

Capacidad del Canal - Nyquist y Shannon.

Formulas:

$$\text{Baudrate} = 2 \Delta F \text{ (KHz)} = \text{Kbaudios} \quad (1)$$

$$\text{Bitrate teórico} = \Delta F \text{ (KHz)} \times \log_2 (1+S/N) = \text{Kbps} \quad (2)$$

$$m_{\max} = \text{raiz} (1+S/N) \quad (3)$$

$$\text{Bitrate real} = 2\Delta F \times \log_2 m \text{ donde } m \leq m_{\max} \text{ y } m = 2^n \quad (4)$$

m = cantidad de estados modulados y n = cantidad de bits que transporta cada símbolo

Ejercicios simples:

1. Calcular el baudrate y el bitrate teórico que puede alcanzar como máximo un enlace que pretende utilizar un canal de ancho de banda de 4 KHz y de S/N de 35 dB.

$$\text{Baudrate} = 2 \Delta F = 2 \times 4 \text{ KHz} = 8 \text{ Kbaudios}$$

$$35 \text{ dB} = 10 \log (S/N) \Rightarrow S/N = 10^{(35\text{dB}/10)} = 3162,2776$$

$$\text{Bitrate teórico} = \Delta F \times \log_2 (1+S/N) = 4 \text{ KHz} \times \log_2 (1+3162,2776) = 46,5088 \text{ Kbps}$$

Respuesta: Baudrate = 8 Kbaudios ; Bitrate teórico = 46,5088 Kbps.

2. Determinar el máximo bitrate real que puede desarrollar un módem 32-PSK sobre un canal con los parámetros del punto anterior. Respuesta:

$$m_{\max} = \text{raiz} (1+S/N) = \text{raiz} (1 + 3162,2776) = 56,243$$

$$\text{Como } m = 32 < 56,243 = m_{\max} \Rightarrow \text{Se puede utilizar 32-PSK}$$

$$\text{Bitrate real} = 2\Delta F \times \log_2 32 = 8 \text{ KHz} \times 5 = 40 \text{ Kbps}$$

Respuesta: Bitrate real = 40 Kbps.

3. Un módem trabaja en modo 4-PAM logrando velocidades de 64 Kbps. Calcular cuál será el ancho de banda necesario considerando al canal ideal.

$$\text{Kbps} = 2\Delta F \times \log_2 m = 2 \times \Delta F \log_2 4 = 64 \text{ Kbps}$$

$$\Delta F = 64 / (2 \times \log_2 4) = 64 / (2 \times 2) = 16 \text{ KHz}$$

Respuesta: $\Delta F \geq 16 \text{ KHz}$

4. Determinar la máxima velocidad binaria en Kbps con que transmitirá un módem 64-QAM sobre un canal de 50 KHz de ancho de banda que tiene una relación señal a ruido de $5,2 \times 10^4$ veces.

$$m_{\max} = \text{raiz} (1+S/N) = \text{raiz} (1 + 52000) = 228,03$$

Como $m = 64 < 228,03 = m_{\max}$; Entonces

$$\text{Bitrate real} = \text{Kbps} = 2 \Delta F \times \log_2 64 = 2 \times 50 \text{ KHz} \times 6 = 600 \text{ Kbps}$$

$$\text{Bitrate teórico} = \text{Kbps} = \Delta F \times \log_2 (1+S/N) = 50 \text{ KHz} \times \log_2 (1+52000) = 783 \text{ Kbps}$$

Bitrate real < Bitrate teórico

Respuesta: El módem puede operar como máximo al Bitrate real = 600 Kbps

5. Determinar para el problema anterior cuál es la relación S/N suficiente en dB.

$$m = 64 = \text{raiz} (1+S/N) \Rightarrow S/N = 64^2 - 1 = 4095$$

$$S/N \text{ dB} = 10 \log (S/N) = 10 \log (4095) = 36,123 \text{ dB}$$

Respuesta: $S/N \geq 36,123 \text{ dB}$

6. Un módem tiene la capacidad de reconfigurarse si las condiciones de la línea lo requieren, usando 64-QAM; 32-QAM; 16-PSK y 8-PSK, todas sin compresión, y trabaja sobre una línea de 4 KHz con una tasa S/N de 37 dB. Determinar cuál será la máxima velocidad binaria real si el ruido en la línea se duplica.

$$S/N \text{ dB} = 10 \log (S/N) = 37 \text{ dB} \Rightarrow \log (S/N) = 3,7 \Rightarrow S/N = 10^{3,7} = 5011,87$$

$$S/N = 5011,87$$

$$S/N' = 5011,87 / 2 = 2505,936$$

$$m_{\max} = \text{raiz} (1+S/N') = \text{raiz} (1 + 2505,936) = 50,069 \text{ niveles}$$

Como $m = 64 > m_{\max} = 50,069 \Rightarrow$ No se puede utilizar 64-QAM.

Como $m = 32 < m_{\max} = 50,069 \Rightarrow$ Se puede utilizar 32-QAM.

$$\text{Kbps} = 2 \times 4 \text{ KHz} \times \log_2 32 = 40 \text{ Kbps}$$

Respuesta: bitrate real = 40 Kbps

Problema de parcial (realizado en clase)

Una telco que se encuentra ubicada a 2250 metros del cliente está evaluando usar el par utilizado por un servicio ADSL para dar de emergencia un servicio HDSL de 1024 Kbps.

La tecnología HDSL, es una tecnología de acceso punto a punto, sin amplificadores ni repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, permitiendo un flujo de información simétrico (igual velocidad de subida y bajada) y de alta velocidad sobre el bucle de abonado. Esta tecnología trabaja en la banda de frecuencias 10-292 KHz y utiliza modulación 4PAM de acuerdo a la S/N del medio.

TABLA 1: RELACIÓN S/N PARA LAS FRECUENCIAS EN KHz

Frecuencia	S/N
30 – 77,3	29
77,3 – 184,8	22
184,8 – 623,4	17
623,4 – 976,0	27
976,0 – 1100,7	11

TABLA 2: ATENUACIÓN ESPECÍFICA PARA LAS FRECUENCIAS EN MHz

Frecuencia	Atenuación
0,0000 – 0,1505	1,6
0,1505 – 0,2966	1,9
0,2966 – 0,5073	2,1
0,5073 – 0,8728	2,9
0,8728 – 1,1010	3,5

Redes y Comunicaciones de Datos I
Práctica Nº 3 Nyquist y Shannon:
Marcelo T. Gentile, Hernán Soperez, Gabriel Filippa

Para este enlace y sin considerar otro tipo de pérdidas como por ejemplo los introducidos en empalmes:

1. Calcular el máximo baudrate, en baudios o símbolos/segundo. **Respuesta: 564 Kbaudio**
2. Calcular el máximo bitrate teórico que permite la calidad del par existente; **Respuesta: bps teórico = 1600,57 Kbps**
3. Calcular cuál sería el máximo bitrate real que permite la calidad del par existente; **Respuesta: 4PAM < mmax; bps real = 1128 Kbps.**
4. Verificar la factibilidad técnica de la nueva tecnología, sin considerar otras pérdidas que las aquí descritas, si la potencia de transmisión del módem HDSL es de 0 dBm y su sensibilidad de recepción de $S_x = -41$ dBm. Informar si el enlace efectivamente funcionará. **Respuesta: $-42,75$ dBm < -41 dBm ; NO FACTIBLE**