

En estos días en los que tanto se ha hablado de Televisión Digital Terrestre (TDT), os presento este artículo para divulgar las posibilidades, bondades y problemas de esta nueva tecnología.

LA TDT Y SUS POSIBILIDADES

Vicente Pla Ferri. *Ingeniero Técnico de Telecomunicación.*
Departamento Técnico de Televisión Valenciana S.A. y Formador vpla@coitt.es

INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos de TDT, estamos hablando de radiodifusión digital utilizando las normas del Digital Video Broadcasting (DVB). En concreto de la norma ETSI EN300744 coloquialmente conocida como DVB-T.

Las emisiones de TDT se realizan utilizando COFDM, que se basa en repartir la información binaria a transmitir entre muchas portadoras, por lo que la velocidad de transmisión de cada portadora se mantiene en valores relativamente bajos. De esta forma si ajustamos en fase los emisores y los mantenemos lo suficientemente cercanos entre ellos, podemos obtener redes de frecuencia única (SFN).

En TDT tenemos una gran cantidad de parámetros a seleccionar por parte del operador de red:

1. Número de portadoras:
 - a. Modo 8K: Ideal para implementar SFN.
 - b. Modo 2K: Buena recepción en movimiento a velocidades elevadas.
2. Intervalo de guarda: Junto con el modo marcará la distancia máxima entre emisores para construir redes de frecuencia única. Desde 1/4 hasta 1/32.
3. FEC o CR: Protección variable frente a errores. Codificador convolucional de Viterbi desde 1/2 hasta 7/8. (El numerador indica el número de bits de entrada al codificador, y el denominador el de salida).
- 4 Tipo de modulación de cada portadora:



- a. Desde QPSK hasta 64 QAM.
- b. Jerárquica o no jerárquica.

En función de los parámetros seleccionados, por un canal de TV de 8 MHz, podemos transmitir desde 4,98 Mbits/s hasta 31,67 Mbits/s.

A nivel nacional, los parámetros elegidos son:

1. Modo 8K e intervalo de guarda de 1/4:
 - a. Permite redes de frecuencia única siempre que la distancia entre emisores sea inferior a 68 km.
 - b. Problemas con la recepción en movimiento a velocidades elevadas.
2. Cada portadora del COFDM se modula en 64 QAM:
 - a. Tasa binaria elevada ya que se transmiten 6 bits por estado de modulación.
 - b. A cambio necesitamos para una correcta recepción una mayor relación portadora-ruido (C/N) que si moduláramos en QPSK.
3. Code Rate de 2/3:
 - a. Buena protección frente a errores

para compensar la sensibilidad a las variaciones de fase y amplitud de la modulación 64 QAM.

4. Modo no jerárquico:

a. Por cada canal únicamente se transmite un multiplex de forma que si el receptor consigue recibir, se verán todos los programas del multiplex, y si no, no se verá ninguno.

Con estos parámetros tenemos un «Pay Load» o tasa binaria útil de 19,91 Mbits/s y necesitaremos una relación C/N de unos 18 dB para una recepción casi libre de errores (QEF).

El RD 401/2003 (ICT) indica que en las tomas de los usuarios se deberá medir una relación $C/N > 25$ dB y un bit error rate (BER) medido a la entrada del decodificador Reed Solomon mejor que 9×10^{-5} . En analógico por tanto, se necesitará mucha mayor relación portadora ruido ($C/N \geq 43$ dB).

A diferencia de lo que ocurre con los canales de 8 MHz analógicos por donde se emite un único programa (tradicionalmente llamados canales de TV), desde el RD 2169/1998 se obliga a emitir por un canal de TDT de 8 MHz un multiplex con 4 o más programas (o canales digitales) y sus datos asociados. Además cada programa puede estar formado por varios streams (vídeo, audio en varios idiomas, teletexto, subtítulos en distintas lenguas, aplicaciones interactivas, guías electrónicas de programación EPG, etc).

