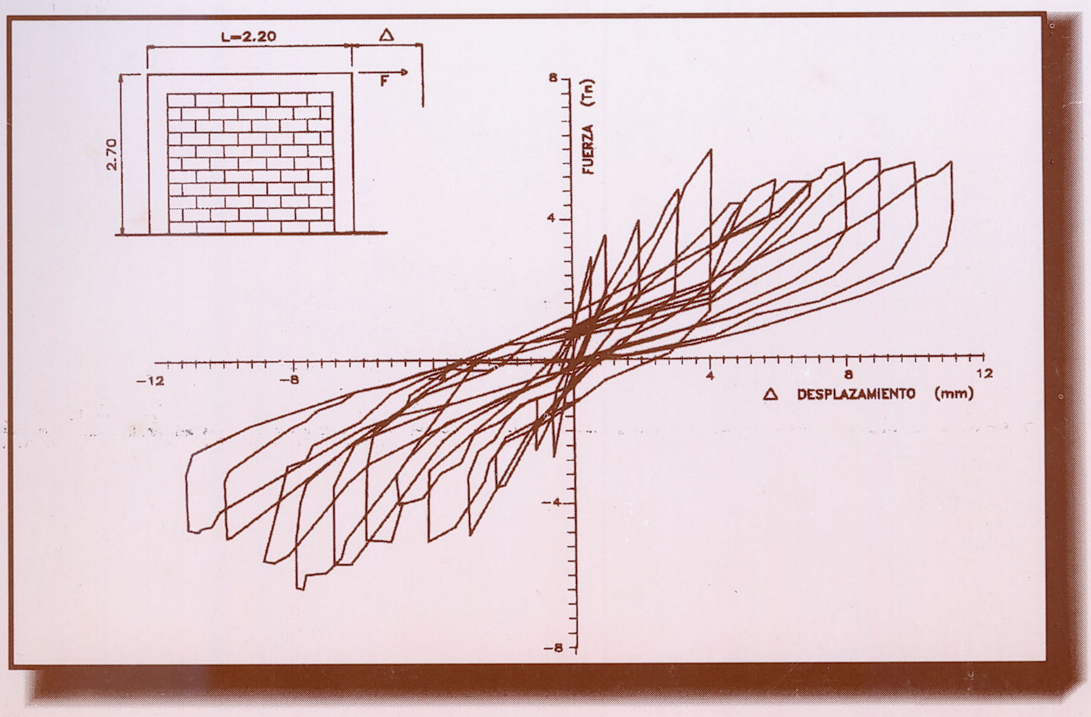
Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica
ENERO/JUNIO 1995 VOLUMEN 5 Nº 1



Ingeniería 5 (1) : 19 - 24 1996 San José, Costa Rica

ESTIMACIÓN DE LA SEÑAL MEDIA RECIBIDA POR UN RECEPTOR CELULAR MEDIDA A VELOCIDAD CONSTANTE EN UNA ÁREA PEQUEÑA

Jorge Arce U. MSc.*

RESUMEN

Se analiza, un método de estimación de la media local en un ambiente celular, mediante la teoría del procesamiento de señales homórficas. Se discuten los resultados usando mediciones realizadas con un equipo de transmición celular en Liberia, Guanacaste

SUMMARY

A method of local mean estimation in cellular enviroment is analysed under the homomorphic signal processing theory. Results are discussed using measurements taken with a cellular transmission equipment, in Liberia, Guanacaste.

INTRODUCCIÓN

La señal r(t) recibida por un receptor celular, mientras este se desplaza por el área de cobertura es generalmente modelada por el producto de dos señales, una que varía lentamente y otra que varía rápidamente. La primera, m(t), se denomina media local y la segunda, $r_o(t)$, se identifica por las variaciones y desvanecimientos rápidos que sufre al desplazarse el receptor a una velocidad determinada.

De acuerdo con la literatura m(t) se considera como una muestra de un proceso estocástico {m(t)}, el cual se caracteriza como lognormal, con media variante con el tiempo y varianza que depende de las características topográficas de la región por donde se desplaza el receptor.

La señal de fluctuaciones rápidas, representada simbólicamente por $\mathbf{r_o(t)}$, modela las variaciones de la señal producidas por los desvanecimientos profundos causados por las multitrayectorias que sigue la señal que finalmente llega al receptor. Cuando no existe línea vista entre el transmisor y el receptor, esta señal, para un **t** fijo, se modela como una variable aleatoria con distribución Rayleigh.

Ambas señales tienen características estadísticas, pero la media local, m(t), es de especial interés para determinar la calidad de señal recibida en el área de cobertura.

