

# DVB-H: A CARACTERIZAÇÃO DE UM SISTEMA MÓVEL MULTIMÉDIA

*Francisco Paisana n° 63097*

*Marco Durão n° 63122*

*Simão Eduardo n° 63204*

Instituto Superior Técnico

Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

E-mail: {francisco\_paisana, marcodurao, simao\_eduardo}@hotmail.com

## RESUMO

Este artigo é acerca do DVB-H (Digital Video Broadcast – Handheld), um dos protocolos mais recentes desenvolvidos pelo DVB Project. O DVB-H oferece vários serviços de *broadcasting* para telemóveis e outros dispositivos móveis, sendo o mais notável a televisão móvel. Visto que o DVB-H se baseia no DVB-T, são apresentadas as semelhanças e diferenças entre os dois protocolos. Fala-se ainda em vários aspectos relativos ao DVB-T, como funcionalidades, performance, modelo de negócio e o estado da sua implementação em Portugal.

**Palavras-chave** — DVB, Digital, *handheld*, IP, MPEG-2

## 1. INTRODUÇÃO

A televisão desempenha um papel fundamental no mundo em que vivemos, desde o seu nascimento em meados de 1930. As transmissões televisivas sempre se fizeram através de sinais analógicos, até que, na década de 90, se começou a pensar em implementar um sistema digital.

Porquê passar do analógico para o digital? Afinal, o mundo em que vivemos é um mundo analógico; ou seja, à partida, nada seria melhor do que representar esse mundo por meio de sinais analógicos (através de variações na sua amplitude ou frequência). Porém, existem várias razões pelas quais o digital leva vantagem em relação ao analógico.

Talvez a razão mais forte tenha sido uma questão de eficiência na utilização do espectro de frequências. Devido à explosão das telecomunicações, o espectro tem vindo a ficar cada vez mais sobrecarregado, problema que pode ser resolvido pelos sinais digitais, visto que estes fazem um uso mais eficiente do espectro.

As outras razões têm a ver com a natureza discreta dos sinais digitais. Esta leva a que estes sejam mais fáceis de processar, de comprimir, encriptar e multiplexar, sejam mais robustos face a ruído, e, por tudo isto, faz com que seja necessária uma menor potência para os transmitir. Além

disso, visto que o mundo informático é essencialmente digital, a sua interação com os sinais de televisão ficaria grandemente facilitada.

Apesar de todas estas vantagens, estes argumentos puramente técnicos não são suficientes para convencer o público em geral de que é benéfico passar para o digital. Mas existem também vantagens para o público. Uma delas é o facto de a televisão digital ser mais fiável que a analógica, além de que é fácil de utilizar. Ainda para mais, pelo facto de a sua utilização do espectro ser mais eficiente, permite fornecer ao utilizador um maior número de canais, e permite também uma maior interactividade nos conteúdos fornecidos. Nomeadamente, pode escolher-se que conteúdo se deseja ver, a que horas, ou ainda aceder a serviços como jogos ou televidas. Ou seja, faz-se uma certa transição de um paradigma de *broadcast* para *monocast*.

É neste contexto que surge o DVB (Digital Video Broadcasting), um dos vários sistemas que apareceram para responder a esta transição do analógico para o digital. Os outros sistemas principais foram desenvolvidos pelos Estados Unidos, Japão, China e Brasil. O DVB é um sistema europeu, constituído actualmente por cerca de 250 membros (*broadcasters*, operadores de rede, fabricantes e entidades reguladoras) de mais de 35 países, com o objectivo de estabelecer protocolos e regras para a transmissão de televisão digital.

O DVB nasceu na Europa, quando alguns destes membros se juntaram para discutir a formação de um grupo que visasse a introdução da televisão digital. Esse grupo ficou conhecido como ELG (European Launching Group), e decidiu que seria benéfico juntar todos os membros e fazer um único acordo quanto às tecnologias apropriadas a utilizar. Foi, então, assinado um Memorando de Entendimento em Setembro de 1993, nascendo, assim, o DVB. Ao longo dos anos, foram aparecendo vários ramos do DVB, sendo os principais o DVB-S (Satellite), o DVB-C (Cable) e o DVB-T (Terrestrial). Mais tarde, apareceram alguns protocolos secundários, tais como o DVB-SI (Service Information) e o DVB-SUB (Subtitling).

O DVB começou depois a evoluir de forma a tentar fundir os vários serviços de telecomunicações, tendo surgido

neste âmbito o DVB-H (Handheld), que será o principal objecto de análise neste artigo, e o DVB-SH (Satellite Handheld), cujo objectivo é implementar um sistema de televisão móvel. Mais recentemente, começaram a surgir os sistemas de segunda geração (DVB-S2, DVB-C2 e DVB-T2), e, em 2011, estão a ser planeados a 3DTV (3D Television), a IPTV (Internet Protocol Television) e o DVB-H ou SH de segunda geração.

O DVB-T apareceu em Março de 1997, e, desde então, tornou-se no sistema de TDT (Televisão Digital Terrestre) mais utilizado em todo o Mundo, com mais de 200 milhões de receptores vendidos em mais de 40 países. É um sistema relativamente flexível, que permite a implementação de uma série de serviços diferentes, desde HDTV (High Definition Television) a múltiplos canais de SDTV (Standard Definition Television), e desde televisão fixa a portátil, móvel ou mesmo dispositivos de mão.

