Formulario – Comunicaciones Digitales

Luca Martino y
Francisco Rodríguez Ruiz

Apuntes-Laboratorio
no revisados (cuidado!!!)

Tasas – “velocidades”

- Tasa de símbolo (*velocidad* de transmisión de símbolos)

$$\boxed{R_s = \frac{1}{T}}$$

BAUDIOS (símbolos/segundos)

Periodo de símbolo

- Velocidad binaria, tasa binaria, régimen binario

$$\boxed{R_b = mR_s = \log_2(M)R_s = \frac{\log_2(M)}{T}}$$

Bits/segundos

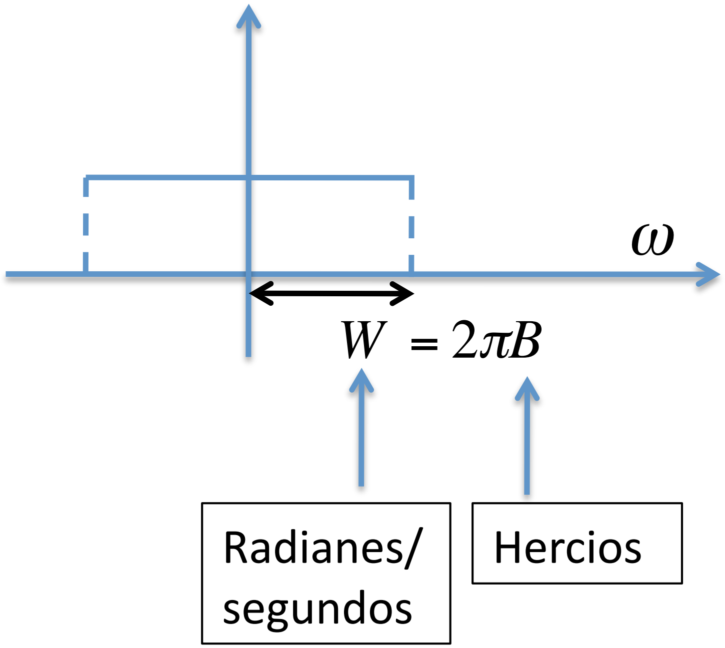
Numero de Bits

Numero de símbolos

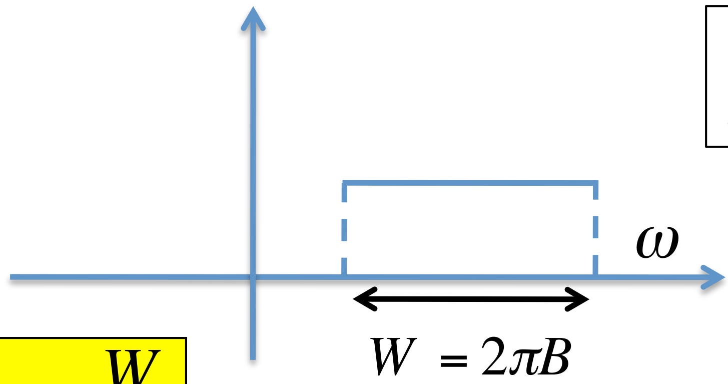
Velocidad máxima sin que exista ISI

- En banda base (bajas frecuencias)

$$\boxed{R_{s,MAX} = \frac{1}{T_{\min}} = 2B = \frac{W}{\pi}}$$



- Paso-banda



$$\boxed{R_{s,MAX} = \frac{1}{T_{\min}} = B = \frac{W}{2\pi}}$$

Ancho de Banda mínimo para que no exista ISI

- El ancho de banda mínimo necesario para no tener ISI, dada una velocidad de transmisión, es (banda-base)

$$W_{MIN} = \frac{\pi}{T} = \pi R_s$$

Radianes/segundos

$$B_{MIN} = \frac{1}{2T} = \frac{1}{2} R_s$$

Hercios (Hz)

Banda-base

Consideración importante

- Resumen: *Para que no exista ISI,* tenemos una relación entre *ancho de banda (W)* y *velocidad de transmisión (Rs)*: fijado un ancho de banda tenemos una tasa máxima a la cual podemos transmitir, fijada una velocidad de transmisión hay un ancho de banda mínimo que tenemos que utilizar.

