

La Difusión Digital Terrestre, una realidad en marcha

La llegada de los nuevos servicios de Televisión Digital Terrenal (TDT) va a marcar un hito en la sociedad del próximo milenio

Con la tecnología DVB (Digital Video Broadcasting) no sólo dispondremos de una mejor calidad de imagen y de una mayor oferta de canales, sino que también se van a abrir las puertas a la futura introducción en nuestras vidas de servicios hasta ahora vedados, como la recepción móvil de televisión, la interactividad, la televisión a la carta y cómo no, servicios multimedia, tan de moda hoy en día con la explosión de Internet.

La radio analógica por su parte también tiene ya sus rivales digitales: el DAB y el DRM. El DRM (Digital Radio Mondiale) se enfoca en complementar a la radio analógica en frecuencias por debajo de los 30 MHz ofreciendo una calidad superior y mayor cobertura que su homónimo analógico; mientras que el DAB (Digital Audio Broadcasting) se orienta a la ampliación de los actuales servicios de FM en las bandas frecuenciales III y L, aparte de una mejora en la calidad del audio, el DAB ofrece también datos, asociados y no asociados a programa, como un servicio de valor añadido.

El DVB, digital video broadcasting...

El DVB, digital video broadcasting, es una iniciativa orientada a mercado para la estandarización a nivel mundial de la difusión digital de vídeo. Desde Septiembre de 1993 ha producido multitud de especificaciones, tanto para TV terrestre como para cable y satélite, que se han estandarizado en estamentos como el ETSI (European Telecommunication Standard Institute) o el CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardisation). El resultado es una familia completa de estándares

• **José Manuel Fernández**

Ingeniería e I+D. Retevisión



• **Jesús Fernández**

Ingeniería e I+D. Retevisión



que potencia al máximo las sinergias entre los diferentes sistemas, siendo los más representativos: para satélite DVB-S [ETS 300 421], para cable DVB-C [ETS 300 429] y para terrestre DVB-T [EN300 744].

Pero..., ¿por qué difusión digital terrenal?

Básicamente la tecnología digital presenta una serie de ventajas en términos de eficiencia espectral, flexibilidad y robustez que la hacen especialmente atractiva. Así en

una sola banda de frecuencias se puede introducir más de un programa, se amplía la zona de cobertura con una potencia de emisión menor y se mejora, de un modo uniforme en toda el área de cobertura, la calidad de la imagen y el audio como se indica en la tabla 1. Finalmente es posible utilizar configuraciones de red de frecuencia única con el ahorro espectral que ello conlleva.

Por otra parte, la tecnología digital otorga un valor añadido fomentando la sinergia entre la clásica difusión de vídeo y la difusión de datos, permitiendo flexiblemente la asignación de ancho de banda a un servicio u otro. De hecho el estándar no distingue entre vídeo, audio y datos, se podría dedicar todo un canal datos y estar el vídeo contenido en los mismos (e.g. Internet, multimedia). El DVB-T ofrece un conjunto de protocolos para la transmisión de datos que convenientemente utilizados con un canal de retorno apropiado permiten ofrecer servicios interactivos como puedan ser

Ventajas de la TDT sobre la TV analógica
Utilización de redes de frecuencia única, menor número de frecuencias requerido
Mayor número de programas en cada banda frecuencial
Robustez frente a la propagación multirayecto (ecos)
Menor potencia de transmisión
Posibilidad de recepción móvil y mejora de la calidad en la portátil
Calidad de imagen constante en toda el área de cobertura (se evitan los efectos de doble imagen y ruido - <i>nieve</i> - de la TV analógica)
Servicios de valor añadido (guías de programas, difusión de datos, etc.)

Tabla 1.- Ventajas de la televisión digital terrenal frente a la analógica

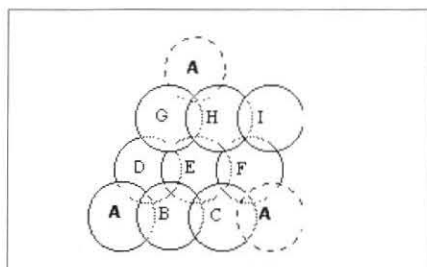


Figura 1.- Planificación frecuencial de redes MFN

el *pay per view*, la tienda en casa, el banco en casa, acceso a Internet, etc.

Entre las ventajas de DVB-T se pueden destacar el ahorro de espectro, la robustez de la señal que permite tanto la recepción portátil como móvil, la posibilidad de efectuar, con una arquitectura de red adecuada, desconexiones territoriales; y la sencillez de la instalación del receptor que aprovecha las antenas convencionales existentes.

