

## AYUDANTÍA 1

El organismo internacional que regula las telecomunicaciones es:

- La International Telecommunications Union  
 La Federal Communications Commission  
 La International Telecommunications and Information Administration  
 Ninguna de las demás respuestas

La propagación por Línea de Vista se produce cuando la frecuencia es:

- Ninguna de las demás respuestas  
 Mayor a 30MHz  
 Menor a 30MHz pero mayor a 2MHz  
 Menor a 2MHz

La banda de TV está:

- Ninguna de las demás respuestas  
 Por encima de la banda Satelital  
 Por encima de la banda de AM y por debajo de la banda de telefonía celular  
 Por encima de la telefonía celular y por debajo de la banda Satelital

En una señal con frecuencia mayor a 30MHz:

- Ninguna de las demás respuestas  
 Se puede aprovechar la propagación ionosférica  
 El horizonte es un obstáculo  
 No requiere de la elevación de la antena para transmitir a larga distancia

En un sistema digital:

- Generalmente, el ancho de banda requerido es equivalente en comparación con los sistemas analógicos  
 Generalmente se requiere de un menor ancho de banda en comparación con los sistemas analógicos  
 Generalmente se requiere de un mayor ancho de banda en comparación con los sistemas analógicos  
 Ninguna de las demás respuestas

Una fuente digital puede tener:

- Un número irracional de mensajes posibles  
 Una cantidad infinita de mensajes posibles  
 Un conjunto finito de mensajes posibles  
 Ninguna de las demás respuestas

5. La longitud de onda de una señal es:

- Inversamente proporcional a su periodo  
 Disminuye cuando la frecuencia aumenta  
 Dependiente de la velocidad del sonido  
 Inversamente proporcional a la velocidad de la luz

3.

a) Dos barcos en el mar deben comunicarse con un radioenlace en línea de vista, determine la máxima distancia a la que pueden comunicarse entre ellos si la sensibilidad del sistema de comunicación utilizado es de -95dBm, la potencia de transmisión es de 40dBm, la ganancia de las antenas transmisoras y receptoras es de 12dBi y la frecuencia de transmisión es de 700MHz.

b) En caso de que exista interferencia en la banda de 700MHz, los barcos conmutan a 1200MHz. Indique la nueva distancia máxima de comunicación a esta frecuencia.

3- a) Datos:

$$S = P_r = -95 \text{ dBm}, P_t = 40 \text{ dBm}, \\ G_T = G_r = 12 \text{ dBi}, f = 700 \text{ MHz} = 700 \cdot 10^6 \text{ Hz}.$$

formulas a utilizar:

$$\lambda = c/f, \quad d = \sqrt{\frac{P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot \lambda^2}{P_r}} \\ 4 \cdot \pi$$

transformamos datos y obtenemos  $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{700 \cdot 10^6 \text{ Hz}} = 0,43 \text{ m}$$

$$P_r = 10^{\frac{-95-30}{10}} = 10^{-12,5} = 3,16 \cdot 10^{-13} \text{ [W]}$$

$$P_t = 10^{\frac{40-30}{10}} = 10^1 = 10 \text{ [W]}$$

$$G_t = G_r = 10^{12/10} = 10^{1,2} = 15,84$$

Luego reemplazamos en la formula.

$$d = \sqrt{\frac{10 \text{ [W]} \cdot 15,84 \cdot 15,84 \cdot (0,43)^2}{3,16 \cdot 10^{-13} \text{ [W]} \\ 4 \cdot \pi}}$$

$$d = 3,049 \text{ km}$$

3. b) Datos:

$$S = Pr = -95 \text{ dBm}, P_t = 40 \text{ dBm},$$

$$G_T = G_R = 12 \text{ dBi}, f = 1200 \text{ MHz} = 1200 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

formulas a utilizar:

$$\lambda = c/f, \quad d = \frac{\sqrt{\frac{P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot \lambda^2}{P_r}}}{4 \cdot \pi}$$

transformamos datos y obtenemos  $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1200 \cdot 10^6 \text{ Hz}} = 0,25 \text{ m}$$

$$P_r = 10^{\frac{-95-30}{10}} = 10^{-12,5} = 3,16 \cdot 10^{-13} \text{ [W]}$$

$$P_t = 10^{\frac{40-30}{10}} = 10^1 = 10 \text{ [W]}$$

$$G_t = G_r = 10^{12/10} = 10^{1,2} = 15,84$$

Luego reemplazamos en la formula.

