

TELEVISÃO 3D

Miguel Fragoso, n° 63149

Pedro Cruz, n° 63153

Vasco Marcelino, n° 63224

Comunicação de Áudio e Vídeo

Instituto Superior Técnico

Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

E-mail: {miguel.fragoso, pedro.cruz, vasco.marcelino} @ ist.utl.pt

ABSTRACT

Neste artigo pretende-se especificar o funcionamento de tecnologias e técnicas que podem ser aplicadas a 3D TV e discutir o seu impacto no mercado e no futuro do entretenimento audiovisual.

Pretende-se fazer uma comparação entre as características das tecnologias aplicáveis a 3D TV existentes, e pesar os seus prós e contras. Discutir de modo básico, algumas soluções para enfrentar o problema da codificação de vídeo estéreo e de múltiplos canais. Especificar o mercado de conteúdos 3D e discutir os problemas que os sistemas de televisão 3D terão ainda de enfrentar antes de se conseguirem instalar no mercado com segurança.

Irão retirar-se conclusões acerca das tecnologias que o mercado acredita que irão vingar no futuro e da complexidade e dos requisitos de implementação de técnicas associadas ao funcionamento de sistemas de televisão 3D.

Por último, apresentar-se-á de, modo geral, a opinião de empresas especializadas quanto ao futuro da 3D TV.

Palavras-chave – Televisão 3D, estereoscopia, auto-estereoscopia, codificação 3D, conteúdos 3D, mercado.

1. INTRODUÇÃO

O primeiro filme público emitido em 3D foi exibido em 1922, recorrendo a tecnologia anaglífica (uso de óculos com uma “lente” vermelha e outra azul inventados por L.D. DuHaron).



Figura 1 – Primeiro filme público emitido em 3D

A 10 de Agosto de 1928, J. L. Baird demonstra pela primeira vez a televisão 3D estereoscópica, com óculos, a funcionar [1].

Em 1935 é produzido o primeiro filme 3D a cores e nos anos 50 quando a televisão se popularizou nos

Estados Unidos da América, muitos filmes 3D foram produzidos e exibidos nos cinemas.

No entanto após algum tempo o entusiasmo no 3D desvaneceu-se. Agora que já não era inovador, a sua fraca qualidade e consequente fraca imersão tornou a tecnologia num pequeno nicho de mercado.

Muitas décadas depois, o desenvolvimento da tecnologia possibilitou enormes evoluções na qualidade do 3D produzido e assim chegaram aos cinemas filmes como *Avatar* (chegou a Portugal em Dezembro de 2009) que revolucionaram o pensamento do público em geral em relação ao 3D. Desta vez é da opinião pública, tanto dos fabricantes como dos consumidores que o 3D veio para ficar, quer no cinema quer na televisão. É esta a razão de ser deste artigo, divulgar informação relativa a um tipo de entretenimento que acreditamos ser o futuro.

Quanto à estrutura do artigo, primeiro irá descrever-se as diferentes tecnologias para produzir conteúdo 3D: óculos obturadores, óculos com filtros de cor, polarização, barreira de paralaxe e lentes lenticulares.

De seguida, abordar-se-á o problema da codificação de vídeo 3D, absolutamente necessária para produzir vídeo 3D multi-vista ou de vista livre. Referir-se-á algumas técnicas existentes de codificação 3D e de representação de informação 3D.

A partir daí, analisar-se-á brevemente o estado actual do mercado da televisão 3D em relação aos conteúdos disponibilizados no mundo e em Portugal.

Finalmente, discutir-se-á um pouco acerca do mercado do ponto de vista dos fabricantes e dos consumidores e apresentar-se-á algumas previsões para o futuro da televisão 3D.

2. ARQUITECTURA

Um sistema típico de televisão 3D contém essencialmente as seguintes etapas:

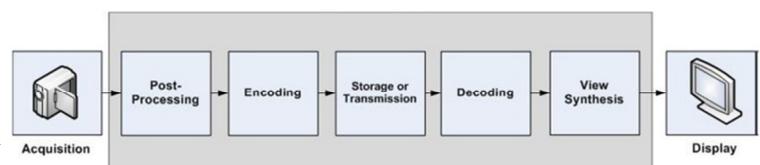


Figura 2 – Representação de um sistema de televisão 3D [2]

- 1) Captação e aquisição de vídeo estéreo (câmaras 3D)
- 2) Codificação adaptada a conteúdo 3D
- 3) Armazenamento e Transmissão

- 4) Decodificação
- 5) Exibição

Iremos focar-nos neste artigo principalmente nas tecnologias de exibição de conteúdo 3D e na codificação desses mesmos conteúdos, ou seja, iremos abordar principalmente os seguintes blocos da figura 2: Codificação e Exibição.

3.TECNOLOGIAS

Os nossos olhos estão separados de cerca de 7,5 cm entre si e isso implica que cada olho vê de uma perspectiva ligeiramente diferente a mesma cena. O cérebro recolhe as imagens de ambos os olhos e combina a sua informação, usando a diferença entre as imagens para calcular distâncias de forma a dar-nos a informação de profundidade [3].

Para obter um efeito 3D na televisão é necessário que o cérebro trabalhe da mesma maneira com as 2 imagens que recebe da televisão.

Os fabricantes de TV's tiveram de descobrir portanto um método de enviar imagens captadas de ângulos ligeiramente diferentes para cada um dos nossos olhos, simulando assim a distância entre os nossos olhos, de forma a "enganar" o cérebro.

Existem duas vertentes de tecnologia de exibição 3D: estereoscopia que se refere a 3D com óculos e auto-estereoscopia que representa 3D sem óculos.

Quanto à estereoscopia, os óculos 3D podem ainda ser divididos em duas categorias principais, óculos activos e óculos passivos. Os óculos activos têm de ser alimentados, normalmente por baterias, ao passo que os passivos não requerem alimentação.

3.1. Óculos 3D Activos

Os óculos obturadores (*shutter glasses*) são os óculos activos 3D mais comuns. As lentes são basicamente pequenos ecrãs LCD e por isso quando uma tensão é aplicada nas mesmas, as lentes escurecem, ou seja, o obturador fecha [7].

