

DIGITAL VIDEO BROADCASTING FOR HANDHELD DEVICES (DVB-H)

Eduardo Batista, João Matos, Luís Santos

Instituto Superior Técnico – Taguspark
Av. Prof. Cavaco Silva, 2780-990 Porto Salvo, Portugal
E-mail: {eduardo.batista, joao.torres, luis.simoes}@tagus.ist.utl.pt

RESUMO

Neste artigo é apresentada uma breve análise da nova norma DVB-H (*Digital Video Broadcasting - Handheld*). Esta norma é baseada na norma DVB-T (*Digital Video Broadcasting - Terrestrial*), utilizada para a difusão digital terrestre de vídeo. A norma DVB-H apresenta várias extensões à norma DVB-T, de modo a permitir a recepção portátil de vídeo em dispositivos de bolso (dispositivos *handheld*). Este artigo irá abordar as principais justificações para o aparecimento desta nova norma, bem como apresentar as suas principais características, tais como as extensões de *time slicing* e *forward error correction*, o novo modo de transmissão *4K* e o uso de datagramas IP.

Palavras-chave — *DVB-T, DVB-H, dispositivos handheld, recepção portátil, IP Datacast*

1. INTRODUÇÃO

No início do ano de 1998, o projecto DVB (Digital Video Broadcast) começou a desenvolver trabalhos de investigação relacionados com a recepção de sinais DVB-T (difusão digital terrestre de vídeo) em dispositivos móveis, em simultâneo com a introdução de serviços comerciais de TV digital terrestre na Europa.

Em 2000 o projecto *Motivate (Mobile Television and Innovative Receivers)*, patrocinado pela UE, concluiu que a recepção móvel de sinais DVB-T era possível, mas implicava a utilização de redes de difusão dedicadas, uma vez que tais serviços móveis são muito mais exigentes no que diz respeito à robustez do sinal (i.e., esquemas de codificação do canal e modulação) do que as redes de difusão planeadas para a recepção fixa de sinais DVB-T.

Em 2002, o projecto *MCP (Multimedia Car Platform)*, também com o patrocínio da UE, explorou o facto de que a utilização de múltiplas antenas de recepção (diversidade espacial na recepção), em associação com a diversidade temporal e de frequência oferecidas pelo sistema de transmissão DVB-T, permitia melhorar substancialmente o desempenho da recepção móvel de sinais DVB-T. Este sistema ofereceu flexibilidade suficiente de modo a permitir

que um dispositivo móvel conseguisse aceder a sinais DVB-T, difundidos para receptores fixos.

No entanto, durante estes quatro anos, os hábitos dos consumidores mudaram e, no início de 2002, foi pedido à comunidade DVB que especificasse um sistema que permitisse a recepção portátil de conteúdos multimédia, tais como TV digital, em dispositivos portáteis, móveis e de pequena dimensão, como os telemóveis ou PDAs, o que não só constitui um grande desafio tecnológico, como também uma grande oportunidade de negócio. De modo a atingir este desafio, o sistema de transmissão que serve estes dispositivos deve possuir requisitos específicos que não foram contemplados no sistema DVB-T [1]-[2].

Em primeiro lugar, como estes dispositivos são alimentados por baterias, o uso da potência disponível deve ser muito eficiente, pelo que o sistema de transmissão deve permitir ao dispositivo receptor desligar, periodicamente, parte do seu sistema de recepção.

Destinando-se a dispositivos portáteis, e logo móveis, o sistema deve permitir o *handover*, ou seja, a possibilidade de o receptor deixar uma determinada célula de transmissão e entrar numa nova célula, sem perder o acesso ao serviço.

É necessário que o sistema ofereça meios para mitigar os efeitos causados pelos problemas de propagação multi-percurso e elevado ‘ruído humano’, típicos de um canal ‘urbano’.

O sistema deverá ser flexível e escalável o suficiente, de modo a lidar eficazmente com uma diversidade de cenários de recepção por parte do dispositivo portátil, nomeadamente cenários *indoor*, *outdoor*, de movimento pedestre ou automóvel com possibilidade de velocidade variável, em simultâneo com a optimização da cobertura de transmissão.

Adicionalmente, o sistema deverá poder ser utilizado nas mais variadas zonas do mundo, devendo portanto, oferecer flexibilidade suficiente relativamente à banda de transmissão usada e à largura de banda do canal utilizado.

Todos estes requisitos devem ser alcançados utilizando um sistema baseado no DVB-T, de forma a maximizar a compatibilidade com as redes e terminais DVB-T já existentes.

Ao sistema desenvolvido pelo projecto DVB, que verificava os requisitos indicados, foi atribuído o nome de

Digital Video Broadcast – Handheld (DVB-H) e, foi publicado pelo *European Telecommunications Standards Institute (ETSI)* como sendo a norma EN 302 304 [1].

De seguida é feita uma análise geral ao sistema DVB-H, após a qual, serão detalhados os seus novos elementos.

2. SISTEMA DVB-H

O sistema DVB-H foi definido com base na norma DVB-T já existente e, que define a recepção fixa e móvel de TV digital. Contudo, relativamente ao método de codificação e transporte de vídeo, o sistema DVB-H difere dos restantes sistemas de transmissão DVB, que se baseiam no padrão *MPEG-2* tanto para a codificação como para o transporte de vídeo. Face às características específicas dos dispositivos de bolso, nomeadamente as suas pequenas dimensões e baixo poder computacional, é necessária a utilização de uma norma de codificação de vídeo mais eficiente que a norma *MPEG-2*, que suporte os baixos débitos e baixas resoluções suportados pelos dispositivos de bolso. Deste modo, é utilizada a norma *H.264/AVC* para a codificação de vídeo. Como meio de transporte de vídeo, o sistema DVB-H utiliza o sistema *IP* (*Internet Protocol*), o que permite a sua interligação com outras redes baseadas no protocolo *IP*, como redes *GPRS* ou *UMTS* [3]-[4].