$$d = \frac{\sqrt{10 \text{ [W]} \cdot 15,84 \cdot 15,84 \cdot (0,25)^2}}{3,16 \cdot 10^{-13} \text{ [W]} \cdot 4 \cdot \pi}$$

$$d = 1.772 \text{ Km}$$

## AYUDANTÍA 2

8. La propagación terrestre e ionosférica simultáneas se dan en el rango de frecuencias de:

- a) 3KHz a 300KHz
- b) 300KHz a 30MHz
- c) Ninguna de las demás respuestas
- d) 30MHz a 300GHz

4. Un radioenlace que aproveche la propagación terrestre tiene que:

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Ninguna de las demás respuestas            | <input type="checkbox"/> Utilizar una frecuencia mayor a 30MHz                  |
| <input type="checkbox"/> Utilizar un enlace de línea de vista (LOS) | <input checked="" type="checkbox"/> Usar una frecuencia por debajo de los 30MHz |

5- Indique cual debe ser el largo mínimo de una antena para alcanzar una radiación eficiente:

- a) Debe ser más corta que 1/10 de la longitud de onda de la señal.
- b) Debe ser más corta que 1/5 de la longitud de onda de la señal.
- c) Debe ser más corta que 1/100 de la longitud de onda de la señal.
- d) Ninguna de las anteriores.

1. Un ingeniero necesita capturar datos, audio y video de un sistema de control que se encuentra en una zona de difícil acceso. Para ello, montó una torre que posee dos antenas.

- Una antena log periódica de ganancia 7,5 dB, en la frecuencia de 750MHz, para transmitir datos.
- Una antena parabólica de ganancia 25dB, en la frecuencia de los 5GHz, para transmitir sonido y video.
- Un transmisor para la banda de 750 MHz de 2W de potencia.
- Un transmisor para la banda de 5 GHz de 2W de potencia.

Para recibir las señales, el ingeniero arrendo un terreno de 30 Km de distancia con LOS a la torre emisora. Instalo las mismas antenas que utiliza la emisión, por banda.

- a) Determine las potencias nominales que requiere en cada receptor.
- b) Un par de años más tarde de esta instalación, el dueño del terreno decidió rescindir el contrato de arriendo donde se encuentra localizada la estructura de recepción, por lo que debe buscar otro terreno. El equipo de recepción para la banda de 5 GHz tiene un 15% de margen adicional para recibir, y el de la banda de 750 MHz, un 20% adicional. Bajo esta situación, ¿Cuál es la distancia máxima a la cual el ingeniero puede relocalizar su estructura de recepción? Asuma que existe LOS entre ambas estructuras, en cualquier caso.

## Ejercicio Desarrollar:

a) Datos:

antena log periodica

$$G_T = G_R = 7,5 \text{ dB}$$

$$f = 750 \text{ MHz}$$

$$P_T = 2 \text{ W}$$

$$d = 30 \text{ km}$$

antena parabolica

$$G_T = G_R = 25 \text{ dB}$$

$$f = 5 \text{ GHz}$$

$$P_T = 2 \text{ W}$$

$$d = 30 \text{ km}$$

determinar  $P_r$  para cada receptor.

antena log periodica:

$$G_T = G_R = 10^{7,5/10} = 5,623$$

$$f = 750 \cdot 10^6 \text{ Hz} \longrightarrow \lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{750 \cdot 10^6} = 0,4 \text{ m}$$

$$d = 30.000 \text{ m}$$

$$P_r = \frac{P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot \lambda^2}{(4 \cdot \pi \cdot d)^2} = \frac{2 \text{ W} \cdot (5,623) \cdot (5,623) \cdot (0,4)^2}{(4 \cdot \pi \cdot 30000)^2}$$

$$P_r = 7,11 \cdot 10^{-11} \text{ W}$$

antena parabolica:

$$G_T = G_R = 10^{25/10} = 316,22$$

$$f = 5 \text{ GHz} = 5 \cdot 10^9 \text{ Hz} \longrightarrow \lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^9} = 0,06 \text{ m}$$

$$d = 30000 \text{ m}$$

$$P_r = \frac{P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot \lambda^2}{(4 \cdot \pi \cdot d)^2} = \frac{2 \text{ W} \cdot (316,22) \cdot (316,22) \cdot (0,06)^2}{(4 \cdot \pi \cdot 30000)^2}$$

$$P_r = 5,06 \cdot 10^{-9} \text{ W}$$

b) Las antenas no cambian, por ende a la  $d = 30\text{km}$ , hay que aumentarle el % de cada antena y determinar la distancia max.

$$d = 30\text{km} = 30.000\text{m}$$

el equipo de recepción de la banda 5 GHz  $\rightarrow 15\%$   
el equipo de " " " " 750 MHz  $\rightarrow 20\%$

$\rightarrow 30.000 \rightarrow 0,15 \rightarrow 4.500$  /margen adicional  
 $\rightarrow 30.000 \rightarrow 0,2 \rightarrow 6.000$  /margen adicional

entonces para el equipo de recepción de la banda 5 GHz su distancia con el margen adicional para recibir es de 34.500m.

