

# Introducción a los enlaces wireless

Conceptos básicos y definición de unidades – 1ª parte

*Hoy es habitual el uso de enlaces wireless (inalámbricos) para la transmisión de datos de todo tipo, aplicación a la que no escapa la seguridad electrónica, en especial el video IP. Radiofrecuencia, longitud de onda y decibels son conceptos que repasaremos en esta nota.*



**Diego Pitrelli**  
Responsable técnico Selnet  
dpitrelli@selnet-sa.com.ar

Cada día que pasa, los enlaces wireless encuentran más y más aplicaciones. En la actualidad, llegaron al mundo de la seguridad electrónica, más específicamente utilizados en tecnología de video por IP. Trataremos de explicar en esta nota (que continuará en próximas ediciones) cuál es el principio de su funcionamiento.

Es inevitable comenzar por la historia de la radiofrecuencia y sus principios físicos, ya que es, verdaderamente, la base de todo aquello que hoy se denomina wireless (o inalámbrico en su traducción al español).

## ¿QUÉ ES LA RADIOFRECUENCIA?

El término "radiofrecuencia" hace referencia a las primeras comunicaciones de radio AM a través de las cuales sólo se transmitía audio. Ese mismo término se aplica, hoy, a un segmento especial del espectro de frecuencias, sin importar qué tipo de información se está transportando: señal de televisión, audio, datos, telefonía, radar, etc.

¿Y cómo definimos la frecuencia? Es la cantidad de veces que una señal se repite en el lapso de un segundo y se mide en hercios (Hz) en honor a Heinrich Rudolf Hertz, inventor y físico alemán que descubrió la propagación de las ondas electromagnéticas en el espacio. Así entonces, un hercio o hertz (1 Hz) corresponde a un ciclo por segundo de una señal cualquiera.

Las frecuencias se agrupan según determinados rangos o espectros. El caso de la radiofrecuencia se condice con la porción menos energética de las ondas electromagnéticas; está compuesto por todas aquellas señales que se encuentran entre los 3 Hz y los 300 GHz. Es decir: el espectro de radiofrecuencia es de 3 Hz a 300 GHz.



Ahora vamos por lo más importante: ¿qué son las ondas electromagnéticas?

Todos conocemos los efectos del campo magnético de un imán y también los de un campo eléctrico a través de las descargas que ocurren, por ejemplo, al cerrar una puerta de un automóvil, al frotar alguna superficie o, en su mayor expresión natural, con la caída de un rayo. Si bien son dos campos de características diferentes, están estrechamente ligados entre sí y tienen una importancia muy grande para nuestra existencia tal cual la conocemos. ¿Parece una exageración? Quizá, pero no lo es: la luz, el calor, los rayos X, nuestra visión, los rayos ultravioletas, las microondas, la radiofrecuencia y las frecuencias súper bajas son todas manifestaciones de la misma interacción de campos eléctricos y magnéticos, exclusivamente diferenciadas por la frecuencia a la que oscilan sus ondas.

## ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

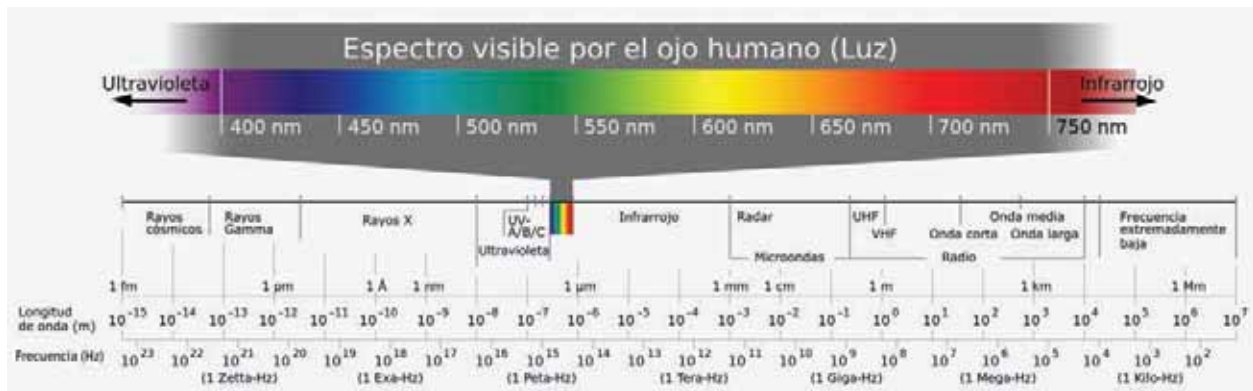
No hace mucho tiempo, a fines del siglo XIX, alguien llamado James Clerk

Maxwell, físico y matemático inglés, logró dar unidad a las ecuaciones que describían el comportamiento de los campos eléctrico y magnético. Entre estas leyes están la ley de Ampère, la ley de Faraday o ley de Lenz y la ley de Gauss.