El DVB-T técnicamente...

El sistema DVB-T es probablemente el más complejo de la familia DVB debido a la hostilidad del medio de transmisión al que se enfrenta. El estándar se basa en la utilización de la tecnología de modulación COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) que divide la información a transmitir entre un cierto número de portadoras (modo "2k" con 1705 portadoras y modo "8k" con 6817) cada una modulada individualmente con una tasa binaria baja a fin de que el tiempo de símbolo sea mayor que la dispersión temporal del canal. Por otro lado, se protege la información a transmitir mediante códigos FEC (Forward Error Correction) y se realiza un entrelazado a nivel de byte para proteger la señal contra ráfagas de errores; finalmente se introduce un intervalo de guarda que se inserta entre símbolos consecutivos para evitar la interferencia intersimbólica y proteger a la señal frente a ecos (propagación multitrayecto). Combinando todos los parámetros antes mencionados (i.e. número de portadoras, duración del intervalo de guarda, etc.) se obtienen 60 modos de operación, con capacidades binarias entre los 5 y los 32 Mbps. Dichos modos ofrecen un compromiso entre protección de la señal, es decir cobertura y potencia emitida, frente a capacidad binaria. Las especiales características del estándar permiten al DVB-T ofrecer un elevado grado de inmunidad frente a ecos o propagación multitrayecto, de hecho si el eco

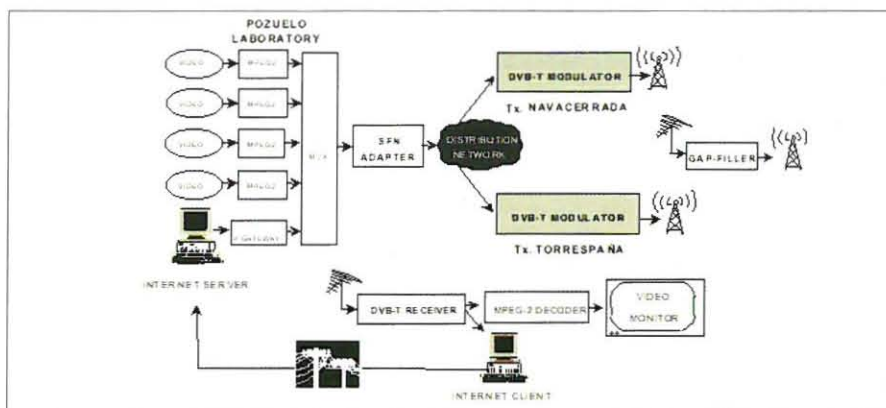


Figura 2.- La red experimental de Retevisión en Viditer

cae dentro del intervalo de guarda incluso puede beneficiar a la señal, y un elevado grado de inmunidad a interferencias de banda estrecha como se puede considerar a las señales de TV analógicas. Por su parte afectaría a la señal analógica como ruido blanco dado el gran ancho de banda de la señal, minimizando así el efecto interferente. Estas características hacen que canales no utilizados hasta ahora, canales tabú, para evitar interferencias se conviertan en potenciales canales para el uso de DVB-T; además permiten la introducción de redes de frecuencia única (en inglés SFN, Single Frequency Networks).

Las Redes de Frecuencia Única...

Tradicionalmente, la planificación de televisión analógica, redes multifrecuencia (en inglés MFN Multifrequency networks), se ha tenido que enfrentar al problema de las interferencias co-canal prohibiendo la reutilización del mismo canal en transmisores cercanos. Como se aprecia en la figura 1 (con configuraciones convencionales de 9 frecuencias) el mismo canal se prohíbe en aproximadamente el 90% del área. En una red de frecuencia única todos los transmisores están sincronizados en términos de bit, frecuencia y tiempo, es decir todos emiten lo mismo a la vez y en la misma frecuencia. Las ventajas en términos de eficiencia espectral son impresionantes. En donde antes se emitía un único programa analógico utilizando para ello 9 frecuencias, ahora se podrían emitir 9 tramas, una por canal, conteniendo cada trama un número de programas según el modo DVB-T seleccionado. A título de ejemplo si se codificasen 4 programas de televisión por trama resultaría en ¡36 programas utilizando el mismo espectro!

No obstante hay que pagar un precio por ello.

En el área en cuestión no se permite la inserción de nuevos contenidos y se crean unos requisitos de sincronización muy estrictos. El DVB ha definido para ello una especificación [TR 101 191] de sincronización de tramas de transporte, conocida por especificación MIP (Megaframe Identification Packet) que introduce en la trama de transporte unos paquetes especiales que permiten a los moduladores de la red de difusión calcular el retardo introducido por la red de transporte y distribución y así sincronizarse. Este mecanismo requiere sin embargo de una señal de referencia externa de 10 MHz y 1 pps (pulse per second) para el correcto funcionamiento del sistema.