De modo a verificar as já referidas funcionalidades específicas dos dispositivos de bolso e da recepção portátil, foram criadas extensões à norma DVB-T, nomeadamente a nível da camada de ligação e a nível da camada física.

As extensões introduzidas a nível da camada de ligação, não alteram a camada física já existente do sistema DVB-T, sendo portanto o sistema DVB-H *backward compatible* com o sistema DVB-T ao nível físico. Assim, é possível reutilizar a rede de transporte DVB-T já existente. Contudo, como a rede de transporte DVB-T utiliza *MPEG-2 Transport Streams (TS)* e, como já foi referido, os dados DVB-H consistem em datagramas *IP*, é necessário utilizar um mecanismo de encapsulamento dos datagramas *IP* em pacotes *TS*. Para esse fim, é utilizado o protocolo de adaptação *MPE* (*multiprotocol encapsulation*), que se encontra definido na especificação do sistema DVB [5].

A par com a utilização do mecanismo *MPE*, são introduzidas ao nível da camada de ligação, as funcionalidades de *Time Slicing* e um *MPE-FEC* (*Forward error correction for multiprotocol encapsulated data*) adicional. O *Time Slicing* é um elemento obrigatório na norma DVB-H que consiste em organizar a transmissão dos dados em ‘rajadas temporais’, permitindo que os dispositivos terminais (receptores) possam desligar parte da cadeia de recepção, no intervalo de tempo entre ‘rajadas’ consecutivas. Deste modo, o *Time Slicing* permite não só a redução do consumo médio do terminal receptor (até cerca de 90% a 95% [3]-[4]), como permite também um *handover* suave e não perceptível pelo utilizador do dispositivo receptor.

O mecanismo de *MPE-FEC* adicional, ao contrário do *Time Slicing*, é opcional no sistema DVB-H e opera ao nível do protocolo *MPE*. Este mecanismo adicional complementa o *FEC* presente na camada física do sistema DVB-T e, é baseado no código *Reed-Solomon RS (255,191)*. Deste modo, consegue-se obter melhoramentos a nível do desempenho do sistema DVB-H, face ao sistema DVB-T (ganhos na ordem dos 7 dB [3]). Obtém-se estes resultados uma vez que este mecanismo adicional permite reduzir os requisitos de *C/N* (*carrier-to-noise*) por parte dos receptores, aumenta a tolerância do sistema face ao efeito de *Doppler* e face ao *fading* selectivo de frequências [6]. Estas extensões no nível da camada de ligação serão revistas em mais detalhe no capítulo 3.

A nível da camada física, são introduzidas quatro extensões, nomeadamente, a introdução de sinalização DVB-H nos *bits TPS* (*Transmission-Parameter Signalling*); o modo de transmissão *OFDM* (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) *4K*; a possibilidade de utilizar um método de entrelaçamento não nativo do modo de transmissão usado (*in-depth interleaver*); e por último, a possibilidade de utilizar um canal com largura de banda de 5 MHz.

A introdução de sinalização DVB-H nos *bits TPS* é de implementação obrigatória e permite não só indicar a presença de serviços DVB-H (identificação da célula), como também permite indicar, entre outros, o uso do mecanismo opcional *MPE-FEC*. Esta sinalização permite melhorar significativamente o desempenho do sistema, ao permitir a rápida descoberta dos serviços DVB-H e ao facilitar as situações de *handover* do terminal receptor [7].

O novo modo de transmissão *OFDM 4K*, de implementação opcional, surge como um método complementar aos modos *2K* e *8K* já existentes no sistema DVB-T. Este novo modo de transmissão oferece um ‘*trade-off*’ entre a mobilidade e a dimensão das células *SFN* (*Single Frequency Networks*), relativamente aos modos já existentes, permitindo assim uma maior flexibilidade no planeamento da rede. É de salientar contudo, que a utilização deste modo *4K* implica a utilização de redes DVB-H dedicadas, uma vez que os sistemas DVB-T existentes não suportam este novo modo.

A utilização de *in-depth interleavers* para os modos *2k* e *4k*, de implementação opcional, permite melhorar significativamente a robustez do sistema até ao nível oferecido pelo modo *8K*, em ambientes móveis e sujeitos a *fading* selectivo de frequências.

O sistema DVB-H suporta não só as larguras de banda oferecidas pelo sistema DVB-T (6 MHz, 7 MHz e 8 MHz em *VHF/UHF*), como também um canal de 5 MHz, o que permite a utilização do sistema DVB-H em situações diferentes das clássicas redes de difusão. Estas extensões no nível da camada física serão revistas em mais detalhe no capítulo 4.

