

ANALISIS ESPECTRAL DE CODIGOS ADAPTATIVOS DE LONGITUD VARIABLE

J.A.Delgado-Penín

Deptm.TSC -Lab.Com.Digitales-Campus Nord UPC
D4-ETSETB-Apdo.30.002-08080Barcelona

ABSTRACT

The algorithm for the power spectral density of a block code proposed by Cariolaro/Tronca has been used to obtain continuous and discrete spectra components of line codes. Novel adaptive binary and multilevel codes are defined and analyzed from the point of view of the spectral analysis. For a stationary memoryless source, closed-form expressions for the spectra of the coded signals have been obtained analytically using the transition probability matrix method. Plots are shown for power spectral densities when rectangular waveforms are used.

INTRODUCCION

La transmisión o almacenamiento de información necesita la ayuda, la mayoría de las veces, de técnicas de codificación. Una de estas técnicas es la conocida como codificación de línea que añade redundancia a la información a transmitir o a la información a almacenar en una memoria.

Uno de los objetivos de dicha codificación es la de configurar la densidad espectral de potencia de las señales asociadas a secuencias de datos con objeto de adaptarse de la mejor manera posible a las características espectrales del canal de transmisión/almacenamiento.

Los principales factores que influyen en el diseño de un código de línea suelen ser: (a) la eficiencia en la recuperación del reloj de la señal codificada una vez recibida; (b) un reparto equilibrado y eficiente dentro de la banda permitida; (c) un contenido energético pequeño en la región de baja frecuencia sin olvidarse de las colas espectrales.

La codificación de línea contempla la generación de palabras código como bloques de símbolos de longitud fija o variable que a su vez son transmitidas como señales codificadas en bloque. La búsqueda de la densidad espectral de potencia de dichas señales fue realizada por diferentes autores; pero fueron Cariolaro y Tronca (1) quienes formularon el problema en el dominio de las máquinas secuenciales finitas.

El análisis espectral de mensajes digitales de longitud variable producidos por un codificador alimentado por una fuente binaria sin memoria y estacionaria se reconoce en la actualidad como una poderosa herramienta para evaluar el comportamiento de las familias de códigos de longitud variable (2) pudiendo realizarse mediante dos modelos diferentes :Mealy y Moore (3).En esta comunicación se recurre al modelo de Moore por su sencillez de cálculo

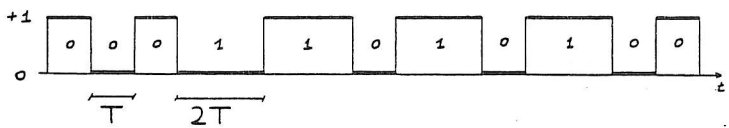
En el apartado que sigue se comentan dos códigos adaptativos de longitud variable.Posteriormente, se considera la densidad espectral de potencia de ambos. Se concluye la comunicación presentando unos resultados y unas conclusiones sobre los códigos adaptativos de longitud variable.

CODIGOS ADAPTATIVOS DE LONGITUD VARIABLE

La utilización de las máquinas secuenciales de estados finitos para configurar los codificadores de línea permite considerar un código como adaptativo cuando la palabra código de salida del codificador no depende solamente de la palabra de entrada y de la historia del codificador sino que es también función de alguna relación entre parámetros del código.Este es el caso de los dos códigos que se presentan en esta comunicación: uno binario y otro multinivel.

Código binario

En este tipo de codificación se consideran dos niveles de tensión con valores 0 y +V volts y, además se obliga a que la duración del intervalo de señalización transporte información; el hecho de emplear dos dimensiones en la codificación hace que aparezca redundancia de información. Por ejemplo, para codificar un bit se pueden emplear dos intervalos de tiempo diferentes: T y 2T.Cuando la fuente envía un "0" binario, en línea aparece una forma de onda con duración T sg.;mientras que la señal permanece en 2 T sg. cuando la fuente envía un "1" binario.



Otra característica ligada a la denominada "adaptatividad" es la de que al final(o principio) de cada intervalo de señalización aparece siempre una transición a otro nivel de voltaje que se mantendrá constante durante el intervalo de señalización, con lo que hay una alternancia de niveles y en consecuencia buenas características para la recuperación del reloj.

