

Capítulo 7

La Capa Física

Tasa de datos máxima de un canal

Application
Transport
Network
Link
Physical

La tasa de datos máxima de un canal

- En algunos casos se introduce un **filtro** en el circuito para *limitar la cantidad de ancho de banda disponible para cada cliente*.
 - **Ejemplo**: un cable de teléfono puede tener un ancho de banda de 1 MHz para distancias cortas, pero las compañías telefónicas agregan un filtro que restringe a cada cliente a aproximadamente 3100 Hz.

La tasa de datos máxima de un canal

- Ahora estudiamos algunos métodos para **estimar la tasa de datos máxima de un canal**.
- **Situación:** tenemos un canal de comunicaciones y queremos saber cuál es la tasa máxima de datos que el canal permite.
- **Problema:** ¿cómo determinar la tasa de datos máxima de un canal?
- **Solución 1 (Teorema de Nyquist):** Nyquist probó que si se pasa una señal a través de un filtro pasa-bajas de ancho de banda H , la señal filtrada se puede reconstruir por completo tomando solo $2H$ muestras por sec.
 - No tiene sentido muestrear la línea a una rapidez mayor porque las componentes de mayor frecuencia que tal muestreo puede recuperar se han filtrado.

La tasa de datos máxima de un canal

- Si la señal consiste de V niveles de voltaje, el **teorema de Nyquist** (1924) establece:

$$\text{Tasa de datos máxima} = 2H \log_2 V \text{ bps}$$

- **Ejercicio:** un canal sin ruido de 3 kHz transmite señales binarias (i.e. de 2 niveles de voltaje) ¿cuál es la tasa de datos máxima?

La tasa de datos máxima de un canal

- ¿Incrementando V podemos hacer la tasa tan grande como queramos?
- No porque el ruido térmico siempre está presente debido al movimiento de las moléculas del sistema.
- **Situación:** Va a existir un V máximo que permite enviar señales y para V mayores el ruido térmico va a dañar las señales.
- **Consecuencia:** en la fórmula anterior no sabemos cuáles son los valores de los V permitidos.
- **Problema:** ¿Cómo calcular la tasa de datos máxima de un canal teniendo en cuenta el ruido térmico y cómo calcular el V máximo permitido?
- **Solución:** usar el **método de Shanon**.
 - Antes de presentarlo vamos a introducir algunos conceptos

La tasa de datos máxima de un canal

- La **cantidad de ruido térmico** se mide por la relación entre la potencia de la señal y la potencia del ruido, llamada **relación señal a ruido**.
- Si indicamos la potencia de una señal con S y la potencia del ruido con una N , la **relación señal a ruido** es S/N .

La tasa de datos máxima de un canal

- La relación misma no se expresa; en su lugar se da la cantidad $10 \log_{10} S/N$.
- Estas unidades se conocen como **decibeles** (dB).
 - Para una relación S/N de 10 tenemos 10 dB, para una relación de 100 tenemos 20 dB, para una de 1000 tenemos 30 dB.

La tasa de datos máxima de un canal

- **Resultado de Shannon** (1948): la tasa de datos máxima de un canal ruidoso cuyo ancho de banda es H Hz y cuya relación señal a ruido es S/N , está dada por:

$$N^{\circ} \text{ máximo de bps} = H \log_2 (1+S/N)$$

- La fórmula solo da un límite superior y los sistemas reales rara vez lo alcanzan.
- **Evaluación:**
 - S/N es constante e independiente de la frecuencia.
 - Esto es poco realista.
 - En la vida real, el ruido es dependiente de la frecuencia:
 - S/N es una función de la frecuencia.

La tasa de datos máxima de un canal

- **Ejercicio:** ¿Cuál es la tasa de datos máxima de un canal de ancho de banda de 3000 Hz y con una relación señal a ruido térmico de 30 dB?

La tasa de datos máxima de un canal

- ¿Cómo calcular los niveles distinguibles de voltaje que valen la pena?
 - Suponemos que conocemos la relación señal a ruido S/N .
 - La cantidad de niveles de voltaje permitidos depende de S/N .
- Igualando Nyquist y Shannon:
 - $H \log_2 (1+S/N) = 2H \log_2 V \implies$
 - $\log_2 (1+S/N) = 2 \log_2 V \implies$
 - $\log_2 (1+S/N) = \log_2(V*V) \implies$
 - $(1+S/N) = V * V \implies$
 - $V = (1+S/N)^{(1/2)}$
 - **Ejemplo:** línea telefónica: $V = (1+1001)^{(1/2)} \cong 31$