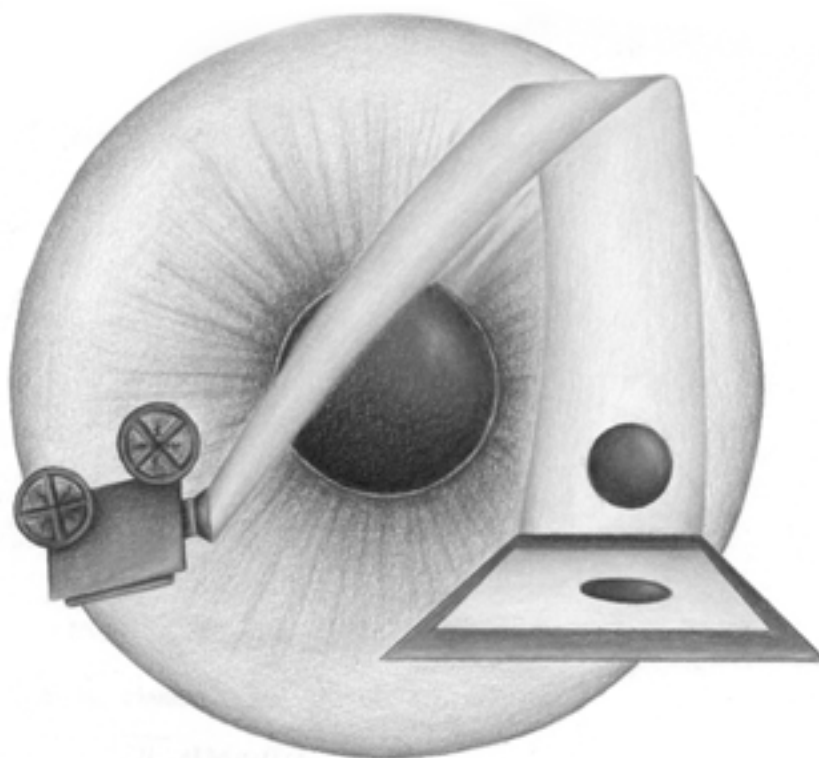


Transmisión de vídeo para televisión digital



Índice

Etapa 1: Estructura del MPEG	5
Introducción	5
Bloque	5
Macrobloque	5
<i>Slice</i>	7
Imagen	7
GOP (<i>Group of Pictures</i>)	8
Secuencia	8
Packetized Elementary Stream (PES)	9
Técnicas de multiplexado PS y TS	11
<i>Program Stream (PS)</i>	11
<i>Transport stream (TS)</i>	12
Etapa 2: Modulaciones	14
Introducción	14
Modulaciones analógicas	15
Introducción	15
Tipos de modulaciones para señales analógicas	15
Modulación en amplitud (AM)	15
Modulación en frecuencia (FM)	16
Modulación en fase (<i>Phase Modulation</i>)	17
Tipos de modulaciones para señales digitales	17
ASK (<i>Amplitud Shift Keying</i>)	17
FSK (<i>Phase Shift Keying</i>)	18
PSK (<i>Phase Shift Keying</i>)	18
BPSK (<i>Binary Phase Shift Keying</i>)	19
QPSK (<i>Quadrature Phase Shift Keying</i>)	20
QAM (<i>Quadrature Amplitud Modulation</i>)	22
OFDM (<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>)	22
Métodos de transmisión	23
Introducción	23
Transmisión vía satélite DVB-S	24
Transmisión vía cable DVB-C	25
Transmisión vía terrestre DVB-T	26

Etapa 1: Estructura del MPEG

Introducción

El estándar MPEG requiere de una estructura jerárquica perfectamente definida en la que se encuentren todos los datos necesarios para la correcta decodificación e interpretación de la información de audio y vídeo.

Gracias a esta estructura, codificadores y decodificadores de distintos fabricantes pueden realizar las etapas de procesamiento de señal de forma distinta y se puede obtener entre ellos plena compatibilidad.

La estructura jerárquica MPEG parte de un bloque de 8×8 píxeles hasta llegar a la secuencia de vídeo. La estructura utilizada pasa por las siguientes etapas:

- Bloque
- Macrobloque
- *Slice*
- Imagen
- GOP
- Secuencia de vídeo

La mayoría de estas etapas incorpora una información adicional que ayuda al decodificador a recuperar todos los datos necesarios para la correcta visualización de la secuencia de vídeo. Estos datos se encuentran ubicados en la cabecera de datos. Así, cada etapa incorpora su propia cabecera de datos.

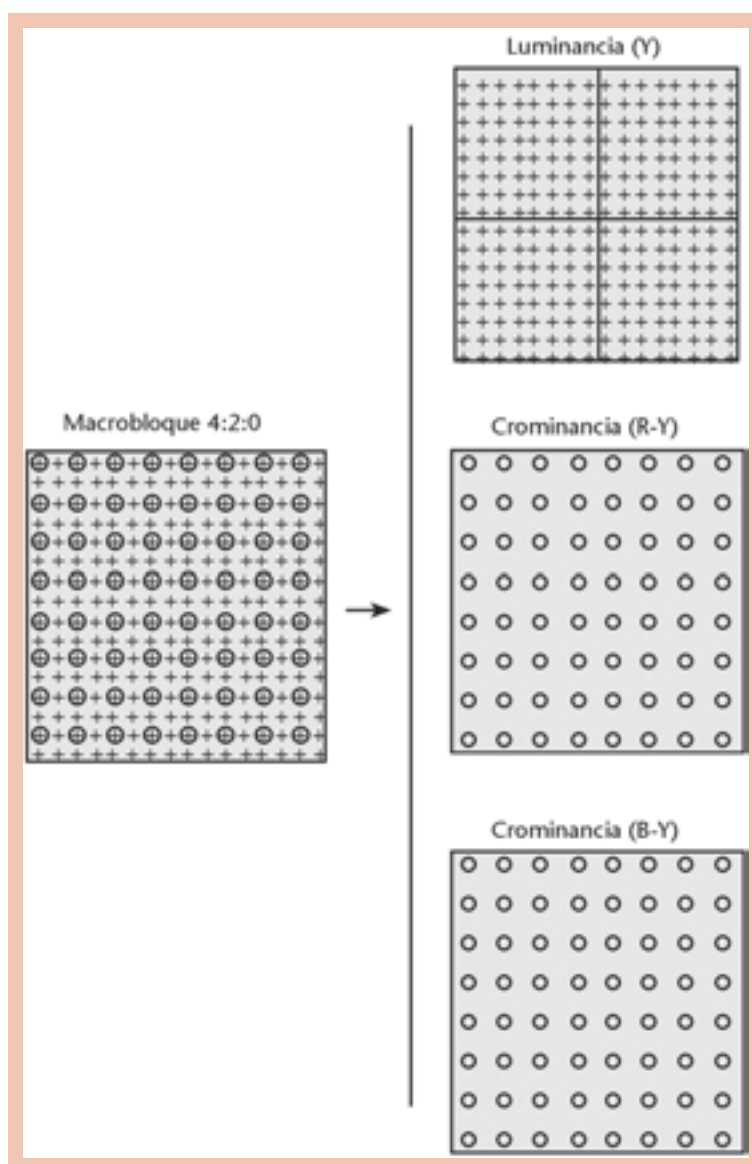
Bloque

el bloque consiste en un conjunto de 8×8 píxeles de imagen, en el que cada píxel corresponde a una muestra codificada, o para ser más estrictos, a los coeficientes de la DCT de ese bloque. Por este motivo, en una imagen en color existirán bloques con información de luminancia y bloques con información de crominancia. Cuando finalizan los coeficientes de la DCT, habitualmente se inserta un mensaje de fin de bloque.