Formalmente la señal recibida por el receptor se representa como:

$$\mathbf{r(t) = m(t)r_o(t)} \qquad (1)$$

La señal $\mathbf{r_o(t)}$ se caracteriza por fluctuaciones muy rápidas alrededor de **m(t)**. La rapidez de estas fluctuaciones depende en gran medida de la velocidad de desplazamiento del receptor.

El propósito de este artículo es el de introducir un nuevo método para estimar la señal **m(t)**. Este método de estimación considera la señal recibida como determinística y fundamenta su análisis en la teoría de sistemas homomórficos.

* Profesor de la Escuela de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Costa Rica

En principio la teoría de sistemas homomórficos generaliza la teoría de sistemas lineales a los no lineales, específicamente, en lo que corresponde a la propiedad de superposición.

Para este caso en particular utilizaremos dicha teoría en la aplicación del filtrado no lineal de señales multiplicativas.

APLICACIÓN A LOS SISTEMAS HOMOMORFICOS

El principio de superposición así como está establecido para sistemas lineales requiere que, para toda transformación lineal **T** y para cualesquiera de las dos entradas $x_1(t)$ y $x_2(t)$ y cualquier escalar **c**, se deba satisfacer que:

$$T[x_1(t) + x_2(t)] = T[x_1(t)] + T[x_2(t)] \qquad (2)$$

y

$$T[c\, x_1(t)] = c\, T[x_1(t)] \qquad (3)$$

Este principio se generaliza de la siguiente forma: consideremos un sistema con transformación Φ y sea { **x(t)** } una colección de posibles entradas, al igual que { **y(t)** } una colección de posibles salidas.

Denotaremos la combinación de dos entradas cualesquiera con la operación O, y la combinación de dos salidas cualesquiera con la operación □. De igual manera consideramos como **c✧ x(t)** la combinación de un entrada con un escalar y **c ¤ y(t)** la combinación de una salida con un escalar.

Entonces diremos que el sistema cumple el principio generalizado de superposición si:

$$\Phi[x_1(t)\ O\ x_2(t)] = \Phi[x_1(t)] \,\square\, \Phi[x_2(t)] \quad (4)$$

y

Φ [c✧ x(t)] = c¤ Φ[x(t)] (5)

Consideremos ahora la clase de sistemas homomórficos con la multiplicación como la regla de combinación de las entradas y la suma, como la regla de combinación de las salidas; así como la potenciación como la regla de combinación de un escalar con una entrada y multiplicación la combinación de un escalar con una salida. En representación matemática:

$$\Phi[x_1(t) \bullet x_2(t)] = \Phi[x_1(t)] + \Phi[x_2(t)] \quad (6)$$

y

$$\Phi[(x(t))^c] = c \bullet \Phi[x(t)] \quad (7)$$

Es fácil ver que el sistema característico para este caso es la transformación logarítmica de base arbitraria.

A la señal recibida se le aplica la transformación logarítmica de base 10 para utilizar las unidades conocidas como decibeles (dB).

Luego para diseñar apropiadamente el filtro lineal que va a estimar el valor **m(t)**, que denotaremos $m_e(t)$, obtenemos la transformada de Fourier del logaritmo de la función de entrada **r(t)**.

El procesamiento que se aplicaría a la señal recibida, **r(t)**, tiene una representación canónica desde el punto de vista de sistemas homomórficos, como se muestra en el diagrama:

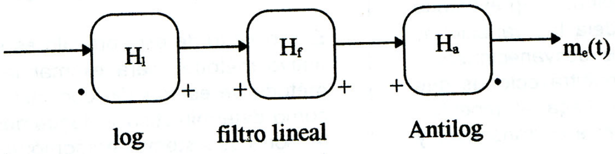


Diagrama canónico de los filtros homomórficos utilizados para separar las señales combinadas por la multiplicación

Dado que $r_o(t)$ se caracteriza por ser una función de variaciones rápidas en contraste con que $m(t)$, los espectros de frecuencias de ambos componentes, se mostrarán separados en cierta medida.

La aplicación de un filtro apropiado va a lograr que el espectro resultante sea un buen estimador de $m(t)$, pues se están filtrando todas los componentes de alta frecuencias que corresponden a $r_o(t)$.

IMPLEMENTACION

Se tomaron medidas de señal recibida en una buena cantidad de lugares diferentes. Estas mediciones fueron tomadas en un sector pequeño y a una velocidad constante para tratar de mantener el "canal" de transmisión sin variaciones.

El aparato de medición se conectó a una computadora portátil para así almacenar la información, tomada a una velocidad de 2,5 muestras por segundo.

La figura # 1 nos muestra un ejemplo típico de una señal almacenada en el computador.

