

# Ayudantía 8 Comunicaciones Digitales

## "Spread Spectrum y Tasa de Error"

Nicolás Araya Caro

Docentes:  
Diego Dujovne - Carlos García

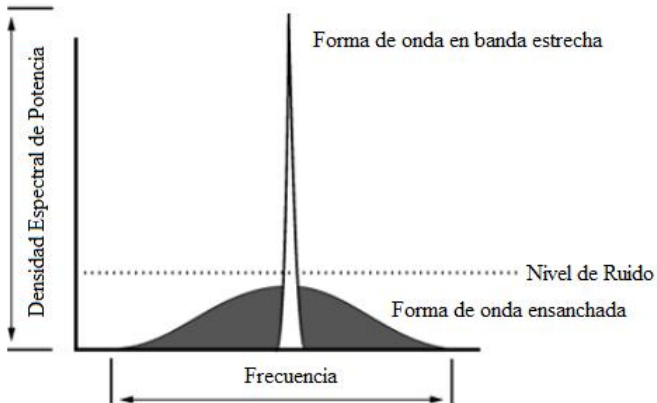
29 de mayo de 2022

Durante la segunda guerra mundial había una necesidad de camuflar las señales que eran enviadas en el ejercito. Como resultado nace una idea diferente a la forma tradicional de enviar señales.

En vez de enviar la señal por sobre el nivel del ruido, codifica la señal y enviarla por debajo del ruido. Como medida extra de seguridad, varía la frecuencia constantemente.

Como resultado, el sistema de comunicación posee una capacidad acceso de múltiples usuarios y camuflaje para su protección. Esto tiene utilidad en los sistemas que poseen una gran cantidad de usuarios y que por lo tanto no pueden asignar una frecuencia dedicada a cada uno. (Ej: Wifi, Redes móviles).

El trade-off que debe hacer el sistema, es el uso de un mayor ancho de banda y una modulación de forma diferente.



La modulación utilizada por espectro expandido corresponde a la utilización de un conjunto de bits generado de forma pseudo-aleatoria que son asignados a cada bit de la señal a modular denominados *Chips*.

- Debido a esto, la señal transmitida con espectro expandido posee una velocidad de salida en *chips*  $R_C[\frac{\text{chips}}{\text{segundo}}]$
- La señal a modular posee una velocidad en bits  $R_B[\frac{\text{bits}}{\text{segundo}}]$
- El ancho de banda utilizado por el sistema es:

$$B_T = 2R_C[\text{Hz}]$$

Además, el espectro expandido posee características determinadas por la razón entre  $R_C$  y  $R_B$ :

- Spreading Factor (SF):  $= \frac{R_C}{R_B} [\text{veces}]$
- Ganancia de procesamiento:  $= \frac{R_C}{R_B} [\text{veces}]$
- Reducción de interferencia:  $= \frac{R_C}{R_B} [\text{veces}]$
- Relación señal/ruido:  $= \frac{R_C}{R_B} [\text{veces}]$

La tasa de error de bit es una medida para determinar la cantidad de bits erróneos en un intervalo de tiempo. Está definido como:

$$BER = \frac{E}{N}$$

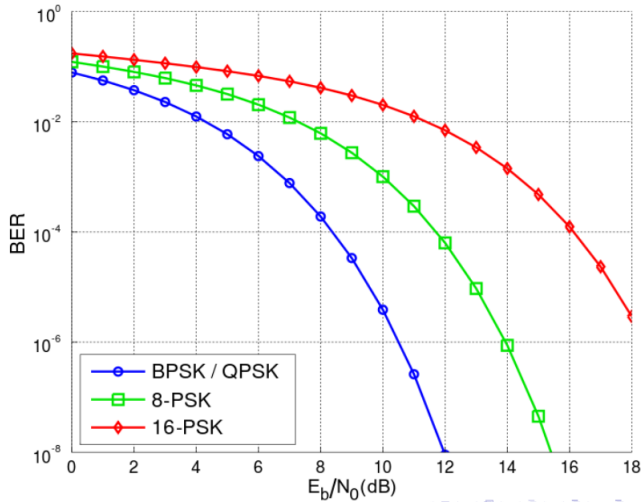
Donde E es la cantidad de bits erróneos y N la cantidad de bits totales que se transmitieron. La utilidad de la tasa de error se radica en la capacidad

de evaluar un sistema de punto a punto y poder averiguar donde puede haber un problema.

Ej: BER es mayor entre un nodo intermedio y el receptor que entre el transmisor y el nodo intermedio.

El BER de un enlace es afectado por cualquier factor que influencia la relación señal y ruido. Como otras antenas, clima, edificios, etc. Uno de los factores controlables es la modulación utilizada bajo cierto niveles de energía utilizados. Para comparar las modulaciones se utilizan gráficas y tablas que compilan las BER teóricas de las diferentes modulaciones





El eje  $E_b/N_0$  es una medida normalizada de la relación señal y ruido (SNR). En la que:

- $E_b$ : Energía enviada por bits [Joules]
- $N_0$ : Densidad espectral de potencia de ruido [ $\frac{W}{Hz}$ ]

Esta medida es equivalente a la SNR dividida por la eficiencia espectral del enlace. Es decir:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{\left(\frac{S}{N}\right)}{\left(\frac{R}{B}\right)}$$

Donde:

- $\frac{R}{B}$  es la eficiencia espectral
- $\frac{S}{N}$  es la relación señal-ruido (División de las potencias de cada una).