Macrobloque

El macrobloque consiste en un conjunto de bloques; por lo general tiene un tamaño de 16×16 píxeles. El macrobloque es el elemento base a partir del cual se realizarán los procesos de estimación y compensación de movimiento.

Existen diferentes tipos de macrobloques en función de la norma utilizada (4:2:2, 4:2:0, 4:1:1, etc..) debido a que la proporción de bloques de luminancia y crominancia es distinta en cada caso.



En la imagen anterior se puede observar que un macrobloque de la norma 4:2:0 está formado por cuatro bloques de 8×8 píxeles con la información de luminancia (y), por un bloque de 8×8 píxeles de crominancia (R-Y) y otro bloque de 8×8 píxeles de crominancia (B-Y).

Mediante la misma metodología, se puede deducir que un macrobloque de la norma 4:2:2 tendrá cuatro bloques de 8×8 píxeles con la información de (Y), por dos bloques de crominancia de 8×8 píxeles con las muestras de R-Y y por dos bloques más de crominancia de 8×8 píxeles con las muestras de B-Y. Es decir, un macrobloque de la norma 4:2:2 está formado por ocho bloques.

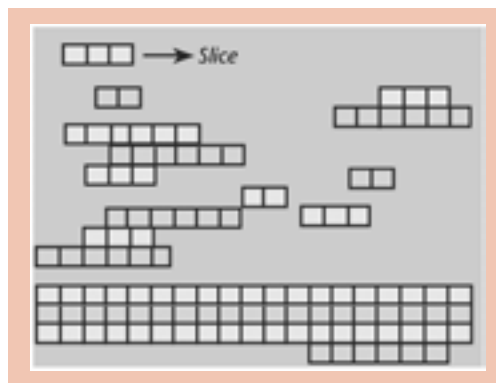
Mediante este mismo sistema también se puede deducir que un macrobloque de la norma 4:1:1 tendrá cuatro bloques de 8×8 píxeles con la información de (Y), un blo-

que de crominancia de 8×8 píxeles con las muestras de R-Y y otro bloque más de crominancia de 8×8 píxeles con las muestras de B-Y. Por lo tanto, un macrobloque de la norma 4:1:1 está formado por seis bloques.

En la cabecera del macrobloque se encontrará la información referente al vector de desplazamiento que se debe aplicar a cada macrobloque y, a su vez, el tipo de codificación o norma utilizada (4:4:4, 4:2:2, 4:2:0, etc.). También encontraremos la matriz de cuantificación utilizada.

Slice

Un *slice* es una unidad de tamaño variable; el *slice* más pequeño que puede existir está formado por un macrobloque, mientras que el mayor *slice* posible no puede superar la cantidad de macrobloques que corresponden a una línea de televisión, de tal forma que macrobloques situados unos encima de otros en la pantalla nunca corresponderán al mismo *slice*. Los *slices* se utilizan como base para la corrección de errores, así si se produce algún error en un *slice*, el descodificador salta al siguiente.



En la anterior imagen podemos observar una imagen formada por un grupo de macrobloques agrupados en una serie de *slices*, en el que cada *slice* se encuentra representado por un color distinto. Observad que en una misma fila es posible encontrar varios *slices*.

Cabe destacar que en el ejemplo anterior la imagen no tiene todos los macrobloques activados. Esto es debido a que se trata de una imagen comprimida y sólo se están codificando aquellos macrobloques que aportan información nueva.

En la cabecera de un *slice* sólo se encuentra la información correspondiente a la posición del *slice* en la pantalla.

Imagen

El conjunto de *slices* crean la imagen, que puede ser I, P o B. Una imagen siempre dura el mismo tiempo, habitualmente un 1/25 de segundo, por lo que se utiliza la imagen como una referencia temporal.

En la cabecera de la imagen se puede encontrar la posición que ésta ocupa en el GOP, así como el rango de valores máximos de los vectores de movimiento.

GOP (Group of Pictures)

Tal como su nombre indica, un GOP es aquel conjunto de imágenes que nos va a permitir tener un acceso aleatorio en la secuencia de vídeo. Cuanto menor sea el GOP, menor será el tiempo de acceso, y cuanto mayor sea, mayor será el tiempo de acceso. Por este motivo, interesa trabajar con GOP lo menores posible, pero esto supone añadir un **código de inicio** y una cabecera de datos en cada GOP, lo que implica un ligero aumento del flujo de datos.

Código de inicio: el código de inicio es el encargado de indicar al descodificador dónde empieza la siguiente etapa.

En la cabecera del GOP se puede encontrar la información referente a los códigos de tiempo SMPTE/EBU, habitualmente el que se refiere a la imagen I del GOP. A su vez, cada imagen contendrá una cantidad de información distinta, por lo que se debe informar constantemente al descodificador del nivel de *buffer* que se requiere para descodificar los datos.

Secuencia

La secuencia está formada por uno o más GOP. El orden de los GOP en la secuencia es el mismo con el que se presentarán en la pantalla; la modificación del orden en la estructura MPEG sólo afecta a la posición de las imágenes en el GOP.

En la cabecera de la secuencia se puede encontrar información referente al tamaño de la imagen, a la relación de aspecto del píxel o sobre el tamaño del *buffer* necesario en el descodificador.

En el MPEG-1, la cabecera de secuencia puede contener matrices de cuantificación distintas de las que se definen por defecto. En el MPEG-2 las matrices de cuantificación se encuentran en la cabecera de imagen, de modo que se puede controlar el flujo de datos con una precisión de imagen.

Como ya se ha visto, todos los datos de la estructura MPEG quedan organizados de forma jerárquica creando una cadena elemental de datos (*Elementary Stream* o ES).

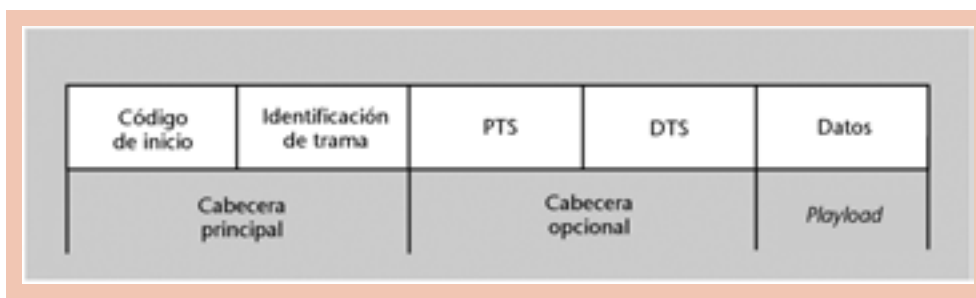
Hasta el momento se ha analizado todo el proceso de codificación y organización de una cadena de datos correspondientes a una secuencia de vídeo, pero en realidad se va a necesitar información a vídeo sincronizada con audio (*Elementary Stream Audio*) y, a su vez, se deben insertar datos de usuario (*Elementary Stream Data* o ES-Data). Toda esta información debe encontrarse unida y perfectamente sincronizada en un único paquete. A su vez, debe considerarse que en aplicaciones de difusión interesará transmitir varios programas simultáneamente. El estándar encargado de definir cómo multiplexar toda esta información es el *MPEG system*.