La suma de todo lo transmitido por un canal deberá ser de como máximo 19,91 Mbps¹. En la tabla 2 se aprecian las tasas

Tabla 1. Tasas binarias útiles en Mbits/s según los parámetros elegidos en DVB-T

Modulación	Protección frente a errores (CR)	Intervalo de guarda			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	4,98	5,53	5,85	6,03
	2/3	6,64	7,37	7,81	8,04
	3/4	7,46	8,29	8,78	9,05
	5/6	8,29	9,22	9,76	10,05
	7/8	8,71	9,68	10,25	10,56
16-QAM	1/2	9,95	11,06	11,71	12,06
	2/3	13,27	14,75	15,61	16,09
	3/4	14,93	16,59	17,56	18,10
	5/6	16,59	18,43	19,52	20,11
	7/8	17,42	19,35	20,49	21,11
64-QAM	1/2	14,93	16,59	17,56	18,10
	2/3	19,91	22,12	23,42	24,13
	3/4	22,39	24,88	26,35	27,14
	5/6	24,88	27,65	29,27	30,16
	7/8	26,13	29,03	30,74	31,67

NOTA: Valores para canales de 8 MHz.

Para esquemas jerárquicos las tasas binarias útiles pueden ser obtenidas de la siguiente forma:

- HP Stream: Valores de las columnas QPSK.
- LP Stream: Para 16 QAM tomaremos los valores indicados en QPSK.
- LP Stream: Para 64 QAM tomaremos los valores indicados en 16-QAM.

binarias necesarias para transmitir cada stream.

Con un múltiplex compartido entre varias empresas lo más habitual será que optemos por la compresión con tasa binaria constante y repartamos los 19,91 Mbits/s de forma consensuada entre todos los canales digitales del múltiplex. También podemos optar por la multiplexación estadística (cada programa se comprime con tasa binaria variable) que nos obligará a interconectar entre sí compresores y multiplexor para no sobrepasar nunca los 19,91 Mbps.

¿Qué pasaría si, como ha venido ocurriendo hasta ahora, varias empresas de TV comparten el mismo múltiplex y to-

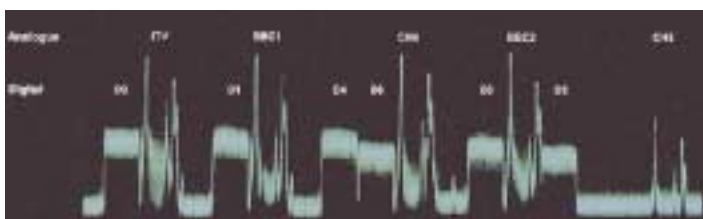
das deciden programar contenidos críticos (con mucho detalle y movimiento) al mismo tiempo? Pues simplemente, que no hay ancho de banda suficiente para todos y deben comprimir mucho la imagen con los problemas que ello conlleva: pérdida de detalle y aparición de artefactos.

Cuando, al final del periodo de transición a la TDT, cada cadena de TV disponga de un múltiplex completo para sus canales digitales, la multiplexación estadística con programas de calidad constante, permitirá el uso de datos oportunistas por parte de la plataforma. Esta técnica permite transmitir los datos de aplicaciones interactivas cuando la señal de TV no utiliza todo el ancho de banda disponible.

La ventaja de que todos los canales de un múltiplex los gestione una misma empresa como en el caso de TVE, o Televisió de Catalunya (TVC) es que de esta forma se pueden programar los contenidos de cada uno de los canales digitales del múltiplex de forma que si uno emite material crítico, en los otros se emitan imágenes mas benévolas para los compresores. Además en el caso de implementar servicios interactivos, podrán ser comunes para todos los programas y ocuparán menos tasa binaria que en el caso de que cada programa introduzca contenidos interactivos específicos.

POSIBILIDADES DE LA TDT

Una de las grandes ventajas de la COFDM es que, como la velocidad de transmisión de cada portadora es extremadamente baja, la señal modulada permanece en el mismo estado de modulación durante un intervalo de tiempo considerable. Gracias a esto, a diferencia de lo que sucedía con la modulación VSB utilizada en analógico, ahora cuando lle-



Vista en el analizador de espectro de distintos canales tanto en analógico como en digital

ga al receptor la misma señal con diferentes retardos, no tenemos interferencias mientras la diferencia entre los tiempos de llegada no sea superior al intervalo de guarda. Tenemos por lo tanto tres grandes ventajas:

— La primera es que ahora los rebotes de la señal principal no serán destructivos, sino que se sumarán a la señal original.

