

Redes y Comunicaciones

Solucionario

Tema 3: Datos y señales

Resumen

- La información se debe transformar en señales electromagnéticas antes de enviarla a través de una red.
- Los datos pueden ser analógicos o digitales. Los datos analógicos son continuos y toman valores continuos. Los datos digitales son discretos y toman valores discretos.
- Las señales pueden ser analógicas o digitales. Las señales analógicas pueden tener un número infinito de valores en su rango. Las señales digitales solo pueden tener un número limitado de valores.
- En transmisión de datos, se usan frecuentemente señales analógicas periódicas y señales aperiódicas digitales.
- La frecuencia y el periodo son inversos entre si.
- La frecuencia indica la velocidad de cambio respecto al tiempo.
- La fase describe la posición de la onda en el instante 0.
- Una onda seno completa en el dominio del tiempo se puede representar con una barra en el dominio de la frecuencia.
- Una única onda seno no es única para transmisión de datos; se necesita una señal compuesta, una señal formada por muchas ondas seno.
- De acuerdo con el análisis de Fourier, cualquier señal compuesta es una combinación de ondas seno simples con distintas frecuencias, amplitudes y fases.
- El ancho de banda de la señal compuesta es la diferencia entre las frecuencias más alta y más baja contenidas en la señal.
- Una señal digital es una señal analógica compuesta con un ancho de banda infinito.

- La transmisión banda base de una señal digital que conserva la forma de la señal digital es posible solamente si se tiene un canal paso bajo con un ancho de banda infinito o muy grande.
- Si el canal disponible es un canal paso banda, no se puede enviar una señal digital directamente al canal; es necesario convertir la señal digital a una señal analógica antes de transmitirla.
- Para un canal sin ruido, la fórmula de Nyquist define la máxima velocidad teórica. Para un canal ruidoso, es necesario usar la capacidad de Shannon para hallar la velocidad máxima.
- La atenuación, distorsión y el ruido pueden deteriorar una señal.
- La atenuación es la pérdida de energía de una señal debido a la resistencia del medio.
- La distorsión es la alteración de una señal debida a las distintas velocidades de propagación de cada una de las frecuencias que forman la señal.
- El ruido es la energía externa que corrompe una señal.
- El producto ancho de banda-retraso define el número de bits que pueden rellenar el enlace.

Problemas resueltos

Problema 1

¿Cuál es la relación entre periodo y frecuencia?

Solución:

La frecuencia y el periodo son inversos entre si. $T = 1/f$ y $f = 1/T$.

Problema 3

¿Cómo se puede descomponer una señal en sus frecuencias individuales?

Solución:

Usando el análisis de Fourier. Si la señal compuesta es periódica, la descomposición da una serie de señales con frecuencias discretas; si la señal compuesta es aperiódica, la descomposición da una combinación de ondas seno con frecuencias continuas.

Problema 5

Distinga entre transmisión banda base y banda ancha.

Solución:

Para transmitir una señal digital se usan las aproximaciones: transmisión banda base y banda ancha.

La *transmisión banda base* significa enviar un señal digital sobre una canal sin cambiar la señal digital a una señal analógica para ello necesita la existencia de un canal paso bajo. La *transmisión banda ancha* implica cambiar la señal digital a una

señal analógica para su transmisión usando un canal pasa banda (un canal con un ancho de banda que no empieza en cero).

Problema 7

¿Que relación tiene el teorema de Nyquist con las comunicaciones?

Solución:

El *teorema de Nyquist* define la tasa de bits máxima para un canal sin ruido.

$$\text{TasadeBits} = 2 \times \text{ancho de banda} \times \log_2 L$$

Donde L es el número de niveles señal usados para representar los datos.

Problema 9

¿Por qué las señales ópticas que se usan en fibras ópticas tienen una longitud de onda muy corta?

Solución:

Las *señales ópticas* tienen frecuencias muy altas. Una frecuencia muy alta significa una longitud de onda corta porque la longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia ($\lambda = v/f$), donde v es la velocidad de propagación en el medio).

Problema 11

¿Es el dominio de frecuencia de la voz discreto o continuo?

Solución:

El dominio de la frecuencia de una señal de voz es normalmente continuo porque la voz es una señal no periódica.

Problema 13

Si se envía una señal de voz desde un micrófono o una grabadora, ¿es transmisión banda base o banda ancha?

Solución:

Es transmisión banda base porque no está implicada la modulación.

Problema 15

¿Si se modulan varias señales de voz y se envían a través del aire, ¿es transmisión banda base o banda ancha?

Solución:

Es transmisión banda ancha porque está implicada la modulación.

Problema 17

Dados los siguientes periodos, calcule sus frecuencias correspondientes.