Visto que o desempenho do DVB-T com terminais móveis de mão teve bastante sucesso, começou a pensar-se num protocolo específico para estes sistemas para otimizar ainda mais este desempenho. Este protocolo incluía as ideias de TV móvel, *streaming* de vídeo, *download* de ficheiros, e, comparativamente ao DVB-T, um sistema que permitisse ao terminal receptor economizar bateria e operar em condições de fraca recepção de sinal. Este protocolo apareceu, então, formalmente em 2004, pensado para telemóveis e PDAs (Personal Digital Assistants). O DVB-H pode mesmo considerar-se como uma extensão do DVB-T, tendo compatibilidade directa (*backward compatibility*) até um certo ponto; por exemplo, ambos os protocolos podem partilhar o mesmo multiplexador e modulador.

No resto deste trabalho, irão falar-se das especificações técnicas e aplicações do DVB-H e também do DVB-T, tentando mostrar de que forma estes protocolos estão ligados mas também de modo a fazer-se a sua distinção. Irá também ser feita uma análise de mercado, para tentar ilustrar que papel desempenham, afinal, estes sistemas no mundo de hoje e de que forma poderão ainda evoluir.

## 2. APLICAÇÕES

O DVB-H tem como principal aplicação a transmissão de televisão para um elevado número de terminais móveis numa determinada área. Os sinais são enviados em *broadcast*, evitando-se problemas de sobrecarga da rede através da alocação de recursos para cada consumidor.

Através do DVB-H, os utilizadores têm acesso a uma grande variedade de serviços multimédia interactivos. Para isso, os terminais móveis estabelecem ligações *point-to-point* com estações através das redes UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) ou GPRS (General Packet Radio Service). O esquema correspondente a este procedimento pode ser visualizado na figura 1. A resposta correspondente a estes pedidos é enviada por *broadcast*, *multicast* ou *unicast* pelas estações DVB-H. O conteúdo

destes serviços pode ser tanto de interesse individual (navegação na Internet, por exemplo) como de interesse geral (notícias do trânsito). Alguns exemplos destes serviços são jogos *online*, *download* de aplicações, *streaming* de vídeos ou acesso a notícias de desporto, trânsito, política, etc.

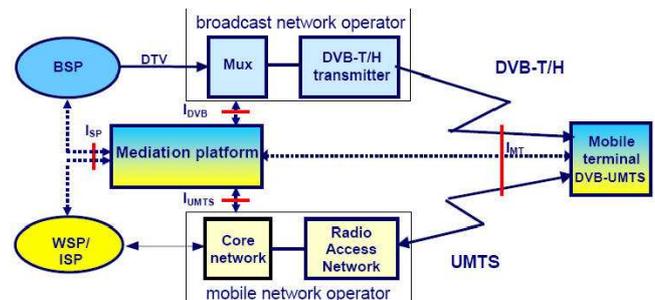


Fig. 1. Esquema da estrutura de uma rede DVB-H.

## 3. FUNCIONALIDADES

A tecnologia DVB-H permite a terminais móveis a recepção, através de uma interface IP, de serviços *broadcast* tais como televisão móvel de forma robusta e com um baixo consumo de energia. Estas funcionalidades fazem do DVB-H uma tecnologia vantajosa quando comparada com tecnologias *unicast* sem fios como UMTS, visto que disponibiliza um canal *downstream* de elevada capacidade que pode ir dos 3.32 Mbps até os 31.67 Mbps. Em comparação com o DVB-T, o DVB-H oferece uma maior protecção contra erros de transmissão e consome menos bateria dos terminais que a usam.

## 4. COMPARAÇÃO COM OUTROS STANDARDS

Existe, hoje em dia, um interesse cada vez maior na televisão móvel por todo o Mundo. Contudo, devido à falta de consenso entre as operadoras de redes móveis e *broadcasters*, no que toca ao modelo de negócio a utilizar, têm-se verificado atrasos no lançamento do DVB-H em diversos países. Como consequência destes atrasos, muitos telemóveis têm sido criados que utilizam a *free-to-air* DVB-T, levando muitas pessoas a questionarem-se sobre a viabilidade do DVB-H, que apresenta serviços que têm de ser pagos. No entanto, as vantagens do DVB-H em relação ao DVB-T são muitas e demonstram que o DVB-H nunca poderá ser completamente substituído pelo DVB-T.

Em primeiro lugar, o DVB-H apresenta maiores relações portadora/ruído (C/N) do que o DVB-T graças à camada de ligação extra com correcção de erros (MPE-FEC). Este aperfeiçoamento é de extrema importância visto que compensa o ganho reduzido da antena dos terminais móveis, permite que a recepção do sinal seja feita com elevado débito sem recorrer a diversidade, que é recomendada para

DVB-T, e possibilita uma maior cobertura do sinal em ambientes *indoor*.

A utilização de *time slicing* na tecnologia DVB-H reduz a potência consumida pelos terminais para valores 10 vezes menores que aqueles obtidos com o DVB-T. Esta característica é bastante importante visto que a energia armazenada nas baterias de telemóveis, PDAs, etc, tem uma duração bastante reduzida.