Código multinivel

El código consta de cuatro niveles de codificación y dos intervalos de señalización donde ambos niveles y duraciones pueden transportar información.En este caso, la ley de codificación puede construirse como se indica a continuación:

Fuente(entrada)

Codificador(salidas)

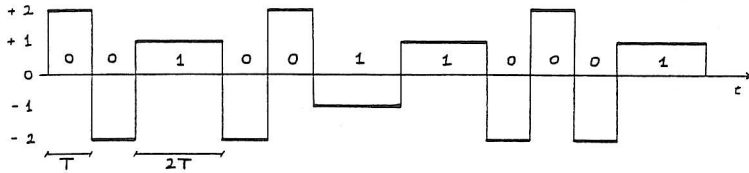
0
1

Duración

Nivel

T sg. $+ V_1$ volts.
2T sg. $+ V_2$ volts.

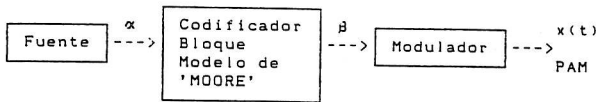
con la condición de que : $V_1 \cdot T = V_2 \cdot 2T$. Con ello se consigue que la secuencia de dos bits sea codificada con una secuencia de área nula, de modo que la señal en línea sea balanceada (DSV acotado) (4) .En la figura se representa el caso de una señal con valores $+ 2$ y $+ 1$ volts.



DENSIDAD ESPECTRAL DE POTENCIA (DEP)

El análisis espectral de un código de línea es de importancia para conocer el comportamiento frecuencial de una señal en línea, pues facilita información sobre el contenido de potencia media y distribución del espectro.

El análisis de las señales codificadas en ambos casos sigue el denominado modelo de Moore (3).El núcleo del codificador adaptativo es un codificador de bloque que tiene una estructura de máquina secuencial.



El algoritmo de cálculo se debe a Cariolaro /Tronca (1) al que se remite al lector interesado . La DEP normalizada de la señal codificada puede escribirse como:

$$W(f) = \frac{|S(f)|^2}{T^2} \left\{ W^c(f) + W^D(f) \right\}$$

donde $W^c(f)$ indica la DEP correspondiente a la parte "continua" y $W^D(f)$ representa las posibles rayas espectrales.En la referencia(5) puede seguirse la evaluación de estas dos últimas funciones de forma pormenorizada.

Código binario

El codificador tiene cuatro estados.El diagrama de estados representativo de la ley de codificación se indica en la figura 1

Suponiendo un pulso conformador rectangular $s(t)=\text{rect}(t/T)$ se obtiene como DEP:

$$W(f) = \text{sinc}^2(fT) \cdot \frac{T}{3} \cdot \frac{1}{3 + 3 \cos(\omega T) + 2 \cos(2\omega T)} + \frac{1}{4} \delta(f)$$

con: $\delta(f)$ = delta de Dirac; $\omega = 2\pi f$
 $\text{sinc}(x) = (1/\pi x) \text{sen}(\pi x)$

En el caso de tomar niveles + 1 volt no aparecen componentes discretas y la parte continua sólo se diferencia de la anterior en un factor de escala. El espectro indicado en la figura 3 corresponde a este último caso.

Código multinivel

En este caso el codificador tiene seis estados (4). El diagrama de estados se indica en la figura 2. Suponiendo un pulso conformador rectangular $s(t)=\text{rect}(t/T)$ resulta para la DEP:

$$W(f) = \text{sinc}^2(fT) \cdot \frac{4T}{3} \cdot \frac{[1 - \cos(\omega T)]^2}{3 + 3 \cos(\omega T) + 2 \cos(2\omega T)}$$

con: $\omega = 2\pi f$.

Todos los espectros se representan normalizados al producto $P_m \cdot T$ (potencia media .duración mínima).