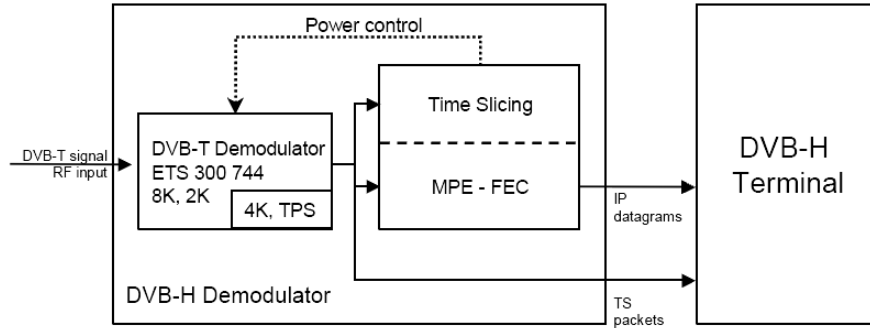


Figura 1: Estrutura conceptual de um receptor DVB-H

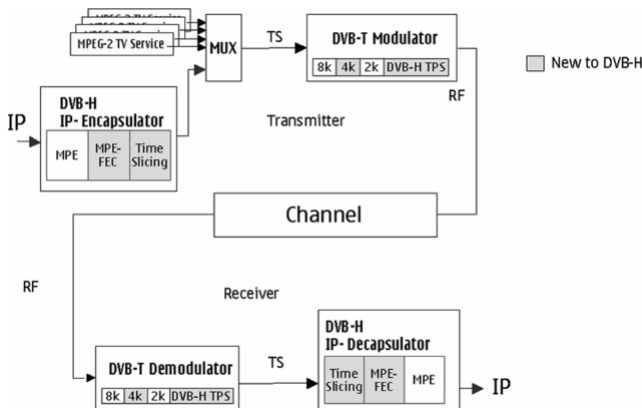


Figura 2: Descrição conceptual de um sistema DVB-H (partilhando o multiplex com serviços MPEG-2)

A Figura 1 ilustra a estrutura conceptual de um receptor DVB-H. Como se pode verificar, um receptor é constituído pelo desmodulador DVB-H e pelo terminal DVB-H. O desmodulador DVB-H é constituído por um desmodulador DVB-T (com a extensão opcional do modo 4K), por um módulo de *Time Slicing* e pelo módulo opcional *MPE-FEC*. O desmodulador DVB-T recupera os pacotes *MPEG-2 TS* do sinal DVB-T *RF* recebido e, oferece os três modos de transmissão; 8K, 4K e 2K com a correspondente sinalização nos *bits TPS*. O módulo de *Time Slicing*, controla o receptor de modo a que este aceda aos serviços pretendidos e que desligue parte da cadeia de recepção durante a transmissão dos restantes serviços (de modo a reduzir o consumo de energia da bateria). O módulo de *MPE-FEC* oferece como já foi referido anteriormente, um suporte de correcção de erros adicional ao oferecido pela camada física, permitindo assim que o receptor possa lidar com situações particularmente difíceis de recepção.

Na figura 2, é exemplificado o uso do sistema DVB-H para a transmissão de serviços *IP*. Neste exemplo, tanto os serviços tradicionais de *MPEG-2* como os serviços ‘DVB-H’ (*time-sliced IP Services*) partilham o mesmo *multiplex*, no entanto, o terminal de bolso apenas acede aos serviços *IP*. É de salientar que o modo 4K e os *in-depth interleavers* não estão disponíveis em situações nas quais

exista partilha do mesmo *multiplex* entre os serviços para os receptores DVB-T e, os serviços para os dispositivos DVB-H.

3. EXTENSÕES DE NÍVEL DE LIGAÇÃO

Como já foi referido anteriormente, no sistema DVB, o método definido para o transporte de datagramas *IP* em pacotes *MPEG-2 TS* é através da utilização do *MPE* (*multiprotocol encapsulation*). Deste modo cada datagrama *IP* é encapsulado numa secção *MPE*. Sendo o conjunto de secções *MPE* um fluxo elementar (*ES*), i.e., um fluxo de pacotes *MPEG-2 TS* com a mesma identificação (*PID*, *Program Identifier*). Cada secção *MPE* é constituída por um cabeçalho de 12 bytes, um código de redundância cíclica (*CRC-32*) de 4 bytes e um *payload* de dimensão idêntica ao do datagrama *IP* encapsulado.

Um cenário típico, para um dispositivo de bolso DVB-H, consiste em receber serviços de vídeo/áudio transmitidos via *IP*, através de fluxos *ES* com um *bitrate* baixo, na ordem dos 250 kbps. Contudo, o fluxo *MPEG-2 TS* poderá ter um débito binário muito mais elevado, e.g., 10 Mbps. Neste cenário de exemplo, o fluxo *ES* de interesse para o dispositivo apenas ocupa uma pequena fracção (~2.5%) do *bitrate* total do fluxo *MPEG-2 TS*. O ideal nesta situação, seria que o terminal receptor apenas desmodulasse e descodificasse a fracção (~2.5%) de interesse do fluxo *MPEG-2 TS* total, de modo a conseguir reduzir drasticamente o consumo energético do dispositivo. Através da utilização do *time slicing* é possível atingir este objectivo, contudo, em vez de o fluxo *ES* de interesse ser enviado com um *bitrate* constante e baixo, este é enviado em *bursts* de elevado *bitrate* (em que cada *burst* contém uma secção *MPE* completa), como é ilustrado na figura 3. Durante o intervalo de tempo compreendido entre *bursts* do mesmo fluxo *ES* (*off-time*), o dispositivo receptor pode desligar parte da sua cadeia de recepção e assim minimizar o seu consumo de energia. No entanto, o receptor tem de conhecer o instante em que se deve ligar de novo, de modo a receber o próximo *burst*. Esta funcionalidade é conseguida através de um parâmetro existente no início de todos os *bursts*, mais propriamente no cabeçalho da secção *MPE*, de nome

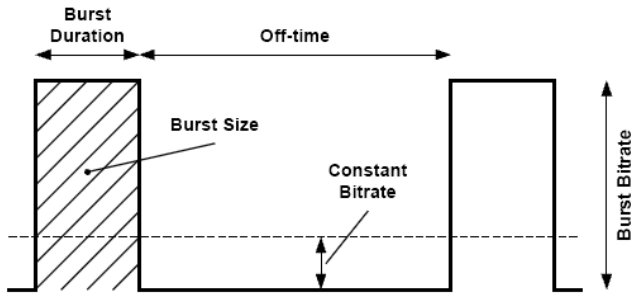


Figura 3: Princípio de funcionamento do *Time Slicing*

Δt . Este parâmetro indica o intervalo de tempo entre o instante actual e o início do próximo *burst*, do mesmo fluxo *ES*. Deste modo, não é necessário existir qualquer tipo de sincronização de relógios entre emissor e receptor, pelo que este sistema se torna bastante flexível. Assim, para um determinado fluxo *ES*, tanto os valores da duração dos *bursts*, como dos *bitrates* utilizados e como do período de *off-time*, não precisam de ser fixos e, é importante realçar, que durante os períodos de *off-time* de um determinado fluxo *ES*, podem ser transmitidos *bursts* de outros fluxos *ES* no mesmo fluxo *MPEG-2 TS*.