A rede de 4Kbps fornecida pelo DVB-H tem também a vantagem de facilitar e tornar mais flexível a gestão e planeamento de redes.

Existem, actualmente, outros standards de televisão móvel no mercado como, por exemplo, a Digital Multimedia Broadcasting (T-DMB) e Forward Link Only (FLO).

O TDMB utiliza a modulação OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing), que consiste na divisão de cada canal em vários canais de largura de banda estreita chamados sub-portadoras. A utilização de várias sub-portadoras de frequências distintas reduz o impacto do desvanecimento na comunicação visto que este varia com a frequência. O TDMB, em particular, usa 1536 sub-portadoras DQPSK (Differential Quaternary Phase Shift Keying), suporta canais de largura de banda de 1.75 MHz e pode ser implementada em redes de apenas uma ou de várias frequências. TDMB é baseado no protocolo Digital Audio Broadcasting (DAB) que utiliza codificação convolucional e *interleaving* no tempo para a correcção de erros e oferece um débito útil de 1.15Mbps, e ainda adopta um sistema de correcção de erros externo igual ao DVB-T de forma a estar preparado para transmissão de vídeo.

O FLO utiliza OFDM em canais de 5,6,7 e 8 MHz de largura de banda. O sistema de correcção de erros externo apresenta semelhanças com o MPE-FEC do DVB-H e o interno tem o Turbo Code como base com uma taxa de codificação ajustável. O FLO apresenta um débito útil que vai de 2.73 Mbps a 10.94 Mbps num canal de 8MHz de largura de banda.

O DVB-H e o FLO apresentam uma eficiência de banda de 1.03b/s/Hz no modo de 4K, 16QAM e taxa de codificação de 2/3, enquanto que o TDMB apresenta uma eficiência de banda de apenas 0.6b/s/Hz. DVB-H oferece 3 modos de rede e 4 possíveis comprimentos de intervalos de guarda, enquanto que o FLO define apenas 1 e 1 respectivamente. Estes parâmetros são importantes na gestão e planeamento das redes *broadcast*, no que toca à máxima distância possível entre os emissores em redes de uma frequência apenas. Podemos, portanto, concluir que o DVB-H apresenta maior flexibilidade pois torna mais fácil a adaptação à topografia de diferentes regiões e planos de negócio das operadoras.

## 5. ARQUITECTURA

A camada física do standard DVB-H tem como base o DVB-T que caracteriza a transmissão terrestre de serviços televisivos geralmente em formato MPEG-2.

Tanto o DVB-T como o DVB-H utilizam modulação C-OFDM (Coded OFDM). A utilização de *interleaving* de símbolos permite também reduzir os efeitos do multi-caminho.

O DVB-T e DVB-H suportam canais com larguras de banda de 6,7 e 8 MHz e operam nas frequências de VHF (Very High Frequency) /UHF (Ultra High Frequency). O DVB-H consegue ainda suportar a largura de banda de 5 MHz. Consoante as características do meio, ambas as tecnologias oferecem diferentes modos de funcionamento. Estes modos são caracterizados pelo número de sub-portadoras, esquemas de modulação, a largura dos intervalos de guarda e taxa de codificação dos códigos de erro.

Os elementos que distinguem o DVB-H do DVB-T no que toca à camada física são a sinalização da tecnologia utilizada e do identificador de célula nos bits TPS, permitindo um aumento da rapidez de procura de serviços e *handover*, o modo 4K, que oferece grandes débitos à custa da redução de mobilidade e tamanho da célula, e a utilização de um *interleaver* de símbolos em profundidade para os modos de 2K e 4K para um melhoramento da robustez e redução de ruído na recepção.

Apesar de ter sido construída para receptores fixos, resultados experimentais demonstram que a tecnologia DVB-T funciona relativamente bem para terminais móveis. Contudo, o efeito de Doppler, a interferência e certas características de dispositivos móveis tais como os baixos ganhos das suas antenas e baterias de duração limitada são obstáculos que não são tidos em conta na arquitectura do DVB-T. O DVB-H, por sua vez, apresenta melhores resultados no que respeita à robustez de recepção e no consumo de energia, através de correcção de erros Multiprotocol Encapsulation – Forward Error Correction (MPE-FEC) e de técnicas de *time slicing*, respectivamente.

Visto ser compatível com o DVB-T ao nível da camada física, os dados DVB-H podem ser enviados em *broadcast* por redes DVB-T. É por esta razão que certas funcionalidades específicas do DVB-H (*time slicing* e MPE-FEC) são realizadas na camada de ligação. Estas particularidades são demonstradas na figura 2, onde se pode observar o esquema de uma transmissão DVB-H.