Mientras que para el equipo de recepción de la banda de 750 MHz su distancia con el margen adicional para recibir es de 36.000m.

Por ende, como ambas se encuentran en la misma torre, la distancia max a la cual debe relocalizar sería 34.500m, ya que sino la antena de 5 GHz de banda no capturaría los datos si es que se usa la otra distancia, ya que su margen es ese como max. //

1. La información de una fuente digital depende de:

- Ninguna de las demás respuestas
- La cantidad de mensajes por unidad de tiempo

- La cantidad de mensajes distintos
- La probabilidad de aparición de un mensaje

8. La medida de la información depende solo de:

- Ninguna de las demás respuestas
- la Probabilidad

- el Significado
- la Longitud

1. Se tiene una imagen 1024 x 768 pixeles, con una paleta de 256 colores. La imagen representada corresponde a 7 franjas de color. Calcule la medida de la información de la imagen representada.

4- Cada imagen se compone de 7 franjas de colores, entonces la probabilidad de un mensaje es:

$$p_j = \left(\frac{1}{256}\right)^7$$

La información asociada a un mensaje es:

$$I_j = \log_2 \left( \frac{1}{\left(\frac{1}{256}\right)^7} \right)$$

$$I_j = \log_2 (256^7)$$

$$I_j = 7 \cdot \log_2 (256)$$

$$I_j = 7 \cdot 8$$

$$I_j = 56 \text{ bits}$$

Finalmente como cada probabilidad de un mensaje es la misma, es decir, los resultados de que pasen son igual de probables, la entropía es 56 bits.

2. Un teclado de computador tiene los dígitos 0-9 y A-Z. Asuma que la probabilidad de enviar A-Z es de 0.006 y la probabilidad de enviar del 0 al 9 es de 0.099 cada una. Calcule la velocidad de la fuente si el envío de un mensaje es de 0.12 s.

2- datos

- dígitos: 0-9 =

- letras: A-Z = 27 letras.

$$P(A-Z) = 0.006$$

$$P(0-9) = 0.099$$

$$T = 0,12 \text{ s}$$

desarrollo:

$$10 \cdot [0,099 \cdot \log_2 \left(\frac{1}{0,099}\right)] + 27 \cdot [0,006 \cdot \log_2 \left(\frac{1}{0,006}\right)]$$

$$10 \cdot [0,099 \cdot 3,336] + [27 \cdot 0,006 \cdot 7,380]$$

$$[3,30264] + [1,19556] = 4,4982 \text{ bits}$$

y luego calculamos la velocidad, o sea R.

$$R = \frac{H}{T} = \frac{4,4982 \text{ bits/s}}{0,12} = 37,485 \text{ bits/s}$$

### AYUDANTÍA 3

10. Un GigaHertz equivale a:

- 1000 KiloHertz
- Ninguna de las demás respuestas
- 1000 MegaHertz
- 1021 MegaHertz

4. La paridad:

- Permite detectar dos errores
- Ninguna de las demás respuestas
- agrega un nuevo dígito a la información
- Permite corregir al menos un error

3. El peso de una palabra de código binaria está definida por la cantidad de:

- Ninguna de las demás respuestas
- Ceros que tiene
- Unos que tiene
- Transiciones de Cero a Uno que tiene

4. La distancia de hamming mide:

- Cuántas palabras distintas útiles tiene un código
- Ninguna de las demás respuestas
- Cuántos bits son diferentes entre dos palabras de código
- Cuántos dígitos 1 tiene una palabra de código

9. La relación señal a ruido en la fórmula de capacidad de Shannon:

- Debe estar en Watts
- Debe estar en Hz
- Debe estar en dB
- Es adimensional

3. La técnica ARQ se caracteriza por:

- Enviar bits de redundancia para corregir errores en el punto destino
- Solicitar retransmisión de bits de paridad
- Solicitar retransmisión de paquetes defectuosos
- Corregir al menos 1 error en el punto destino

1. Sea un canal de 1MHz de ancho de banda, un SNR de 63. Determine la tasa de bits máxima que puede soportar el canal.

2. Supongamos que una imagen digitalizada en TV tiene 480X500 donde cada pixel puede tomar 32 valores de intensidad y se envían 50 imágenes por segundo. Suponga que esta señal de televisión se va a transmitir por un canal con un ancho de banda de 4,5MHz y una relación señal a ruido de 35 dB, averigüe cual es la capacidad del canal.