Packetized Elementary Stream (PES)

El *Packetized Elementary Stream* es una estructura formada por *elementary streams* con la finalidad de protegerlos y ordenarlos antes de mezclarlos entre sí para ser almacenados o transmitidos. O sea, cada componente (vídeo, audio y datos) tienen su propio PES y, en lugar de mezclarse los ES de vídeo, audio y datos directamente, se empaquetan formando los distintos PES, con lo que entonces pueden mezclarse tranquilamente.

Cada PES tiene su propia estructura formada por:

- Código de inicio
- Identificación de trama
- PTS: *Presentation Time Stamps*
- DTS: *Decode Time Stamps*



La cabecera principal está formada por el **código de inicio** y la **identificación de trama**, habitualmente el código de inicio tiene un tamaño de 24 bits. La identificación de trama, normalmente de 8 bits, indica si se trata de datos de vídeo, audio o usuario. En el caso de que se trate de audio codificado, también indicará qué tipo de codificación de audio se ha utilizado.

Debido a que en muchas ocasiones se está utilizando compresión temporal bidireccional, es necesario indicar al descodificador cuándo aparecen imágenes I, P y B, para que éste pueda recuperar el orden de la secuencia de imágenes original. Este proceso se realiza mediante los **sellos temporales** o *time stamps*.

Existen dos posibles *time stamps*, todos de 33 bits de longitud y se utilizan como referencia temporal para la recuperación y sincronización de los datos de audio y vídeo. Éstos son los PTS y los DTS.

Los PTS (*Presentation Time Stamps*) son un conjunto de bits encargados de definir el orden con el que se van a presentar las imágenes en la pantalla; el DTS (*Decode Time Stamps*) es el encargado de indicar el orden con el que se tienen que decodificar las imágenes. Estos dos parámetros son necesarios para la correcta sincronización de datos, pero no es necesario que se encuentren en cada PES. En muchas ocasiones, el decodificador memoriza los PTS y DTS gracias a la relativa redundancia de datos. Aunque sea así, nunca deben enviarse con un periodo superior a 700 ms.

Normalmente, excepto en el caso del vídeo, el PTS es igual al DTS cuando se utiliza la predicción bidireccional. Cuando el PTS es igual al DTS, sólo se transmite el PTS.

Las imágenes B son decodificadas y presentadas simultáneamente debido a que nunca se creará otra imagen a partir de una imagen B. Por esta razón, en este caso sólo se necesitará el PTS.

Los datos de audio o vídeo se encuentran en la región de carga o *payload*.

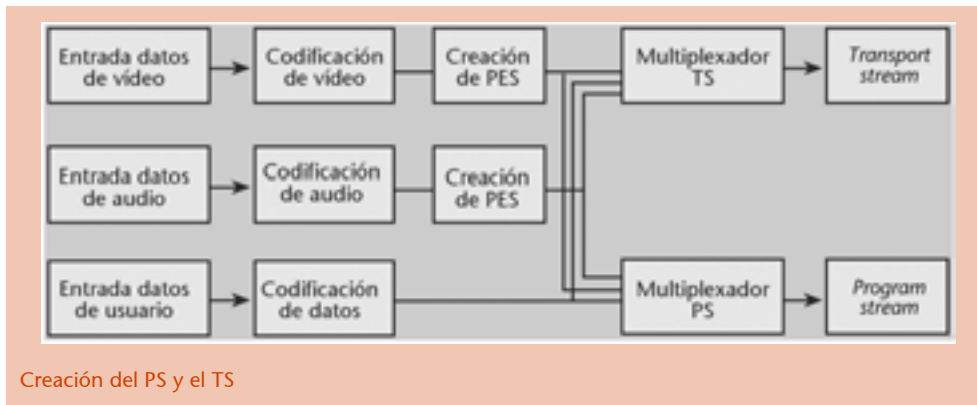
En realidad, la estructura PES para aplicaciones de MPEG-2 es un poco más compleja, debido a que aporta informaciones adicionales como la longitud del paquete, *copyright*, si se trata de una codificación original o copia, accesos condicionales, etc. Toda esta información se encontrará en la cabecera opcional.

Toda la información referida a técnicas de detección y corrección de errores no se encuentra codificada en esta etapa, ni siquiera queda definida en el estándar MPEG. En el caso de difusión de señales de televisión que utilizan MPEG como estándar para la codificación de datos, los parámetros referentes a corrección de errores quedan definidos en la DVB (*Digital Video Broadcasting*).

Técnicas de multiplexado PS y TS

En función de la aplicación a la que vaya orientada la secuencia MPEG se utilizará una técnica u otra de multiplexado, o la *Program Stream* (PS) o la *Transport Stream* (TS).

Cada una de estas técnicas nos definirá la forma con que se tienen que multiplexar los distintos PES. De este modo se definirá el ancho de banda y la robustez de los datos codificados.

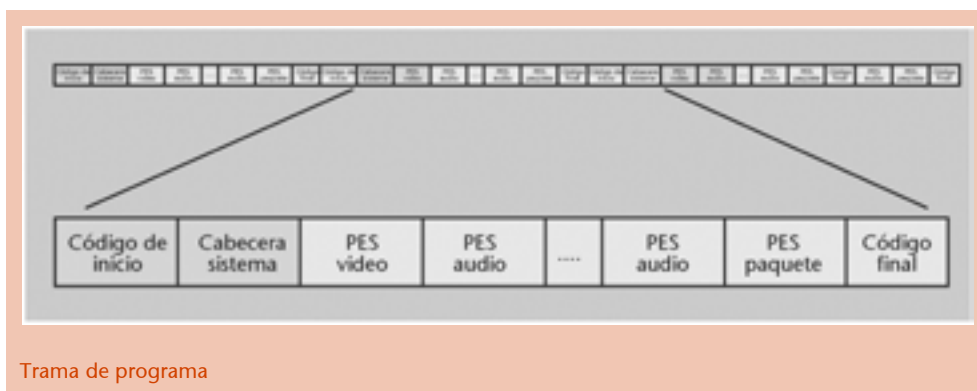


Program Stream (PS)

El PS multiplexa los PES de vídeo, audio y datos sincronizando los descodificadores de las distintas fuentes. Este proceso se utiliza para aplicaciones de almacenamiento de datos en CD-ROM, DVD, HD, etc. debido a que este tipo de aplicaciones habitualmente genera poco ruido, es decir, pocos errores, lo que permite generar paquetes PS de longitud variable, directamente proporcionales a la entropía de los datos, y optimizar así al máximo el flujo de datos que hay que almacenar.

Con la trama PS sólo se pueden almacenar datos de un único programa, lo que implica que no permite el acceso aleatorio a distintos programas de vídeo.

A continuación se puede ver un esquema que corresponde a la distribución de datos en una trama PS.



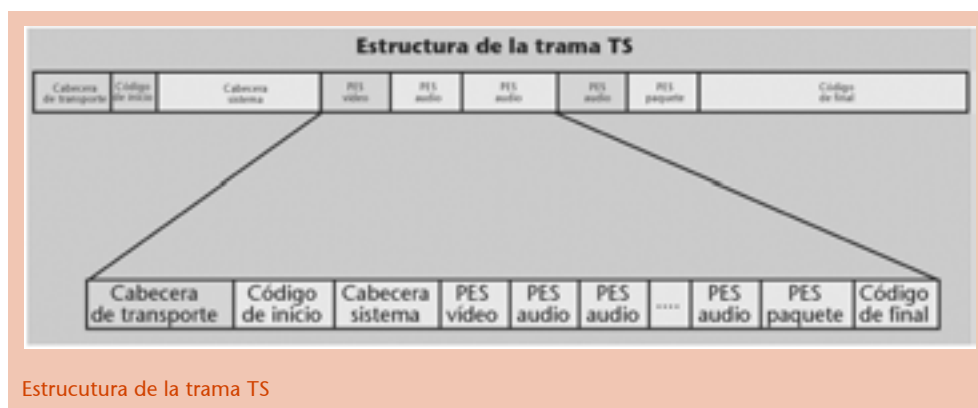
- En el código de inicio se incluye información, la estructura del múltiplex y el reloj del sistema.
- En la cabecera de sistema se añade información sobre el número de PES, identificación de cada PES, etc.
- Cada PES puede contener información de vídeo, audio y datos.