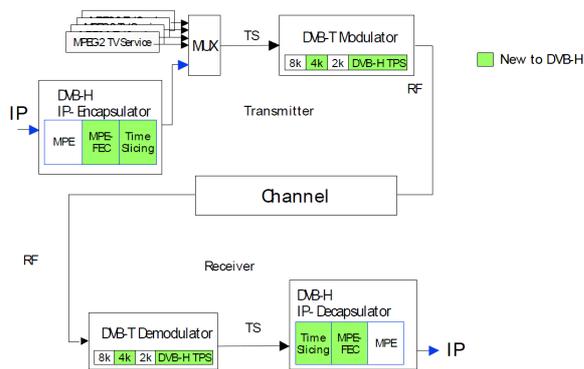


Fig. 2. Etapas na transmissão de DVB-H

### 5.1. IP Datacasting

Os sistemas de transmissão DVB-H, como já foi referido, baseiam-se, ao nível da camada de rede, no Internet Protocol (IP). Os dados, que se procuram transmitir, são transformados em datagramas IP, antes do transporte em redes IPDC (IP Datacasting). Após a chegada dos dados IP ao router do transmissor DVB-H/T, estes são incorporados em *streams* de transporte DVB, isto é, streams de transporte MPEG-2, através de Multi-Protocol Encapsulation (MPE). Como exemplo, o funcionamento do serviço DVB-H, usando *multicast* IP na *intranet* de um operador, pode ser observado na figura 3.

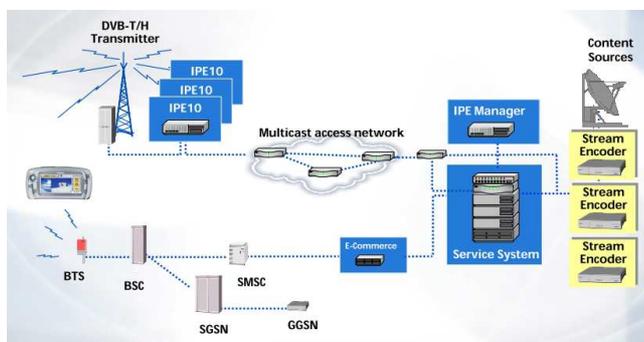


Fig.3. Rede IPDC, que permite interface com rede UMTS/GPRS através dos terminais móveis

### 5.2. Time Slicing

Uma das tecnologias que permite aos dispositivos móveis poupar a bateria é o *time slicing*, que, no fundo, se traduz em interrupções periódicas da transmissão ao nível da camada de transição. Além de economizar energia, o *time slicing* possibilita *handovers* entre células muito mais suaves (invisíveis para o utilizador).

Esta tecnologia é baseada em TDM (Time Division Multiplexing). O objectivo é enviar os dados em pequenas

rajadas (*time slices*) com débito maior do que o normal, e com um certo intervalo entre elas. O intervalo entre duas rajadas ( $\Delta t$ ) é sempre indicado ao receptor na primeira delas. Durante este intervalo, o receptor encontra-se em *standby* e não recebe dados, embora possa monitorizar as células vizinhas caso seja necessário um *handover*. Se o que for pretendido for um débito constante inferior ao utilizado, durante o intervalo o receptor faz um *buffering* dos dados recebidos (ver Figura 4). Se o débito de transmissão durante uma rajada for 10 vezes superior ao normal, o receptor só precisa de estar ligado durante 10% do tempo; isto traduz-se numa poupança de energia de 90%. A variação do valor da poupança de energia face ao aumento do débito das rajadas é ilustrada na figura 5 para alguns valores do débito médio.

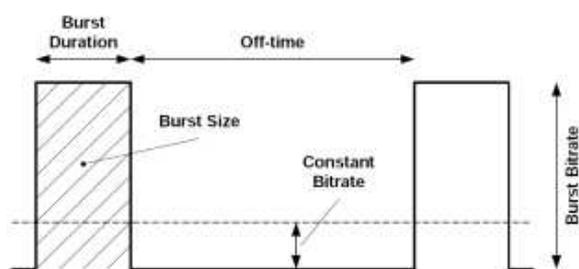


Fig. 4. Time slicing – envio de dados em rajadas

Visto que a informação de  $\Delta t$  é relativa a uma certa rajada, não é necessária a sincronização entre emissor e receptor. Quando os dados de uma certa rajada são encapsulados com o MPE-FEC, o  $\Delta t$  é transmitido no cabeçalho da secção MPE. Ou seja, mesmo em más condições de recepção, é quase garantido que o  $\Delta t$  seja recebido correctamente, o que é muito importante visto que a duração de uma rajada e o tempo entre rajadas pode sempre variar.

Como se percebe, este método é insensível a um atraso constante; contudo, é sensível a variações inesperadas de um certo intervalo entre duas rajadas consecutivas ( *jitter*). Esta sensibilidade é relativa, ou seja, por exemplo, uma variação de 10 milissegundos ou inferior é aceitável visto que a resolução do  $\Delta t$  é, também, de 10 milissegundos.

