

**TRABAJO PRÁCTICO N° 5****Capacidad de los canales**

1) Teniendo en cuenta que en un canal telefónico el valor de la relación señal ruido típica es de 30 dB, y los extremos FCI=300 Hz, FCS=3400 Hz. ¿Cuál es el límite superior de la tasa de transmisión de datos confiable?

2) Calcular la relación señal a ruido expresada en dB para los siguientes casos:

- a)  $\Delta f = 3000 \text{ Hz}$        $C = 10.000 \text{ bps}$
- b)  $\Delta f = 10 \text{ kHz}$        $C = 10.000 \text{ bps}$
- c)  $\Delta f = 1 \text{ kHz}$        $C = 10 \text{ kbps}$

Graficar la variación de la relación señal ruido en función del ancho de banda. Extraer conclusiones.

3) ¿Cuál es la capacidad máxima de un canal sin ruido?

4) Necesitamos duplicar la capacidad de transporte de información de un canal de datos cuyo ancho de banda es de 4 kHz y su relación señal ruido es de 20 dB.

- a) ¿Cuántas veces debemos aumentar la potencia de señal original para lograrlo?
- b) ¿Cuál es la nueva relación señal ruido?

5) Demostrar que el límite al cual tiende la capacidad máxima de un canal real cuando el ancho de banda ( $\Delta f$ ) crece ilimitadamente es igual a  $1,44 S/\alpha$ . Considerar que el límite cuando  $x$  tiende a infinito de la expresión  $(1+x)^{1/x}$  es igual a la base del logaritmo neperiano (e). (Consultar bibliografía).

6) Dado un canal real continuo con ancho de banda  $\Delta f$  y densidad espectral de ruido  $\alpha = 0,001 \text{ Watts / Hz}$ , por el cual pasa una señal cuya potencia media es igual a 10 watts. Graficar cualitativamente la capacidad máxima en función del ancho de banda.

7) Tenemos un canal cuyo ancho de banda (AB) es de 4KHz y su SNR=20dB. Sabiendo que por desperfectos aumenta al doble su potencia de ruido, estimar en forma porcentual la caída en la capacidad de transporte. ¿Cuál es la nueva SNR medida en dB?

TPS

Comunicaciones

Capacidad de los canales

① teniendo en cuenta que en un canal telefónico el valor de la relación señal ruido típica es de 30dB y los extremos  $F_{CI} = 300 \text{ Hz}$   $F_{CS} = 3400 \text{ Hz}$ ; ¿cuál es el límite superior a la capacidad de transmisión de datos confiable?

$$\frac{S}{N}(\text{dB}) = 30 \text{ dB} = 10 \log\left(\frac{S}{N}\right) \Rightarrow \frac{S}{N} = 1000$$

$$\Delta f = f_{CS} - F_{CI} = 3400 \text{ Hz} - 300 \text{ Hz} = 3100 \text{ Hz} = \Delta f$$

$$C = \Delta f \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right) = 3100 \text{ Hz} \cdot \log_2(1001) = 30898 \text{ bps}$$

$$C = 30,9 \text{ Kbps}$$

② Calcular la relación señal a ruido expresada en dB para los sig casos:

a)  $\Delta f = 3000 \text{ Hz}$   $C = 10000 \text{ bps}$

$$C = \Delta f \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right) = 10000 \text{ bps} = 3000 \text{ Hz} \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right)$$

$$\Rightarrow 10/3 = \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right) \Rightarrow 1,003 = \log\left(1 + \frac{S}{N}\right) \Rightarrow 1 + \frac{S}{N} = 10,07$$

$$\frac{S}{N} = 9,07 \Rightarrow \frac{S}{N}(\text{dB}) = 10 \log\left(\frac{S}{N}\right) = 10 \log(9,07) \Rightarrow \frac{S}{N} = 9,58 \text{ dB}$$

b)  $\Delta f = 10 \text{ kHz}$   $C = 10.000 \text{ bps}$

$$C = \Delta f \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right) \Rightarrow 10000 \text{ bps} = 10000 \text{ Hz} \cdot \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right)$$

$$\Rightarrow \log_2(2) = \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right) \Rightarrow 1 + \frac{S}{N} = 2 \Rightarrow \frac{S}{N} = 1$$

$$\frac{S}{N}(\text{dB}) = 10 \log\left(\frac{S}{N}\right) = 10 \log(1) \Rightarrow \frac{S}{N}(\text{dB}) = 0 \text{ dB}$$

c)  $\Delta f = 1 \text{ kHz}$   $C = 10 \text{ Kbps}$

$$C = \Delta f \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right) \Rightarrow 10000 \text{ bps} = 1000 \text{ Hz} \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{10 \cdot \log(2)}{\log(2^{10})} = \log\left(1 + \frac{S}{N}\right) \Rightarrow 1 + \frac{S}{N} = 2^{10} = 1024 \Rightarrow \frac{S}{N} = 1023$$

$$\frac{S}{N}(\text{dB}) = 10 \log(1023) = 30,1 \text{ dB} = \frac{S}{N}$$

3) ¿Cuál es la capacidad máxima de un canal sin ruido?

$$C = 2 \Delta f \log_2(m)$$

4) Necesitamos duplicar la capacidad de transporte de información de un canal de datos cuyo ancho de banda es de 4 kHz y su relación señal ruido es de 20 dB.

a) ¿cuántas veces debemos aumentar la potencia de señal original para lograrlo?