Este comportamento das lentes é sincronizado com o ritmo de actualização de imagens do ecrã no qual se está a representar o conteúdo 3D. O ritmo de actualização de imagem é a frequência de imagem em imagens por segundo.

No ecrã apresentam-se as imagens 2D correspondentes a cada olho alternadamente (*alternate frame sequencing*). Quando uma imagem 2D aparece no ecrã num intervalo de tempo que não é mais que um instante, o obturador de uma lente abre e o da outra lente fecha.

Desta forma a imagem chega sempre apenas ao seu respectivo olho. Este processo vai-se repetindo alternadamente entre as duas lentes de forma que em cada instante de tempo apenas um olho recebe a imagem que necessita de receber.

As imagens sucedem-se com uma velocidade tal que o cérebro interpreta as duas imagens recebidas por cada olho em instantes de tempo consecutivos, em conjunto, gerando uma imagem 3D.

Os óculos obturadores necessitam de apresentar uma combinação transmissor-receptor que utilize tecnologia de infra-vermelhos, *Bluetooth* ou rádio. A televisão tem de enviar um sinal para os óculos se sincronizarem com a apresentação de imagens no ecrã. Usualmente é usado um feixe de infra-vermelhos que é difundido tal como nos comandos das TV's. Esse sinal é depois captado pelo receptor electrónico presente nos óculos. A obturação de cada lente é comandada por sinais eléctricos alternados, o que está de acordo com o funcionamento dos LCD's [3].



Figura 3 – Óculos obturadores da XpanD (únicos que podem ser usados tanto em cinema digital como em televisores) [5]

A tecnologia envolvida torna os óculos obturadores mais caros que os óculos passivos custando usualmente mais de 100 €. Em Portugal, óculos deste tipo da Toshiba custam entre 120€ e 130€ [6].

A maioria dos televisores que suportam esta tecnologia à venda incluem um par de óculos deste tipo. No entanto pares adicionais têm de ser comprados separadamente.

A maior desvantagem do 3D activo é que o conteúdo vai ser alternado entre os dois olhos ao ritmo em que o conteúdo é transmitido, ou seja, por exemplo se forem emitidas para o televisor 50 imagens por segundo, a cada olho apenas chegam 25 imagens por segundo. A frequência de imagens em imagens por segundo (*frame rate*) do ponto de vista do utilizador passou para metade.

Em vez de 50 imagens 2D o utilizador passa a visualizar 25 imagens 3D. Esta quebra do ritmo tem consequências. Isto porque quanto maior esse ritmo, mais suaves são as transições entre imagens e portanto mais fluida é a visualização de movimento nos conteúdos emitidos.

Assim todo o equipamento na cadeia de transmissão e recepção tem de ser capaz de processar imagens ao dobro do ritmo anterior para se manter a qualidade de fluidez da imagem. Isto significa que os requisitos de hardware do equipamento a utilizar duplicam. O ritmo de actualização dos elementos de imagem (*refresh rate* do televisor) é ao contrário do que acontece com o *frame rate*, o suportado pelo televisor.

Nos LCD's que suportam esta tecnologia o *refresh rate* é usualmente elevado (de 100 Hz na Europa e de 120 Hz na América). Isto para tornar as imagens mais nítidas e reduzir o efeito de *motion blur* (o desfocar da imagem quando as transições entre imagem são muito bruscas devido a movimento muito rápido na cena a apresentar).



Figura 4 – Efeito do *refresh rate* na qualidade de imagem [7]

Ainda que o *refresh rate* seja elevado, a quebra do *frame rate* nesta tecnologia pode ainda assim provocar ligeira trepidação (*flicker*) em conteúdo apresentado em câmara lenta ou com rápido movimento [8].

Recorrendo a esta tecnologia, tal como acontece com as tecnologias de polarização, não se perde qualquer detalhe na cor do conteúdo, ao contrário do que sucede nos sistemas baseados em filtros de cor.

Perde-se contudo, no mínimo, cerca de 50% de brilho devido ao facto de se alternar imagens pelos dois olhos e de a polarização dos LCD's não ser ideal. Pode corrigir-se este problema enviando imagens mais brilhantes a partir dos emissores.

Esta é a tecnologia de 3D com óculos que produz 3D de melhor qualidade, sendo a tecnologia mais vulgar e mais cara no mercado dos televisores 3D.

Prós: Excelente qualidade de imagem.

Contras: televisor e óculos caros.

3.1.1. Utilização de óculos activos no cinema

A tecnologia de *shutter* LCD's activa no cinema não requer o uso de um ecrã de projecção especial como no caso da tecnologia de luz polarizada. Contudo, os óculos são muito mais caros, o que requer que estes sejam higienizados e reutilizados, ao contrário dos óculos de polarização que poderiam no limite ser descartáveis.

Os cinemas precisariam de implementar tecnologias anti-roubo para dissuadir os consumidores de levarem os óculos consigo. Os óculos desta tecnologia contêm pequenas baterias que têm de ser substituídas periodicamente e além disso, como qualquer tecnologia activa às vezes simplesmente falham, tendo de ser substituídos [5].

3.2. Óculos 3D Passivos

3.2.1. Óculos com filtros de cor

Os primeiros óculos 3D inventados usam um método denominado de Anaglífico de Cores Complementares.

A tinta actua como um filtro de cor que consegue de alguma maneira filtrar uma imagem para o seu respectivo olho.

Os óculos mais comuns que recorrem a esta tecnologia utilizam uma lente vermelha e uma lente *cyan* (luz *cyan* = luz verde + luz azul).

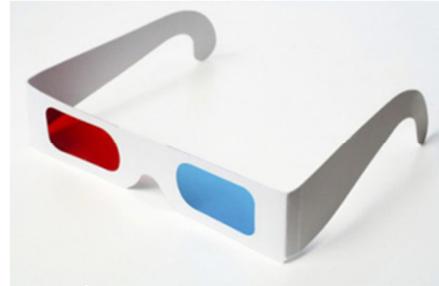


Figura 5 – Óculos com filtros de cor vermelho e cyan [9]

A lente vermelha deixa passar as “partes vermelhas” da imagem como partes claras (brancas) e a lente *cyan* “vê” as partes vermelhas da imagem como sendo escuras (pretas).