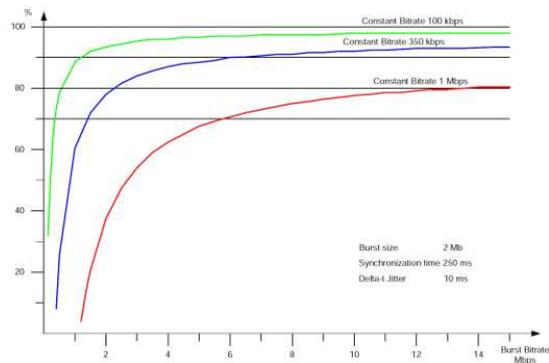


Fig. 5. Variação da poupança de energia com o débito de rajada

Quando é feito um *handover* de uma célula para outra, o serviço corrente deverá ser recebido na nova célula sem interrupções. As células têm, portanto, de estar feitas de uma forma que permita a sincronização de *time slices* entre células. Isto tem uma dificuldade acrescida devido ao atraso da rede IP e também ao *jitter*, que difere de célula para célula. Ou seja, se duas células diferentes estiverem a transmitir conteúdos diferentes simultaneamente, isso pode causar perda de dados durante o *handover*. Assim, é necessário incluir uma diferença de fase entre duas células, que deve ser suficientemente grande para permitir a sincronização à nova célula (Figura 6).

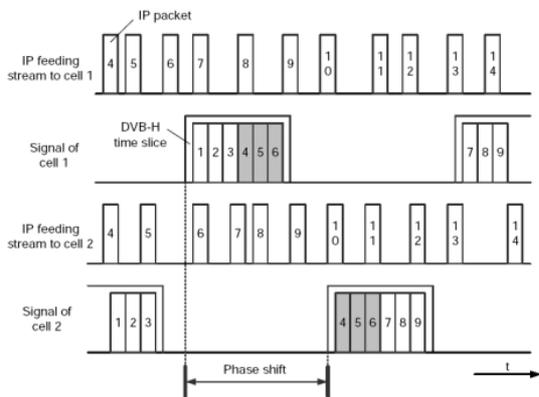


Fig. 6. Sistema de desfasamento entre células: TDM

Na figura 7 é dada uma perspectiva de como vários serviços de DVB-H usando *time slicing* podem coexistir no mesmo canal. No caso da figura, esse mesmo canal transmite não só os sinais DVB-H mas também serviços televisivos em DVB-T.

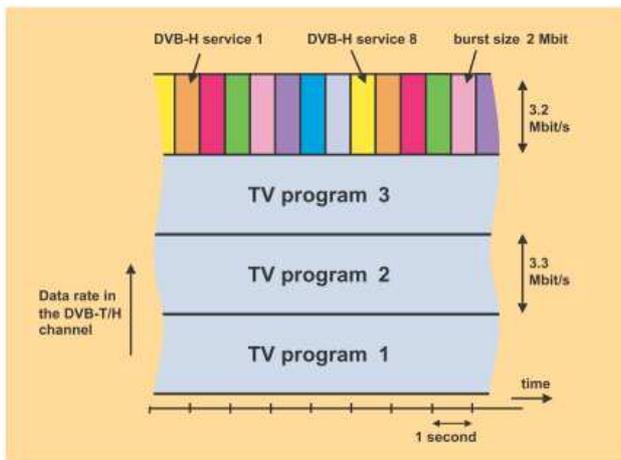


Fig.7. Transmissão de DVB-T e DVB-H (time-sliced) no mesmo canal

### 5.3. MPE-FEC

Na camada de ligação do DVB-H é também implementado um sistema de correcção de erros, designado por MPE-FEC, que complementa a correcção de erros do DVB-T. Alguns testes mostram que a utilização do MPE-FEC permite reduzir os requisitos de S/N dos receptores em 7 dB. O MPE-FEC baseia-se no código Reed-Solomon (RS) e em *interleaving* “virtual” de blocos (figura 8). Este processo de interleaving consiste na criação de tramas FEC com 255 colunas e até 1024 linhas constituídas por bits de paridade e pelos dados de entrada IP em que os dados são escritos/lidos ao longo de cada coluna da trama, enquanto que a codificação é aplicada ao longo de cada linha. O MPE-FEC foi desenhado de maneira a existir compatibilidade directa, ou seja, os receptores que não utilizam correcção de erros, mas reconhecem MPE, conseguem receber e ler os *streams* de dados DVB-H com MPE-FEC.

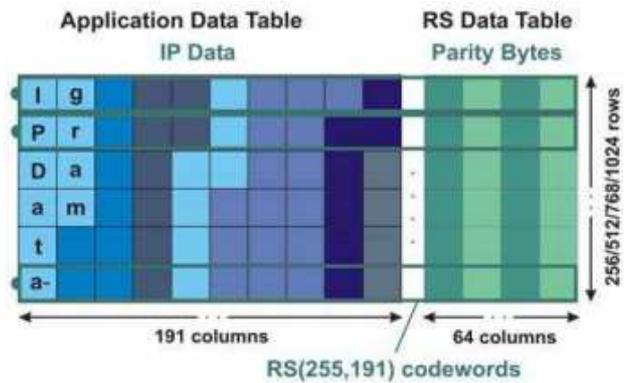


Fig.8. Estrutura usada para codificação RS e interleaving do MPE-FEC

Como se pode ver na figura 2, os *streams* de entrada IP são multiplexados consoante os métodos de *time slicing*, encapsulados através do MPE juntamente com os bits MPE-FEC correspondentes e embebidos em *streams* de transporte DVB. O MPE-FEC, MPE e o *time slicing* constituem o *codec* DVB-H. O standard DVB-T só tem um papel preponderante na transformação do *stream* de transporte originado pela codificação MPEG-2 num sinal físico rádio por meio de um codificador de canal e modulador.