Transport stream (TS)

El TS también multiplexa los PES de vídeo, audio y datos sincronizando los descodificadores de las distintas fuentes, pero este proceso se utiliza para aplicaciones de transmisión de datos, vía cable (DVB-C), satélite (DVB-S) o terrestre (DVB-T).

La recepción de datos puede ser muy distinta entre diferentes descodificadores y, en algunos casos, muy ruidosa, es decir, sensible a contener errores. Por esta razón se multiplexan los PES de vídeo, audio y datos con paquetes TS de tamaño constante, concretamente de 188 *bytes*. Trabajar con paquetes de longitud constante permite insertar códigos de corrección de errores cuando se desee y con cierta facilidad.

La trama TS permite la mezcla de varios programas simultáneamente, lo que supone la posibilidad de realizar *zapping* entre distintos canales de televisión. En este caso, la trama de transporte de 188 *bytes* contiene una cabecera de PES como la trama PS y, a su vez, una cabecera de transporte que nos permitirá definir el programa que codifica el paquete TS.



Observad en la imagen anterior que la cantidad de PES por paquete TS va variando en función del programa. Así, cada programa distinto se encuentra en un paquete TS identificado con una cabecera de transporte. Esto es debido a que cada programa tiene contenidos distintos, por ejemplo un programa musical con imágenes fijas tendrá muchos PES de audio y pocos de vídeo. Por otro lado, la secuencia de una película que no tenga audio generará un paquete de transporte básicamente con PES de vídeo.

En la mayoría de las aplicaciones, cada paquete de transporte se inicia con un PES, pero no siempre los PES tienen un tamaño constante, razón por la que se ocupan aquellos espacios que han quedado vacíos con bits de relleno *stuffing*.

En la estructura *Transport Stream* se añaden muchos otros parámetros que permitirán la plena comunicación entre transmisores y receptores. Estas informaciones que se

encuentran multiplexadas con los datos y pueden llevar desde información para la correcta recepción y recuperación de las tramas (PID, PSI, PMT, PAT, etc.) como opciones de acceso condicional (*pay per view*), hasta informaciones sobre los contenidos (NIT, SDT, EIT, TDT, etc.).

Etapa 2: Modulaciones

Introducción

A lo largo de la historia, todos los procesos que se han realizado en televisión se han hecho de forma analógica, desde la captura, la posproducción hasta la difusión, la cual se ha realizado siempre mediante técnicas de modulación como la FM y la AM.

Con la introducción de las técnicas digitales en todo el proceso previo a la difusión, se ha considerado necesario desarrollar también en esta etapa nuevas técnicas que permitan completar todo el ciclo digitalmente hasta el usuario final.

Las transmisiones digitales ofrecen una serie de ventajas importantes con respecto a las transmisiones analógicas convencionales:

- **Se consigue más eficacia en la potencia emitida.** Es decir, los canales digitales necesitan menos potencia que los canales analógicos para proporcionar prestaciones similares.
- **Se consigue una mejor utilización del espectro.** Con la modulación digital es posible repartir la energía de la información de una forma más regular sobre el ancho de banda disponible.
- **Mayor capacidad para más canales de información.** Esta opción es necesaria sobre todo si se contempla la posibilidad de transmitir vídeo bajo demanda.
- **Mejor calidad de recepción.** Siempre que no se trabaje en canales extremadamente ruidosos, las modulaciones digitales mantienen de forma fiable la integridad de los datos que transportan.
- **Más resistente a imperfecciones del equipo o del canal.** La calidad de la señal recibida depende de los parámetros de la técnica de codificación utilizada, manteniéndose cierta independencia con respecto a los equipos de transmisión.
- **Integración de vídeo, audio y datos en un solo canal.** En la transmisión analógica, diferentes tipos de información requieren distintas formas de portadoras, pero en la transmisión digital siempre se trabaja con bits, de manera que la misma portadora puede llevar cualquier información.

Modulaciones analógicas

Introducción

Para poder transmitir información mediante cualquier medio, es necesario adaptar esta información a alguna forma que le permita recorrer grandes distancias, sin tener que preocuparse de que ésta sea rápidamente degradada en su recorrido. Este proceso de transformación se denomina modulación.

Si, por ejemplo, se desea transmitir audio (variaciones de presión en un medio de entre 20 Hz y 20 kHz) será necesario un proceso de modulación. De no ser así no podríamos recorrer grandes distancias, y cualquier ser situado dentro del campo sonoro que genera la fuente (instrumento, altavoz, etc.) estaría obligado a escuchar esta información. No nos imaginamos que sucedería cuando varias cadenas de radio quisieran emitir simultáneamente.

Por lo tanto, esta información se debe transformar en algún tipo de señal que pueda recorrer largas distancias sin que afecte al medio, y sin que el medio la afecte a ella.

Actualmente el único tipo de señal que más o menos cumple estos requisitos es la energía electromagnética. Efectivamente, el sistema para transportar la información será una onda electromagnética, que será modulada por la información útil y nos permitirá que la transmitamos.

Normalmente, la banda de frecuencias a las que trabajan los datos no son las más adecuadas para la transmisión; por esta razón, en un proceso de modulación la onda electromagnética que transportará la información (portadora) será de una frecuencia superior a la información que se quiere transmitir (moduladora). Por esta razón, se puede escoger la frecuencia portadora que mejor se adapte a las características del canal de transmisión.

Cuando el receptor reciba la onda portadora la podrá demodular, con lo que recuperará la información útil original.

Tipos de modulaciones para señales analógicas

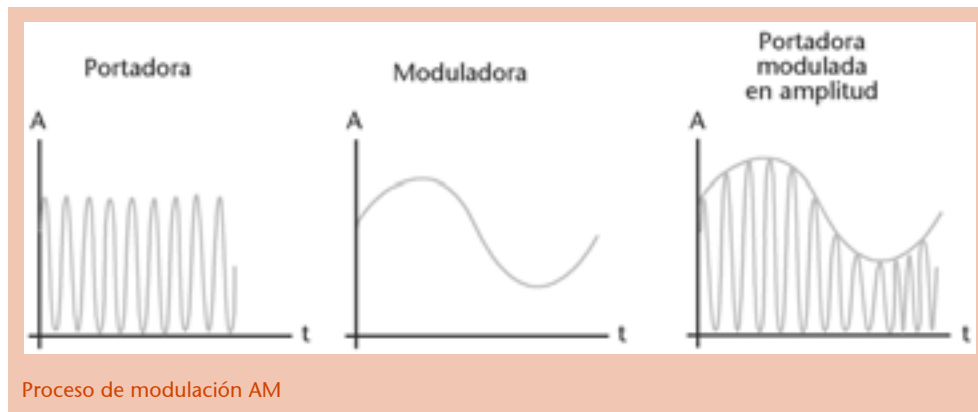
Modulación en amplitud (AM)

La modulación en amplitud consiste en adaptar la portadora a la amplitud de la señal que contiene la información (moduladora).

$$f(t) = A \text{ sen } (\omega t + \delta)$$

donde $\omega = 2\pi f$ corresponde a la velocidad angular, que depende de la frecuencia, y donde δ corresponde a la fase inicial.