Los servicios de la TDT...

Hay innumerables servicios de valor añadido que se pueden dar a través de la televisión digital, como pueden ser las guías electrónicas de programas (EPG), el vídeo bajo demanda, el *pay per view*, el teletexto avanzado, el banco en casa, la tienda en casa, etc. En general, los servicios ofrecidos dependen del número de usuarios y el ancho de banda disponible, así raramente se ofrecerá un servicio de vídeo bajo demanda en una red DVB-T, pero sí un servicio de *pay per view*, en el que el usuario elige qué programas quiere ver y cuándo.

En general se pueden distinguir tres tipos de difusión de datos en función de la interactividad:

Difusión de datos: Los datos son difundidos periódicamente a todos los usuarios, el usuario puede después seleccionar localmente, i.e. *interactividad local*, que parte de los datos le interesa recuperar, bien sea de una memoria RAM en su receptor, bien sea esperando a que se vuelvan a difundir. En este tipo de aplicaciones el usuario no tiene poder sobre el contenido del canal descendente de difusión.

Ejemplos son las guías electrónicas de programa, que permiten navegar entre los canales y programas disponibles, o el *teletexto mejorado*, en el que periódicamente se difunden un número elevado de páginas y el usuario, a través de menús en pantalla, selecciona que página quiere ver; desde el punto de vista del usuario la interactividad es total y sin embargo no se requiere un canal de retorno.

Difusión interactiva: el usuario dispone de un canal de retorno para la interactividad (e.g. GSM, RTC,...), no obstante no puede influir sobre los datos que se difunden en el canal descendente. Ejemplos de este tipo de aplicaciones son el pay per view, el casi vídeo bajo demanda, o incluso la difusión de cierto tipo de informaciones como listas de hoteles, de restaurantes, etc., en las que el usuario después de seleccionar con interactividad local el hotel o restaurante que le interesa procede a enviar un mensaje, o una llamada telefónica, para, por ejemplo, realizar una reserva.

Interactividad total: el usuario recibe a través del canal de difusión información personal previamente solicitada a través del canal de retorno. Un ejemplo de este tipo de interactividad sería el vídeo bajo demanda, o el acceso a Internet.

Cabe destacar que la mayor parte de aplicaciones multimedia son fuertemente asimétricas, es decir, requieren un gran ancho de banda en el canal descendente (en nuestro caso canal de difusión) y poco en el ascendente (el canal de retorno). Los canales de difusión ofrecen una serie de ventajas, especialmente en aplicaciones portátiles y móviles, sobre otros medios convencionales de comunicaciones; entre otras se pueden destacar el elevado ancho

de banda disponible (según la zona de cobertura), la portabilidad y la movilidad de los receptores y la capacidad para transmitir información común a un número elevado de usuarios (incluso todos) dentro de la zona de cobertura.

La experiencia de Retevisión...

El pasado día 15 de Noviembre Retevisión puso en funcionamiento los dos centros emisores de mayor cobertura que forman parte de la primera red de TV Digital Terrestre para servicios regulares desplegada en España, y que transporta y difunde los 14 canales de televisión cuya concesión ha sido otorgada a Onda Digital.

Desde Torrespaña en Madrid y Collserola en Barcelona se cubre más del 20% de la población española, condición mínima establecida en el Real Decreto 2169/1998, de 9 de Octubre, en el que se establece el Plan Técnico con los criterios y los objetivos de cobertura mínimos para el despliegue de la TV Digital Terrestre en el territorio nacional. Éste no es sino el principio que probablemente culminará dentro de una o dos décadas con el *switch-off*, el apagado, de la televisión analógica una vez todos los canales existentes sean también digitales y se haya renovado el parque de televisores.

Sin embargo, no ha sido esta la primera vez que una señal DVB-T sale al aire en España. En Mayo de 1997 Retevisión realizó en el Palacio de Congresos de Madrid la primera transmisión y demostración pública de TV Digital Terrestre en España, gracias a la labor desarrollada principalmente en los proyectos de I+D ACTS/VALIDATE (Verification And Launch of Integrated Digital Advanced Television in Europe) y VIDI-



Figura 3.- La unidad móvil de medidas

TER (Vídeo Digital TERrenal). En esta demostración se utilizó un equipamiento experimental proveniente del proyecto europeo dTTb (Digital Terrestrial Television Broadcasting), en el que se desarrolló la primera pareja modulador-demodulador de COFDM para la difusión de señales DVB-T por medios terrestres.

