

Ejercicio personal 2.

Transmisión de canales telefónicos y flujos de datos mediante el multiplex por división en el tiempo E1 y la jerarquía digital europea.

Se va estudiar el comportamiento de un múltiplex E1 para la transmisión de canales telefónicos, para lo que se van a alimentar sus entradas con tonos puros (señales senoidales) o señales continuas, que no se filtran, de forma que se puedan comprobar los datos que aparezcan en la propia trama del múltiplex.

Las señales que se van a manejar son los tonos S_1 y S_3 y las señales continuas S_2 y S_4 :

$$S_i = A_i \sin(\omega_i t + \phi_i). \text{ Con } A_1 = A_2 = 15 \text{ mV}, A_3 = A_4 = 750 \text{ mV}, f_1 = 3,4 \text{ kHz}, f_2 = 0, f_3 = 0,2 \text{ kHz y } f_4 = 0.$$

Los canales principales del múltiplex se digitalizan según la norma G.711 (1). S_1 y S_2 entran en los 16 intervalos de cuantificación alrededor del valor 0 de señal. A_1 y A_2 se corresponden exactamente con el valor analógico central del intervalo superior de los 16 abarcados.

En cada uno de los canales principales se introduce S_2 , excepto en el cuarto en que se introduce S_1 .

Los canales asociados se muestrean a 500 muestras por segundo y se cuantifican en un total de 16 intervalos uniformes. Estos intervalos se codifican en módulo y signo, como en G.711 (1). A_3 y A_4 se corresponden exactamente con el valor analógico central del intervalo superior de los 16.

En cada una de las entradas de canales asociados del múltiplex se aplica S_4 .

En una trama (N) del múltiplex, la muestra de S_1 es A_1 . N es además la primera trama de la multitrama. Suponga que los valores de los intervalos (slots) con el sincronismo de trama y de multitrama sean siempre (s_t) 0x9b y (s_m) 0x0b respectivamente.

Se desea estudiar las tramas $N + 1$ y $N + 2$.

1. *Escriba justificadamente el contenido en hexadecimal de todos los intervalos (slots) del múltiplex en las tramas indicadas.*

En otro supuesto se ha utilizado S_3 como entrada del segundo canal asociado, dejando el resto de entradas igual. Ahora, en la multitrama donde se ubica la trama “ N ” la muestra de S_3 es $-A_3$.

2. *Responda de nuevo a la pregunta anterior.*

3. *Determine justificadamente el máximo ancho de banda admisible para una señal analógica que se quisiera transmitir por un canal asociado.*

El anexo A muestra el contenido de una secuencia continua de tramas recibidas por el demultiplexor correspondientes al segundo supuesto. Se han usado los valores de s_t y s_m definidos.

4. *Localice justificadamente, en esta secuencia, las tramas que se están estudiando.*

Para reconstruir las señales a partir de sus muestras el demultiplexor emplea los valores analógicos correspondientes al centro de los intervalos de cuantificación (1).

5. *Determine justificadamente el error en esta reconstrucción, en mV, de cada una de las muestras del canal asociado por el que se ha introducido S_3 , incluidas en los datos del Anexo A.*

(1) **Siguiendo el G.711 los códigos de los 16 intervalos de cuantificación indicados para las entradas principales van desde 0x07 a 0x87 (regla de módulo y signo, con “1” en el bit más significativo para positivos. De forma similar, los correspondientes a los 16 intervalos de los canales asociados van de 0b0111 a 0b1111. Los valores analógicos correspondientes a cada uno de los intervalos de cuantificación y los valores analógicos de reconstrucción de las señales a partir de los códigos también están en la norma.**

Por otro lado, se desea estudiar el diseño de la red de una empresa de seguridad que utiliza un multiplex de la jerarquía digital mencionada para sus comunicaciones.

La empresa instala a los clientes detectores de alarmas y cámaras de vídeo-vigilancia. Tiene sedes regionales que atienden a los detectores y cámaras de los clientes de su región e intervienen cuando se producen alarmas. Tiene, además, una sede central donde se registran y almacenan todas las señales de los detectores y los vídeos instalados.

Un enlace E1 comunica el equipamiento de cada cliente con el de su sede regional. Las sedes regionales se comunican, a su vez, con la central usando un multiplex E2, E3,..., a determinar. Los multiplex empleados tienen entradas digitales independientes, tanto en los canales principales como en los asociados, que se describen a continuación.

Muestreando, codificando y comprimiendo, cada cámara de vídeo genera un "bit stream" continuo de 64 kbps y cada detector genera un "bit stream" continuo de 1,5 kbps. En las sedes regionales se reciben los "bit streams" de los usuarios y su información se presentan a los operadores locales para su posible intervención.