En este tipo de modulación, la función $f(t)$ es igual a la función de la señal sinusoidal de la portadora pero con la amplitud A modulada.



Se parte de una portadora de frecuencia determinada y constante y después se adapta la amplitud de esta portadora a la amplitud de la información original. El resultado será una onda electromagnética de frecuencia constante que irá modificando su amplitud en función de la información que la ha modulado.

Este tipo de modulación se ha utilizado durante muchos años en aplicaciones de radio y televisión, ya que permite la transmisión de datos a mucha distancia, pero no permite moduladoras de muy elevada frecuencia. Por esta razón no es capaz de trabajar con elevados niveles de calidad.

Modulación en frecuencia (FM)

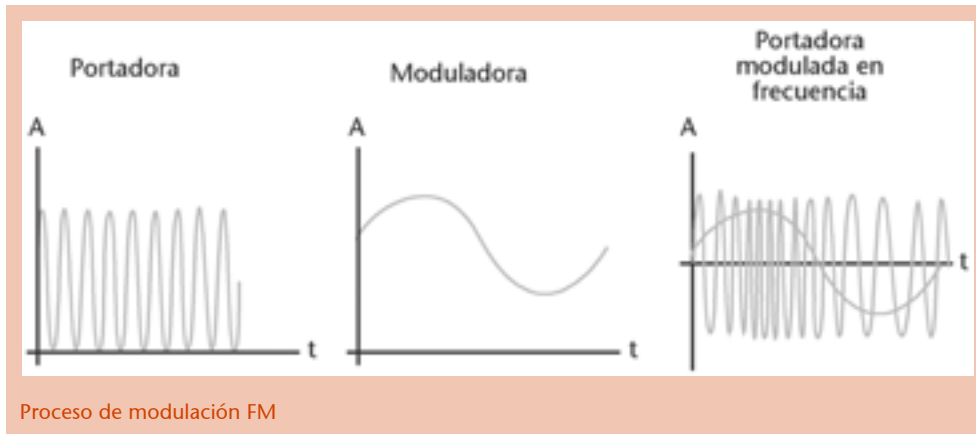
Con el paso del tiempo se fue cubriendo todo el ancho de banda de bajas frecuencias, hasta llegar al punto en que en elevadas frecuencias la AM no era válida para trabajar debido a que generaba demasiado ruido, con lo que se tuvieron que inventar nuevos sistemas de modulación para poder seguir subiendo en el espectro frecuencial.

La modulación FM en aplicaciones de transmisión de datos habitualmente trabaja en la zona de los megahercios. Este tipo de modulación aporta una serie de ventajas con respecto a la modulación en amplitud. En principio hay que tener en cuenta la elevada sensibilidad al ruido que tiene la AM a causa de que éste afecta básicamente a la componente de amplitud, la misma con la que queda modulada la información.

En la modulación en frecuencia, es la frecuencia de la portadora lo que se varía y no la amplitud. Por este motivo la FM queda relativamente libre de ruido.

$$f(t) = A \sin(\omega t + \delta)$$

En este tipo de modulación, la función $f(t)$ es igual a la función de la señal sinusoidal de la portadora, pero con la frecuencia ω modulada.



El proceso de modulación es el siguiente: si la señal moduladora se encuentra en un semiciclo positivo, la frecuencia de la portadora aumenta; por el contrario, si la moduladora se encuentra en un semiciclo negativo, la frecuencia de la portadora disminuye. El grado de variación de la frecuencia portadora dependerá directamente de la amplitud de la moduladora.

Observad que en este tipo de modulación la amplitud de la portadora es constante.

Modulación en fase (*Phase Modulation*)

En este caso, la fase de la portadora varía linealmente con la amplitud de la onda moduladora. Se podría decir que cada nivel de amplitud de la onda moduladora tiene una fase asociada, este tipo de modulación se podrá entender con mayor claridad con las siguientes modulaciones.

$$f(t) = A \text{ sen } (\omega t + \delta)$$

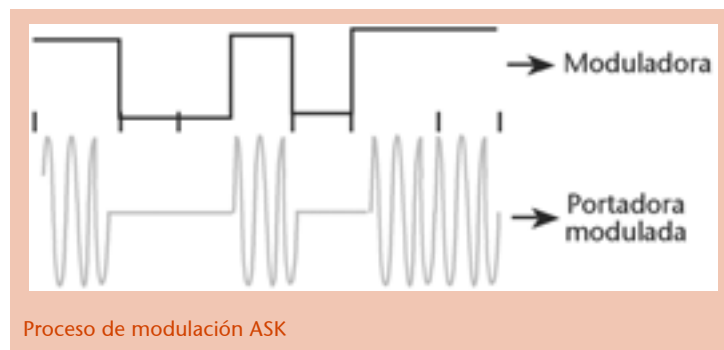
Tipos de modulaciones para señales digitales

Cuando se trabaja con señales digitales, la forma de onda de la señal moduladora sólo tendrá dos posibles estados de polarización (1 ó 0), por lo que una señal PCM no deja de ser una señal cuadrada. Por esta razón, cuando una señal digital module una portadora en AM, FM o PM, las variaciones que sufrirá la portadora serán bruscas, debido a la naturaleza de la onda cuadrada.

ASK (*Amplitud Shift Keying*)

Este tipo de modulación es igual a la AM utilizando como moduladora una señal digital. Observad que en este caso, cuando la amplitud de la moduladora corresponde

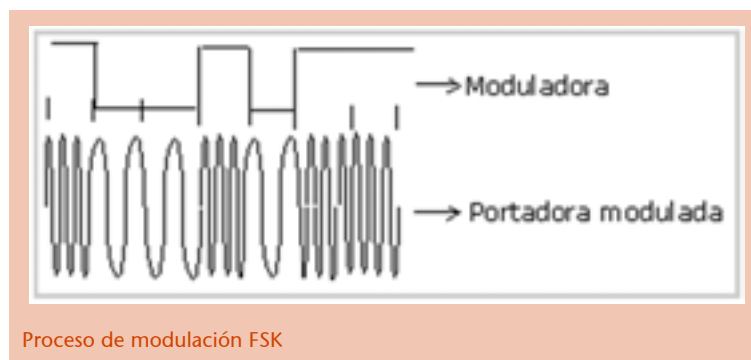
al bit 1, la amplitud de la portadora es máxima, y cuando la amplitud de la moduladora corresponde al bit 0, la amplitud de la portadora adquiere una amplitud nula.



Este tipo de modulación prácticamente no se utiliza nunca debido a su baja eficacia y su elevada sensibilidad al ruido.

FSK (Phase Shift Keying)

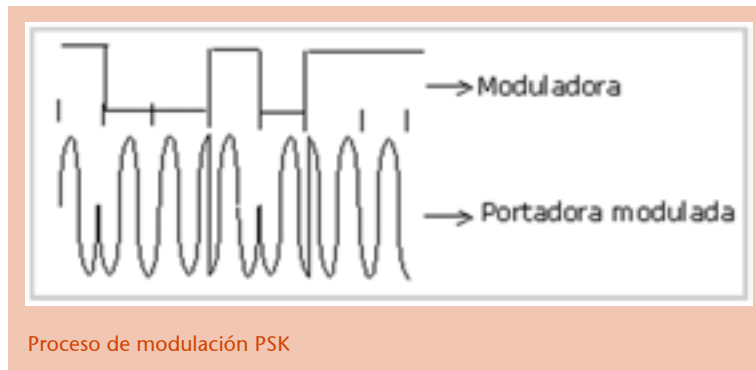
Este tipo de modulación trabaja de la misma forma que la FM, así la frecuencia de la portadora varía en función de la amplitud de la moduladora.



