard”, *Proceedings of the IEEE*, Abril 2011.
- [11] A. Smolic, K. Mueller, N. Stefanoski, J. Ostermann, A. Gotchev, G. Akar, G. Triantafyllidis, e A. Koz, “Coding Algorithms for 3DTV—A Survey”, *IEEE Transactions On Circuits And Systems For Video Technology*, vol. 17, no. 11, Novembro 2007.
- [12] *Avatar (2009 film)* – Wikipedia the free encyclopedia [Online]. Consultado em 15 de Dezembro de 2012: [http://en.wikipedia.org/wiki/Avatar_\(2009_film\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Avatar_(2009_film))
- [13] *All-Time Box Office: USA* – The Internet Movie Data Base [Online]. Consultado em 16 de Dezembro de 2012: <http://www.imdb.com/boxoffice/alltimegross>.
- [14] *Blu-Ray Disc* – Wikipedia the free encyclopedia [Online]. Consultado em 16 de Dezembro de 2012: http://en.wikipedia.org/wiki/Blu-ray_Disc.
- [15] N. S. Holliman, N. A. Dodgson, G. E. Favalora e L. Pockett, “Three-Dimensional Displays: A Review and Applications Analysis”, *IEEE Transactions on Broadcasting*, Junho 2011.
- [16] J. Konrad e M. Halle, “3-D Displays and Signal Processing - An answer to 3-D ills?”, *IEEE Signal Processing Magazine*, Novembro 2007.
- [17] N. Dodgson, “Autostereoscopic 3D Displays”, *Computer*, Agosto 2005.
- [18] MPEG LA – The Standard For Standards [Online]. Consultado em 17 de Dezembro de 2012: <http://www.mpegla.com>.
- [19] *3D TV Forecast to Reach 3.2 Million Global Shipments in 2010 and 91 Million in 2014* – Display Search – An NPD Group Company [Online]. Consultado em 16 de Dezembro de 2012: http://www.displaysearch.com/cps/rde/xchg/displaysearch/hs.xsl/110104_3d_tv_forecast_to_reach_3_2_million_global_shipments_in_2010_and_91_million_in_2014.asp.
- [20] Q. Zhang, Ping An, Y. Zhang, Q. Zhang e Z. Zhang, “Reduced Resolution Depth Compression for Multiview Video plus Depth Coding”, *IEEE 10th International Conference*, Outubro 2010.