Supuesto que cada cliente tiene 14 cámaras de vídeo y 11 detectores.

6. *Represente gráficamente la estructura de la trama y multitrama de su enlace E1, indicando donde se situarían los diferentes "bits stream" generados por el equipamiento del usuario.*

Además, en las sedes regionales se re-multiplexan los "bit streams" obtenidos de los usuarios para enviarlos a la sede central.

Supuesto que cada sede regional opera con 8 clientes.

7. *Calcule justificadamente el nivel jerárquico del multiplex (E1, E2, etc.) que debería tener el enlace que ha de mantener con la sede central.*

Solución

Ejercicio personal 2.

Transmisión de canales telefónicos y flujos de datos mediante el multiplex por división en el tiempo E1 y la jerarquía digital europea.

1. Escriba justificadamente el contenido en hexadecimal de todos los intervalos (slots) del múltiplex en las tramas $N + 1$ a $N + 2$.

Muestreo de los canales telefónicos

$$S_1(t) = A_1 \text{seno}(2\pi f_1 t + \varphi_1) \text{ mV, con } A_1=15\text{mV, } f_1=3,4\text{kHz}$$

$$S_1(t_N) = 15\text{mV} \rightarrow \varphi_1 = \pi/2$$

$$S_2 = A_2 = 15\text{mV, en todas las tramas}$$

$$T = 0,125 \text{ ms, periodo de muestreo de los canales telefónicos y periodo de trama}$$

$$S_1(t_{N+1}) = A_1 \text{seno}(2\pi f_1 T + \pi/2) = -13,37\text{mV}$$

$$S_1(t_{N+2}) = A_1 \text{seno}(2\pi f_1 2T + \pi/2) = 8,82\text{mV}$$

Cuantificación-codificación de los canales telefónicos

Nict= Número de intervalos de cuantificación abarcados por las señales S_1 y $S_2=16$
15 mV es el centro del mayor de los positivos

Vic= Tamaño de intervalo de cuantificación, en el rango abarcado

$$\text{Vic}(Nict/2)=15+\text{Vic}/2 \rightarrow \text{Vic}=2\text{mV}$$

Los umbrales serán: -16, -14,..., -2, 0, 2, 4, 6..., 12, 14, 16

Los códigos: 0x07, 0x06,..., 0x00, 0x80,..., 0x87

Resultan así para las muestras en $N+1$ y $N+2$ los códigos:

$$S_1(t_{N+1}) \rightarrow 0x06; S_1(t_{N+2}) \rightarrow 0x84$$

$$S_2(t_{N+1}) \rightarrow 0x87; S_2(t_{N+2}) \rightarrow 0x87$$

Muestreo de los canales asociados

$$S_4=A_4= \text{con } A_4= 750\text{mV, en todas las tramas}$$

Cuantificación-codificación de los canales telefónicos

La muestra se corresponde al intervalo de cuantificación positivo más alto: 0b1111

Todos los canales asociados tienen este valor, luego el intervalo 16 en todas las tramas de la multitrama menos en la primera tienen ese valor en los cuatro bits más significativos y en los cuatro menos significativos: 0b11111111 = 0xFF

Construcción de las tramas

S_1 se aplica al cuarto canal telefónico \rightarrow intervalo 4 (quinto de la trama),

S_2 a todos los demás \rightarrow intervalos 1 a 4, 5 a 15 y 17 a 31

S_4 se aplica a todos los canales asociados \rightarrow intervalo 16

El intervalo 0 tiene el sincronismo de trama 0x9B

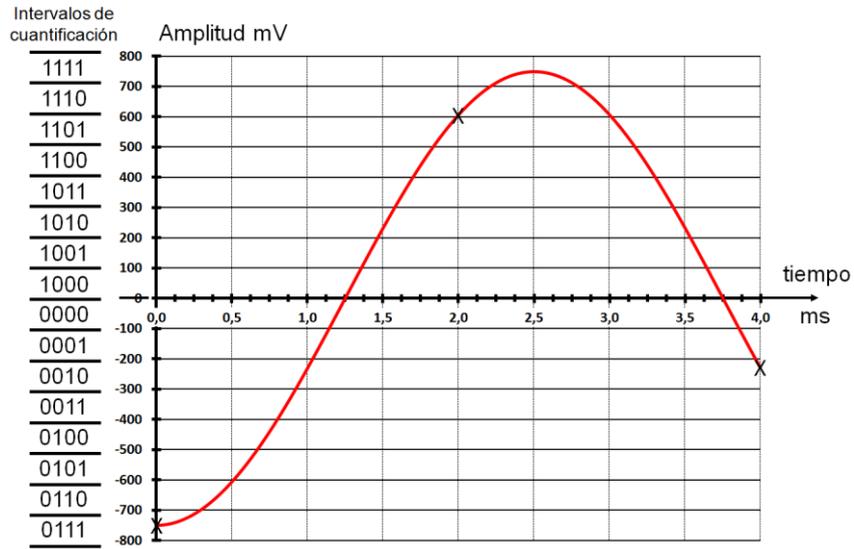
Las tramas solicitadas:

Intervalos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Trama N+1	9B	87	87	87	06	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	FF	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87
Trama N+2	9B	87	87	87	84	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	FF	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87

La figura siguiente ilustra el muestreo y cuantificación de la señal S_1 a partir de (N).

$$(-250 - (-231,76)) = -18,24 \text{ mV}$$

La figura siguiente ilustra el muestreo y cuantificación de la señal S_3 a partir de (N).



6. *Represente gráficamente la estructura de la trama y multitrama de su enlace E1, indicando donde se situarían los diferentes "bits stream" generados por el equipamiento del usuario.*

Como cada cámara genera un "bit stream" de 64kbps, se pueden asignar los flujos de las cámaras a los primeros 14 canales (intervalos 1 a 14) y como cada flujo de detector cabe en un canal asociado por ser menor de 2kbps, los flujos de los detectores se pueden asignar a los primeros 11 canales asociados.

	Interv. 0	Interv. 1	Interv. 2	...	Interv. 13	Interv. 14	Interv. 15	Interv. 16	Interv. 17	Interv. 18	...	Interv. 29	Interv. 30
Trama 0	Sincr. Trama	cam. 1	cam. 2	...	cam. 13	cam. 14	libre	Sincr. Mtrama	libre	libre	...	libre	libre
Trama 1	Sincr. Trama	cam. 1	cam. 2	...	cam. 13	cam. 14	libre	det. 1	libre	libre	...	libre	libre
Trama 2	Sincr. Trama	cam. 1	cam. 2	...	cam. 13	cam. 14	libre	det. 2	libre	libre	...	libre	libre
Trama 3	Sincr. Trama	cam. 1	cam. 2	...	cam. 13	cam. 14	libre	det. 3	libre	libre	...	libre	libre
Trama 4	Sincr. Trama	cam. 1	cam. 2	...	cam. 13	cam. 14	libre	det. 4	libre	libre	...	libre	libre
Trama 5	Sincr. Trama	cam. 1	cam. 2	...	cam. 13	cam. 14	libre	det. 5	libre	libre	...	libre	libre
Trama 6	Sincr. Trama	cam. 1	cam. 2	...	cam. 13	cam. 14	libre	det. 6	libre	libre	...	libre	libre
Trama 7	Sincr. Trama	cam. 1	cam. 2	...	cam. 13	cam. 14	libre	det. 7	libre	libre	...	libre	libre
Trama 8	Sincr. Trama	cam. 1	cam. 2	...	cam. 13	cam. 14	libre	det. 8	libre	libre	...	libre	libre
Trama 9	Sincr. Trama	cam. 1	cam. 2	...	cam. 13	cam. 14	libre	det. 9	libre	libre	...	libre	libre
Trama 10	Sincr. Trama	cam. 1	cam. 2	...	cam. 13	cam. 14	libre	det. 10	libre	libre	...	libre	libre
Trama 11	Sincr. Trama	cam. 1	cam. 2	...	cam. 13	cam. 14	libre	det. 11	libre	libre	...	libre	libre
Trama 12	Sincr. Trama	cam. 1	cam. 2	...	cam. 13	cam. 14	libre	libre	libre	libre	...	libre	libre
Trama 13	Sincr. Trama	cam. 1	cam. 2	...	cam. 13	cam. 14	libre	libre	libre	libre	...	libre	libre
Trama 14	Sincr. Trama	cam. 1	cam. 2	...	cam. 13	cam. 14	libre	libre	libre	libre	...	libre	libre
Trama 15	Sincr. Trama	cam. 1	cam. 2	...	cam. 13	cam. 14	libre	libre	libre	libre	...	libre	libre

7. *Calcule el nivel jerárquico del múltiplex (E1, E2,..) que debería tener el enlace que ha de mantener con la sede central.*

A cada sede regional llegan 8 multiplex E1. Cada uno aporta 14 flujos de 64 kbps y 11 de 1,5 kbps.

En total se tienen $8 \times 14 = 112$ flujos de 64 kbps y $8 \times 11 = 88$ flujos de 1,5 kbps.

Se supera la capacidad de un E1 para remultiplexar en él todos los flujos.

La capacidad de un E2 de 120 canales y 120 canales asociados es suficiente.

El nivel jerárquico será **E2.**