3. Dos enlaces tienen la misma capacidad C. El primero tiene un ancho de banda de 2KHz con una SNR de 15 dB y el segundo un ancho de banda de 4kHz. ¿Cuál es la SNR del segundo?.

① datos:

$$B = 1 \text{ MHz} = 1 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$\text{SNR} = 63 \longrightarrow 10^{63/10} = 1.995.262$$

formula

$$C = B \cdot \log_2 (1 + S/N) \text{ bits/s}$$

resultado:

$$C = (1 \cdot 10^6) \cdot \log_2 (1 + 63)$$

$$C = 6 \text{ Mbps} = 6 \cdot 10^6 \text{ Bps}$$

② datos

$$B = 4,5 \text{ MHz} = 4,5 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$\text{SNR} = 35 \text{ dB} = 10^{35/10} = 3.162$$

formula

$$C = B \cdot \log_2 (1 + S/N) \text{ bits/s}$$

$$C = 4,5 \cdot 10^6 \log_2 (1 + 3.162) \text{ bits/s}$$

$$C = 52,3 \text{ Mbps}$$

④ Primer paso convertir la SNR:

$$\text{SNR} = 10^{15/10} = 31,62 \text{ veces}$$

segundo paso reemplazar la expresion de capacidad para cada enlace:

$$C_1 = 2000 \cdot \log_2 (1 + 31,62) = 10055,36 \text{ bps}$$

$$C_2 = 4000 \cdot \log_2 (1 + \text{SNR})$$

Como ambos tienen la misma capacidad igualamos las ecuaciones para obtener el SNR del segundo enlace.

$$10055,36 = 4000 \log_2 (1 + \text{SNR})$$

$$\text{SNR (veces)} = 4,69$$

$$\text{SNR (dB)} = 10 \log (4,69) = 6,71 \text{ dB}$$

## AYUDANTÍA 5

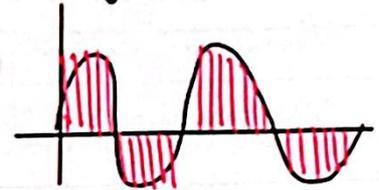
### PCM: modulación por pulsos codificados:

- forma de convertir la información analógica a digital.
- esto se realiza representando cada muestra de la información analógica en un código digital mediante tres pasos.

#### 1° paso: muestreo:

- generar muestras de la señal analógica convirtiéndola en una señal de pulsos que utilice mayor frecuencia para evitar pérdidas de información, cumpliendo

$$f_s \geq 2 \cdot f \text{ [Hz]}.$$

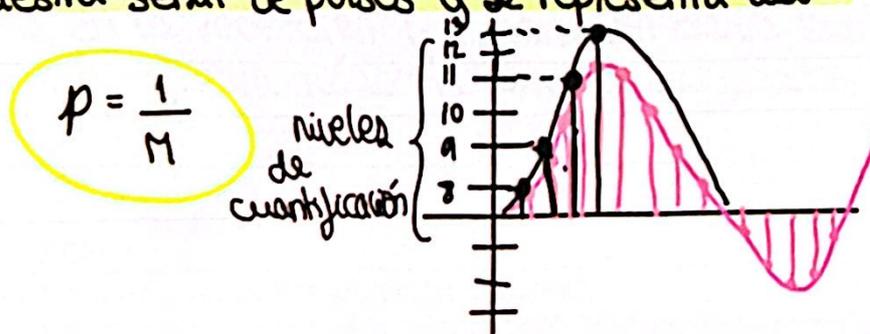


#### 2° paso: Cuantificación.

- se asigna un valor digital a cada pulso deseado para representarla como una serie discreta de valores digitales.

- $M$  = corresponde a la cantidad de niveles posibles.

- En una cuantificación uniforme se define como precisión a la diferencia porcentual entre 2 niveles consecutivos en nuestra señal de pulsos y se representa así:



3ª codificación: cada palabra corresponde a un nivel.

• Finalmente se codifica cada valor digital como código binario.

• Si se tienen  $M$  niveles de cuantificación se representan como código binario de largo.

$$n = \log_2(M) \text{ bits.}$$

13	→	11101
11	→	10111
9	→	10011
8	→	1000

1000100110111101

### PROPIEDADES.

• Una señal que se modula con PCM posee el siguiente ancho de banda depende de como se quiera transmitir la señal:

• Si es sinusoidal  $\rightarrow B \geq \frac{n \cdot f_s}{2}$ , usando  $\frac{\sin(x)}{x}$

$\rightarrow R = \text{bit rate y el pulso utilizado}$

• Si es cuadrada  $\rightarrow B \geq n \cdot f_s$  [Hz]

• y la tasa de bits es  $R = n \cdot f_s$  (bps).