James Maxwell lograría unificar todas estas leyes en una descripción coherente del campo electromagnético, demostrando las bases teóricas de la propagación de sus ondas. Pocos años después, en 1887, Hertz fue el primero en validar experimentalmente la teoría de Maxwell.

Como está fuera de las pretensiones de esta nota (y probablemente también fuera de nuestro alcance), no vamos a desplegar estas ecuaciones; aunque sí vamos a explicar algunas consecuencias que de ellas se dependen y el porqué de la creación de las distintas ondas.

Mientras los campos magnéticos o eléctricos permanecen estáticos (o sea que no varían su intensidad o posición en el espacio), ninguna onda se formará.



Pero resulta que cuando un campo eléctrico varía, genera un campo magnético que también varía; y cuando ese campo magnético varía, genera otro campo eléctrico que también varía, dando lugar a que se vuelva a formar un nuevo campo eléctrico que varía y así indefinidamente. Esta interacción crea una onda que se propaga, cuyas propiedades dependerán de su frecuencia: esta es una onda electromagnética. Resumiendo, un campo eléctrico variable engendra un campo magnético variable y éste, a su vez, otro campo eléctrico variable y así sucesivamente, lo que forma una onda que se propaga.

Dato histórico: el primer sistema práctico de comunicación mediante ondas de radio fue del ingeniero Guillermo Marconi, quien en 1901 realizó la primera emisión trasatlántica radioeléctrica utilizando diseños de Nikola Tesla, un inventor, ingeniero mecánico, ingeniero electricista y físico de origen serbio considerado como el promotor más importante del nacimiento de la electricidad comercial.

Unos detalles más que luego serán útiles para explicar algunos conceptos: los campos magnéticos y eléctricos se generan en cuadratura (es decir, forman un ángulo de 90° entre ellos) y la onda avanza perpendicular al plano que estos generan. También se observa que cuando un campo alcanza su valor máximo el otro también lo hace. Lo mismo sucede cuando pasan por cero.

**LONGITUD DE ONDA (WAVELENGTH)**

Generalmente representada por la letra griega Lambda ( $\lambda$ ), la longitud de onda no es otra cosa que la distancia que recorre la onda por cada ciclo, para lo cual necesario saber a qué velocidad se desplaza. Las ondas electromagnéticas se mueven en el vacío y en el aire a una velocidad muy bien conocida y esta es la velocidad de la luz (la luz, recordemos, es una onda electromagnética). La letra utilizada como constante para la velocidad de la luz en el vacío

es “c”. Según lo predijo Einstein hace pocos años, esta es la máxima velocidad que admite la naturaleza, ecuación que ya ha sido verificada.

$c = 299.792.458 \text{ m/s}$ , que suele redondearse a  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ , o sea un 3 seguido de 8 ceros.

Entonces, podemos determinar la longitud de onda con una cuenta sencilla: la velocidad de la luz dividida por la frecuencia. En una fórmula, se expresa como  $\lambda = c/f$ . La longitud nos dará una idea del tamaño de los objetos que serán un obstáculo para la onda, así como donde ésta podría reflejarse o absorberse.

Cabe mencionar que una onda electromagnética se propaga en todas las

direcciones como un frente de onda esférico. Sin embargo, a corta distancia de la fuente de emisión puede considerarse un frente de onda plano.

**PROPIEDADES DE LAS ONDAS SEGÚN SU FRECUENCIA**

SHF (siglas del inglés *Super High Frequency*, frecuencias súper altas) es una banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 3 GHz a 30 GHz. También es conocida como la banda “centimétrica”, con un rango de frecuencias que oscilan de 10 a 1 centímetro. Si hacemos la cuenta para 2.4 GHz, donde “G” Giga son nueve ceros (mil millones) de ciclos por segundo:

$\lambda = 300.000.000 / 2.400.000.000 = 0.125 \text{ m}$   
 $\lambda = 12.5 \text{ cm}$  de longitud de onda

CLASIFICACIÓN DE LAS ONDAS DE RADIOFRECUENCIA			
Sigla	Espectro	Denominación	Empleo
VLF	10 kHz a 30 kHz	Muy baja frecuencia	Radio gran alcance
LF	30 kHz a 300 kHz	Baja frecuencia	Radio, navegación
MF	300 kHz a 3 MHz	Frecuencia media	Radio de onda media
HF	3 MHz a 30 MHz	Alta frecuencia	Radio de onda corta
VHF	30 MHz a 300 MHz	Muy alta frecuencia	TV, radio
UHF	300 MHz a 3 GHz	Ultra alta frecuencia	TV, radar, telefonía móvil
SHF	3 GHz a 30 GHz	Súper alta frecuencia	Radar
EHF	30 GHz a 300 GHz	Extremadamente alta frecuencia	Radar