— La segunda es que si hacemos coincidir en el tiempo la transmisión de la misma señal en todos los emisores, y siempre que en cualquier punto de recepción la diferencia de tiempos de llegada de la señal de cada uno de ellos sea inferior al intervalo de guarda, podremos establecer redes de frecuencia única.

— La tercera, que podemos amplificar la señal en analógico reutilizando el canal de entrada (Gap-filler). Eso sí, habrá que tener en cuenta que no se produzca retroalimentación con ganancia igual o superior a 1 entre la antena transmisora y la receptora. En ese caso el sistema oscilaría.

Sin duda estas ventajas van a significar un importante ahorro del espectro radioeléctrico. Por ejemplo, si los canales del 66 al 69 conforman 4 múltiplex de frecuencia única (SFN) para toda España, tomando 4 programas por múltiplex obtenemos 16 programas, cuando en analógico seguramente no hubiéramos pasado de 2. El principal inconveniente de las SFN, es que no permiten hacer desconexiones territoriales. Para solucionarlo se opta por crear una SFN a una frecuencia

Tabla 2. Tasas binarias mínimas para una buena calidad de servicio.

(Recomendaciones extraídas de ETSI TR101190)

Vídeo MPEG-2:	
Programas críticos (Deportes):	> 6 Mbps
Material no crítico:	4-4,5 Mbps
Audio:	
Estéreo:	192 Kbps
Pseudo-surround	> 192 Kbps
5.1	400-900 Kbps
EPG:	0,25-0,5 Mbps.

Notas:

— La norma MPEG-2 normaliza el formato de trama, no la forma en la que se realiza la compresión. Debido a ello la calidad de compresión variará entre aparatos de distintos fabricantes para una misma tasa binaria.

— Se estima que en los próximos años se podrá disfrutar de la misma calidad de imagen que ahora con un 10% menos de tasa binaria.

distinta de sus SFN vecinas que cubra el ámbito territorial para el que se precise la desconexión.

Si hablamos de nuevas posibilidades, quizás la principal es que con la TDT tenemos desde el broadcaster hasta el receptor un canal de banda ancha a 19,91 Mbps. Estamos hablando de datos y no de imágenes, y con ello se abre todo un mundo de posibilidades. Ahora la televisión podrá ofrecer servicios audiovisuales muy parecidos a los que ofrece un DVD:

— Difusión de varios streams de audio (varias lenguas, descripciones para invidentes o distintos sistemas de compresión: Mpeg, Dolby Digital, etc).

— Varios Streams de vídeo con barrido entrelazado o progresivo (en un principio en MPEG-2, aunque cuando se migre a la HDTV se utilizará MPEG-4 AVC

también llamado h.264 que consigue aproximadamente el doble de compresión para una calidad de imagen similar).

- Subtítulos en varios idiomas.
- Etcétera.

Pero también tenemos la posibilidad de transmitir datos y aplicaciones. De esta forma es como se transmite por TDT el teletexto analógico, ya que las líneas de borrado vertical por donde se envía el teletexto en analógico no se digitalizan. Será el Set-Top-Box (STB) el que lo vuelva a introducir en las líneas de borrado vertical por sus salidas analógicas y se verá únicamente en los televisores con teletexto analógico.

La transmisión de datos es mucho más potente y podemos, como se aprecia en la imagen 5, crear un teletexto digital más evolucionado.

Otra de las posibilidades es la de la transmisión de una EPG (Guía electrónica de programación) desde donde podemos programar la grabación de nuestro programa favorito con tan sólo seleccionarlo. Además como la señal ya se emite comprimida, gracias a los PVR (Personal Video Recorder) o PDR (Personal Disk Recorder) podemos grabar un programa de TV directamente a nuestro disco duro ya comprimido y sin pérdida de calidad. Eso sí, mientras vídeos y televisiones sigan siendo analógicos, deberemos disponer de 2 STB, o uno con sintonizador doble si queremos ver un programa, mientras grabamos otro.