$\rightarrow n = \text{numero de bits de la palabra PCM.}$

• En cada caso se introduce ruido a la señal original para hacer las conversiones.

Por esto en la recepción y generación de la señal PCM se tiene que la relación S/N en los peaks es:

2- Una señal PCM

a) Transmite las muestras con modulación multinivel.

b) Incrementa el ancho de banda utilizado respecto de la señal analógica original.

c) Reduce el ancho de banda utilizado respecto de la señal analógica original.

d) Ninguna de las anteriores.

2. Los ruidos que se encuentran a la salida de un cuantizador son:

Sobrecarga, Aleatorio, Granular, Búsqueda

Ninguna de las demás respuestas

Térmico, Granular Gaussiano

Gaussiano, Aleatorio, Blanco, Granular

5- A un sistema que tenga codificación en PCM

a) Tiene una codificación que se puede medir en símbolos por segundo.

**b) Asigna códigos a niveles de cuantificación.**

c) Requiere el uso de niveles de modulación.

d) Ninguna de las anteriores.

10. El ancho de banda en PCM depende, al menos, de:

La capacidad del canal

Ninguna de las demás respuestas

La forma de onda del pulso utilizado

La ganancia del enlace

13. Un pulso sinc(x):

Usa más ancho de banda que un pulso cuadrado

Usa menos ancho de banda que un pulso cuadrado

Usa el mismo ancho de banda que un pulso cuadrado

Ninguna de las demás respuestas

14. Un codificador diferencial base dos el cuantizador es inmune a:

5. Nyquist definió al menos un método para:

Reducir la ISI

Convolucionar el pulso con un filtro ISI

Aumentar el ancho de banda disponible

Ninguna de las demás respuestas

1. Se requiere transmitir una señal cuyo error de cuantificación no sobrepase el 0,3%. El ancho de banda disponible es de 300KHz. ¿Cual es la frecuencia máxima de muestreo posible?

1: se tiene un error de cuantificación de 0,3%, el cual se utiliza para obtener la cantidad de niveles requeridos.

$$p = \frac{1}{M} \rightarrow M = \frac{1}{p} = \frac{1}{\frac{0,3}{100}} = \frac{1}{0,003} = 333,3 \text{ veces.}$$

niveles posibles de una muestra.

2: luego para codificar los 333 niveles se necesitan:

$$n = \log_2(M) = \log_2(333) = 8,3793 \text{ bits}$$

se redondea a un número entero por ende  $n = 9 \text{ bits.}$

3: luego  $f_s$  depende de como se envía la señal de salida:

Para una señal sinusoidal:

$$B = \frac{n \cdot f_s}{2} \rightarrow f_s = \frac{2 \cdot B}{n} = \frac{2 \cdot 300.000}{9} = 66.666 \text{ Hz.}$$

Para una señal cuadrada:

$$B = n \cdot f_s \rightarrow f_s = \frac{B}{n} = \frac{300.000}{9} = 33.333 \text{ Hz}$$

R: la frecuencia max se da con una señal sinusoidal y tiene un valor de 66.666 Hz.

2. Dado un sistema de telefonía analógica que emplea un ancho de banda de 4KHz y SNR de 50 dB. ¿Qué SNR percibirá un usuario si se digitalizan y transmiten los datos utilizando una codificación que logra transmitir a la tasa máxima fijada por el Teorema de Shannon?

## DESARROLLO 2.

1. según Shannon, la tasa máxima a la que se puede transmitir utilizando un canal de 4 kHz con SNR de 50 dB es

$$R_{max} = C = B \cdot \log_2(1 + SNR)$$

transformamos datos

$$B = 4 \text{ kHz} = 4 \cdot 10^3 \text{ Hz}$$

$$dB = 50 \text{ dB} = 10^{\frac{50}{10}} = 10^5$$

reemplazamos:  $R_{max} = 4 \cdot 10^3 \cdot \log_2(1 + 10^5)$

$$R_{max} = 66.438 \text{ bps}$$

luego para muestrear  $f_s = 2 \cdot f$ , entonces  $f_s = 2 \cdot 4 \text{ kHz}$   
 $f_s = 8 \text{ kHz}$   
 $f_s = 8 \cdot 10^3 \text{ Hz}$

$$y \ n_b = \frac{R_{max}}{f_s} = \frac{66.438 \text{ bps}}{8000} = 8,3 \text{ bits/muestra}$$