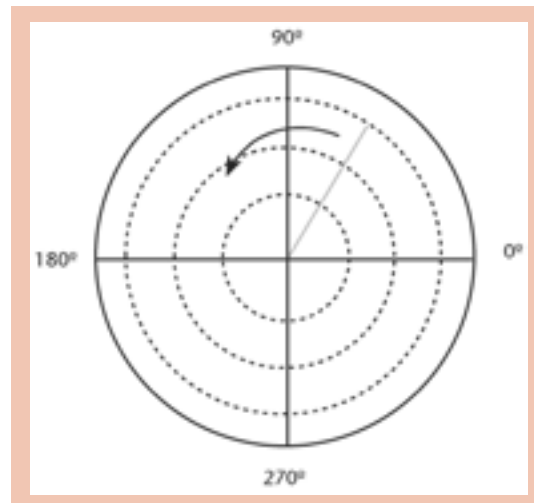
Este tipo de modulación es al mismo tiempo muy antigua y muy robusta, pero poco eficaz. Es un tipo de modulación que se utiliza a menudo en entornos ruidosos.

PSK (Phase Shift Keying)

Así como la modulación en fase en aplicaciones analógicas no es muy habitual, su versión para aplicaciones digitales, la PSK, se utiliza mucho más. En este caso, la fase de la portadora se va modificando en función de la amplitud de la señal moduladora.



Si se realizara la representación vectorial de este sistema, se vería un vector de longitud constante debido a que la amplitud efectiva de la portadora es constante, girando a una velocidad angular también constante debido a que la frecuencia también lo es; sin embargo, en aquellos instantes en los que existiera una variación de la amplitud de la moduladora, la posición angular o fase se vería modificada de forma brusca.

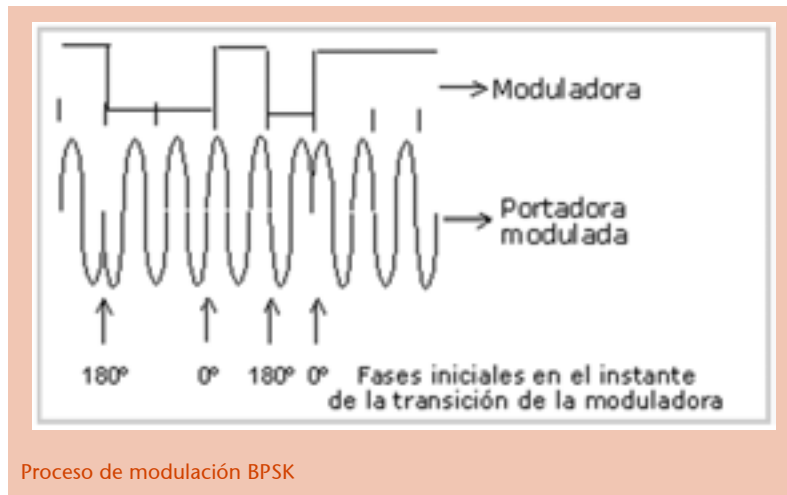


Hasta el momento se han analizado los tres sistemas de modulación de señales digitales equiparables a modulaciones para aplicaciones analógicas. Sin embargo, por lo general, para aplicaciones digitales se usan unas variantes un poco más complejas, que se basan en la mezcla de varias de las técnicas ya explicadas.

BPSK (Binary Phase Shift Keying)

Este tipo de modulación es la versión más limitada de las modulaciones PSK. En realidad, el funcionamiento es prácticamente el mismo al comentado anteriormente pero con la característica de que sólo permite dos posibles fases, 0° o 180° , en el instante de cambio de amplitud de la moduladora.

Así se crean las conocidas *constelaciones*. Una constelación es la representación gráfica de todos los posibles puntos de amplitud y fase en los que se puede encontrar la portadora cuando se realiza una inversión de polaridad de la moduladora.



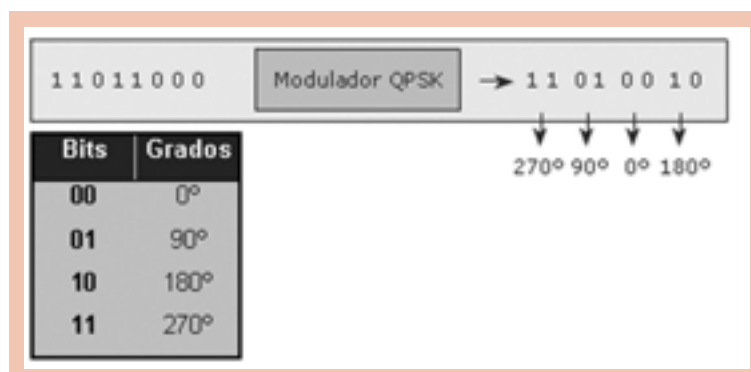
Observad que cuando se trata de un 1 lógico, la fase inicial siempre será 0° , y cuando se trate de un 0 lógico, la fase inicial será 180° . Con esta modulación para transmitir un solo bit se necesita como mínimo un ciclo entero.

Por esta razón, el ancho de banda de esta modulación nunca podrá ser inferior al número de bits por segundo. Esto supone que la modulación BPSK requiere una gran cantidad de espectro en comparación con otras modulaciones más complejas, aunque a su vez es la modulación en fase más robusta que existe.

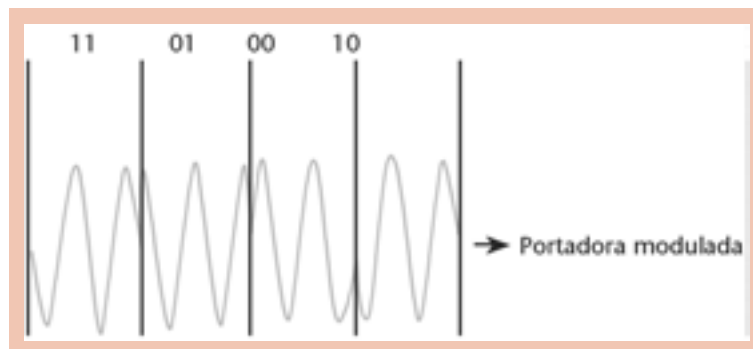
QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)

En este caso, también se está utilizando una variante de la PSK, con lo que se aumenta la cantidad de fases válidas a cuatro. Al trabajar con cuatro fases, entre sí siempre serán perpendiculares, de aquí surge la expresión *quadrature*, ya que las cuatro fases se encuentran en cuadratura.

La metodología de codificación de este sistema es muy sencilla. El modulador será el encargado de crear parejas de bits a partir de los trenes de datos de la entrada. Con palabras de dos bits se pueden hacer cuatro combinaciones, igual que el número de fases posibles. Así, sólo se debe asignar a cada pareja binaria una de las fases predefinidas, como se indica en la tabla.