Através deste mecanismo de *Time Slicing* e, para além da melhor eficiência no consumo energético referida, é possível melhorar o desempenho do processo de *handover*, uma vez que um receptor pode monitorizar células vizinhas sem interromper a recepção do serviço. Esta funcionalidade é conseguida com um impacto mínimo no consumo de potência, uma vez que durante uma fracção dos *off-times*, o receptor pode analisar os serviços disponíveis e efectuar o *handover* do serviço entre células, sem provocar qualquer interrupção visível do serviço.

Como foi referido anteriormente, outra extensão no nível da camada de ligação consiste no módulo *MPE-FEC* que tem como objectivo fornecer um suporte de correcção de erros, adicional, na recepção de conteúdos *DVB-H*. Neste mecanismo, os datagramas *IP* constituintes de uma secção *MPE*, são protegidos com o algoritmo corrector de erros *Reed-Solomon (255,191)*. Este algoritmo calcula informação de paridade (*RS data*) sobre os referidos datagramas *IP*, que é por sua vez encapsulada em secções *MPE-FEC* e enviada imediatamente a seguir à última secção *MPE* de um *burst*. De modo a calcular a *RS data*, é criada uma trama *MPE-FEC*, ilustrada na figura 4. Esta é constituída por uma tabela de *Application Data (ADT)* e uma tabela de *RS data*. A tabela *ADT* contém os datagramas *IP* e, caso necessário, algum *padding* adicional. A tabela de *RS data* contém a informação calculada através do algoritmo de *Reed-Solomon*. O número de linhas numa trama *MPE-FEC* é variável e pode tomar qualquer um dos valores 256, 512, 768 ou 1024. O número de colunas é fixo, 191 para a *ADT* e 64 para a tabela de *RS data*. Com esta configuração, uma trama *MPE-FEC* tem a dimensão máxima de 1024*(255) bytes (~2Mb) e permite recuperar até 64 bytes por linha.

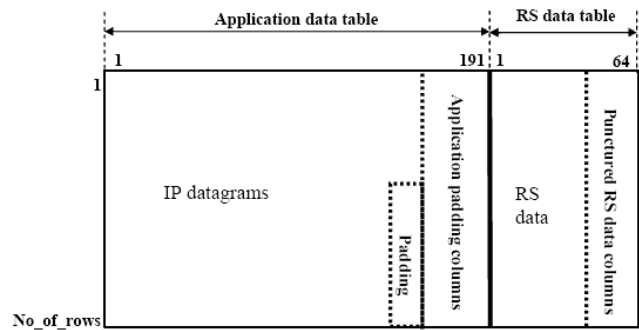


Figura 4: Trama *MPE-FEC*

Os datagramas *IP* são colocados vertical e consecutivamente na trama *MPE-FEC*, com início no canto superior esquerdo. Este processo é repetido coluna a coluna e, caso necessário, um datagrama pode ser repartido em duas colunas. Após terem sido colocados todos os datagramas, se necessário, é colocado um *padding* preenchido com zeros, de modo a que tabela *ADT* fique completamente preenchida. De seguida, para cada linha *ADT* (191 bytes), é calculada a informação de paridade, preenchendo os restantes 64 bytes da linha da trama *MPE-FEC*, obtendo-se assim uma *RS codeword*.

Após este processo, cada datagrama *IP* é transmitido em secções *MPE*, enquanto que cada coluna da tabela

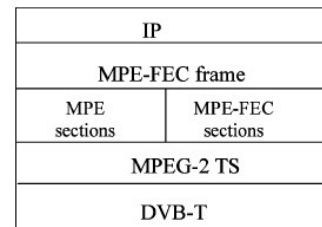


Figura 5: Pilha de protocolos para *DVB-H*

RS Data é enviada em secções *MPE-FEC* (figura 5). Esta divisão permite manter a compatibilidade com dispositivos que não suportem este mecanismo adicional *MPE-FEC* (i.e., O *MPE-FEC* é de implementação opcional).

Através dos endereços de início (indicados no cabeçalho *MPE*) de cada datagrama *IP* na trama *MPE-FEC*, o receptor tenta reconstruir a *ADT*. Este, através do mecanismo *CRC-32*, consegue detectar a integridade das secções que constituem a tabela de modo a marca-las. Secções erradas ou perdidas são marcadas como *unreliable* e as secções correctas como *reliable*, sendo apenas estas últimas passadas ao descodificador *MPE-FEC*. Caso todas as secções *MPE* sejam marcadas como *reliable*, o receptor não precisa de receber as secções *MPE-FEC*. Assim, juntamente com o *Time Slicing*, o receptor pode entrar em *standby* sem a necessidade de receber e descodificar a *RS data*. Caso contrário, é necessário receber a informação das secções *MPE-FEC*, reconstruir a trama *MPE-FEC* com as secções *reliable* e, proceder à correcção das secções *unreliable* da *ADT*. Este mecanismo embora cause um

OFDM parameter	Mode		
	2K	4K	8K
Overall carriers (= FFT size)	2048	4096	8192
Modulated carriers	1705	3409	6817
Useful carriers	1512	3024	6048
OFDM symbol duration (μ s)	224	448	896
Guard interval duration (μ s)	7,14,28,56	14,28,56,112	28,56,112,224
Carrier spacing (kHz)	4.464	2.232	1.116
Maximum distance of transmitters (km)	17	33	67

Tabela 1: Parâmetros dos vários modos de transmissão *OFDM* no sistema DVB-H

ligeiro *overhead* adicional, permite reduzir os requisitos de C/N (*carrier-to-noise*), aumentando a robustez do sistema.