= se aproxima a número entero que es 9.

por ende  $n_b = 9 \text{ bits}$ .

$$y \ SNR = 1,76 + 6,02 n_b$$

entonces  $SNR = 1,76 + 6,02 (9) = 55,94 \text{ dB}$

~~SNR = 1,76 + 6,02 (9) = 55,94 dB~~

~~SNR = 55,94 dB~~

## AYUDANTÍA 6

1. La eficiencia en el uso del ancho de banda de una señal PCM se puede aumentar:

- Cambiando la forma del pulso rectangular por uno con forma de  $\sin(x)/x$ .
- Utilizando una senoidal como portadora.
- Ninguna de las demás respuestas.
- Cambiando la forma de pulso de  $\sin(x)/x$  por uno rectangular.

2. La señalización multinivel supone que:

- Ninguna de las demás respuestas.
- A cada código se le asigna una amplitud predeterminada.
- A cada nivel de entrada se le asigna un código.
- A un código se le asignan múltiples anchos de banda.

3. La señalización Manchester:

- a) Ninguna de las demás respuestas.
- b) Es unipolar.
- c) Ocupa menos ancho de banda que la señalización Polar RZ.
- d) Ocupa los cambios de nivel para enviar unos y ceros.

4. Una codificación NRZ:

- a) Ninguna de las demás respuestas.
- b) Usa mayor ancho de banda que una codificación de línea Manchester para la misma señal de entrada.
- c) Tiene un valor de continua (frecuencia cero) distinto de cero.
- d) Fuerza a cambiar de fase para representar la información binaria.

5. La velocidad de un enlace multinivel se mide en :

- a) Baudios
- b) Bits por segundo
- c) Metros por segundo
- d) No tiene unidad asignada

1.

Se tiene una señal binaria que transmite el mensaje

$m = 00011101011101101110$  en un lapso de 10 ms.

Para esto se pide calcular la velocidad de transmisión y el ancho de banda.

1- datos:

señal binaria: 00011101011101101110

$t_0 = 10 \text{ ms} = 0.01 \text{ s}$

obtener velocidad de transmisión y ancho de banda.

Como es una señal binaria,  $n = N$

y  $N = 21$  y  $t_0 = 0.01 \text{ s}$

entonces.

$$R = \frac{n}{t_0} = \frac{21}{0,01} \text{ [bits/s]} = 2.100 \text{ [bits/s]}$$

y para B tenemos  $B = D/2$  y  $D = N/T_0$

$$\text{entonces } D = \frac{21}{0,01} \text{ [baudios]} = 2.100 \text{ [baudios]}$$

$$\text{y } B = \frac{2.100}{2} \text{ [Hz]} = 1.050 \text{ [Hz]}$$

2.

Una señal binaria de 1250 bits utiliza 20KHz de ancho de banda.  
Calcule el tiempo mínimo de transmisión.

forma 1:

2- datos.

$n = 1250$  bits =  $N$  = señal binaria.

$B = 20\text{KHz} = 20.000\text{Hz}$ .

obtener el tiempo mínimo de transmisión ( $t_0$ ).

$$B = \frac{D}{2} \rightarrow D = B \cdot 2 = 20.000\text{Hz} \cdot 2 = 40.000$$

$$D = 40.000 \text{ [baudios]}$$

$$D = \frac{N}{t_0} \rightarrow t_0 = \frac{N}{D} = \frac{1250}{40.000} = 0.03125 \text{ (s)}$$

3.

Si se utilizan 5 bits por símbolo en un mensaje de largo 75 el mensaje fue enviado en 2 ms.

Calcular velocidades de transmisión y ancho de banda.

3- datos

$$t_0 = 2\text{ms} = 0.002\text{s}$$

$$l = 5 \text{ bits por símbolo} \rightarrow L = 2^l \rightarrow 32 = 2^5$$

$$L = 32 \text{ niveles}$$

$$N = 75$$

se debe obtener  $R$  y  $D$

$$D = \frac{N}{T} = \frac{75}{0.002} = 37.500 \text{ [baudios]}$$

Luego con  $D$  y  $l$  obtenemos  $R$

$$R = l \cdot D = 5 \cdot 37.500 = 187.500 \text{ bps}$$

obtenidas ambas velocidades, se obtiene  $B$ .

$$B = \frac{D}{2} = \frac{37.500}{2} = 18.750 \text{ [baudios]}$$

4.

Una señal utiliza 15KHz de ancho de banda, con una precisión del 1%.