### 5.4. Extensões à camada física do DVB-T

Os parâmetros de sinalização do *stream* elementar do DVB-H, aquando da multiplexação com outros *streams* MPEG-2, que são depois introduzidos num *stream* DVB, usam uma extensão do TPS (Transmission Parameter Signalling) de canal, já existente na norma DVB-T. O TPS possibilita a criação de um canal de informação reservado, que permite fornecer ao receptor parâmetros de *tuning* –

sincronização, optimização, etc. Os novos elementos do canal TPS fornecem informação de que *streams* elementares DVB-H, que são *time-sliced*, estão disponíveis no *stream multiplex*, e indicam ainda se a protecção contra erros MPE-FEC é usada pelo menos num dos *streams* elementares. Este canal TPS é portanto usado pela transmissão DVB-H, sempre que esta existir. Enquanto que no DVB-T o fornecimento do identificador da célula de transmissão (estação base) era opcional, no DVB-H torna-se obrigatório. A disponibilidade do identificador da célula de transmissão simplifica a descoberta de células da mesma rede na vizinhança que forneçam o mesmo serviço.

O DVB-H pode ser transmitido usando um modo de transmissão OFDM, que não faz parte da especificação do DVB-T. O DVB-T permite a transmissão no modo OFDM 2K e 8K, para o apoio a diferentes tipologias de rede. O DVB-H permite usar o modo 4K, que é criado usando uma Transformada Discreta de Fourier (FFT), de 4096 pontos, no modulador OFDM. O modo 4K representa um compromisso entre os dois modos do DVB-T. Este modo permite o dobro da distância de transmissão efectiva em redes SFN – de frequência única – comparando com o modo de 2K. Quando comparado com o modo 8K, este é menos susceptível ao efeito das variações de Doppler (*Doppler shifts*) na banda de recepção, no caso da recepção móvel. Portanto, este modo fornece maior flexibilidade no planeamento da rede. Como o DVB-T não oferece o modo 4K, só poderá ser usado em redes dedicadas DVB-H.

Tendo em conta os três modos OFDM, vários modos de *interleaving* de símbolos são usados, isto é, modos de troca da ordem sequencial dos símbolos para melhorar a performance da transmissão. Um terminal DVB-H que esteja de acordo com a norma, suporta o modo 8K e portanto possui um *interleaver* de transmissão 8K. Assim sendo, é natural que se use a memória relativamente grande do *interleaver* de 8K no *interleaving* dos outros modos de transmissão OFDM presentes. O *interleaver* de símbolos do terminal permite processar os dados transmitidos num símbolo completo de 8K, ou alternativamente, os dados transmitidos em dois símbolos 4K OFDM ou em quatro símbolos do modo 2K OFDM. O novo esquema toma partido da memória disponível para aumentar a profundidade do *interleaving* dos símbolos nos modos 4K e 2K, aumentando a performance das respectivas transmissões.

O DVB-H foi especificado não só para larguras de banda/canal usadas no *broadcasting* de TV, mas também para larguras de banda/canal de 5MHz. A norma DVB-T descreve três soluções diferentes na banda VHF-UHF (6MHz, 7MHz, 8MHz), que por sua vez são suportadas também na norma DVB-H. A largura de banda de 5MHz permite a transmissão de serviços fora das bandas tradicionais de *broadcasting* de TV.

## 6. PERFORMANCE

Para validar a norma DVB-H, vários grupos de estudo realizaram testes em Software (Simuladores computacionais) e testes de campo acerca da qualidade concreta do sinal(S/N ratio, BER, qualidade da imagem...).

Uma característica importante que distingue a norma DVB-H das outras normas de TV móvel é que foi testada e avaliada em vários testes de campo e projectos-piloto. Estes mostraram um melhoramento significativo na qualidade do sinal, que se deveu à utilização do método MPE-FEC. Resultados podem ser verificados na figura 9, onde se utiliza o receptor móvel de referência, descrito nas *Guidelines* do DVB-H.

A qualidade do sinal OFDM num sistema móvel piora com o aumento da velocidade do receptor móvel. A interferência intercanal das sub-portadoras do sinal OFDM é afectada pelo efeito Doppler, que possui uma relação directa com a velocidade dos terminais. Todos os sistemas móveis possuem uma frequência máxima de Doppler, isto é, a velocidade máxima que um terminal pode ter para que possa receber o sinal com qualidade mínima, requerida para a transmissão DVB-  $(S/N)_{\min}$  necessário. Este critério é dos mais importantes, se não o mais importante, nos sistemas móveis devido à elevada taxa de erros que pode provocar (BER).

Os resultados, tanto os de simulação como os de testes, evidenciam um melhoramento no (S/N) no receptor de 5 a 6 dB, no caso de recepção móvel. É de notar que o  $(S/N)_{\text{receptor}}$  mínimo, requerido para uma qualidade aceitável do sinal (audio e video), permanece praticamente constante com a frequência de Doppler. Esta condição só se altera quando se chega à frequência máxima de Doppler do sistema móvel- velocidade máxima que o terminal pode tomar para ter acesso ao serviço DVB-H.