Dada un ancho de banda W → Velocidad *máxima* Rs

Dada una velocidad Rs → Ancho de banda *mínimo* W

Para eliminar la ISI

Pulso en coseno alzado

- En este caso, según aumentamos el factor de caída α , la amplitud de las colas en el dominio temporal se hace más pequeña (se puede interpretar como menos longitud temporal), y utilizamos más ancho de banda (respecto al valor mínimo para que no hay ISI).

$$\boxed{W = \frac{(1+\alpha)\pi}{T} = (1+\alpha)\pi R_s}$$

$$\boxed{B = \frac{(1+\alpha)}{2T} = \frac{1}{2}(1+\alpha)R_s}$$

BANDA BASE

$$\boxed{W = 2\frac{(1+\alpha)\pi}{T} = 2(1+\alpha)\pi R_s}$$

$$\boxed{B = (1+\alpha)R_s}$$

PASO BANDA

Convolución y función de ambigüedad

- Por definición de convolución tenemos

$$\boxed{C(t) = f(t) * h(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\tau)h(t-\tau)d\tau}$$

o lo mismo

$$\boxed{C(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)h(\tau - t)dt}$$

- y la función de ambigüedad (*autocorrelación temporal para señales de energía finita*) se define como

$$r_g(t) = g(t) * g(-t) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(\tau)g(-(t-\tau))d\tau$$

$$r_g(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(\tau)g(\tau - t)d\tau$$

Observación

- Es interesante notar (recordar que)

$$c(t) = g(t) * g^*(t) \longrightarrow C(\omega) = G(\omega)G^*(-\omega)$$

Conjugado

Dado que

$$TF\left\{g^*(t)\right\} = G^*(-\omega)$$

$$a(t) = g(t) * g^*(-t) \longrightarrow A(\omega) = G(\omega)G^*(\omega) = \left|G(\omega)\right|^2$$

Conjugado

Dado que

$$TF\left\{g^*(-t)\right\} = G^*(\omega)$$

- si la señal es real $g(t) = g^*(t) \longrightarrow G(\omega) = G^*(-\omega)$ Hermítica

$$\longrightarrow C(\omega) = A(\omega)$$

Función de ambigüedad

- La función de ambigüedad (*<u>autocorrelación temporal para señales de energía finita</u>*) tiene unas propiedades

1. $$\boxed{r_g(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(\tau)g(\tau - t)d\tau = r_g(-t) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(\tau + t)g(\tau)d\tau}$$

2. $$\boxed{r_g(0) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(\tau)^2 d\tau \geq 0}$$ ENERGIA DE LA SEÑAL

3. $$\boxed{r_g(0) \geq r_g(t)}$$

Densidad espectral de potencia de la señal modulada

$$\boxed{S_s(\omega) = \frac{1}{T} S_A(e^{j\omega T}) \left| G(\omega) \right|^2}$$

POTENCIA

$$\boxed{P_s = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_s(\omega) d\omega}$$

Respuesta conjunta modulador-canal-demodulador

$$\boxed{p(t) = g(t) * h(t) * f(t)}$$

Modulador Canal demodulador

CONDICIÓN (EL EN TIEMPO) PARA QUE NO EXISTA ISI

$$\boxed{p(t) = p(t)|_{t=nT} = \delta[n]}$$

CONDICIÓN (EN FRECUENCIAS) PARA QUE NO EXISTA ISI

$$\boxed{\frac{1}{T}\sum_{k=-\infty}^{+\infty} P\left(\omega - \frac{2\pi k}{T}\right) = 1}$$