La figura # 2 nos muestra la magnitud del espectro de frecuencia para la señal de la figura # 1.

En la figura # 2 se puede observar claramente que con un filtro que tenga una frecuencia de corte en $w = 2\pi/18$, se eliminarían todas las componentes de alta frecuencia.

La figura # 3 muestra la función de transferencia del filtro paso bajo una vez multiplicado por una ventana Hanning. El filtro resultante tiene una frecuencia de corte $w = 2\pi/18$.

En la figura # 4, se observa el resultado final del proceso. Ahí se muestran superpuestas las dos señales de interés: la señal original y la estimación de la media local, resaltada en negrita.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez obtenida la media local, sería interesante hacer un análisis de la señal ro(t), la cual de acuerdo con nuestra discusión anterior debe representar únicamente las fluctuaciones rápidas alrededor de la media local.

En la figura # 5 se muestra dicha señal, la cual puede observarse que no tiene componentes que dejen ver alguna tendencia, sino totalmente al contrario, lo que se muestra es una variación aleatoria con una media cero, prácticamente.

La figura # 6 de autocorrelación muestra la independencia estadística de las muestras. Todos los coeficientes de correlación se encuentran por debajo de los límites establecidos.

El hecho de que la señal de error se nos muestre como una señal totalmente aleatoria y estadísticamente independiente, implica que de esta señal no podemos obtener información extra sobre la media local, o en otras palabras el "estimador" de media local obtenido es estadísticamente suficiente.

CONCLUSIÓN

Se desarrolló un método para estimar o extraer la media local de la señal recibida por un receptor celular.

El método utiliza la teoría de sistemas homomórfica aplicada a señales multiplicativas, tomando ventaja de la posible separación espectral de ambas.

Una vez filtrada la señal recibida, se pudo extraer la media local, verificándose luego que la señal de error, es en efecto una señal totalmente aleatoria, cuyas muestras son estadísticamente independientes, no mostrándose ninguna tendencia ni correlación entre estas.

BIBLIOGRAFÍA

Lee, William : Mobile Communications Engineering, Mc Graw Hill, Inc.,1982
Oppenheim, Alan y Schafer Ronald : Digital Signal Processing ,Prentice hall, 1975