$$\Delta f = 4 \text{ kHz} \quad S/N^{(dB)} = 20 \text{ dB} = 10 \log\left(\frac{S}{N}\right) \Rightarrow \frac{S}{N} = 100 \quad \text{100 veces}$$

$$C_{orig} = \Delta f \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right) = 4000 \text{ Hz} \cdot \log_2(1 + 100) = 26633 \text{ bps} = C_{orig}$$

$$C_{doble} = 26633 \text{ bps} \times 2 = 53266 \text{ bps} = C_{doble}$$

$$53266 = 4000 \text{ Hz} \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right) \Rightarrow 13,32 \cdot \log_2(2) = \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right)$$

$$\Rightarrow 4 = \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right) \Rightarrow 1 + \frac{S}{N} = 10226 \Rightarrow \frac{S}{N} = 10225 \text{ veces}$$

b) ¿cuál es la nueva relación señal ruido?

$$\frac{S}{N} = 10225 \text{ veces} \Rightarrow \frac{S}{N} \text{ dB} = 10 \log(10225) \Rightarrow \frac{S}{N} = 40,1 \text{ dB}$$

Sig = teórico

7) tenemos un canal cuyo ancho de banda (AB) es de 4 kHz y su SNR = 20 dB. Sabiendo que por defecto aumenta al doble su potencia de ruido, estimar en forma porcentual la caída en la capacidad de transporte ¿Cuál es la nueva SNR?

$$AB = \Delta f = 4 \text{ kHz} \quad \frac{S}{N} = 20 \text{ dB} = 10 \log\left(\frac{S}{N}\right) \rightarrow \frac{S}{N} = 100 \text{ orig.}$$

$$C_0 = \Delta f \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right) = 4000 \text{ Hz} \cdot \log_2(101) = 26633 \text{ dps} = C_0$$

$$\frac{S}{N} \text{ orig.} \xrightarrow{\text{duplica el ruido}} \frac{S}{N} \text{ final} = \frac{S}{2N_0} \rightarrow \frac{S}{N} \text{ final} = 50 \quad \frac{1}{2} \text{ de lo orig.}$$

$$C_1 = \Delta f \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right) = 4000 \text{ Hz} \cdot \log_2(51) = 22690 \text{ dps} = C_1$$

$$\text{Caída en la capacidad} = \left(1 - \frac{C_{actual}}{C_{orig}}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{22690}{26633}\right) \times 100$$

$$\text{Caída} = 14,80\%$$

$$\frac{S}{N} \text{ final} = 50 \Rightarrow \frac{S}{N} \text{ final (dB)} = 10 \log\left(\frac{S}{N}\right) = 10 \log(50) = 16,99 \text{ dB} = \frac{S}{R}$$

TP5

Comunicaciones

Capacidad de los canales

Salida de la práctica

Necesitamos transmitir datos sobre un canal de comunicación en condiciones extremadamente desfavorables.

Sabemos que en dicho canal la potencia de ruido duplica a la potencia de la señal y que la capacidad de transmisión requerida es de 64 kbps

¿Qué sistema recomendaría? ¿Cuál es el  $\Delta f$ ? ¿Cuál es el SNR<sup>dB</sup>?

$$N = R = 25 \Rightarrow \frac{S}{N} = \frac{S}{2S} = \frac{1}{2} = \frac{S}{N} \Rightarrow \frac{S}{N} \text{ dB} = 10 \log\left(\frac{1}{2}\right) \Rightarrow \frac{S}{N} = -3 \text{ dB}$$

$$C = 64 \text{ kbps} = \Delta f \cdot \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right) = \Delta f \cdot \log_2(1,5) \Rightarrow \frac{64000 \text{ bps}}{\log_2(1,5)} = \Delta f$$

$$\Delta f = 109409 \text{ Hz} \Rightarrow \Delta f = 109,41 \text{ kHz}$$

Salida de la práctica

Se mide el rendimiento de una línea telefónica (3,1 kHz de A.B.) cuando la señal es de 10 wattios el ruido es de 5 microvattios.

¿Cuál es la tasa de datos máxima soportada por esta línea telef?

$$\Delta f = 3,1 \text{ kHz} \quad \frac{S}{N} = \frac{10}{0,005} = 2000 \Rightarrow \frac{S}{N} \text{ dB} = 20 \log(2000) = 66 \text{ dB}$$

$$\frac{S}{N} = 66 \text{ dB} = 10 \log\left(\frac{S}{N}\right) \rightarrow \frac{S}{N} = 3981,072 \text{ veces}$$

$$C = \Delta f \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right) = 3100 \text{ Hz} \log_2(3981,073) = 67966,65 \text{ bps}$$

$$C = 68 \text{ kbps}$$

adic.

7) Suponer que en el espectro de un canal está situado entre los 3 MHz y los 4 MHz y que la relación señal ruido es de 24 dB

Calcular la capacidad del canal y la cantidad de niveles de señalización necesarios

$$\Delta f = 4 \text{ MHz} - 3 \text{ MHz} = 1 \text{ MHz} = \Delta f$$

$$\frac{S}{N} = 24 \text{ dB} = 10 \log\left(\frac{S}{N}\right) \rightarrow \frac{S}{N} = 251$$

$$C = \Delta f \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right) = 1 \times 10^6 \text{ Hz} \cdot \log_2(252) = 7.97 \text{ Mbps} = C$$

$$C_{\text{máx}} = 2 \Delta f \log_2(m) \Rightarrow 7.97 \text{ Mbps} = 2 \times 1 \text{ MHz} \log_2 m$$

$$3.98 = \log_2(m) \rightarrow m = 15.78$$

$$\approx 4 \Rightarrow m = 16$$

↪ cuatritos