4. EXTENSÕES DE NÍVEL FÍSICO

Como já foi referido anteriormente, o sistema DVB-H adiciona quatro extensões ao nível físico do já existente sistema DVB-T. A extensão de maior relevância é a introdução do modo de transmissão *OFDM 4K*. Este novo modo surge como um método complementar aos modos *2K* e *8K* já existentes no sistema DVB-T, com o objectivo de oferecer uma maior flexibilidade no planeamento da rede. Contudo, esta flexibilidade é conseguida à custa de um *'trade-off'* entre a mobilidade e a dimensão das células *SFN* (*Single Frequency Networks*), relativamente aos modos já existentes, como se irá ver de seguida.

Nos sistemas DVB-T, o modo de transmissão *2K* é conhecido por oferecer um melhor desempenho, ao nível da recepção móvel, que o modo *8K*. Esta situação deve-se ao facto de o modo *2K* oferecer um maior espaçamento entre portadoras *OFDM* (*carrier spacing*), como é possível observar pela tabela 1. No entanto, no modo *2K*, a duração dos símbolos *OFDM* e, consequentemente os seus intervalos de guarda associados, são muito pequenos, comparativamente com o modo *8K*, o que torna o modo *2K* menos resistente a interferências. Assim, o modo *2K* só é indicado para uso em redes *SFN* de pequenas dimensões, tornando-se pouco flexível e criando bastantes entraves ao planeamento de uma rede espectralmente eficiente. O modo de transmissão *8K*, ao contrário do modo *2K*, pode ser utilizado tanto em redes *SFN* de pequenas dimensões, como em redes *SFN* de grandes dimensões. Contudo é um modo de transmissão pouco indicado para situações de recepção móvel, oferecendo o pior resultado nas situações em os receptores móveis dispõem apenas de uma única antena, como é o caso dos dispositivos de bolso, alvos do sistema DVB-H. Serão analisados mais detalhes a nível do desempenho destes modos no capítulo 5. O modo *4K* surge então como uma solução de compromisso entre a excelente mobilidade oferecida pelo modo *2K* e a excelente resistência a interferências oferecida pelo modo *8K*. Conseguindo-se assim obter bons resultados de mobilidade, desde redes *SFN* de pequenas dimensões até redes *SFN* de médias dimensões.

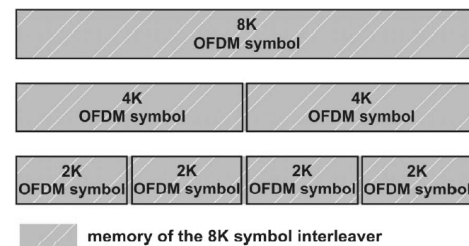


Figura 6: *in-depth interleaver* de símbolos *OFDM*

Outra extensão relevante consiste na possibilidade de utilizar *in-depth interleavers* nos modos *2K* e *4K*, uma vez que se separa a escolha do método de entrelaçamento do modo de transmissão usado. Ou seja, esta extensão permite um sinal *OFDM 2K* ou *4K* usar o *symbol interleaver* nativo (em que apenas é processado um símbolo, *2K* ou *4K* respectivamente), ou beneficiar da maior robustez do *symbol interleaver 8K* face a cenários de difícil recepção devido a interferências. Esta funcionalidade é alcançada visto que qualquer receptor DVB-H típico possui memória e lógica suficiente para gerir o modo de transmissão *8K*, que excedem os requisitos necessário à operação do modo *4K*. Deste modo, o *symbol interleaver 8K* consegue processar tanto um símbolo *8K*, como dois símbolos *4K* ou quatro símbolos *2K*, como está ilustrado na figura 6.

A terceira extensão corresponde à sinalização através dos *bits TPS* (*Transmission-Parameter Signalling*). Este sistema de sinalização é conhecido por ser bastante robusto, a nível do sistema de transmissão DVB-T, uma vez que consegue ser desmodulado mesmo com valores muitos baixos de C/N e, por outro lado, permite aceder à informação que transporta, de um modo muito mais rápido do que o método de acesso à informação contida nos cabeçalhos *MPE* permite. Esta extensão utiliza *bits* e combinações de *bits* não utilizadas pelo sistema DVB-T, de modo a sinalizar o uso do modo de transmissão *4K*; o modo de entrelaçamento (*native* ou *in-depth interleaver*); a identificação da célula; a presença de serviços *time-sliced* e, por último, sinalizar a utilização do mecanismo *MPE-FEC*. Assim, este sistema de sinalização consegue facilitar a