Un año más tarde, en Junio de 1998, y ya con equipos más avanzados, Retevisión realizó la primera demostración pública que mostraba el correcto funcionamiento de una red de TDT de frecuencia única (SFN, Single Frequency Network), demostrando la capacidad de la tecnología DVB-T para difundir una señal en la misma frecuencia desde varios puntos emisores evitando las interferencias (ver figura 2). Esta capacidad, exclusiva del estándar de TV Digital europeo, había sido demostrada por primera vez en el mundo tan sólo unos meses antes, en la red piloto utilizada por el operador irlandés RTE. En esta ocasión Retevisión utilizó la red experimental instalada dentro del marco de VIDITER, proyecto objeto de un convenio entre Retevisión y la Secretaría General de Comunicaciones en el que participaron, además, otras empresas y grupos de investigación nacionales. Gracias a este proyecto se ha obtenido la experiencia necesaria para la utilización y el desarrollo de una tecnología tan avanzada, en la que nuestro país se sitúa en un lugar privilegiado al ser el tercero en Europa que comienza las emisiones de un servicio comercial, tras el Reino Unido y Suecia, y el primero en implantar una red SFN a nivel nacional.

Retevisión, en el marco del proyecto VIDITER, ha llevado a cabo campañas de medida exhaustivas que han permitido evaluar el comportamiento de la señal DVB-T en situaciones reales de funcionamiento, tan-

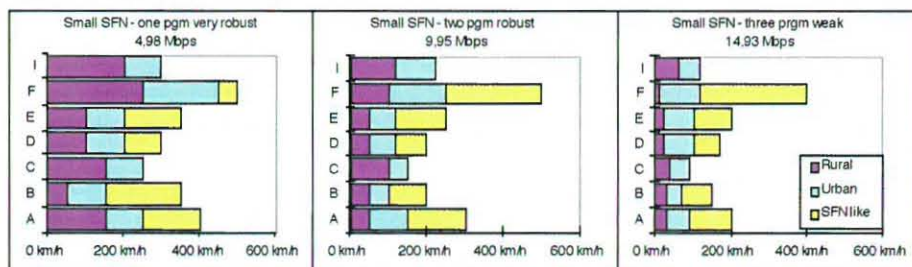


Figura 4.- Test de laboratorio realizado con 7 receptores DVB-T

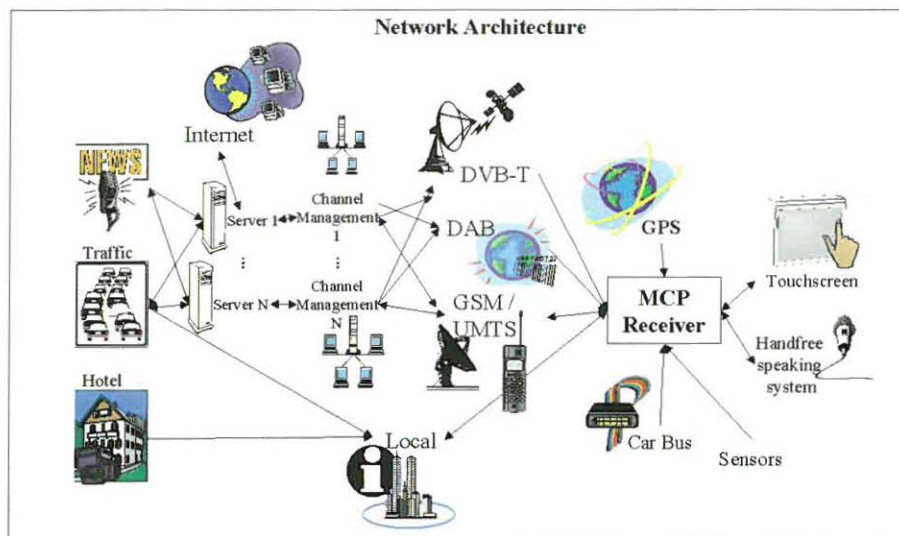


Figura 5.- La Arquitectura de MCP

to en redes MFN como SFN. Las medidas realizadas, utilizando una moderna unidad móvil de medidas (ver figura 3), han permitido corroborar algunos de los valores medidos en laboratorio y para obtener determinados parámetros necesarios para la planificación radioeléctrica que no pueden ser obtenidos ni teóricamente ni en laboratorio. Estos valores son, principalmente, el nivel de campo mínimo utilizable, la desviación o factor de corrección del nivel de campo para el porcentaje de ubicaciones elegido (se considera que es necesario cubrir un 95% de las localizaciones en cada área de 100x100m para definir la cobertura de ese área como buena), los efectos reales de determinados fallos de sincronización de los centros emisores, así como los efectos de la autointerferencia de las redes de frecuencia única tanto para recepción portátil como fija. El parámetro más significativo es la relación señal a ruido mínima, C/N_{min} , que proporciona, junto con el factor de ruido de los receptores a utilizar, el valor mínimo de señal que ha de tenerse en cuenta para la planificación radioeléctrica.

