

Principios básicos de transmisión por radio (Autor: Miguel Angel Montejo Ráez)

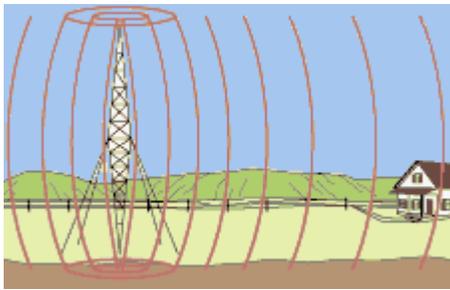
Conceptos básicos

Las ondas de Radio son un tipo de ondas electromagnéticas, lo cual confiere tres ventajas importantes:

- No es necesario un medio físico para su propagación, las ondas electromagnéticas pueden propagarse incluso por el vacío.
- La velocidad es la misma que la de la luz, es decir 300.000 Km/seg.
- Objetos que a nuestra vista resultan opacos son transparentes a las ondas electromagnéticas.

No obstante las ondas electromagnéticas se atenúan con la distancia, de igual forma y en la misma proporción que las ondas sonoras. Pero esta desventaja es posible minimizarla empleando una potencia elevada en la generación de la onda, además que tenemos la ventaja de la elevada sensibilidad de los receptores.

Generación y propagación de las ondas



Las ondas de radio son generadas aplicando una corriente alterna de radiofrecuencia a un antena. La antena es un conductor eléctrico de características especiales que debido a la acción de la señal aplicada genera campos magnéticos y eléctricos variables a su alrededor, produciendo la señal de radio en forma de ondas electromagnéticas.

Estas ondas se transmiten desde un punto central (la antena emisora) de forma radial y en todas direcciones, pero podemos diferenciar tres formas de transmisión:

- **Onda de tierra:** en principio las ondas de radio se desplazan en línea recta, atravesando la mayoría de los objetos que estén en su camino con mayor o menor atenuación. Las pérdidas por dicha atenuación dependen de la frecuencia de la transmisión y de las características eléctricas de la tierra o el material atravesado. En términos generales a menor frecuencia mayor es el alcance de la onda y cuanto menor sea la densidad del material más fácil será atravesarlo.

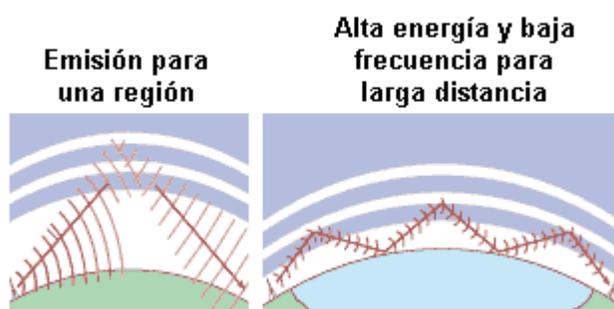
Parte de esta onda es reflejada por la superficie terrestre.

- **Onda visual o directa:** es refractada en la baja atmósfera (refracción troposférica) debido a los cambios en la conductividad relativa en sus capas.
- **Onda espacial:** la atenuación en el aire es muy pequeña, lo que hace que la onda pueda alcanzar las capas altas de la atmósfera (ionosfera) y ser reflejada en su mayor parte de vuelta a tierra.

El mayor inconveniente que tendremos es que la transmisión de estos tres frentes no se hace a la misma velocidad, ya que las ondas reflejadas se retrasan con respecto a la onda directa, produciéndose un desfase que genera ruido (e incluso llegando a anular la onda si el desfase es de 180 grados). Para reducir este efecto hay que elevar la antena, ya que aumentando la altura se disminuye el ángulo de desfase.

Otro inconveniente es que en onda media la onda espacial no regresa a tierra durante el día pero sí durante la noche, debido a que la altura de la ionosfera se reduce. En cuanto a onda corta tenemos adicionalmente el inconveniente que a partir de una frecuencia crítica las ondas no son reflejadas a tierra y escapan al espacio.

Transmisión a larga distancia



Basándonos en el efecto de refracción en la ionosfera y en la capa terrestre es posible transmitir a largas distancias. Para ello debemos emplear ondas de gran energía y de baja frecuencia.

Métodos de transmisión

Hasta el momento hemos visto como se generan y propagan las ondas de radio, pero de nada sirve enviar una onda electromagnética si no lleva consigo el transporte de alguna información.

El Morse

Un primer intento de aprovechar la transmisión de una onda electromagnética para enviar una información fué el Morse. El código Morse sustituye letras, números y signos ortográficos por puntos y rayas, lo cual equivale a interrumpir la señal en intervalos más o menos frecuentes. Un punto equivale a una señal de existencia corta y una raya a una señal de existencia un poco mayor. Pero este sistema presenta rápidamente dos problemas:

- El receptor debe conocer el código Morse (lo que requiere un aprendizaje).
- No podemos transmitir información musical o visual.

La modulación

Este sistema, que actualmente aún se emplea, parte de dos ondas:

- Onda portadora: es la encargada de fijar la frecuencia de transmisión y es la que alteraremos para que transporte la información que queremos.
- Onda moduladora: es la onda que queremos transmitir (voz, música, datos, etc...).