Pelo contrário, a lente *cyan* apenas deixa passar as partes azuis e verdes da imagem que aparecerão como claros e bloqueia as partes vermelhas da imagem que aparecerão como escuros.

Partes brancas ou pretas da imagem serão, no entanto, percebidas da mesma forma por cada olho, com o impacto subjectivo da sua respectiva cor (branco ou preto).

Deste modo cada olho vê uma imagem (claros e escuros) diferente, que interpretadas em conjunto pelo nosso cérebro dão origem a uma imagem 3D.

O cérebro em todo este processo fornece uma adaptação de modo a dar alguma cor à imagem.

Embora tenha havido melhorias neste método de produzir um efeito 3D, esta tecnologia é ainda considerada inferior aos restantes métodos de produção de 3D devido a perda de cor na imagem 3D obtida.

Este formato de emissão 3D também limita a quantidade de cores que podem ser usadas para criar conteúdo, o que conduz a que esta técnica não seja muito realista, sendo por isso pouco imersiva, razão pela qual já não se recorre a ela quer nos cinemas quer nas TV's [3].

Prós: Barato e fácil de criar a ilusão 3D.

Contras: Pode causar dores de cabeça ou náuseas e a qualidade do 3D é má devido à perda e falta de variedade de cor.

Nos Cinemas Dolby 3D recorre-se a uma tecnologia chamada “Infitec” (*Interference Filter Technology*). Esta tecnologia utiliza filtros de cor como nos óculos já mencionados mas utilizando um método muito mais avançado e é pouco claro para nós o seu método de funcionamento [1].



Figuras 6 e 7 – Óculos Dolby 3D e a sua utilização no cinema [10], [11]

No entanto recorrendo a esta tecnologia consegue-se produzir um 3D com cor realista. Ainda assim o 3D produzido é inferior ao obtido por polarização ou por óculos activos.

3.2.2. Óculos de polarização 3D

Lentes linearmente polarizadas usam polarização vertical numa lente e polarização horizontal na outra. Duas imagens são captadas de dois ângulos ligeiramente diferentes e são projectadas com um projector cada.

Cada imagem tem de ter sido previamente polarizada da mesma forma que uma das lentes dos óculos de forma que cada imagem atinja o seu respectivo olho, o que é conseguido com lentes polarizadoras em frente de cada projector. A superfície na qual as imagens são projectadas é coberta com químicos especiais para não afectar o efeito da polarização [4].

Assim produz-se um efeito 3D desde que os utilizadores mantenham a cabeça direita. Incliná-la irá “estragar” o efeito 3D, o que se entende observando a figura 8. Repare-se que se o utilizador inclinar a cabeça, as lentes polarizadas já não coincidem com as respectivas imagens polarizadas [8].

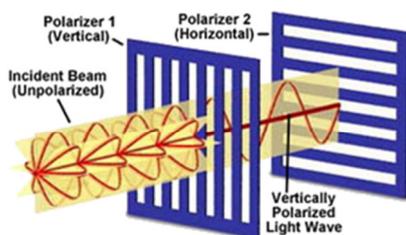


Figura 8 – Luz a passar por polarizadores [4]

Nas lentes com polarização circular, uma lente é polarizada no sentido dos ponteiros do relógio, a outra no sentido contrário aos ponteiros do relógio. Com esta tecnologia, o efeito 3D é mantido se o utilizador inclinar a cabeça e além disso é apenas necessário um projector. Um polarizador circular tem de ser colocado à frente do projector. Este polarizador alterna rapidamente entre os dois sentidos de polarização para criar o efeito 3D, polarizando cada duas imagens consecutivas em sentidos inversos uma da outra.

Os cinemas estão agora a fornecer óculos com lentes polarizadas para a visualização de filmes 3D. Foi esta a tecnologia, lentes circularmente polarizadas, que foi usada na transmissão e nos óculos que permitiram ver o filme *Avatar* de James Cameron no cinema em 3D [12]. Essa emissão foi de 24 imagens (*frames*) por segundo para cada olho, ou seja, 48 imagens 2D correspondendo a 24 imagens 3D por segundo. Para reduzir o efeito de *flicker* projecta-se cada imagem 3 vezes no ecrã [13].

Todo o equipamento envolvido em transmissões deste tipo no cinema é muito caro, excepto os óculos que são baratos.

Esta tecnologia tem maior probabilidade de ser afectada por *crosstalk* que a tecnologia activa (imagem destinada a um olho ser parcialmente ou totalmente captada pelo outro, o que causa efeito fantasma).



Figura 9 – Óculos de polarização 3D no cinema [14]

Ao ser usado apenas um projector, sistemas 3D para visualização de filmes no cinema que utilizam luz polarizada causam uma perda de brilho no ecrã ainda maior que no caso de uso de óculos activos. Isto deve-se à distribuição do conteúdo entre os dois olhos e aos próprios filtros polarizadores nos óculos que bloqueiam ainda mais radiação. Isto pode ser corrigido recorrendo a projectores mais brilhantes.



Figura 10 – Óculos de polarização 3D

Prós: Óculos baratos e de peso leve, imagens com grande nível de detalhe e cor, boa qualidade de imagem [3].

Contras: Maior probabilidade de ocorrer *crosstalk*.

Apenas a LG conseguiu até agora tornar a tecnologia de polarização circular viável para televisores. As restantes televisões 3D deste tipo no mercado usam polarização linear e reduzem a resolução do conteúdo 3D a metade da resolução do conteúdo 2D equivalente. Isto porque é feito o entrelaçamento das duas vistas 2D no ecrã (televisores da Vizio, por exemplo). Além disso estes televisores contêm o problema da inclinação da cabeça estragar o efeito 3D, embora este tipo de visualização seja menos afectado pela perda de brilho.