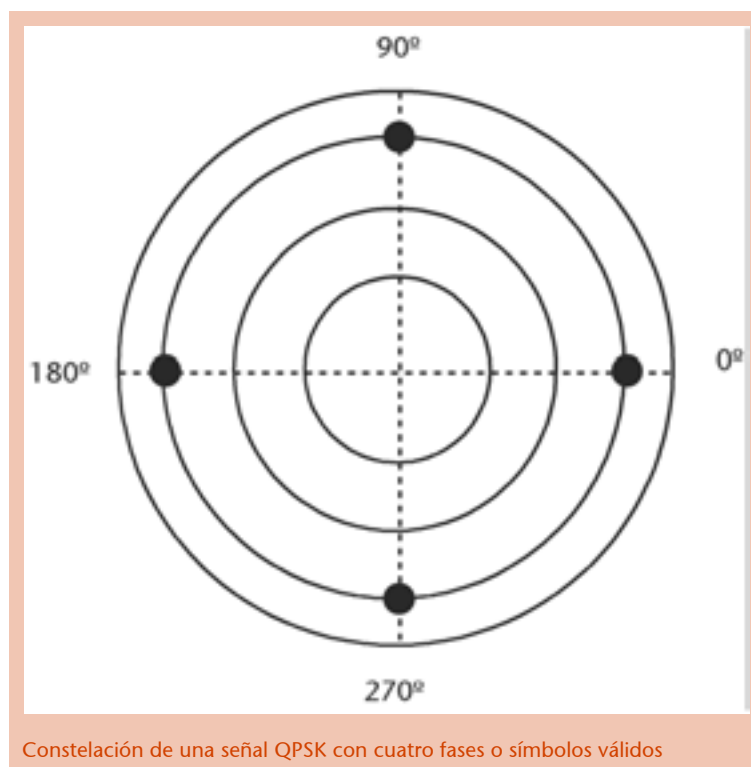


Una vez definidas cada una de las fases para cada pareja de bits, sólo falta aplicarlas a la señal portadora.



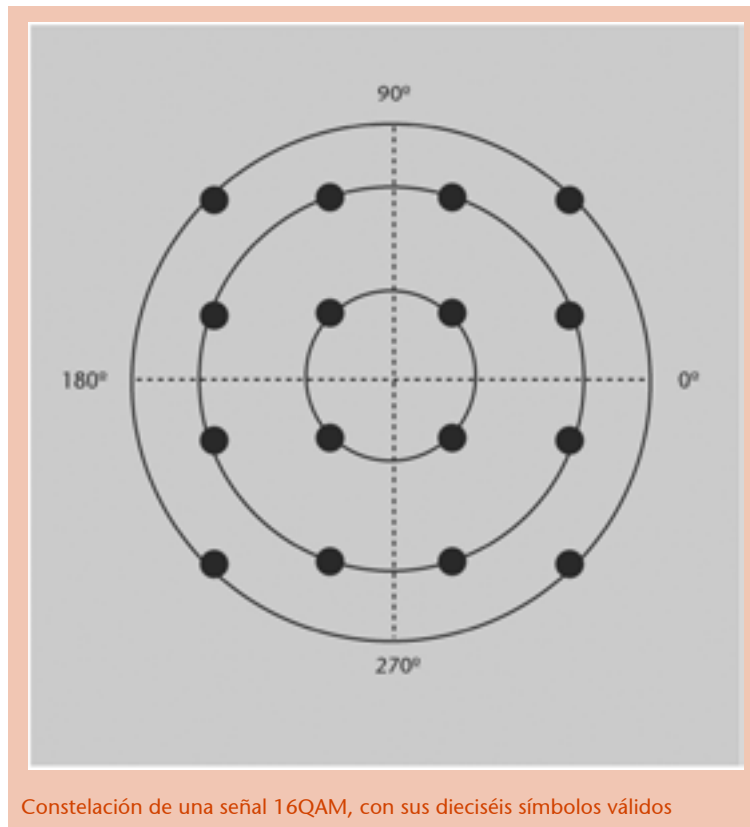
En algunas ocasiones es posible encontrar modulaciones PSK con ocho o dieciséis fases válidas; se pueden asignar hasta tres o cuatro bits por variación de fase o símbolo, lo que permite aumentar la relación entre la tasa de bits que se transmite y el ancho de banda, de modo que se consigue una mayor efectividad en la transmisión. Cuando esto suceda, el decodificador deberá ser capaz de discernir entre fases más próximas entre sí, con lo que se incrementaría la posibilidad de error.

En algunas ocasiones, las fases válidas en las modulaciones QPSK son 45° , 135° , 225° y 315° . Cuando esto suceda, se trabaja con la misma metodología; es decir, prácticamente no hay diferencias.



QAM (Quadrature Amplitud Modulation)

La señal QAM utiliza una mezcla de modulación en amplitud y modulación en fase, combinación con la que se pueden llegar a conseguir muchos más símbolos por constelación. Normalmente se trabaja con la 16QAM, modulación que nos indica que combinando de forma adecuada amplitud y fase podemos encontrar hasta dieciséis símbolos distintos en la constelación. De esta forma se pueden asignar palabras de cuatro bits a cada símbolo, con lo que se incrementaría la efectividad de la modulación.



Con esta constelación se consiguen tres niveles distintos de amplitud y doce posibles fases.

En algunas ocasiones es posible encontrar modulaciones QAM capaces de generar hasta 64, 256 o más símbolos por constelación. Cuantos más símbolos utilicemos, mayor será la efectividad de la modulación, pero menos inmune será a las posibles interferencias. Por esta razón, las modulaciones 64QAM y 256QAM sólo se utilizan en canales poco ruidosos o en aquellas aplicaciones en las que aun existiendo ruido se requiere una señal muy efectiva, o porque hay un elevado flujo de datos, o un reducido ancho de banda para la transmisión. En estas ocasiones será imprescindible la utilización de códigos de corrección de errores.

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

La OFDM es más una técnica de transmisión que un proceso de modulación. Ésta consiste en transmitir los datos de forma interválica como si de paquetes se tratara;

una información vital en este proceso es el intervalo de tiempo existente entre paquete y paquete, al cual podemos denominar T_e (tiempo de espera).

El emisor, en lugar de transmitir la información con una única portadora, utiliza varias portadoras al mismo tiempo. Cada una de ellas transporta la misma información, y periódicamente va dejando de transmitir.

Durante la transmisión, cada portadora seguirá un trayecto distinto, por lo que no llegarán al receptor simultáneamente. De todos modos, dado que se van transmitiendo los datos de forma interválica durante el tiempo de espera (T_e), al receptor le llegarán todas las portadoras en instantes distintos pero con la misma información. Durante el tiempo de espera (T_e) el descodificador no hace nada cuando se ha superado este tiempo, ya no acepta más señales de entrada y compara todas las señales que le han llegado en el intervalo (T_e). Dado que todas las portadoras transportan los mismos datos, cuando las compare podrá recuperar con mucha probabilidad todos los datos originales, así en el caso de que alguna portadora haya sufrido alguna interferencia, ésta no afectará a los datos descodificados, ya que la mayoría de las portadoras llevaban la información correcta. Las portadoras pueden estar moduladas en QPSK o en QAM.

Este tipo de transmisión es muy habitual en DVB-T, o sea, la difusión de datos vía terrestre. En la DVB-T se contemplan dos variantes para la difusión: una que utiliza 1.705 portadoras, más conocida como 2K, y otra que transmite 6.817 portadoras simultáneamente, más conocida como 8K.

La OFDM 2K se usa cuando se trabaja con repetidores que utilizan frecuencias distintas de las que utilizan los transmisores. En este caso, los transmisores utilizan un margen de frecuencias, mientras que los reemisores utilizan otro. La OFDM 8K se utiliza cuando los transmisores y reemisores trabajan en el mismo margen de frecuencia. Con esta técnica se pueden llegar a cubrir grandes extensiones de terreno.