Calcular velocidades de transmisión en baudios y en bits por segundo.

4. datos:

$$B = 15 \text{ KHz} = 15.000 \text{ Hz}$$

$$P = 1\% = 0,01$$

con la precisión, podemos obtener  $L$

$$P = \frac{1}{L} \rightarrow L = \frac{1}{P} = \frac{1}{0,01} = 100$$

$$L = 100 \text{ niveles}$$

con  $L$  obtengo  $l$ , de la siguiente forma

$$L = 2^l \rightarrow 100 = 2^l \rightarrow l = 6,64385$$

y con  $B$ , obtengo  $D$ , a partir de

$$B = \frac{D}{2} \rightarrow D = B \cdot 2 = 15.000 \cdot 2 = 30.000 \text{ [baudios]}$$

$$D = 30000 \text{ [baudios]}$$

obtenido esto, usamos  $D$  y  $l$  para obtener  $R$ .

$$R = l \cdot D$$

$$R = (6,64385) \cdot 30000$$

$$R = 199.315 \text{ (bits/s)}$$

#### AYUDANTÍA 7

1. La interferencia intersímbolo resulta en:

A) La modificación de la forma de onda para que resulte rectangular.

B) Un aumento del ruido térmico en amplitud.

C) Ninguna de las anteriores.

D) La superposición de parte de un pulso al siguiente.

**2. Nyquist estableció que se debe muestrear a una velocidad:**

- A) Mayor o igual al doble del ancho de banda de la señal original.
- B) Mayor a la mitad del ancho de banda utilizado por la señal digital.
- C) Mayor o igual al doble del ancho de banda de modulación digital de la señal analógica.
- D) Ninguna de las anteriores.

**3. Un baudio equivale siempre a:**

- A) Ninguna de las demás respuestas.
- B) Un bit por segundo.
- C) Un byte por segundo.
- D) Un símbolo por segundo.

**4. La modulación 8QAM implica que se usan:**

- A) Una frecuencia variable y un módulo constante.
- B) Ninguna de las demás respuestas.
- C) 3 bits por símbolo.
- D) Un módulo constante y una fase variable en el plano complejo.

**5. La modulación 32PSK implica :**

- A) 6 bits por símbolo ubicados en un círculo en el plano complejo.
- B) 5 bits por símbolo representando vectores de distinto módulo.
- C) Ninguna de las demás respuestas.
- D) 5 bits por símbolo ubicados en un círculo en el plano complejo.

**6. Un sistema de transmisión utiliza 4 bits por símbolo. Como consecuencia, puede modular en:**

- A) QPSK
- B) QAM
- C) 8PSK
- D) Ninguna de las anteriores

**7. El espectro expandido (spread spectrum):**

- A) Reduce el ancho de banda utilizado por la señal
- B) Reduce el ruido del canal
- C) Incrementa la frecuencia de la señal
- D) Ninguna de las anteriores

**1- Un sistema de transmisión parte de un bit rate  $R=200\text{Kbps}$ . Se utiliza una modulación 16QAM y un rolloff de 0.3, y se transmite con un BER de  $10^{-6}$ .**

- a) Calcular la velocidad en Baudios
- b) Calcular el ancho de banda ocupado
- c) Si cambia la modulación a QPSK, ¿Cuál sería el nuevo ancho de banda ocupado?
- d) ¿Cuál es el valor de la relación señal a ruido normalizado  $N = -110\text{dB}$ ?

Si hay datos faltantes, debe estimarlos. No tome en cuenta la sensibilidad del equipo. Tome en cuenta la relación señal a ruido  $\frac{S}{N} = \frac{R_b \cdot E_b}{B \cdot N_0}$  en veces, establece la proporcionalidad entre la energía de bit  $E_b$ , la velocidad de bit  $R_b$ , el ancho de banda efectivamente utilizado por el flujo de bits  $B$ , el ruido equivalente  $N_0$ , la señal  $S$  y el ruido  $N$ .

1. datos:

$$R = 200 \text{ kbps} = 200\,000 \text{ bps}$$

modulación 16QAM

$$l = 4 \text{ bits por símbolo}$$

$$r = 0,3$$

$$\text{BER } 10^{-6}$$

a) Calcular en baudios

$$D = \frac{R}{l} = \frac{200.000}{4} = 50.000 \text{ [baudios]}$$

b) Calcular el ancho de banda utilizado.

$$B_T = \left( \frac{1+r}{l} \right) \cdot R$$

$$B_T = \left( \frac{1+0,3}{4} \right) \cdot 200.000$$

$$B_T = 65.000 \text{ Hz}$$

c) Si se cambia la modulación a QPSK, ¿Cuál sería el nuevo ancho de banda?