El proceso de modulación se basa alterar de una forma determinada la onda portadora en función de la onda moduladora, obteniéndose como resultado final la onda modulada que será radiada.

Para ello nos basaremos en los dos parámetros más importantes de una onda:

- La amplitud.
- La frecuencia.

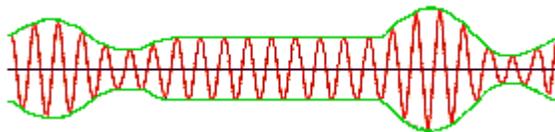
En función del parámetro empleado vamos a tener dos posibles tipos modulación:

- Modulación en amplitud (AM).
- Modulación en frecuencia (FM).

Por supuesto existen más tipos de modulación, pero sólomente tienen interés para transmisión radioeléctrica estas dos.

Modulación en amplitud (AM)

La modulación en amplitud fué el primer método de transmisión por radio. Se basa en variar la amplitud de la onda portadora en función de la amplitud de la onda moduladora, obteniendo como resultado una onda modulada que contiene a la moduladora. Si unimos los extremos de la onda modulada obtendremos la señal moduladora y su simétrica (trazado en verde en el siguiente gráfico):



Un parámetro importante es el porcentaje de modulación, que indica la amplitud mínima o nivel cero de la onda modulada. Una modulación al 100% indica que la amplitud mínima será cero.

Se puede demostrar matemáticamente que la onda modulada final se puede descomponer en tres señales: una de frecuencia igual a la portadora y otras resultado de sumar y restar la frecuencia de la moduladora a la de la portadora. Es decir, si tuviéramos una portadora de 500 KHz y la onda moduladora posee una frecuencia máxima de 20 KHz (como las señales musicales) obtendremos tres ondas: una de 500 KHz y dos bandas laterales de 480 KHz y 520 KHz. Esto es importante para saber el ancho de banda que ocupa la transmisión (en este caso $20+20=40$ KHz).

Optimización de la potencia

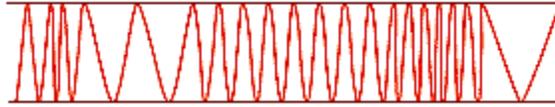
Como consecuencia de todo lo anterior vamos a obtener que en el mejor de los casos (porcentaje de modulación del 100%) la onda portadora consume el 50% de la potencia y cada banda lateral un 25%. Esto se resuelve filtrando la onda modulada antes de emitirla, con lo que nos situamos en uno de los siguientes sistemas:

- Modulación en doble banda lateral (DSB): se suprime la frecuencia central (portadora).
- Modulación en banda lateral única (BLU o SSB): suprime la portadora y una de las bandas laterales.
- Modulación en banda lateral vestigial (BLV): se suprime una parte de una de las bandas laterales. Este sistema se emplea en imagen de TV (vídeo).

Empleando uno de los sistemas anteriores obtendremos un mayor aprovechamiento de la potencia y ocuparemos un menor ancho de banda.

Modulación en frecuencia (FM)

La modulación en Frecuencia es la técnica de transmisión por radio más popular actualmente. La FM es tan popular porque es capaz de transmitir más información del sonido que queremos transmitir, ya que en AM si se transmiten sonidos que están a frecuencias muy altas se consume un gran ancho de banda. La modulación en frecuencia se basa en variar la frecuencia de la portadora con arreglo a la amplitud de la moduladora.



Supongamos que tenemos una señal moduladora cuya máxima amplitud es de 1V (valor de pico) y una onda portadora de 1000 KHz. Si suponemos que para este valor de amplitud la frecuencia de la portadora se desvia 15 KHz (simétricamente, es decir +15 KHz y -15 KHz), conforme oscile la señal moduladora la frecuencia de la portadora oscilará entre 985 KHz y 1015 KHz, ocupando un ancho de banda de 30 KHz. En este sistema de modulación también tenemos un problema práctico, y es que rara vez el ancho de banda de la transmisión es inferior a diez veces el de la señal moduladora.

Bandas de frecuencia

Internacionalmente se han dividido todo el espectro de frecuencia en las denominadas bandas de frecuencia. Esto se hace así para poder delimitar el acceso de los usuarios a estas bandas. Hay que mencionar que esta clasificación no es global y que algunos países difieren en su delimitación, pero en general podemos aceptarlas como generales.

Denominación	Siglas	Margen de frecuencias
Frecuencias muy bajas	VLF	3 - 30 KHz
Frecuencias bajas	LF	30 - 300 KHz
Frecuencias medias	MF	300 - 3000 KHz
Frecuencias altas	HF	3 - 30 MHz
Frecuencias muy altas	VHF	30 - 300 MHz
Frecuencias ultra altas	UHF	300 - 3000 MHz
Frecuencias super altas	SHF	3 - 30 GHz
Frecuencias extra altas	EHF	30 - 300 GHz

Las bandas de frecuencia más baja se reservan para las emisoras que transmiten en AM, mientras que las de FM transmiten sobre los 100 MHz.

La única banda que está libre para cualquier uso (como radiocontrol) y para cualquier persona es la banda de los 27 MHz, pero debido a esto está bastante saturada y sólo es conveniente utilizarla para practicar con montajes caseros y sistemas de poco alcance (no más de 100m).