Transformadas de Fourier y telecomunicaciones.

Sabando María Virginia

Estudiante de Ingeniería en Sistemas de Computación
Universidad Nacional del Sur, Avda. Alem 1253, B8000CPB Bahía Blanca, Argentina
virginiasabando@gmail.com
Junio 2014

Resumen: El propósito de este trabajo es mostrar la aplicación de las Transformadas de Fourier en las telecomunicaciones en señales eléctricas. Esta aplicación se verifica inicialmente al analizar las señales transmitidas como tráfico de datos; estas señales se llaman portadoras, son sinusoidales, y en ellas se efectúa el envío y recepción de datos, a través de diversos medios de propagación, y mediante dispositivos de transmisión electrónicos.

De igual manera, se estudian algunos de los procesos de modulación sobre la señal portadora; entre ellos se ven modulación en fase, en frecuencia y en amplitud. Se analiza, para cada caso, el modelo matemático de trasfondo y el proceso hasta obtener la señal modulada.

Palabras clave: frecuencia, amplitud, fase, modulación, transformada de Fourier, portadora.

INTRODUCCIÓN

La utilización de la transformada de Fourier en las telecomunicaciones surge a partir de la naturaleza física de los fenómenos eléctricos, y de su comportamiento, explicado a través de funciones periódicas o movimentos periódicos ondulatorios. Mediante la transformada de Fourier es posible obtener ondas discontinuas, especialmente utiles a la hora de modular señales; el fundamento para su uso radica en que mediante esta transformada discreta es posible transformar una señal del dominio del tiempo o del espacio al dominio de la frecuencia, o su proceso inverso (aplicando antitransformada de Fourier).
Antiguamente, la transformada de Fourier se empleaba mayormente en la solución de ecuaciones diferenciales; actualmente encuentra un vasto campo de aplicación en el análisis de señales discretas, y es ampliamente utilizada en teoría de las comunicaciones , teleprocesamiento, procesamiento de voz e imágenes, entre otras áreas de la ingeniería.

TRANSFORMADA DE FOURIER EN TELECOMUNICACIONES

La transformada de Fourier

La transformada de Fourier relaciona una función en el dominio del tiempo con una función en el dominio de la frecuencia. Los valores de frecuencia componentes, extendidas para todo el espectro, son representados como picos en el dominio de la frecuencia. La transformada de Fourier es básicamente el espectro de frecuencias de una función; es decir, al aplicar la transformada de Fourier a una función sólo se visualizará un rango de valores de frecuencias para todos los valores de la función en un cierto dominio.

La transformada de Fourier se utiliza para obtener información de una señal determinada que no es evidente en el dominio temporal, por medio de su traducción al dominio de frecuencias .

$$F(j\omega)=\int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t}\,dt$$

Ecuación 1-1. *Ecuación integral de Fourier en el dominio transformado J; la frecuencia toma el valor f=2πω*

$$f(t)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} F(j\omega)e^{j\omega t}\,d\omega$$

Ecuación 1-2. *Ecuación integral de Fourier en el dominio de tiempo T*

$$\mathscr{F}(f(t))=F(j\omega)=\int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t}\,dt$$

Ecuación 1-3. *Transformada de Fourier*

Modulación de señales

La modulación de señales comprende los procesos utilizados para transportar información sobre cualquier onda física, denominada portadora, típicamente una onda sinusoidal. Mediante las técnicas de modulación se obtiene un mejor aprovechamiento del canal de comunicación y los recursos físicos de transmisión, lo que hace posible la transmisión simultánea de mayor volumen de información, de mejor calidad, y protegiendo los datos de posibles ruidos e interferencias.

En principio, la modulación consiste en hacer que un parámetro de la onda portadora cambie de valor de acuerdo con las variaciones de la señal moduladora (la información a transmitir).

De acuerdo al parámetro de la señal moduladora que se modifica en el proceso, existen diversos tipos de modulación; entre ellos:

• Modulación de amplitud (AM)
• Modulación de fase (PM)
• Modulación de frecuencia (FM)

Cada uno de estos métodos de modulación de señal es caracterizado por una ecuación matemática que representa una función la cual, a efectos prácticos, se aplica sobre la ecuación característica de la señal portadora. Estas ecuaciones tienen su fundamento matemático en la transformada de Fourier.

- Modulación de Amplitud

Amplitud Modulada (AM) o modulación de amplitud es un tipo de modulación lineal que consiste en hacer variar la amplitud de la onda portadora,de alta frecuencia, de forma que esta cambie de acuerdo con las variaciones de nivel de la señal moduladora, de baja frecuencia, que es la información que se va a transmitir. Una gran ventaja de AM es que su demodulación es muy simple y, por consiguiente, los receptores son sencillos y económicos.