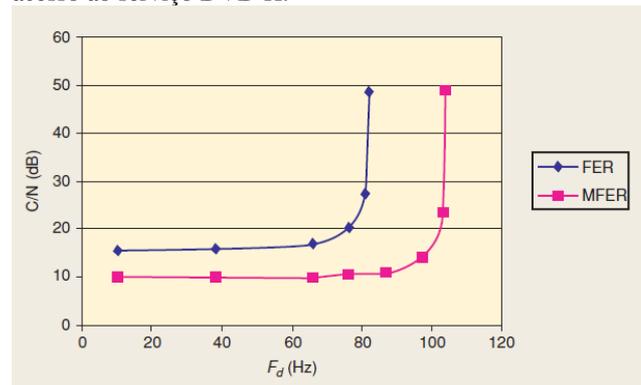


Fig. 9.  $(C/N)_{\min}$  requerido para a recepção móvel em função da frequência de Doppler. Tramas recebidas sem descodificação MPE-FEC (FER). Tramas recebidas depois da descodificação MPE-FEC (MFER).

A curva da figura 9 mostra nitidamente que o tratamento MPE-FEC aumenta a frequência máxima de Doppler

permitida pelo sistema móvel DVB. Verifica-se que o sistema ainda recebe o sinal com uma frequência de Doppler de 120 Hz. O teste foi levado a cabo com um modo 8K-OFDM- com uma modulação da subportadora de 16-QAM, com um codificador interno com factor 2/3 e intervalo de guarda de tamanho 1/4. O factor de codificação interno corresponde a uma codificação convolucional, que proporciona um nível de correcção de erros-FEC. O intervalo de guarda é aplicado às subportadoras do sistema OFDM. A frequência de 120 Hz traduz-se numa velocidade máxima de 207 km/h, assumindo uma frequência de portadora de 626 MHz (UHF canal 40). A frequência máxima de Doppler do sistema aumenta por um factor de dois no modo 4K-OFDM e por um factor de quatro no modo 2K-OFDM.

O uso de modulação diferencial e a falta de MPE-FEC no T-DMB -um dos sistemas de TV móvel populares antes do DVB-H- levam a um pior  $(S/N)_{receptor}$  do que no DVB-H, usando modulação coerente. Em relação ao sistema FLO, o DVB-H modo 2K-OFDM permite maiores frequências de Doppler máximas no sistema móvel. Isto é devido ao maior espaçamento entre sub-portadoras OFDM no DVB-H a 2K, o que conduz uma interferência inter-canal menor. No entanto, é de registar que o FLO possui um  $(S/N)_{receptor}$  mínimo menor que o DVB-H a frequências Doppler mais baixas, ou seja, velocidades do terminal mais baixas. Isto justifica-se pelo uso de *turbo-codes* na codificação de correcção de erros. No DVB-H, a codificação convolucional, na correcção de erros, tinha que ser usada para que pudesse haver compatibilidade directa com o DVB-T. Esta propriedade permite a transmissão de serviços DVB-H e DVB-T no mesmo *multiplexer* de canal.

O uso da tecnologia de *time slicing* no DVB-H mostrou ser útil na redução do consumo de energia no aparelho móvel. Na norma DVB-H é requerida uma potência máxima de consumo no receptor de 100mW, quando na verdade a implementação mostrou consumos bastante mais baixos que 50mW. Foi demonstrado, como resultado destes consumos, até seis horas contínuas de TV no terminal móvel, com transmissão DVB-H.

No seguinte gráfico, é notória a diminuição do  $(C/N)_{min}$  aquando da implementação do MPE-FEC: cerca de 6dB. Os parâmetros são: modo 8K, modulação QPSK, *coding rate* interno – FEC : 1/2, intervalo de guarda de 1/4.

## 7. ANÁLISE DO MERCADO

Pode dizer-se que o DVB em geral tem sido um grande sucesso. Mais de 500 milhões de dispositivos em todo o Mundo utilizam actualmente serviços que usam protocolos DVB. Mais particularmente, o DVB-T registou vendas da ordem dos 200 milhões de receptores em todo o Mundo, das quais 150 milhões ocorreram na Europa. A figura 10 mostra os países onde este sistema teve mais sucesso e o respectivo

número de receptores vendidos (actualmente com um preço inferior a 20 €).

Country	Population (million)	DVB-T Services Launched	Receivers Sold (million to nearest 0.5)
United Kingdom	60	1998 (2002 Freeview)	46
Spain	45	2000	30
Italy	59	2004	29
France	64	2005	17.5
Germany	82	2002	16
Australia	21	2001	2.5
Taiwan	30	2005	2.5

Fig. 10. O DVB-T em vários países

Existe um grande número de países onde o DVB-T é usado em conjunto com o *codec* H.264/AVC MPEG-4 para serviços de HDTV, entre os quais figuram a Dinamarca, Estónia, França, Hungria, Itália, Noruega e Singapura. Prevê-se que os preços dos receptores de MPEG-4 desçam à medida que o DVB-T for implementado em mais países num futuro próximo, como é o caso de Portugal, da Irlanda e da Eslovénia.

