



Redes de Computadores

Grado en Ingeniería Informática.

Curso 2024/2025

PROBLEMA PROPUESTO

Sea un cable de comunicaciones eléctrico entre dos extremos A y B de 10 Km de longitud y que emplea cuatros canales, DOS en el sentido A→B y otro DOS en el sentido B→A. La multiplexión de los canales en cada sentido se realiza con multiplexado en frecuencia (FDM), y los dos canales existentes en el mismo sentido emplean multiplexado en el tiempo (TDM). Determina:

- a) Determina el ancho de banda necesario en el cable eléctrico para permitir que cada canal de comunicación presente una velocidad de transmisión máxima de 1 Gbps, empleando señalización de 4 niveles de tensión eléctrica.

Como se emplea FDM, el ancho de banda del cable es el doble del ancho de banda necesario en cada sentido de la comunicación.

En cada sentido será necesaria una $V_{tmax} = 2$ Gbps, para permitir dos canales de comunicación a 1 Gbps con TDM.

$$V_{t(max)} = 2 * B * \log_2 4 = 2000 \text{ Mbps}$$

$$B = 2000 \text{ Mbps} / (2 * \log_2 4) = 500 \text{ MHz en cada sentido}$$

El ancho de banda necesario en el cable son **B = 1 GHz**.

- b) Si se dispone de un ancho de banda de 250 MHz en el cable eléctrico, determina la velocidad máxima de transmisión que se conseguirá en cada canal si se emplea una codificación de niveles de tensión eléctrica de 3 bits.

Al emplear FDM el ancho de banda para cada sentido es 125 MHz.

$$V_{t(max)} = 2 * 125 \text{ MHz} * 3 = 750 \text{ Mbps}$$

Cada sentido de la comunicación tendrá que compartir con TDM la $V_{t(max)}$ con dos canales, luego:

$$V_{t(max)Canal} = 750 \text{ Mbps} / 2 = 375 \text{ Mbps}$$

- c) Si se transmite de manera continua la secuencia de datos 0001 empleando 4 niveles de tensión eléctrica y una velocidad de modulación de 200 Mbaudios ¿cuáles son las frecuencias de los 4 primeros armónicos de esta señal periódica?

La señal tiene un periodo de repetición de 4 bits. Como se emplea un sistema de señalización de 4 niveles de tensión, cada 2 bits se transmiten como un pulso, luego el periodo de la señal es de 2 pulsos.

$$T = (2 \text{ pulsos} / 200 \text{ Mpulsos/seg}) \rightarrow f_0 = 1 / (2 \text{ pulsos} / 200 \text{ Mpulsos/seg}) = 100 \text{ MHz}$$

$$f_1 = 100 \text{ MHz} - f_2 = 200 \text{ MHz} - f_3 = 300 \text{ MHz} - f_4 = 400 \text{ MHz}$$

- d) **Considérese dos tipos diferentes de cable eléctrico. El cable de tipo 1 tiene un ancho de banda de 100 MHz y una relación señal ruido de 30 dB. El cable de tipo 2 tiene un ancho de banda de 200 MHz y una relación señal ruido de 30 dB. Indica en qué cable se conseguirá una mayor velocidad de transmisión máxima empleando una codificación de dos niveles de tensión eléctrica y cuál es el valor de esa velocidad máxima.**

La V_{max} de transmisión con codificación de 2 niveles es: $V_{\text{max}} = 2 * B * \log_2(2) = 2 * B \text{ bps}$

La V_{max} de transmisión con ruido es: $V_{\text{max}} = B * \log_2(1 + S/N)$

$$(S/N)_{\text{db}} = 10 * \log_{10}(S/N) \rightarrow (S/N) = 10^{(30/10)} = 1000$$

$V_{\text{max}} = B * \log_2(1001) \rightarrow \log_2(1001) \gg 2 \rightarrow$ Por tanto, el límite de Shannon SIEMPRE superará al de Nyquist con 30 dB de relación señal ruido.

En el **cable de tipo 2** se consigue mayor velocidad de transmisión y será:

$$V_{\text{max}} = 2 * 200 \text{ MHz} * 1 \text{ bit} = 400 \text{ Mbps}$$