3.3. Tecnologias Sem Óculos

Como se sabe a necessidade de usar óculos 3D é uma das maiores barreiras para a aceitação em massa da televisão 3D como um meio de entretenimento. Os óculos podem ser caros, desconfortáveis para alguns e a necessidade de usá-los significa que existe a obrigação de possuir múltiplos pares para se visualizar conteúdo 3D com a família ou amigos. Vamos agora ver os avanços tecnológicos que tornam possível uma experiência de 3D TV sem óculos.

3.3.1. Tecnologia de Barreira de Parallaxe

Esta tecnologia funciona da seguinte forma: pequenas lentes são integradas no ecrã da TV. Essas lentes consistem em camadas de LCD's. Cada uma dessas camadas contém pequenas tiras que escondem pixels específicos (criando fendas de precisão) de forma que um conjunto de pixels só possa ser visualizado pelo olho esquerdo e outro conjunto de pixels só possa ser visualizado pelo olho direito [9].

Devido ao facto das lentes serem embutidas no ecrã, o uso de óculos para a visualização do 3D deixa de ser necessário.

A principal desvantagem da tecnologia de barreira de paralaxe é que esta apenas funciona se o utilizador permanecer num local bem definido (“sweet spot”) sendo que o efeito 3D desvanece caso este se desloque para um outro local. Esse local é sensivelmente, em frente do ecrã, a uma certa (curta) distância. Por essa mesma razão os primeiros equipamentos do tipo fabricados pela Toshiba por exemplo, têm sido relativamente pequenos. O brilho do ecrã é também afectado nesta tecnologia como acontece em todas as outras [16].

Para se obter compatibilidade directa, é possível visualizar conteúdo 2D com esta tecnologia bastando tornar a barreira de paralaxe transparente, de forma que a luz a atravesse e os dois olhos vejam a mesma imagem 2D. Isto pode ser feito com sinais eléctricos uma vez que a barreira consiste em camadas LCD [17].

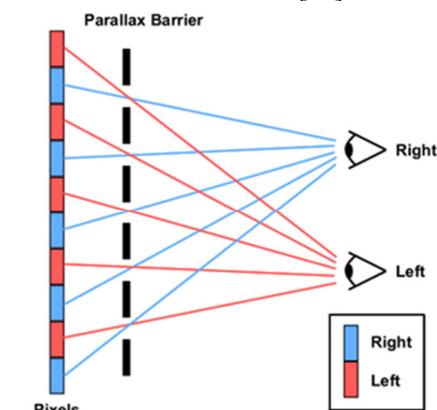


Figura 11 – Tecnologia de barreira de paralaxe [18]

Como exemplo do uso da barreira de paralaxe, temos a Nintendo 3DS. Esta consola portátil utiliza a tecnologia de barreira de paralaxe para exibir conteúdo 3D. Possui também 2 câmaras que permitem fotografar em três dimensões.

A consola foi lançada no Japão a 26 de Fevereiro de 2011 e vendeu cerca de 375 mil unidades até ao fim do dia seguinte [19]. Foi lançada em Portugal a 21 de Março de 2011.



Figura 12 – Consola Nintendo 3DS [20]

3.3.2. Tecnologia de lentes lenticulares

Outro método de proporcionar 3D TV sem óculos é utilizar lentes lenticulares (lentes convexas), que são projectadas e realizadas para que uma imagem diferente seja recebida por cada olho dependendo do ângulo de visualização do utilizador.

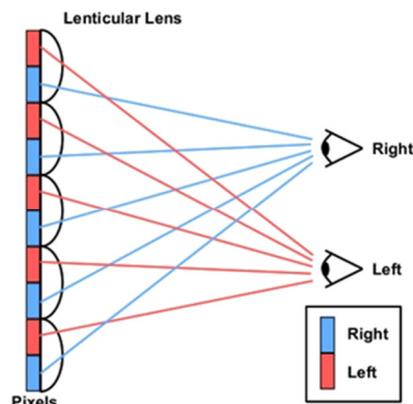


Figura 13 – Tecnologia de lentes lenticulares [21]

As duas imagens 2D ligeiramente diferentes, a ser transmitidas para gerar uma imagem 3D, são alternadas em linhas (tiras) no ecrã.

As lentes referidas são alinhadas com as imagens a ser transmitidas de tal forma que a luz reflectida por cada tira é refractada numa direcção ligeiramente diferente, mas a luz reflectida pelos pixels que emitem a mesma imagem é enviada na mesma direcção (ângulo). O resultado final é que cada olho vê uma imagem inteira diferente, o que conduz à visualização de uma imagem 3D.

Com esta tecnologia consegue-se uma menor redução de brilho do que na tecnologia de barreira de paralaxe e consegue-se também uma maior abrangência de ângulos de visualização, que no caso do uso de tecnologias de barreira de paralaxe é muito restrito como já foi referido.

As lentes lenticulares têm ainda um outro benefício muito grande comparativamente à barreira de paralaxe que consiste no facto de estas tornarem possível ver imagens diferentes a partir de ângulos distintos, permitindo que mais do que uma pessoa visualize a emissão 3D ao mesmo tempo.

Recorrendo a sistemas de processamento de imagem em tempo real, conseguem-se gerar múltiplas vistas 2D de uma dada cena a partir de apenas duas vistas 2D dessa mesma cena.

Assim no ecrã separam-se, na tecnologia da Toshiba por exemplo, 9 imagens 2D correspondentes a ângulos diferentes de visualização da mesma imagem. Transmite-se duas das 9 imagens disponíveis (uma imagem 2D para cada olho) de acordo com o ângulo de visualização do utilizador, utilizando o método já referido anteriormente para uma imagem 3D apenas [16].

No entanto, a imprensa de crítica especializada que viu os protótipos da Toshiba no *Consumer Electronics Show 2011* (dos melhores do mercado e dos poucos próximos de serem comercialmente viáveis) refere que ainda existem limitações quanto ao ângulo de visualização.

Agora passam a existir várias direcções em vez de uma no qual o efeito 3D não quebra. Se o utilizador se encontrar num ângulo de transição entre os ângulos estipulados de visualização, passará a ver uma imagem desfocada sem efeito 3D. Esse desfocamento é tanto pior quanto mais movimento tiver o conteúdo disponibilizado. Os melhores resultados continuam a revelar-se quando os utilizadores se encontram directamente em frente da TV.