Si se utiliza QPSK se cambian los bits por símbolo.

QPSK  $\rightarrow L = 4$ ;  $l = 2$  bits por símbolo.

$$B_T = \left( \frac{1+r}{L} \right) \cdot R$$

$$B_T = \left( \frac{1+0,3}{2} \right) \cdot 200000$$

$$B_T = 130.000 \text{ Hz}$$

d) Para esto, se usa la fórmula

$$\frac{S}{N} = \frac{R_b \cdot E_b}{B \cdot N_0}$$

datos nuevos:

$$N_0 = -110 \text{ dB} = 10^{-110/10} = 10^{-11}$$

$$N_0 = 10^{-11}$$

Luego para obtener el  $E_b/N_0$  de cada una de las modulaciones usadas, nos vamos al gráfico y lo obtenemos.

Para 16QAM  $\rightarrow E_b/N_0 = 15 \text{ dB aprox}$

Para QPSK  $\rightarrow E_b/N_0 = 10 \text{ dB aprox}$

Para QPSK

$$E_b/N_0 = 10$$

$$N = 10^{-11}$$

$$R_b = 200.000 \text{ bps}$$

$$B = 130.000 \text{ Hz}$$

$$\frac{S}{N} = \frac{R_b \cdot E_b}{B \cdot N_0} \rightarrow \frac{S}{10^{-11}} = \frac{200.000 \cdot 10}{130.000}$$
$$S = 1,53 \cdot 10^{-9} \text{ (W)}$$

2.

El ancho de banda de un canal es de 25KHz, la señal analógica de entrada tiene frecuencia máxima de 10KHz, y se utilizan 10 bits por muestra. Calcule la precisión y elija la modulación más eficiente que pueda aplicarse del gráfico y encuentre el BER para un  $\frac{E_b}{N_0} = 14\text{dB}$ . Use rolloff si lo cree necesario.

2- datos:

$$B = 25\text{KHz} = 25.000\text{Hz.}$$

$$f_{\text{entrada}} = 10\text{KHz} = 10.000\text{Hz.}$$

$$n = 10 \text{ bits por muestra.}$$

Calcular  $p$  y la modulación

En primera instancia calculamos  $p = \frac{1}{M}$ , tenemos  $M = 2^n$

$$\begin{aligned} M = 2^n \\ 1024 = 2^{10} \\ M = 1024 \end{aligned} \longrightarrow p = \frac{1}{1024} = 0,0009$$

Luego se tiene que obtener  $f_s$  y para esto usamos

$$\begin{aligned} f_s &= 2 \cdot f \\ f_s &= 2 \cdot 10000 \\ f_s &= 20000\text{Hz} \end{aligned}$$

Obtenido eso calculamos  $R = n \cdot f_s$

$$\begin{aligned} R &= 10 \cdot 20.000 \\ R &= 200.000 \text{ bps} \end{aligned}$$

Luego debemos obtener  $D$ , por ende podemos usar  $D = \frac{2 \cdot B}{1+r}$ , y estimar un valor de  $r = 0,5$  ya que nos nos entregan uno.

entonces

$$D = \frac{2 \cdot B}{1+r} = \frac{2 \cdot 25000}{1+0,5} = 33.333 \text{ [baudios]}$$

$$D = 33.333 \text{ [baudios]}$$

obtenidos R y D podemos obtener l y así la modulación necesaria.

$$D = \frac{R}{l} \longrightarrow l = \frac{R}{D}$$

$$l = \frac{R}{D} = \frac{200.000}{33.333} = 6 \text{ bits por símbolo.}$$

Por ende una modulación a usar basándonos en el gráfico es 64QAM y tiene un  $E_b/N_0 = 14 \text{ dB}$  para un BER  $10^{-6}$  aprox.

## RESUMEN

### TABLA MODULACIONES

BPSK	→	$L=2$	;	$l=1$	bits por símbolo.
QPSK	→	$L=4$	;	$l=2$	bits por símbolo.
8PSK	→	$L=8$	;	$l=3$	bits por símbolo.
16PSK	→	$L=16$	;	$l=4$	bits por símbolo.
32PSK	→	$L=32$	;	$l=5$	bits por símbolo.
4QAM	→	$L=4$	;	$l=2$	bits por símbolo.
16QAM	→	$L=16$	;	$l=4$	bits por símbolo.
64QAM	→	$L=64$	;	$l=6$	bits por símbolo.
256QAM	→	$L=256$	;	$l=8$	bits por símbolo.