Métodos de transmisión

Introducción

El DVB es el campo de las telecomunicaciones encargado de definir todas aquellas especificaciones técnicas necesarias para la difusión de señales de televisión digital. Existen una gran cantidad de entidades y organismos que se dedican a definir todos estos parámetros tan a nivel internacional (ISO, IEC, ITU) como a nivel europeo (ETSI, EBU, CENELEC, etc...) como a nivel nacional (empresas de radiodifusión, organismos de normalización nacionales,...). En estados unidos todas las decisiones importantes en materia de radiodifusión las toma la Federal Communications Commission (FCC).

En el DVB se definen tan normas de difusión, servicios asociados, tales como multi-programación por canal, televisión de pago (pay per view), canales interactivos, teletexto, etc...

Existen gran cantidad de formas de difusión de información y todas ellas forman parte del DVB, como las transmisiones vía satélite, cable, terrestre, SMATV (Antenas colectivas o de distribución) o MVDS (microondas).

Independientemente del canal de transmisión utilizado, los datos llegarán al usuario final codificados y este los deberá descodificar, el proceso de recibir y descodificar lo realiza el IRD (Integrated Receiver & Decoder) que se encuentra en una caja añadida al televisor (Set-Top Box o STB), este aparato es el encargado de sintonizar, demodular y descodificar los datos transmitidos para entregarlos al TV como una señal analógica convencional.

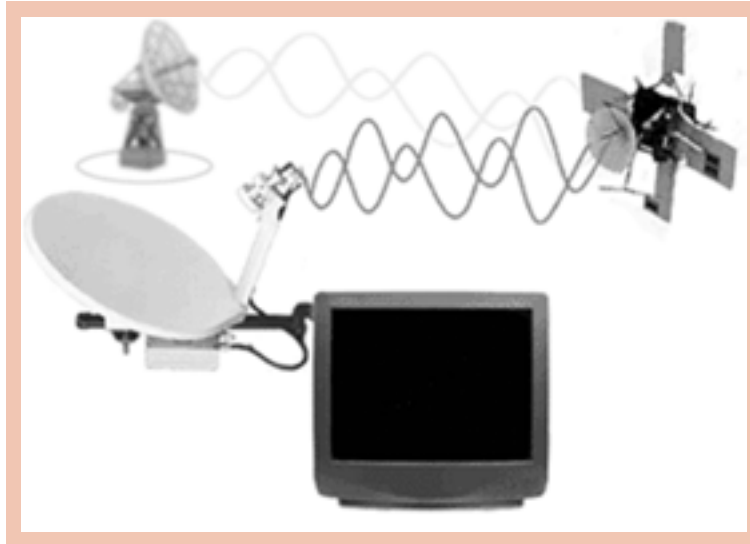


Aunque en la DVB existen gran cantidad de variantes, básicamente se dispone de tres medios o vías de propagación de datos: Satélite, cable y terrestre, que a su vez son las más utilizadas. Todas ellas tienen ventajas y desventajas sobre las otras, lo cual ha sido durante mucho tiempo y continua siendo motivo de discusión, cuando se ha pretendido escoger uno de los canales como estándar principal.

Transmisión vía satélite DVB-S

Las especificaciones para transmisiones vía satélite quedan contempladas en el documento ETS 300 421, en este documento se contempla toda la información referente a la definición del sistema, adaptación de la señal a las características de transmisión, técnicas de codificación (incluyendo la corrección de errores), características de la señal en el proceso de recepción y tipo de modulación digital utilizada, que habitualmente acostumbra a ser la modulación QPSK.

En esta aplicación la información se transmite de la cadena de producción, (canales temáticos, cadenas de televisión, centros de emisión, ...) al satélite, mediante una antena parabólica, todos los datos multiplexados de audio y video de distintos programas, en una estructura de trama transport stream TS de 188 bytes.



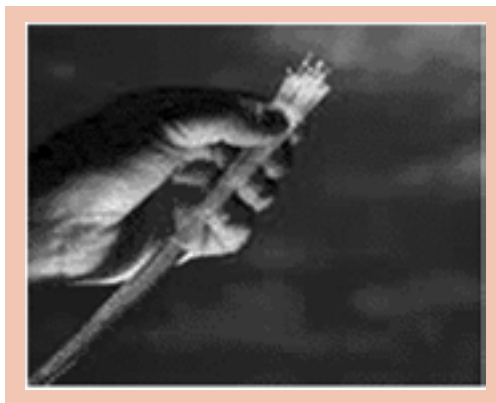
Seguidamente el satélite será el encargado de distribuir todos estos datos hacia distintos receptores. En este caso se puede encontrar antenas parabólicas individuales (para un único usuario), antenas parabólicas para una comunidad de vecinos (SMATV), o antenas receptoras para su posterior reenvío mediante comunicación por cable o terrestre.

En estos dos últimos casos es posible que los operadores de cable y terrestre deseen modificar el orden de la parilla de contenidos (ej: para introducir nueva publicidad) y la codificación de datos, es por esta razón que habitualmente antes de que se produzca la retransmisión de datos los descodifiquen y reordenen tal como mas les convenga.

Transmisión vía cable DVB-C

Las especificaciones en las que se recogen las características de codificación de datos para la transmisión vía cable, quedan descritas en la recomendación ETS 300 429, esta especificación se creó conjuntamente con la del DVB-S, en enero del 1995. En esta se puede observar el elevado grado de compatibilidad que se pretende conseguir entre el DVB-C y el DVB-S, esta compatibilidad es importante debido a que en muchas ocasiones la señal que se transmita por satélite habrá previamente viajado por cable y viceversa.

La principal característica de este sistema recae en la bidireccionalidad de datos, entre difusores y usuarios, esto permite enormes ventajas, como internet en banda ancha, videoconferencia, telecompra, videoteléfono, etc... aunque los otros sistemas también lo permitan mediante la utilización de líneas telefónicas con la inserción de un módem en el Set Top Box, en DVB-S y DVB-T el flujo de datos que permite el canal de retorno es muy inferior o sea son mas lentos.



Las comunicaciones en DVB-C son poco ruidosas, lo cual permite la utilización de una modulación digital que contenga muchos bits por símbolo en contra de una robustez de la señal. Por esta razón habitualmente las transmisiones por cable utilizan modulación 64-QAM, con este tipo de modulación se consigue un ancho de banda de unos 8 Mhz lo cual es prácticamente igual al de un canal de televisión analógico. De todas formas también se contempla la posibilidad de trabajar con otras constelaciones de la modulación QAM (ej: 16 QAM, 32 QAM, 128QAM y 256 QAM).

Transmisión vía terrestre DVB-T

Actualmente este es el sistema con mayor implantación en España, esto es debido a los reducidos costes de su infraestructura. El DVB-T utiliza para la transmisión de datos las antenas de televisión convencionales con lo que tan solo es necesario que el usuario adquiera un Set Top Box y lo conecte a la toma de antena de televisión analógica.

En este caso la bidireccionalidad de datos se consigue mediante un módem interno que incorpora el decodificador conectado a la red telefónica, lo cual supone un canal de banda estrecha.

Una de las propiedades interesantes de este sistema es la capacidad de transmitir datos para receptores fijos y móviles, esto permitiría el diseño de televisores portátiles o la utilización del teléfono móvil para recibir señales de televisión.



Este tipo de transmisión es mas ruidosa que las transmisiones vía satélite y vía cable, por esta razón se utiliza una modulación OFDM, este tipo de modulación permite mediante sus dos variantes 2K y 8K la cobertura de grandes superficies con un reducido coste.