- a. 5 s
- b. 12 μ s
- c. 220 ns

Solución:

- a. $f = 1 / T = 1 / (5 \text{ s}) = 0.2 \text{ Hz}$
- b. $f = 1 / T = 1 / (12 \mu\text{s}) = 83333 \text{ Hz} = 83.333 \times 10^3 \text{ Hz} = 83.333 \text{ KHz}$
- c. $f = 1 / T = 1 / (220 \text{ ns}) = 4550000 \text{ Hz} = 4.55 \times 10^6 \text{ Hz} = 4.55 \text{ MHz}$

Problema 19

¿Cuál es el ancho de banda de una señal que se puede descomponer en cinco ondas seno con frecuencias 0, 20, 50, 100 y 200 Hz? Todas las amplitudes pico son iguales. Dibuje el ancho de banda.

Solución:

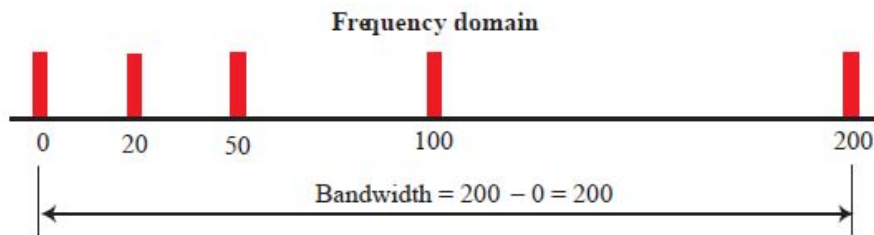


FIGURA 3.1. Solución del ejercicio 19.

Problema 21

¿Qué señal tiene mayor ancho de banda: una señal que cambia 100 veces por segundo o una señal que cambia 200 veces por segundo?

Solución:

Cada señal, en este caso, es una señal simple. El ancho de banda de una señal simple es cero. Luego el ancho de banda de ambas señales es el mismo.

Problema 23

Un dispositivo está enviando datos con una tasa de 1000 bps.

- ¿Cuánto cuesta enviar 10 bits?
- ¿Cuánto cuesta enviar un carácter (8 bits)?
- ¿Cuánto cuesta enviar un archivo de 100.000 caracteres?

Solución:

- a. $(10 / 1000) \text{ s} = 0.01 \text{ s}$
- b. $(8 / 1000) \text{ s} = 0.008 \text{ s} = 8 \text{ ms}$
- c. $((100000 \times 8) / 1000) \text{ s} = 800 \text{ s}$

Problema 25

¿Cuál es la frecuencia de la señal en la Figura 3.2?

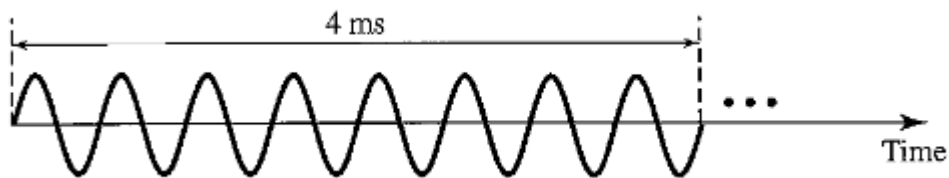


Figura 3.2. Corresponde a la Figura 3.35 del libro de texto.

Solución:

La señal hace 8 ciclos en 4 ms. La frecuencia es $8 / 4 \text{ ms} = 2 \text{ KHz}$

Problema 27

Una señal periódica compuesta contiene frecuencias desde 10 KHz a 30 KHz, cada una de ellas con una amplitud de 10 voltios. Dibuje el espectro de frecuencia.

Solución:

La señal es periódica, por lo que se hace el dominio de la frecuencia de frecuencias discretas, como se muestra en la Figura 3.3.

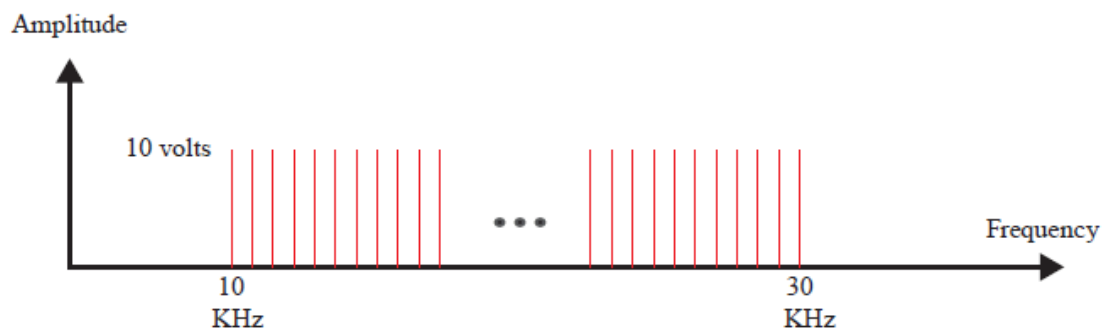


Figura 3.3. Solución del ejercicio 27.

Problema 29

Un canal de TV tiene un ancho de banda de 6 MHz. Si se envía una señal usando un canal, ¿cuál es la velocidad si se usa un armónico, 3 armónicos y 5 armónicos?