El proyecto ACTS Motivate...

Dentro de las actuales actividades de I+D de Retevisión se encuadra el proyecto Europeo ACTS Motivate (Mobile Television and Innovative Receivers), orientado a la optimización de los parámetros de red y la tecnología de los terminales de usuario para la recepción móvil de señales DVB-T, así como a la generación de guías de implementación (con datos como los modos de operación DVB-T más aconsejables, recomendaciones de planificación, etc.) de servicios móviles y portátiles de TDT.

Dentro del proyecto se han conseguido alcanzar en pruebas de campo velocidades de 200 Km/h manteniendo tasas binarias de hasta 15 Mbps. También se han realizado tests en laboratorio con receptores, algunos de ellos optimizados y otros comerciales, simulando los canales de recepción (ver figura 4) de modo que se reproduzcan las condiciones encontradas en campo. Los resultados han sido muy satisfactorios, alcanzándose un buen compromiso entre velocidad y tasa binaria, no obstante se espera mejorar aún más los resultados al final del proyecto mediante la utilización de técnicas de diversidad y nuevos algoritmos de demodulación de la señal. Actualmente existe ya una red experimental en el norte de Alemania formada por unos cuarenta transmisores que dará servicio de difusión de vídeo, audio y datos (con información como mapas de carreteras, accidentes ocurridos, etc.) a receptores instalados en vehículos.

Cabe destacar por otra parte el ejemplo de Singapur que recientemente ha seleccionado el estándar DVB-T como su estándar de transmisión de vídeo digital terrestre debido a su robustez en la recepción móvil. Actualmente hay redes piloto que ofrecen servicios de difusión en el metro de la ciudad y en la línea de autobuses.

El futuro, the Multimedia Car Platform...

Partiendo de proyectos como ACTS Motivate o ACTS MEMO (Multimedia Environment for Mobiles) ha surgido una nueva iniciativa que próximamente comenzará dentro del marco del programa Europeo IST y en la que participará Retevisión, el proyecto MCP (Multimedia Car Platform). Dicho proyecto pretende integrar en una

sola plataforma los sistemas de difusión digitales, planteándose utilizar inicialmente las tecnologías DVB-T y T-DAB, y los sistemas de comunicaciones móviles, con tecnologías como GSM/GPRS o UMTS (ver en la figura 5 la posible arquitectura del sistema). De este modo se amplían los regímenes binarios ofrecidos por el GSM o UMTS con los ofrecidos por T-DAB (alrededor de 1,2 Mbps) y DVB-T (alrededor de 15 Mbps para recepción móvil a velocidades razonables).

El objetivo final es estandarizar un sistema único multimedia interactivo que permita, a nivel europeo, el desarrollo de varias redes MCP de forma que un vehículo pueda recorrer diferentes países recibiendo servicios de *entretenimiento* (películas, informativos, música), de *información* (mapas de carreteras y calles actualizados, información de accidentes de tráfico, localización de gasolineras, hoteles, parkings, etc., e incluso información particular introducida por ejemplo por fabricantes de automóviles como un servicio de valor añadido). Además habrá servicios *interactivos* aprovechando el canal de retorno (reserva de hoteles, acceso a internet, etc.).

Como conclusión...

La difusión de televisión digital terrenal es una tecnología con un elevado estado de madurez que va a permitir una mayor oferta de canales de elevada calidad de imagen y la inclusión de nuevos servicios de valor añadido. Por otra parte, abrirá camino a otras tecnologías hermanas, en especial el DAB, en el ámbito de la radiodifusión.

Retevisión ha apostado fuertemente por estas nuevas tecnologías de radiodifusión, participando en los principales proyectos y foros europeos y nacionales y realizando numerosas pruebas de laboratorio y de campo para verificar los estándares y validar los criterios de planificación. Por otra parte se está llevando a cabo un importante esfuerzo en Investigación y Desarrollo para fomentar el uso de los futuros servicios de valor añadido y la convergencia de las tecnologías de comunicaciones y difusión.