El proceso de modulación en amplitud consiste, básicamente, en multiplicar la señal moduladora en funcion de su amplitud por la portadora, sinusoidal y, a su vez, sumarle esa portadora sinusoidal. El espectro en frecuencias de la señal quedará trasladado a radianes por segundo, tanto en la parte positiva

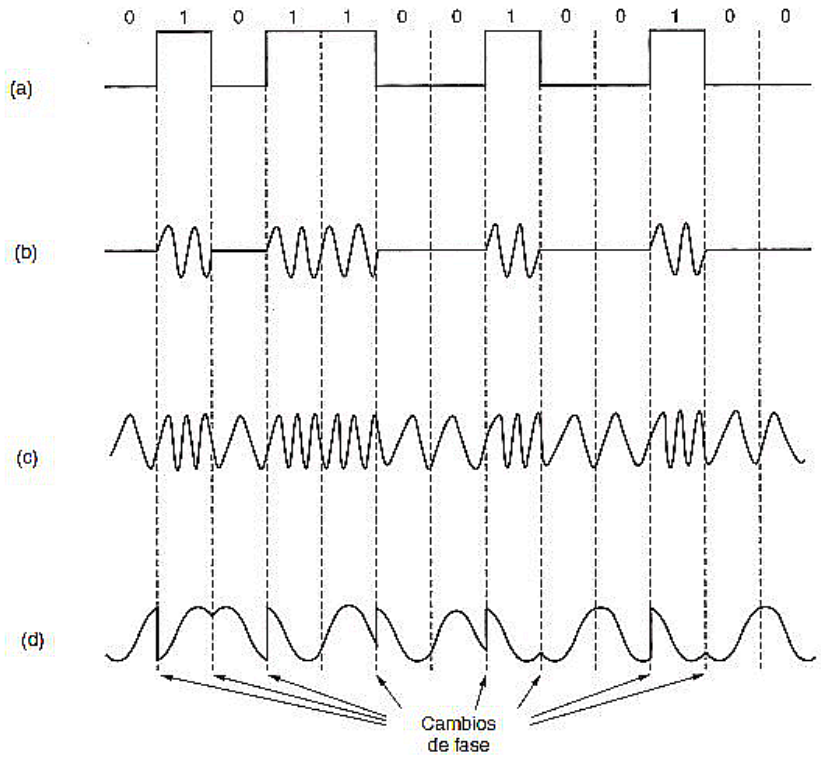
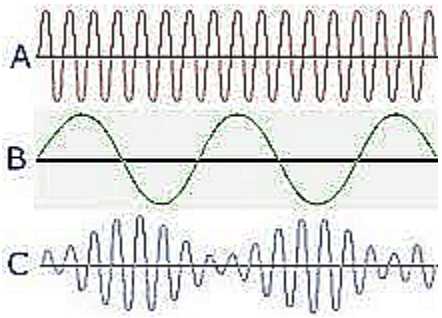


Figura 1-1. *(a) Señal binaria o digital. (b) Modulación de amplitud. (c) Modulación de frecuencia. (d) Modulación de fase.*

del mismo cómo en la negativa, y su amplitud será, en ambos casos, el producto de la señal moduladora por la amplitud de la portadora, sumado a la amplitud de la portadora, y dividido por dos.

Figura 2-1. *Modulación de amplitud. (a) Portadora , (b) Moduladora, (c) Señal modulada.*



- Modulación de Frecuencia

En telecomunicaciones, la frecuencia modulada (FM) o modulación de frecuencia es una modulación angular que transmite información a través de una onda portadora variando su frecuencia (contrastando esta con la amplitud modulada o modulación de amplitud (AM), en donde la amplitud de la onda es variada mientras que su frecuencia se mantiene constante). En aplicaciones analógicas, la frecuencia instantánea de la señal modulada es proporcional al valor instantáneo de la señal moduladora. Datos digitales pueden ser enviados por el desplazamiento de la onda de frecuencia entre un conjunto de valores discretos, una modulación conocida como FSK.

Cuando la amplitud de la señal de información varía, produce un corrimiento proporcional en la frecuencia de la portadora. El aumento que la señal moduladora produce en la frecuencia de la portadora se conoce como desviación de frecuenta. La desviación máxima de frecuencia ocurre en los máximos de la amplitud de la señal moduladora. La frecuencia de la señal moduladora determina la relación de desviación de frecuencia.

La modulación de una portadora sobre FM, aunque se puede realizar de varias formas, resulta un problema delicado debido a que se necesitan dos características contrapuestas: estabilidad de frecuencia y que la señal moduladora varíe la frecuencia. La aplicación de la transformada de Fourier se reduce a la traducción o mapeo de la señal al dominio digital, estrechando el espectro de frecuencias a los valores para el procesamiento puramente digital, requeridos por los dispositivos electrónicos.