Independentemente da posição, a imagem visualizada apresenta uma espécie de textura em faixas especialmente quando existe luz de fontes externas a incidir no ecrã.

A abordagem de vistas múltiplas com lentes lenticulares, reduz a resolução da imagem, porque muitos pixéis são utilizados para mostrar a mesma imagem 3D a ângulos diferentes. Ou seja, existe o dilema: a televisão necessita de suportar o efeito 3D para muitos ângulos de visualização para tornar a 3D TV sem óculos prática para vários utilizadores. No entanto, a resolução irá degradar-se à medida que mais ângulos são adicionados [22].

A viabilidade desta tecnologia a longo prazo irá depender da habilidade dos fabricantes melhorarem a resolução dos ecrãs e os sistemas de codificação de informação 3D.

3.3.3. Tecnologia de monitorização de utilizador

Esta tecnologia (denominada de *head tracking* na linguagem anglo-saxónica) funciona através do uso de uma *webcam* que segue os olhos do utilizador e ajusta as imagens enviadas do ecrã para cada olho à medida que o utilizador se move para que este veja em 3D.

Esta tecnologia só funciona claramente para um utilizador de cada vez, razão pelo qual parece mais adequada a utilizar em aparelhos mais pessoais, com ecrãs pequenos como telemóveis ou computadores portáteis. De facto, já foram mostrados computadores portáteis 3D que recorrem a esta tecnologia.

Repare-se que assim já não existe mais o problema do ângulo de visualização do utilizador, como no caso do uso de barreira de paralaxe [16].

3.3.4. Tecnologia de 3D automático

Para solucionar o problema de falta de conteúdos 3D disponibilizados pelo mercado, numa fase inicial alguns televisores 3D, da Samsung por exemplo, realizam conversão de conteúdos emitidos em 2D para 3D em tempo real. Este método funciona com DVD's, Blu-Ray, e TV (*broadcast*).

Obtém-se um pseudo-3D que impressiona no seu efeito visual. No entanto, a precisão obtida neste tipo de 3D nomeadamente no que toca à profundidade, está longe do verdadeiro 3D estereoscópico filmado com duas câmaras.

O processo limita-se a simular um efeito 3D não contendo qualquer informação da profundidade da cena a ser exibida. Logo não se oferece a verdadeira informação de profundidade da cena ao contrário do que acontece com o verdadeiro 3D.

4. CODIFICAÇÃO 3D

A codificação estéreo convencional consiste apenas em codificar a imagem a transmitir para um olho e de seguida codificar a imagem a transmitir para o outro olho em relação à primeira (utilizando, por exemplo, compensação de movimento) uma vez que as duas são muito parecidas, sendo captadas de ângulos ligeiramente diferentes.

Quanto a vídeo multi-vista, além da sua utilização integrada com lentes lenticulares já referida, este também pode ser utilizado em vídeo de vista livre (FVV) que é um sistema de vídeo que fornece aos utilizadores a habilidade

de navegar interactivamente pelo conteúdo filmado e escolher uma de várias vistas numa cena de vídeo.

A codificação de vídeo com múltiplas vistas (MVC) é efectuada com base em codificação inter-vistas, ou seja, codifica-se a informação redundante entre vistas adjacentes.

Esta codificação é adicionada à já realizada codificação temporal que se baseia na codificação de imagens vizinhas no tempo, eliminando redundância, uma vez que duas imagens vizinhas no tempo são normalmente muito parecidas.

Esta codificação é definitivamente necessária para diminuir a quantidade de dados que se tem de transmitir para produzir vídeo com múltiplas vistas, que poderia tornar-se insustentável.

Dois imagens vizinhas no espaço são normalmente menos idênticas que duas imagens vizinhas no tempo. Além disso na codificação espacial pode existir o problema de oclusão de objectos, isto é, objectos visíveis numa vista estarem tapados nas vistas adjacentes.

Ainda assim existem vários algoritmos de codificação MVC que se baseiam em dependências estatísticas espaço-temporais.

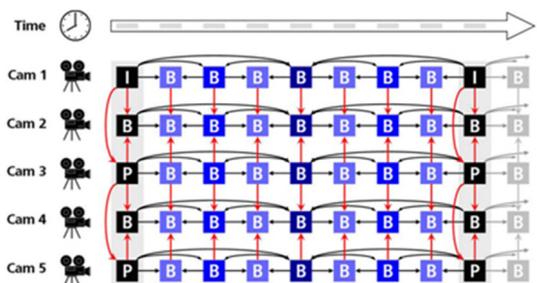


Figura 14 – Ilustração de codificação multi-vista em MVC [23]

Os resultados deste tipo de codificação dependem de propriedades como a distância entre as câmaras e as cenas adquiridas, o *frame rate* de transmissão (imagens por segundo) e a complexidade do conteúdo (textura, movimento). Algoritmos MVC baseados na sintaxe do *codec* H.264/AVC (testados antes de 2008) foram dos testados, os que obtiveram os melhores resultados, em experiências desenvolvidas no contexto de normas MPEG. O ganho destes algoritmos (comparativamente à codificação de múltiplos *streams* de vídeo relacionados espacialmente como sendo independentes) na relação sinal-ruído de pico variou entre menos de 0.5 e mais de 3 dB neste tipo de algoritmos, dependendo do conteúdo codificado.

Este tipo de sistemas contém alguma complexidade computacional e possui requisitos de memória devido a atrasos causados por processamento de dados [23].

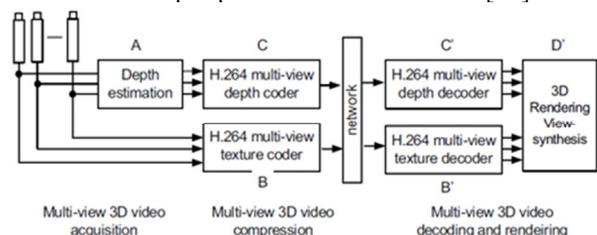


Figura 15 – Estrutura de um sistema 3D multi-vista [38]

Outro método de evitar o aumento da transmissão de informação com o aumento do número de vistas caso se queira produzir vídeo multi-vista, é o de colocar o peso da complexidade no receptor.