FIGURAS

FIGURA # 1
SEÑAL RECIBIDA

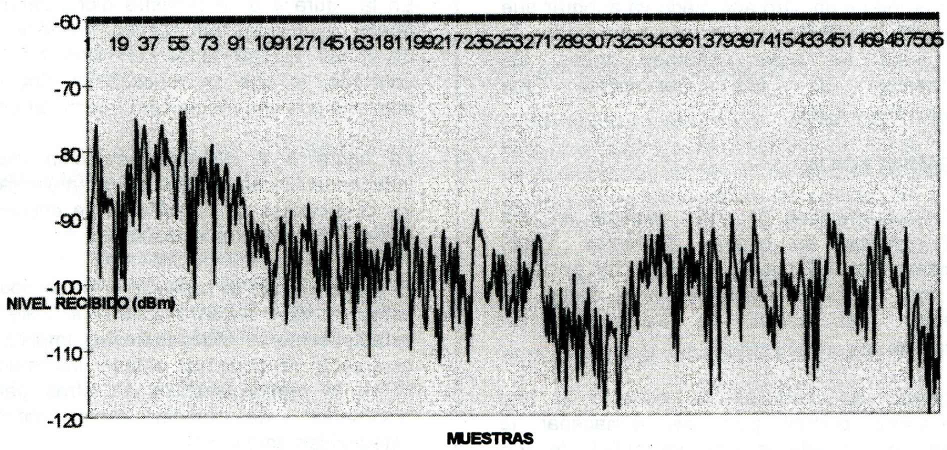


FIGURA #2
TRANSFORMADA DE FOURIER
SEÑAL RECIBIDA

FIGURA #3
FILTRO PASO BAJO
Wc=18

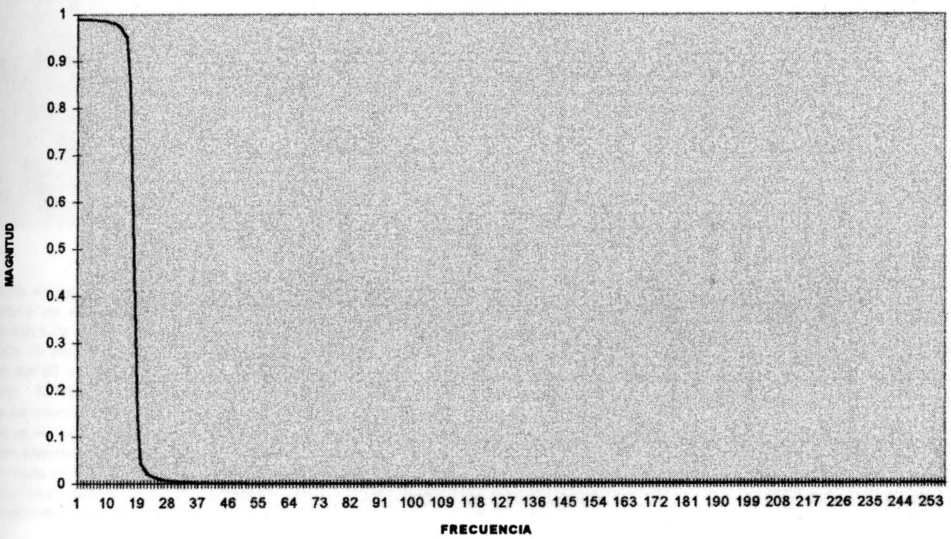


FIGURA #4
MEDIA LOCAL

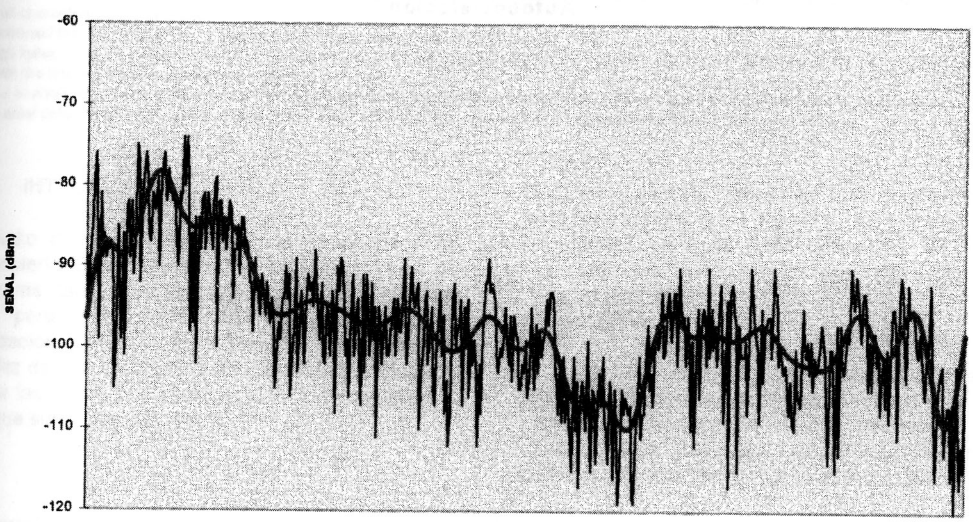


FIGURA #5
DESVANECIMIENTOS RÁPIDOS
(SEÑAL RECIBIDA-MEDIA LOCAL)

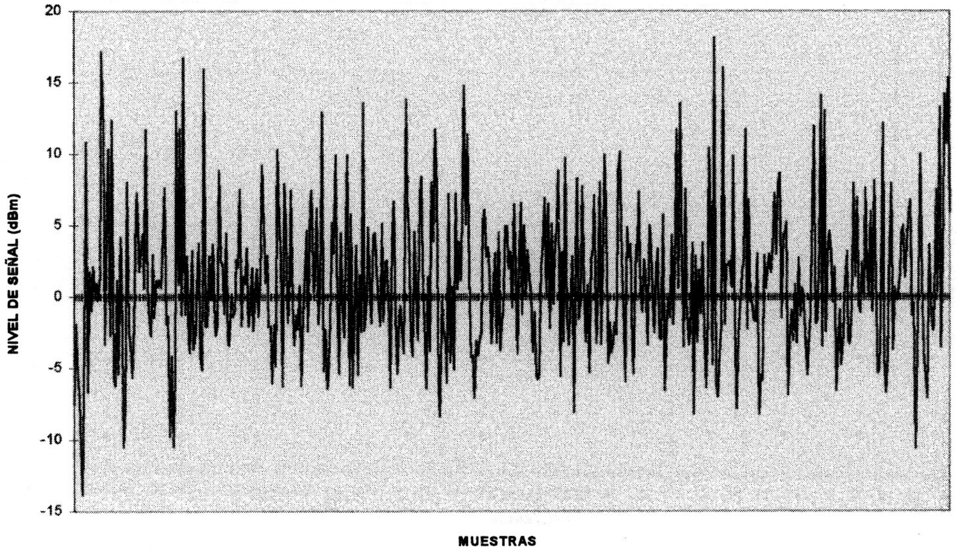


Figura #6
Autocorrelación