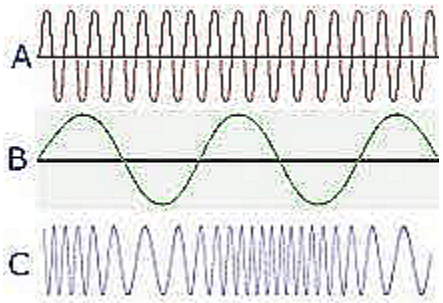


Figura 2-2. *Modulación de frecuencia. (a) Portadora , (b) Moduladora, (c) Señal modulada.*

- Modulación de Fase

La modulación en fase es un tipo de modulación que se caracteriza porque la fase de la onda portadora varía directamente de acuerdo con la señal modulante. Se obtiene variando la fase de una señal portadora de amplitud constante, en forma directamente proporcional a la amplitud de la señal modulante. La modulación de fase no suele ser muy utilizada porque se requieren equipos de recepción más complejos que los de frecuencia modulada. Además puede presentar problemas de ambigüedad para determinar por ejemplo si una señal tiene una fase de 0º o 180º.

Modulación de fase PSK

La modulación PSK se caracteriza porque la fase de la señal portadora representa cada símbolo de información de la señal moduladora, con un valor angular que el modulador elige entre un conjunto discreto de "n" valores posibles. La modulación PSK también se denomina “por desplazamiento” debido a los saltos bruscos que la moduladora digital provoca en los correspondientes parámetros de la portadora. Un modulador PSK representa directamente la información mediante el valor absoluto de la fase de la señal modulada, valor que el demodulador obtiene al comparar la fase de esta con la fase de la portadora sin modular.

En este contexto, la transformada de Fourier cumple el rol de relocación de los ciclos en el dominio transformado; por medio del análisis de los desfases de la señal modulada se generarán los pulsos de la señal digital; el espectro en frecuencias del dominio transformado estará nuevamente acotado al rango de digitalización de la señal.

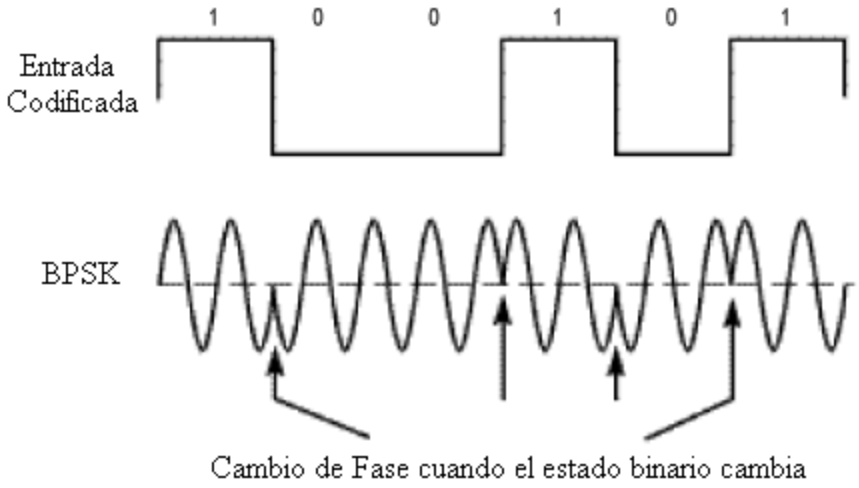


Figura 2-3. *Modulación de fase. El espectro digital se mapea con los cambios de fase en la portadora.*

CONCLUSION

La transformada de Fourier es la herramienta idónea en cuanto respecta a modulación de señales físicas, y de su conversión al espectro digital, ya que por su inherente naturaleza sinusoidal son directamente representables mediante series de Fourier, y por medio de la transformación del dominio tiempo al dominio frecuencia, con las diversas adaptaciones según se trate del parámetro de la señal moduladora de que se trate, el mapeo desde el espectro en frecuencia al digital o binario es directo.
Esta herramienta matemática sintetiza enormemente la tarea de conversión de señales, permitiendo a su vez la simplificación de las plataformas de hardware destinadas a la demodulación, transmisión, recepción e interpretación de la información.

Por otra parte, por medio de la modulación de las señales se mejora la calidad de los datos transmitidos, reduciendo considerablemente la tasa de pérdidas de paquetes, inducción de ruidos y corrupción de la data transmitida.

REFERENCIAS

[1] Olivier Bonaventure, "Computer Networking: Principles, Protocols and Practice" - primera edición. Open Source, disponible para descarga gratuita en http://inl.info.ucl.ac.be/CNP3 , distribuido bajo licencia Creative Commons.
[2] Andrew S.Tanenbaum, "Redes de Computadoras", cuarta edición. Pearson Education 2003.
[3] Ingeniero Carlos Matrángolo; Transparencias de clase Redes y Teleprocesamiento:"Wireless LAN". Departamento de Ciencias e Ingeniería en Computación. Universidad Nacional del Sur. Junio de 2014.
[4] Glyn James, "Advanced Modern Engineering Mathematics", segunda edición. Pearson Education 1999.
[5] Carlos Andrés Zambrano Barrera , Wilmer Antonio Méndez Moreno; "Análisis teórico y aplicaciones de la transformada de Fourier en la ingeniería." Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia, 2007.
[6] Guillermo Calandrini; "Guía de definiciones y teoremas estudiados en el curso de Funciones de Variable Compleja". Pp 48-53, 2013.
[7] Wikipedia, "La Enciclopedia Libre" [internet] – Transformada de Fourier; Modulación.