GI = 1/4				2K				4K				8K			
Code Rate	Bitrate	C/N		C/N min	Fd max	At C/N min + 3dB		C/N min	Fd max	At C/N min + 3dB		C/N min	Fd max	At C/N min + 3dB	
		Rayleigh	500 MHz			Fd	500 MHz			Fd	500 MHz			Fd	500 MHz
QPSK 1/2	4,98 Mbps	5,4 dB		13,0 dB	201 Hz	169 Hz	365 km/h	13,0 dB	133 Hz	112 Hz	242 km/h	13,0 dB	65 Hz	55 Hz	119 km/h
QPSK 2/3	6,64 Mbps	8,4 dB		16,0 dB	167 Hz	135 Hz	291 km/h	16,0 dB	111 Hz	90 Hz	194 km/h	16,0 dB	55 Hz	45 Hz	97 km/h
16-QAM 1/2	9,95 Mbps	11,2 dB		18,5 dB	142 Hz	114 Hz	246 km/h	18,5 dB	96 Hz	77 Hz	166 km/h	18,5 dB	50 Hz	40 Hz	86 km/h
16-QAM 2/3	13,27 Mbps	14,2 dB		21,5 dB	113 Hz	96 Hz	207 km/h	21,5 dB	74 Hz	63 Hz	136 km/h	21,5 dB	35 Hz	30 Hz	65 km/h
64-QAM 1/2	14,93 Mbps	16,0 dB		23,5 dB	90 Hz	75 Hz	162 km/h	23,5 dB	60 Hz	50 Hz	108 km/h	23,5 dB	30 Hz	25 Hz	54 km/h
64-QAM 2/3	19,91 Mbps	19,3 dB		27,0 dB	52 Hz	39 Hz	84 km/h	27,0 dB	36 Hz	27 Hz	58 km/h	27,0 dB	20 Hz	15 Hz	32 km/h

Tabela 2: Comparação dos modos 2K, 4K e 8K

descoberta de serviços DVB-H e a sua correspondente configuração, situação bastante útil em caso de *handovers*.

A última extensão, como já foi referido, permite o uso de um canal de largura de banda de 5 MHz, o que possibilita a utilização do sistema DVB-H em situações diferentes das clássicas redes de difusão. Esta situação é alcançada através de um simples ajuste linear dos parâmetros *OFDM* utilizados para os canais de 6, 7 ou 8 MHz. Contudo, este ajuste diminui o espaçamento na frequência entre as portadoras (para qualquer modo de transmissão), uma vez que a largura de banda disponível diminui e o número de portadoras mantém-se fixo, estando apenas dependente do modo de transmissão usado (*OFDM 2K, 4K ou 8K*). Esta situação torna o sistema menos resistente a interferências e afecta negativamente o desempenho alcançado.

5. DESEMPENHO

Neste capítulo será feita uma breve análise ao desempenho que as novas extensões do sistema DVB-H oferecem.

A tabela 2 ilustra uma comparação de desempenho entre os modos de transmissão *OFDM* já abordados. O cenário exemplificado consiste na utilização de um canal com as características típicas de um canal urbano, no qual é utilizado um receptor com uma única antena. Foram utilizados vários esquemas de modulação e, um intervalo de guarda de 1/4. Para qualquer um dos modos de transmissão, verifica-se que o esquema de modulação mais indicado para a recepção móvel e portátil é o 16QAM com um *code rate* de 1/2 ou 2/3, uma vez que requer um valor moderado de *C/N* e oferece capacidade de transmissão suficiente para os serviços DVB-H.

Como já tinha sido referido neste artigo, verifica-se que o desempenho do modo 4K encontra-se entre os dois modos já existentes, apresentando cerca do dobro do desempenho móvel relativamente ao modo 8K (a 500MHz) e, uma maior susceptibilidade ao efeito *Doppler* (*fd*) em comparação com o modo 2K. O efeito *Doppler* pode-se definir como a relação da velocidade do receptor e o ângulo entre a direcção do movimento e a direcção do sinal recebido. Este efeito é bastante importante quando se trata de recepção móvel/portátil, pois tanto os ecos que chegam ao receptor com atrasos no domínio do tempo, como as alterações de frequência devidas ao efeito *Doppler* provocam interferências no receptor, causando mais erros no sinal e consequentemente, aumentando tanto a dificuldade como a complexidade da recepção do sinal.

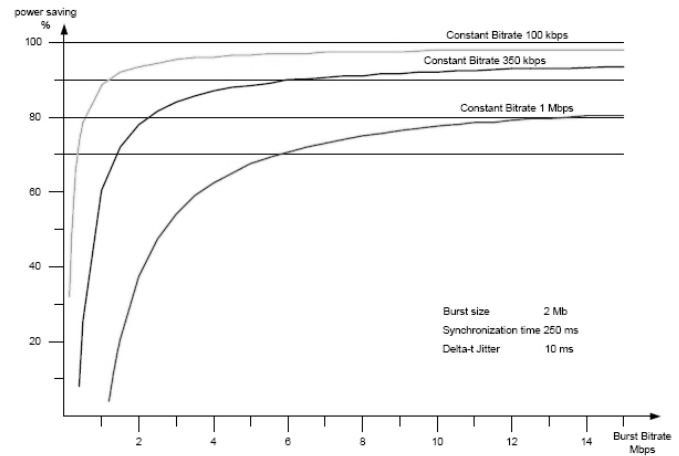


Figura 7: Power savings com Time Slicing

É assim importante que o modo 4K obtenha um bom desempenho mesmo estando sujeito ao efeito *Doppler*, como se observa pela tabela 2, pois as interferências causadas por este fenómeno são uma presença constante na recepção móvel/portátil.

Em relação às extensões do nível de ligação, o uso do mecanismo de *MPE-FEC* permite atingir um melhor desempenho, pois diminui os requisitos de *C/N* necessários na recepção até cerca de 7 dB. Deste modo, torna o sistema mais robusto a factores que influenciam a recepção num dispositivo móvel, como por exemplo o efeito *Doppler* ou o ruído impulsivo responsável pela destruição dos símbolos *OFDM*. Em DVB-T observa-se por vezes um elevado valor de *Packet Loss Ratio* devido ao baixo valor de *C/N* ou quando a mobilidade se efectua a grande velocidade. Com a utilização do *MPE-FEC* é assim possível diminuir o *Packet Loss Ratio* para um valor de cerca de 10%.