En lo referente a los servicios interactivos, necesitaremos que los STB lle-



Material no crítico a 2 Mbps. Plató de TV con cámara fija



Teletexto digital en sistema MHEG



Logotipo y perfiles de MHP

ven cargadas unas API para facilitar la labor a los programadores. A este conjunto de APIs, comúnmente se les denomina plataforma o middleware. En España se eligió el middleware MHP (Multimedia Home Platform) para cumplir con la directiva comunitaria 2002/21/EC. Todo receptor que incorpore el logotipo de la imagen 7, estará capacitado para recibir servicios interactivos (si los emite el broadcaster), el resto simplemente los ignorarán y nos dejarán ver la TV tradicional sin interactividad, pero con EPGs, subtítulos, audio en varios idiomas, etc.

CANAL DE RETORNO

Es la vía de transmisión entre el STB y el broadcaster. El más común de ellos es la

línea telefónica, pero en general se puede utilizar cualquier medio de transmisión mientras encontremos algún STB con el conector apropiado. En esto, y por el momento, la televisión por cable juega con mucha ventaja. Es el propio cable el que se puede utilizar como canal de Retorno.

Al contrario de lo que parece, el mal llamado canal de retorno no permite únicamente una comunicación unidireccional, sino que es bidireccional. De ahí que su denominación correcta sea el de canal de interacción.

Si no queremos congestionar los 19,91 Mbps del múltiplex nos veremos obligados a dividir el tráfico de datos: a través del múltiplex transmitiremos los datos y aplicaciones comunes a todos los usuarios (por ejemplo un juego asociado a un programa infantil, o estadísticas de un partido de futbol) y por el canal inte-

ractivo los datos personalizados para cada usuario (por ejemplo el correo electrónico).

Dependiendo de si nuestras aplicaciones hacen uso o no del canal interactivo, estaremos hablando de interactividad remota o local.

PERFILES INTERACTIVOS

En MHP, podemos clasificar los perfiles interactivos en:

1. **Enhanced Broadcast Profile:** Permite la ejecución de aplicaciones interactivas MHP y no suele tener posibilidades de canal de interacción.

2. **Interactive TV Profile:** Ya empieza a utilizar el canal interactivo y además permite la descarga de aplicaciones a través de él. Son los receptores MHP más abundantes en el mercado. Suelen disponer de conexión telefónica aunque empiezan a aparecer algunos con Ethernet.

3. **Internet Acces Profile:** Con el abaratamiento de los STB, irán incorporando con el tiempo más memoria y velocidad de microprocesador. Con la inclusión de DVB-HTML permitirán el acceso a internet.

APLICACIONES INTERACTIVAS

Gracias a los STB con MHP podremos disfrutar de aplicaciones interactivas en nuestra televisión. MHP está basado en Java, y para la representación en pantalla hace uso intensivo de las librerías AWT.

Normalmente las aplicaciones y los datos que se transmiten en la TDT se emiten en forma de carrusel al igual que las páginas del teletexto analógico. La diferencia es que ahora también se transmiten las aplicaciones (xlets) que serán las que representen los datos en la pantalla tal y como lo deseen los broadcasters. A diferencia de cuando los rótulos los «pincha» el realizador, ahora es el espectador el que decide ver o no la aplicación interactiva que representa gráficamente los datos que él elige en su televisor.

En cuanto al tipo de aplicaciones interactivas, las podemos clasificar en:



Capas de una imagen en MHP



Ejemplo de TV-Sites



Ejemplo de enhanced TVs

• **TV-Site:** Aplicaciones a pantalla completa sin contenido audiovisual. Muy parecidas a una Web-Site, pero adaptada para ser vista en el televisor: caracteres y cursores grandes, pensada para navegar con mando a distancia en lugar con teclado y ratón, etc. Algunos ejemplos podrían ser correo electrónico, tele-banca o administración electrónica.