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En las figuras 3, 4, 5, se representan de forma gráfica las densidades espectrales de potencia unilaterales en el caso de utilizar un pulso conformador rectangular. En ordenadas se normaliza la DEP y en abscisas se toma el producto $f \cdot T$. La DEP tiene componente DC nula para el código multinivel y valores nulos para $f = n \cdot 1/T$ (n entero). Por lo que se refiere al código binario presenta una componente continua semejante a la del código de Miller. A la vista de la figura que compara los códigos AMI y BIFASE con el multinivel se advierten las buenas prestaciones espectrales del multinivel frente a los otros códigos.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Cariolaro, G.L., Tronca, G.P. "Spectra of block-coded digital signals", IEEE Trans. on Communicat., vol. COM-22, n°10, Octubre 1974, pags. 1555-1564
- (2) Cariolaro, G.L., Pierobon, S.G., Pupolin, "Spectral analysis of variable length coded digital signals", IEEE Trans. on Information Theory, vol. IT-28 n°3, Mayo 1982, pags. 473-481
- (3) Cariolaro y otros, "Analysis of codes and spectra calculations", Intern. Journal of Electronics, vol. 55, n° 1, 1983, pags. 35-79
- (4) J. Delgado-Penín, A. Correas-Corcobado, "Power spectral density of a novel adaptive multilevel line code", SBT/IEEE Int. Symp. on Telecom., Record IEEE CH2901-7/90/0000-pags. 22.5.1-22.5.4-1990 IEEE, USA.
- (5) Poo, G.S., "Computer aids for code spectra calculations", IEE Proc., vol. 128, Pt. F, N°5, Octubre 1981, pags. 323-330

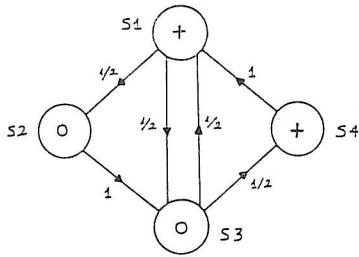


Figura 1

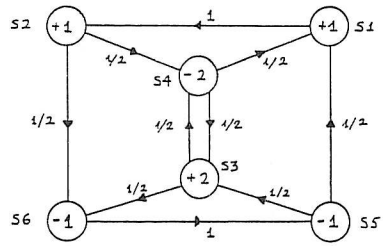


Figura 2

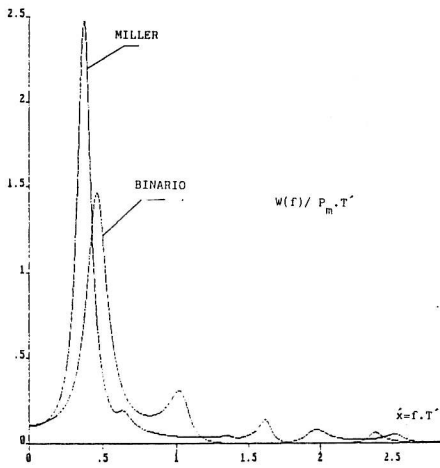


Figura 3

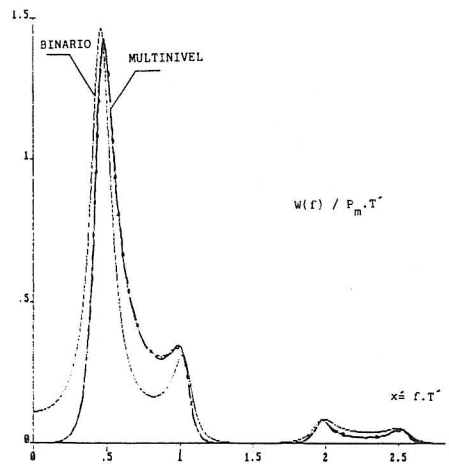


Figura 4

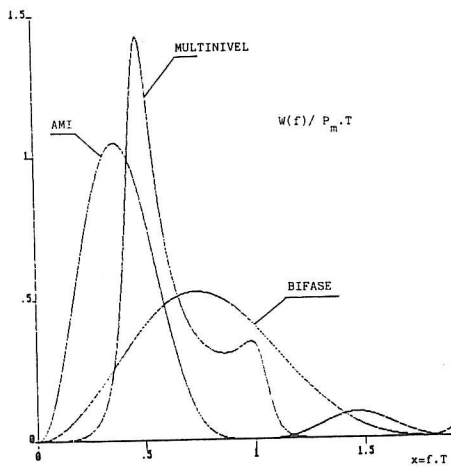


Figura 5