A extensão de *time slicing*, por outro lado, ajuda a minimizar o problema existente no sistema DVB-H, relacionado com a autonomia dos dispositivos de bolso que recebem o sinal transmitido. Mecanismos de poupança de energia, como o *time slicing*, são indispensáveis, pois é necessário maximizar os recursos disponíveis no dispositivo, de modo a permitir a recepção de vídeo, com uma elevada eficiência do consumo de potência disponível. O mecanismo de *time slicing*, já explicado anteriormente, permite que o dispositivo desligue componentes responsáveis pela recepção, nos instantes em que não está a receber

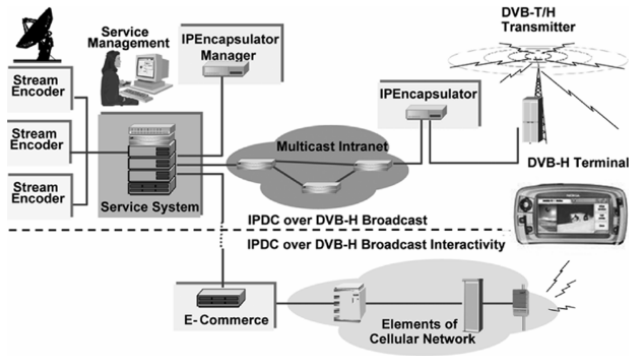


Figura 8: Sistema DVB-IPDC típico

informação dos serviços pretendidos, permitindo assim um nível de poupança na ordem dos 90%.

O gráfico ilustrado na figura 7 representa testes efectuados e que demonstram como a utilização do *Time Slicing* permite reduzir o consumo de bateria. Por exemplo, se um fluxo elementar (*ES*) for transmitido a um *bitrate* de 350 kbps, com um valor médio de *off-time* de 6,10 s, assumindo um tempo de sincronização de 250 ms e, um *jitter* de Δt de 10 ms, consegue-se uma poupança de energia até 93%. Neste gráfico verifica-se também que ao aumentar o *burst bitrate* é possível aumentar o *power saving* do dispositivo. Por exemplo aumentando o *burst bitrate* de 1 Mbps para 2 Mbps, aumenta o *power saving* de 60 para 78%

Como se pode verificar, as três principais extensões que o sistema DVB-H adiciona ao já existente sistema DVB-T, permitem melhorar significativamente a recepção portátil, quer ao nível da transmissão, tornando o sinal transmitido mais robusto como ao nível dos terminais, permitindo uma eficiente utilização dos seus recursos.

6. SISTEMA DVB-IPDC

O sistema DVB-IPDC (*DVB - IP Datacasting*, [8]-[9]) descreve os componentes essenciais para implementar um serviço comercial de TV móvel baseado em *IP*. Corresponde a um conjunto de especificações inicialmente planeadas para uso conjunto com o sistema DVB-H, mas que correntemente suportam qualquer sistema baseado em *IP*. Este sistema surge no contexto, no qual, a maioria das redes que oferecem serviços comerciais de TV móvel são redes híbridas, na medida em que combinam um canal de difusão unidireccional com elevada área de cobertura e elevado débito (e.g., DVB-H), com um canal bidireccional destinado às comunicações móveis (e.g., GPRS, UMTS), com áreas de cobertura muito menores. Como já foi observado neste artigo, verifica-se que a tecnologia DVB-H é a ideal para difundir TV digital, de um modo eficiente, para um número relativamente alargado de receptores de bolso. Contudo, um negócio viável de TV digital móvel também necessita das excelentes possibilidades que um canal bidireccional de comunicações oferece, tais como os complexos sistemas de

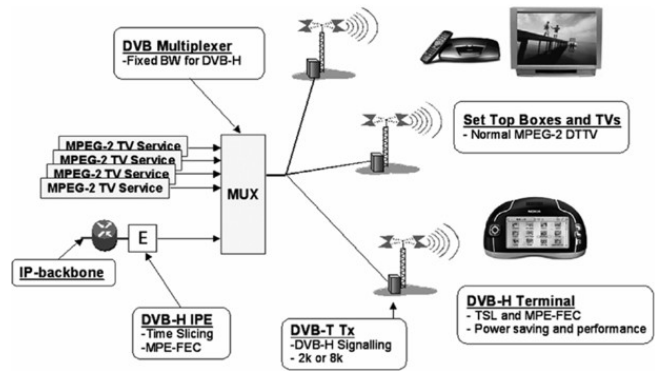


Figura 9: Partilha da rede entre sistemas DVB-T/H

facturação das operadoras de comunicações móveis. Neste contexto, o sistema DVB-IPDC é a ferramenta que permite a cooperação entre estas duas redes de modo a oferecer melhores serviços aos clientes.

A figura 8 ilustra uma utilização típica de um sistema DVB-IPDC. Neste exemplo, o *Service Stream* (e.g., *streams* de TV) é utilizado para produzir o fluxo *IP* que é difundido pela Internet, através de canais *multicast*, até ao sistema de encapsulamento *IP*. Este sistema cria os pacotes *MPEG-2 TS* (constituídos por vários fluxos *ES*) já com os mecanismos de *time slicing* e *MPE-FEC*. Estes são depois difundidos pelo sistema de transmissão DVB-T/H para os vários dispositivos receptores. Este sistema IPDC poderá ainda incluir outras funcionalidades/conteúdos através das redes celulares baseadas em *IP* tais como o GPRS ou o UMTS. A figura 9 ilustra em mais detalhe, como já foi visto anteriormente, o sistema de transmissão DVB-T/H indicado na figura 8. Novamente neste exemplo, existe partilha a nível do *multiplexer* entre os sistemas DVB-T e DVB-H.