A codificação 2D + profundidade (2D+Z) consiste em enviar uma imagem 2D a cores e a sua respectiva informação de profundidade codificada em luminância. Se forem utilizados 8 bits para codificar a luminância como é habitual nos sistemas de televisão, podem existir 256 níveis de profundidade diferentes numa dada imagem, do mais próximo (255 que corresponde a branco) ao mais longínquo (0 codificado como preto), cobrindo-se pela mesma lógica todos os valores intermédios em tons de cinzento.

O receptor caso possua um sistema de processamento de imagem, pode criar múltiplas vistas da imagem recebida através da sua respectiva informação de profundidade sendo que para qualquer número de vistas produzidas, o aumento no débito binário emitido é sempre o mesmo e apenas de mais 10-20% de forma a emitir a informação da profundidade do conteúdo a boa qualidade [25], [26].



Figura 16 – Imagem 2D original; profundidade da imagem codificada em luminância [27]

5. CONTEÚDOS 3D EM PORTUGAL E NO MUNDO

5.1. 3D no Mundo

Um dos maiores eventos da emissão de conteúdos 3D no mundo ocorreu durante o mundial de futebol da África do Sul que começou a 11 de Junho de 2010, durante o qual foram filmados 25 jogos desse mundial em 3D. Estes foram emitidos em directo em canais 3D como o ESPN 3D nos EUA e o Canal+ 3D em Espanha. [28]

Este é um sinal de que o 3D ainda não se tinha massificado uma vez que na maior parte dos países essas emissões ou foram feitas em sessões de *public viewing* (sessões públicas de visionamento) como ocorreu em Portugal ou nem sequer ocorreram.

No ano de 2010, a aceitação do 3D tem aumentado lenta e gradualmente e mais canais 3D estão a aparecer pelo mundo.

Existem, de facto, diversos canais 3D no mundo actualmente, embora a sua programação seja muitas vezes limitada e apenas alguns canais estejam a apostar em emissões 24/7 e em emissões em directo.

Existe por isso muita repetição dos mesmos conteúdos 3D numa fase inicial, por parte desses mesmos canais.

É de notar que a grande maioria dos conteúdos 3D que estão a aparecer no mercado diz respeito à emissão de desporto em 3D ou à criação de filmes e documentários

3D. Alguns desses canais existentes actualmente são mesmo *pay per view* (canais pagos), principalmente entre aqueles que baseiam a sua programação em filmes 3D.

Estados Unidos da América	Reino Unido e Irlanda	França e Espanha
ESPN 3D Discovery 3D DIRECTV Cinema n3D	Sky Channel 3D	Canal+ 3D

Tabela 1 – Principais canais 3D no mundo [29]

Um dos maiores e mais bem sucedidos canais de televisão 3D no mundo é um canal de desporto, o *ESPN3D*. Começou a emitir em *part time* e transmite agora 24h por dia, possuindo entre 0 e 4 emissões de desporto em directo por dia como *basketball*, golfe ou boxe. Irá transmitir um total de 85 emissões de desporto em directo ao longo de 2011 [30], [31].

Outro canal muito requisitado é o *Sky Channel 3D* que é um canal pago que conseguiu 70 mil subscrições em apenas alguns meses desde que foi lançado em 1 de Outubro de 2010. Em Fevereiro de 2011, metade das 3D TV's vendidas no Reino Unido estavam "ligadas" ao canal e milhares de televisões eram ligadas ao mesmo todas as semanas.

Esse canal concretizou muitas estreias televisivas em 3D, emitindo filmes como *Avatar*, *Alice no País das Maravilhas* e a trilogia do *Toy Story*. Emitiram também já, mais de 100 emissões de desporto em 3D em directo e documentários de história natural em 3D [32].

Estes dois casos de sucesso dão uma ideia do estado dos mais avançados sistemas de televisão 3D existentes no mundo.

5.2. O caso português: MEO vs. ZON

A competição relativa ao 3D entre a MEO e a ZON começou com emissões 3D de *public viewing*. Neste caso, emissões de 3D com óculos para locais públicos como salas de espectáculos e nas lojas de venda com a disponibilização dos óculos respectivos.

A ZON foi a primeira a tomar iniciativa e assegurou a primeira emissão em directo de 3D em Portugal: a final do *Masters* de Augusta (golfe) em Abril de 2010 e foi a primeira operadora a transmitir futebol em 3 dimensões em Portugal [33].

Depois disso, tanto a ZON como a MEO emitiram o torneio de ténis *Roland Garros*, em 2010 [34]. Nesse mesmo ano, a MEO assegurou ainda a primeira transmissão 3D em directo do *Estoril Open* e a transmissão de 8 jogos em 3D do Campeonato Mundial de Futebol da África do Sul.

Depois de todas estas sessões de teste, públicas, ambas as empresas começaram a pensar na emissão 3D, directamente para os seus clientes.

A MEO possui hoje 2 canais de teste de emissão 3D ao passo que a ZON possui apenas um. Para visualizar o conteúdo 3D emitido pela MEO é necessário possuir uma televisão 3D com os respectivos óculos (polarizados ou de obturação) e ligar a MeoBox a essa televisão através de um cabo HDMI.

Um desses canais da MEO é o MEO 3D, o canal 280, que disponibiliza em 3D: Desporto, maioritariamente futebol, pára-queda e BTT mas também ténis e outros; animação infantil; música, nomeadamente concertos emitidos em 3D [35]; publicidade à MEO, PT e TMN em 3D; conteúdos próprios para demonstrar o efeito 3D aos utilizadores, desenvolvido pela Panasonic, por exemplo.

O canal apresenta conteúdos 3D, 24 horas por dia, separadas em emissões de teste de 5 horas de duração cada. A MEO possui também o canal 281 acessível apenas a clientes MEO Fibra, MEO ADSL e MEO Satélite.