O DVB-H também está a ter bastante êxito desde a sua criação. Actualmente, existem serviços de televisão móvel a partir deste sistema em diversos países, entre eles a Itália, Finlândia, Suíça, Áustria, Holanda, Vietname, Malásia, Indonésia, Índia, Filipinas, Albânia, Nigéria, Quénia e Namíbia. São esperados também lançamentos de mais serviços na França, Rússia, Indonésia e Taiwan. Espera-se que, à medida que for ocorrendo o Analogue Switch-Off (o fim da transmissão analógica), haja uma libertação de espaço no espectro e que, com isso, possam aparecer cada vez mais serviços relacionados com o DVB-H.

Em Março de 2008, a Comissão Europeia apontou o DVB-H como o protocolo mais recomendado para televisão móvel na Europa, aconselhando os estados membros da União Europeia a fomentarem a sua implementação.

## 8. DVB EM PORTUGAL

Durante os últimos anos, têm sido feitos bastantes avanços em Portugal no sentido de implementar os vários sistemas DVB. Em Junho de 2007, foi feito um ensaio pela Vodafone, em colaboração com a TVI, em que foram transmitidos 8 canais em directo para um certo conjunto de utilizadores com telemóveis Samsung. Na altura, Portugal era apontado como um excelente país para o estabelecimento de serviços móveis, visto que 60% das chamadas de voz eram feitas a partir de telefones móveis, em comparação com os 43% da média europeia.

Porém, Portugal tem apostado mais na implementação do DVB-T, como se tem verificado pelos investimentos feitos

nos tempos mais recentes. A TDT foi lançada em Janeiro de 2009 e, em Outubro de 2010, já 85% da população conseguia receber os 4 canais nacionais (RTP1, RTP2, SIC e TVI). Nesta data, a SIC anunciou que iria investir 12 milhões de euros com vista ao *broadcast* de HDTV. O seu director-geral, Luís Marques, prevê que a maioria dos conteúdos já esteja em HD, e que, na altura do *Analog Switch-Off*, em 26 de Abril de 2012, a SIC possa oferecer um conjunto de serviços completamente em HD.

A TVI, tal como a SIC, investiu cerca de 5 milhões de euros para preparar toda a sua linha de transmissões para HD, de modo a corresponder ao investimento global do país na TDT com DVB-T.

Mais recentemente, a ANACOM (Autoridade Nacional das Comunicações) reservou 10 milhões de euros para fazer com que os serviços de TDT cheguem a todo o país. Estes fundos irão ser usados para ajudar as pessoas mais necessitadas e que vivem nas zonas mais recônditas do país a receber sinais digitais de televisão. Espera-se que as STBs (Set Top Boxes) para recepção de televisão digital através de DVB-T custem à volta de 22 €.

## 9. CONCLUSÃO

Neste artigo, foi feito um estudo das principais características da norma DVB-H baseada no DVB-T como sistema de transmissão digital *broadcast* para terminais móveis. Uma das principais vantagens desta norma corresponde ao facto de, através de técnicas de *time slicing*, proporcionar um consumo de energia das baterias dos terminais *handheld* reduzido. Apesar do efeito de Doppler, os terminais conseguem receber os sinais de forma robusta através de um sistema de correcção de erros MPE-FEC.

O DVB-H também disponibiliza serviços interactivos. Para a sua obtenção, os terminais *handheld* criam ligações utilizador-operadora por meio das redes já existentes GPRS e UMTS.

## 10. REFERÊNCIAS

- [1] J. Henriksson, "DVB-H – standard, principles and services" presented at HUT seminar T-111.590, Nokia Research Center, Helsínquia, Jan. 12, 2005.
- [2] M. Kornfeld and U. Reimers, "DVB-H — the emerging standard for mobile data communication", Technische Universität Braunschweig, Jan. 2005.
- [3] G. Pousset et al., "Mobile TV Standards, DVB-H vs. DVB-T", DiBCom, 2008.
- [4] G. Faria et al., "DVB-H: Digital Broadcast Services to Handheld Devices", Proceedings of the IEEE, Vol. 94, No. 1, Jan. 2006.
- [5] D. Zagar et al., "The Impact of Doppler Shift on Mobile Communication Reception in DVB-H System" presented at 49th International Symposium ELMAR-2007, 12-14 September 2007, Zadar, Croatia.
- [6] M. Kornfeld and K. Daoud, "The DVB-H Mobile Broadcast Standard", IEEE Signal Processing Magazine, July 2008.

- [7] Scott Linfoot, "A Novel Approach to Communications For DVB-T and DVB-H", School of Engineering and Technology, De Montfort University, Leicester, UK.
- [8] ETSI EN 302 304: "Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)", Nov. 2004.
- [9] C. Herrero and P. Vuorimaa, "Delivery of Digital Television to Handheld Devices", Telecommunications Software and Multimedia Laboratory, Helsinki University of Technology, Espoo, Finland.
- [10] B. Bennett et al., "Digital Video Broadcast - Handheld (DVB-H) - A mobile last-mile tactical broadcast solution", Defense Information Systems Agency Arlington, VA.
- [11] B. Schloer, "DVB-H Time Slicing", University of Goettingen, Germany, July 12, 2007.