Este sistema DVB-IPDC apresenta, contudo, limitações relacionadas com a interoperabilidade entre sistemas DVB-H e as redes celulares, nomeadamente as que usam a banda GSM900. Os problemas devem-se à coexistência de duas antenas nos dispositivos (i.e., receptor DVB-H e rádio GSM num único terminal de pequenas dimensões) e, ao pequeno espaço de guarda (18 MHz) entre a banda DVB-T e a banda de *uplink* GSM900, como ilustrado na figura 10.

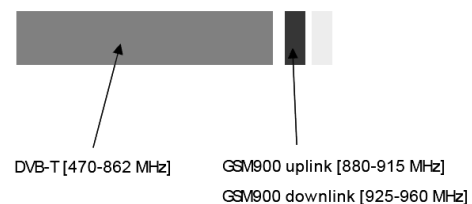


Figura 10: Bandas de frequência DVB-T/H (*UHF*) e GSM900

No entanto, estas limitações do sistema DVB-IPDC podem ser minimizadas, ou mesmo resolvidas com a correcta especificação e implementação dos dispositivos receptores.

7. CONCLUSÕES

A nova norma DVB-H, orientada para a recepção portátil de TV digital, possibilita a criação de novas oportunidades de negócio não só a fabricantes de *chips*/equipamento, como a fornecedores de conteúdos e a operadoras.

Ao longo deste artigo foram abordadas as várias extensões que o sistema DVB-H adiciona ao já existente DVB-T, nomeadamente os mecanismos de *time slicing*, *MPE-FEC* e modo de transmissão *OFDM 4K*. Estas extensões provaram melhorar a recepção portátil e utilizar com elevada eficiência os recursos dos dispositivos de bolso. A utilização do protocolo *IP* como método de transporte é uma mais valia para este sistema, devido à maior flexibilidade e interoperabilidade que oferece.

De acordo com a informação facultada pelo projecto DVB, o sistema DVB-H encontra-se em fase de testes em vários países, entre os quais Portugal, no qual a anacom autorizou a execução de testes do sistema na área da grande Lisboa, no final de 2006. Estes testes ocorreram através de uma parceria entre o fornecedor de conteúdos TVI, do grupo Media Capital, e a operadora Vodafone Portugal e, obtiveram resultados bastante satisfatórios.

Em Fevereiro de 2007, o projecto DVB aprovou a norma DVB-SH (*satellite services to handheld devices*). Esta norma corresponde a um sistema híbrido (transmissão via satélite e terrestre) baseado na norma DVB-H. Actualmente, o projecto DVB encontra-se a desenvolver soluções de difusão de TV baseadas em IPTV (DVB-IPI).

Conclui-se assim, que estamos hoje a assistir ao nascimento de um novo paradigma, em que o conceito de “Televisão” deixa de estar associado à “caixa que revolucionou o mundo”, passando a ser visto como um serviço disponibilizado a uma gama de dispositivos mais diversificada.

8. REFERÊNCIAS

- [1] *Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission system for handheld terminals (DVB-H)*, ETSI EN 302 304 v.1.1.1, European Telecommunications Standards Institute, November 2004.
- [2] *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB-H Implementation Guidelines*, ETSI TR 102 377 v.1.2.1, European Telecommunications Standards Institute, November 2005.
- [3] M. Kornfeld and U. Reimers, “*DVB-H – the emerging standard for mobile data communication*”, European Broadcasting Union Technical Review, January 2005.
- [4] G. Faria, J. A. Henriksson, E. Stare and P. Talmola, “*DVB-H: Digital Broadcast Services to Handheld Devices*”, Proceedings of the IEEE, vol. 94, no. 1, pp. 194-209, January 2006.
- [5] *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB Specification for Data Broadcasting*, ETSI EN 301 192 v.1.4.1, European Telecommunications Standards Institute, November 2004.
- [6] J. Schiller, “*Mobile Communications*”, 2nd ed., Addison-Wesley, 2003.
- [7] U. Reimers, “*DVB – The family of international standards for digital video broadcasting*”, Proceedings of the IEEE, vol. 94, no. 1, pp. 173-182, January 2006.
- [8] *Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast over DVB-H: Architecture*, ETSI TR 102 469 v.1.1.1, European Telecommunications Standards Institute, May 2005.
- [9] C. Weck and E. Wilson, “*Broadcasting to Handhelds – an overview of systems and services*”, European Broadcasting Union Technical Review, January 2006.



Eduardo Batista nasceu em Elvas, Portugal, em 1985. É actualmente aluno do 1º ano do Mestrado em Engenharia de Redes de Comunicações pelo Instituto Superior Técnico, Pólo do Taguspark, Porto Salvo, Portugal.

As suas áreas de interesse são o planeamento e projecto de redes e a arquitectura e gestão de redes.



João Matos nasceu em S. Domingos de Benfca, Portugal, em 1985. Encontra-se neste momento a frequentar o 1º ano do Mestrado em Engenharia de Redes de Comunicações no Instituto Superior Técnico, Pólo do Taguspark, Porto Salvo, Portugal.

As suas áreas de interesse são as tecnologias de informação, com maior ênfase no planeamento/projecto e gestão das redes informáticas e de telecomunicações.



Luís Santos nasceu em Cascais, Portugal, em 1985. É actualmente aluno do 1º ano do Mestrado em Engenharia de Redes de Comunicações pelo Instituto Superior Técnico, Pólo do Taguspark, Porto Salvo, Portugal.

É membro estagiário do INESC-ID, no grupo de Redes de Comunicações e Mobilidade, desde 2006. Desempenha as funções de administrador de sistemas na empresa TV-Alvitécnica, sediada em Cascais, Portugal, desde 2003. As suas áreas de interesse são as redes de sensores, o planeamento de redes e, a sua gestão.