Nesse canal, a MEO exibiu em 3D um jogo de futebol da pré-época de 2010 (*Benfica x Tottenham*) em directo em Agosto de 2010 e realizou emissões em directo da competição *Rip Curl PRO* Portugal do circuito mundial de surf em Peniche em Outubro de 2010 naquela que foi a estreia de emissão de surf em 3D em todo o mundo [36], [37].

Quanto à ZON, esta é menos abrangente no que toca à tecnologia uma vez que para visualizar o 3D emitido pela ZON é necessário possuir óculos polarizados e televisor 3D correspondente.

O canal de teste da ZON é o 270 e exhibe sobretudo repetições de dois jogos de preparação para o Mundial de 2010 da Selecção Nacional de futebol: *Portugal x Cabo Verde* e *Portugal x Camarões*, que foram exibidos em directo para os seus clientes no seu canal de teste e nas lojas ZON (em centros comerciais, por exemplo) aquando da sua realização.

Em 2011, a ZON tem sido mais ambiciosa que a MEO no que toca ao 3D: no Videoclube da ZON, ao contrário do que acontece no da MEO é possível visualizar *trailers* de filmes em 3D.

Além disso, a ZON vai emitir em 2011, 8 jogos da NBA em 3D, em directo, no seu canal de teste, jogos estes que estarão acessíveis no ZON Videoclube por tempo limitado após a sua emissão em directo. Nos dias 5 e 17 de Março e 2 de Abril foram emitidos alguns desses jogos [38].

6. MERCADO E FUTURO

A maior oferta de 3D no mercado na actualidade é a de óculos obturadores.

Preços de 3D TV em Portugal variam, por exemplo, na FNAC de 900 a 5400€ havendo opções de muito variados preços nesta gama [39].

Embora 3DTV's sejam colocadas à venda por todo o mundo, o mercado de 3DTV está a crescer bem mais devagar que o esperado e espera-se que a tecnologia não se torne maioritariamente adquirida pelos utilizadores até pelo menos 2014, segundo os últimos dados da DisplaySearch.

Enquanto os fabricantes têm planos ousados e muitos novos produtos, os consumidores permanecem cautelosos. Diz Paul Gray, director da *TV Electronics Research* da DisplaySearch: "Foi dito aos consumidores que 3D TV é o futuro mas ainda existe um enorme salto de preço e pouco conteúdo 3D para visualizar".

Os dados dizem também que as vendas de óculos 3D foram muito baixas na Europa Ocidental.

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 conteúdo 3D seja disponibilizado, resolvendo em grande parte os problemas de crescimento do sector.

De acordo com a empresa de estudos de mercado DisplaySearch, o mercado de 3D TV irá expandir-se para um mercado de 17 mil milhões de dólares, com vendas a aumentar de 200 mil em 2009 para 64 milhões em 2018 [40].

O mercado actual de 3D TV prevê que será o 3D sem óculos a tecnologia a vingar no futuro e o "boom" recente no interesse de visualização de conteúdos televisivos 3D já está a alimentar a necessidade de produzir 3D TV's sem óculos.

Os fabricantes sabem que a vasta maioria das pessoas não está preparada para aceitar a necessidade de utilizar óculos 3D, no entanto, continuam a desenvolver tecnologia de 3D com óculos.

A razão é que os fabricantes estão tão convencidos do potencial que a aceitação em massa da 3D TV terá no futuro que estão dispostos a perder dinheiro agora para obterem uma vantagem competitiva mais tarde. Embora relatórios recentes indicarem baixas vendas para televisores 3D, o facto é que os televisores 3D estão a vender-se a ritmos baixos mas de forma constante e o interesse do público neste tipo de televisores permanece elevado.

O futuro é provavelmente ter 3D TV sem óculos a preços acessíveis no horizonte. Pode ser um futuro de médio ou até de longo prazo, mas constituirá uma nova era de entretenimento em casa.

7. REFERÊNCIAS

- [1] (24 Maio 2011) 3D television - Wikipedia, the free encyclopedia [Online]. Disponível: http://en.wikipedia.org/wiki/3D_television
- [2] G. S. Carmo, "Depth Coding based on Binary Tree Decomposition", Dissertation MEEC, IST, p. 10, Oct. 2010.
- [3] (24 Maio 2011) Wired Explains How 3-D Television Works [Online]. Disponível: <http://www.wired.com/gadgetlab/2009/10/3d-tv-explainer/>
- [4] (24 Maio 2011) 3D Glasses - Active and Passive, Polarized, Shutter and Color Anaglyph 3D Glasses [Online]. Disponível: <http://www.3d-tvbuyingguide.com/3dtv/3d-glasses.html>
- [5] (24 Maio 2011) XpanD 3D - Wikipedia, the free encyclopedia [Online]. Disponível: http://en.wikipedia.org/wiki/XpanD_3D
- [6] (24 Maio 2011) Óculos 3D Toshiba [Online]. Disponível: <http://www.shopmania.pt/compras~online~televisores~comprar~oculos~3d~toshiba~ftpag01g~p~2854465.html>
- [7] (24 Maio 2011) LCD Refresh Rates Explained - 240HZ vs. 120HZ vs. 60HZ [Online]. Disponível: http://www.topreviewshop.com/lcd_refresh_rates_explained_240hz_vs_120hz_vs_60hz
- [8] (24 Maio 2011) Active 3D Glasses vs. Passive 3D Glasses [Online]. Disponível: <http://www.3d-tvbuyingguide.com/3dtv/active-vs-passive-glasses.html>