Más adelante en esta nota nos iremos enfocando en SHF y sus propiedades, ya que los enlaces de datos que se utilizan comercialmente en la actualidad se encuentran entre los 2.4 GHz y los 5.9 GHz y otro rango alrededor de 24 GHz

### MÁS CONCEPTOS

¿Qué es un decibel o decibelio y por qué se escribe dB? La "d" en minúscula y la "B" en mayúscula es porque las magnitudes que derivan del nombre propio del científico que las descubrió o determinó se escriben en mayúscula, mientras que los multiplicadores o prefijos generalmente van en minúscula.

Por ese motivo, por ejemplo, kilo (k), metro (m) o gramo (g) son abreviaturas que se escriben en minúscula, pues no derivan de nombres propios. En el caso del decibel, la "d" es de "décimo" (la décima parte) y "B" viene de "Belio", nombre que recibió en honor a Alexander Graham Bell. En su expresión matemática, 1 dB es el logaritmo de la relación entre la magnitud estudiada y la magnitud de referencia en base 10. Expresado en fórmula, donde "Pe" es la señal de entrada y "Ps" la señal de salida:

$$dB = 10 \cdot \log_{10} Ps/Pe$$

Aunque suene complicado, no lo es tanto. Sólo debemos tener en cuenta que no se trata de una magnitud absoluta sino que es, simplemente, una relación de comparación. La cifra en decibels no indica nunca un valor absoluto de algo, sino la relación entre dos elementos. Algo así como decir

"es tantas veces más grande que" o "tantas veces más chico que".

Si hay ganancia de señal (amplificación) la cifra en decibelios será positiva; si hay pérdida (atenuación), será negativa.

Para tener algunas referencias:

- 0 dB es como multiplicar por uno.
- 3 dB es el doble de algo.
- 6 dB es 4 veces.
- 10 dB es 10 veces.
- 20 dB es 100 veces.
- 30 dB es 1000 veces.
- 35 dB es 3162 veces.
- -3 dB es la mitad de algo.
- -10 dB es dividir por 10.
- -20 dB es dividir por 100.

La ventaja de trabajar con decibelios (unidades logarítmicas) es que los logaritmos tienen una interesante propiedad, la cual se puede expresar de la siguiente manera:

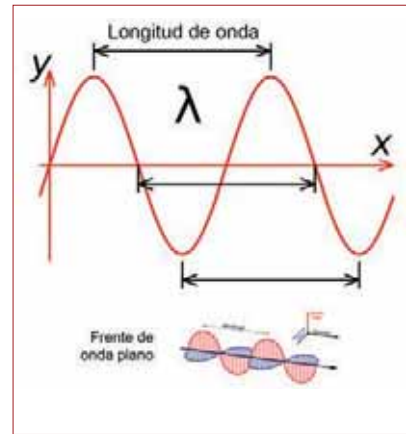
$$\log(A \times B) = \log(A) + \log(B)$$

La naturaleza, muchas veces, se porta de forma logarítmica y no lineal.

### GANANCIA DE UNA ANTENA

Concluiremos esta primera parte con el siguiente concepto: una antena puede ser definida como la región de transición de una onda electromagnética de la línea de transmisión al espacio libre. Mientras una línea de transmisión está diseñada para minimizar la radiación (pérdidas), una antena está diseñada para optimizarla (ganancia).

Una antena de ganancia 0 es una antena isotrópica, es decir una antena que radia en todas las direcciones con la misma potencia. Es decir, una esfera



que se va expandiendo, que tiene como mejor ejemplo al sol.

Cuando decimos que una antena tiene X ganancia en dB, lo que estamos diciendo es que gana X veces más (según su cantidad de decibels) con respecto a lo que radiaría una antena isotrópica. En este caso, el mejor ejemplo es una linterna: mientras que la lamparita sola radiaría luz en todas las direcciones, al tener un espejo en forma de parábola puede concentrarse esa energía en un lugar menor pero con más potencia. Entonces, ganamos tantos dB en relación a lo que era cuando radiaba para todos lados.

Hasta acá llegamos por ahora. En próximas entregas trataremos temas como polarización de las antenas, diagramas de radiación, atenuación del espacio libre, línea de vista, zonas de Fresnel interferencias constructivas y destructivas, cálculo de un enlace, modulaciones y transferencia de datos CDMA, entre otros. ■