Solución:

Usando el primer armónico, la tasa de datos es $= 2 \times 6 \text{ MHz} = 12 \text{ Mbps}$

Usando tres armónicos, la tasa de datos es $= (2 \times 6 \text{ MHz}) / 3 = 4 \text{ Mbps}$

Usando cinco armónicos, la tasa de datos es $= (2 \times 6 \text{ MHz}) / 5 = 2.4 \text{ Mbps}$.

Problema 31

¿.La atenuación de una señal es -10 dB . ¿Cuál es la potencia final de la señal si originalmente tenía 5 vatios?

Solución:

$$\text{dB} = 10 \log_{10} (P_2 / P_1)$$

$$-10 = 10 \log_{10} (P_2 / 5) \rightarrow \log_{10} (P_2 / 5) = -1 \rightarrow (P_2 / 5) = 10^{-1} \rightarrow P_2 = 0.5 \text{ W}.$$

Problema 33

Si el rendimiento de la conexión entre un dispositivo y un medio de transmisión es 5 Kbps, ¿cuánto tiempo le costaría a este dispositivo enviar 100.000 bits?

Solución:

El rendimiento mide lo rápido que se puede enviar datos realmente a través de una red. El ancho de banda es una medida potencial de un enlace; el rendimiento es la medida real de lo rápido que se pueden enviar los datos.

$$100.000 \text{ bits} / 5 \text{ Kbps} = 20 \text{ s.}$$

Problema 35

Una señal tiene una longitud de onda de 1 μm en el aire. ¿Cuánta distancia puede recorrer la onda durante 1000 periodos?

Solución:

$$1 \mu\text{m} \times 1000 = 1000 \mu\text{m} = 1 \text{ mm.}$$

Problema 37

Se mide el rendimiento de una línea telefónica (4 kHz de ancho de banda). Cuando la señal es 10 voltios, el ruido es 5 milivoltios. ¿Cuál es la tasa de datos máxima soportada por esta línea telefónica?

Solución:

La capacidad de Shannon determina la máxima tasa de datos teórica de un canal con ruido:

$$\text{Capacidad} = \text{ancho de banda} \times \log_2(1 + \text{SNR})$$

Donde SNR es la razón señal-ruido.

$$4000 \times \log_2(1 + (10 / 0.005)^2) = 87.73 \text{ Kbps.}$$

Problema 39

El monitor de una computadora tiene una resolución de 1200 por 1000 píxeles. Si cada píxel usa 1024 colores, ¿Cuántos bits son necesarios para enviar todos los contenidos de una pantalla?

Solución:

Para representar 1024 colores, necesitamos $\log_2 1024 = 10$ bits. El número total de bits es, entonces,

$$1200 \times 1000 \times 10 = 12000000 \text{ bits}$$

Problema 41

Si el voltaje pico del valor de una señal es 20 veces el valor del voltaje pico del valor del ruido, ¿Cuál es el valor de SNR? ¿Y el de SNR_{dB} ?

Solución:

Tenemos:

$$\text{SNR} = (\text{potencia señal}) / (\text{potencia ruido}).$$

Sin embargo, la potencia es proporcional al cuadrado del voltaje. Esto significa que tenemos:

$$\text{SNR} = [(\text{voltaje señal})^2] / [(\text{voltaje ruido})^2] =$$

$$[(\text{voltaje señal}) / (\text{voltaje ruido})]^2 = 20^2 = 400$$

Finalmente,

$$\text{SNR}_{\text{dB}} = 10 \log_{10} \text{SNR} \approx 26.02$$

Problema 43

Se necesita actualizar un canal para tener mayor ancho de banda, responda a las cuestiones siguientes:

- ¿Cómo mejora la velocidad si se dobla el ancho de banda?
- ¿Cómo mejora la velocidad si se dobla el SNR?

Solución:

- La tasa de datos será doble ($C_2 = 2 \times C_1$).
- Cuando se dobla el SNR, la tasa de datos se incrementa ligeramente. Se puede decir que, aproximadamente, ($C_2 = C_1 + B$).

Así: $C_2 = B \times \log_2 (1 + 2 \times \text{SNR})$. Si realizamos la aproximación, $\text{SNR} + 1 \sim$

$$\text{SNR. Entonces: } C_2 = B \times \log_2 (2 \times \text{SNR}) = B \times (1 + \log_2 (\text{SNR})) = C_1 + B$$

Problema 45

¿Cuál es el tiempo de transmisión de un paquete enviado a una estación si la longitud del paquete es de 1 millón de bytes y el ancho de banda del canal es 200 kbps?

Solución:

Tiempo de transmisión = (Longitud del paquete)/(ancho de banda) =

$$(8000000 \text{ bits}) / (200000 \text{ bps}) = 40 \text{ s}$$

Problema 47

¿Cuántos bits caben en un canal con un retraso de 2 ms si el ancho de banda del enlace es?

- a. 1 Mbps.
- b. 10 Mbps
- c. 100 Mbps.

Solución:

a. Número de bits = ancho de banda × retardo = 1 Mbps × 2 ms = 2000 bits

b. Número de bits = ancho de banda × retardo = 10 Mbps × 2 ms = 20000 bits

c. Número de bits = ancho de banda × retardo = 100 Mbps × 2 ms = 200000 bits