- [9] (24 Maio 2011) Produção de óculos em 3D [Online]. Disponível: <http://www.3dprodutora.com.br/3d-oculos/>
- [10] (24 Maio 2011) Battle Of The 3D Glasses [Online]. Disponível: <http://www.virtualgeneration.net/en/features/all/2227/1/Battle Of The 3D Glasses/>
- [11] (24 Maio 2011) You know you're jet-lagged when... Disponível: <http://www.crunchgear.com/2007/10/02/you-know-youre-jet-lagged-when>
- [12] (24 Maio 2011) Will Your RealD AVATAR 3D Glasses Work At Home [Online]. Disponível: <http://avatarblog.typepad.com/avatar-blog/2010/04/do-avatar-3d-glasses-from-the-movies-work-at-home.html>
- [13] (24 Maio 2011) RealD Cinema - Wikipedia, the free encyclopedia [Online]. Disponível: http://en.wikipedia.org/wiki/RealD_3D
- [14] (24 Maio 2011) How Nintendo is changing the Future with 3DS Nintendo 3DS Games [Online]. Disponível: <http://www.nintendo3dsgamer.com/how-nintendo-is-changing-the-future-with-3ds/>
- [15] (24 Maio 2011) Parallax barrier - Wikipedia, the free encyclopedia [Online]. Disponível: http://en.wikipedia.org/wiki/Parallax_barrier
- [16] (24 Maio 2011) 3D TV Without Glasses - Revealing How No Glasses 3D TV Works.... [Online]. Disponível: <http://www.3dvtvguide.org/3d-tv-without-glasses.html>
- [17] (24 Maio 2011) Parallax Barrier - Electronic Circuits and Diagram-Electronics Projects and Design [Online]. Disponível: <http://www.circuitstoday.com/parallax-barrier>
- [18] (24 Maio 2011) How The Nintendo 3DS Screen Works [Online]. Disponível: <http://loot-ninja.com/2010/06/22/how-the-nintendo-3ds-screen-works/>
- [19] (24 Maio 2011) Big in Japan Feb. 21-27 3DS sells 375,000 - News at GameSpot [Online]. Disponível: <http://www.gamespot.com/news/6302282.html?tag=latesttheadlines%3Btitle%3B2>
- [20] (24 Maio 2011) True Gamer Cast [Online]. Disponível: <http://truegamercast.blogspot.com/2011/02/qual-magica-por-traz-do-nintendo-3ds.html>
- [21] (24 Maio 2011) Lenticular Lenses - Electronic Circuits and Diagram-Electronics Projects and Design [Online]. Disponível: <http://www.circuitstoday.com/lenticular-lenses>
- [22] (24 Maio 2011) Hands-on 3D without the glasses comes into focus at CES [Online]. Disponível: <http://arstechnica.com/gadgets/news/2011/01/hands-on-3d-without-the-glasses-comes-into-focus-at-ces.ars>
- [23] A. Smolic, J. Ostermann and G. Triantafyllidis, "Coding Algorithms for 3DTV- A Survey", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Tech., vol. 17, no. 11, pp. 1608-1609, Nov. 2007.
- [24] Y. Morvan, D. Farin and P. With, "System Architecture for Free-Viewpoint Video and 3D-TV", IEEE Trans. Cons. Elect., Vol. 54, No. 2, pp. 926-927, May 2008.
- [25] (24 Maio 2011) 2D-plus-depth - Wikipedia, the free encyclopedia [Online]. Disponível: <http://en.wikipedia.org/wiki/2D-plus-depth>
- [26] (24 Maio 2011) Grayscale - Wikipedia, the free encyclopedia [Online]. Disponível: <http://en.wikipedia.org/wiki/Grayscale>
- [27] (24 Maio 2011) 3 Dimensional Displays Article [Online]. Disponível: http://www.iptvmagazine.com/2007_11/IPTVMagazine_2007_11_Article_3D_Displays.html
- [28] (24 Maio 2011) Inside Sony's 3D World Cup [Online]. Disponível: <http://www.tvbeurope.com/main-content/full/inside-sony-s-3d-world-cup.jsessionid=191E7FD16DA179A9260A730015519BEA>
- [29] (24 Maio 2011) The 3D TV Channels are Coming, When and What to Expect From Them [Online]. Disponível: <http://3dvision-blog.com/the-3d-tv-channels-are-coming-when-and-what-to-expect-from-them>
- [30] (24 Maio 2011) Discovery, ESPN to launch 3D TV channels [Online]. Disponível: http://www.computerworld.com/s/article/9143116/Discovery_ESPN_to_launch_3D_TV_channels
- [31] (24 Maio 2011) ESPN 3D Schedule Baseball, Football, Basketball, Soccer... [Online]. Disponível: <http://espn.go.com/3d/schedule.html>
- [32] (24 Maio 2011) 3D success for Sky - MEI - Stadium - Arena - Events Community [Online]. Disponível: <http://majoreventsinternational.com/pub/news.php?mpID=&mscID=1488>
- [33] (24 Maio 2011) Meios & Publicidade Zon transmite futebol em 3D [Online]. Disponível: <http://www.meiosepublicidade.pt/2010/05/18/zon-transmite-futebol-em-3d/>
- [34] (24 Maio 2011) Roland Garros em 3D nas lojas ZON [Online]. Disponível: <http://www.gforum.tv/board/1683/405336/roland-garros-em-3d-nas-lojas-zon.html>
- [35] (24 Maio 2011) MEO - O comando é meu 3D no MEO [Online]. Disponível: <http://www.meo.pt/conhecer/tv/3d/Pages/default.aspx>
- [36] (24 Maio 2011) Portugal Telecom Comunicados [Online]. Disponível: http://www.telecom.pt/InternetResource/PTSite/PT/Canais/Media/press_releases/MEO+assegura+em+exclusivo+a+primeira+transmissao+de+surf+3D+no+Mundo.htm
- [37] (24 Maio 2011) MEO emite em directo e exclusivo a transmissão em 3D do Benfica x Tottenham [Online]. Disponível: <http://www.ticnologia.pt/noticias/meo-emite-em-directo-e-exclusivo-a-transmissao-em-3d-do-benfica-x-tottenham-.html>
- [38] (24 Maio 2011) ZON Multimedia [Online]. Disponível: <http://www.zon.pt/Televisao/DetalheTv.aspx?detail=XzU1P2>
- [39] (24 Maio 2011) Televisores, TV 3D, TV, vídeo e MP3. Compre online Televisores, TV 3D na Fnac [Online]. Disponível: <http://www.fnac.pt/imagem-e-som/TV-3D/Televisores/s21075?bl=HGAChead>
- [40] (24 Maio 2011) 3D TV market growing slower than expected - May be 2014 before 3D TV becomes mainstream [Online]. Disponível: <http://www.techeye.net/hardware/3d-tv-market-growing-slower-than-expected#ixzz1FkjWIMSW>