• **Enhanced TV:** Aplicación que enriquece el contenido audiovisual y aporta información sobre el mismo. A modo de ejemplos en las imágenes 11 y 12 podemos ver información adicional sobre una vuelta ciclista, o juegos para STB asociados a un programa infantil.

Las administraciones públicas intentan acercar la sociedad de la información al gran público y ven en la televisión digital interactiva una gran oportunidad para ello.

También pueden aparecer nuevos modos de publicidad como pueden ser el patrocinio de aplicaciones interactivas, o la publicidad interactiva que permita al anunciante conocer a quién le ha llegado.

No olvidemos además, que si queremos recibir televisión de pago, nuestro STB deberá estar preparado para ello.

TENDENCIAS

En pleno auge de las comunicaciones vía IP, la televisión no podía ser menos. Además en las dos vertientes, DVB sobre IP, e IP sobre DVB.

Si hablamos de DVB sobre IP, estamos hablando de la norma DVB-IPi que abre las puertas a la difusión de televisión digital a través del protocolo UDP/IP. Este es el caso de las televisiones que impulsan las compañías telefónicas a través de ADSL para conseguir el llamado «Triple play»: telefonía, Internet y televisión.

En el caso de IP sobre DVB, tenemos que la norma DVB-H es un caso particular de la TDT. Se pretende realizar una transmisión de TV específica para ser recibida en dispositivos móviles como pueden ser los PDAs o teléfonos móviles.

Las particularidades de estos receptores son la autonomía limitada de la batería, las pantallas de pequeño tamaño y la



Recepción de TV en el teléfono móvil



Canales del múltiplex con capacidad de desconexiones provinciales de las televisiones autonómicas



Canales del múltiplex con capacidad de desconexiones autonómicas de RTVE

recepción a altas velocidades y en condiciones adversas.

El funcionamiento es el siguiente: la imagen de TV se digitaliza a baja resolución y se comprime en h.264 para obtener tasas binarias muy bajas. Después se protege frente a errores, se baraja y ranura en el tiempo. Posteriormente es encapsulada en tramas IP para ser incorporada mediante Multi Protocol Encapsulation (MPE) a DVB-T.

Ahora utilizaremos el modo jerárquico de la DVB-T, que consiste en que por un canal de 8 MHz viajarán 2 múltiplex: uno muy sensible a los problemas de recepción (llamado de baja prioridad o LP) y otro más robusto (de alta prioridad o HP).

Como se supone que la recepción en los dispositivos móviles es peor que la que se realiza por una antena de TV fija y correctamente instalada, la transmisión de TV para móviles la realizaremos sobre el múltiplex de alta prioridad (HP). En el múltiplex de baja prioridad (LP) se transmitirá la TV convencional. De este modo por el mismo canal pueden viajar TV en alta resolución para televisores y en baja resolución y muy protegida frente a errores para dispositivos móviles.

Otros de los actores que en breve aparecerán en el mercado serán las normas DVB-HN (Home Network) que hablará de la interconexión de dispositivos de televisión para intercambio de contenidos audiovisuales, y DVB-CPCM (Copy Protection & Copy Management) que intentará que este intercambio sólo se produzca si estamos autorizados para hacerlo.

En fin, que el mundo de la televisión está a las puertas de un cambio tecnológico de tal magnitud que puede hacer que por fin desaparezca el apelativo de «caja tonta» que durante tantos años le ha acompañado. ●

1 Como se puede apreciar en la tabla 1, este valor depende de distintos parámetros seleccionables por el operador de red y puede variar de unos múltiplex a otros. 19,91 Mbps es el valor elegido para todos los múltiplex tanto nacionales como autonómicos que conozco (junio de 2005). Cuando aparezcan múltiplex en los que no sea necesario conformar SFN, imagino que los operadores optarán por otros parámetros. Por ejemplo, en las redes de emisor único se podría bajar sin ningún problema el intervalo de guarda hasta 1/32 y la tasa binaria aumentaría hasta 24,13 Mbps. En todo caso la normativa legal marca qué parámetros podemos modificar y cuáles no dependiendo de si estamos hablando de múltiplex locales, autonómicos o nacionales.