

En la Fig 2a) se muestra la curva de fase de una señal voiced y los puntos de muestreo no uniforme. En la Fig 2b) se muestra la curva de fase sintetizada.

IV CONCLUSIONES

La principal contribución de este trabajo es poner de manifiesto la importancia de funciones asociadas como la envolvente y la fase instantánea de una señal.

La mayoría de trabajos relacionados con estas funciones están dedicadas a señales moduladas. Los autores creen que estas funciones deben ser objeto de más estudio debido a la información que intrínsecamente llevan la envolvente y la evolución de la fase instantánea.

REFERENCIAS

- 1- Charles Berthomier. 'Instantaneous frequency and Energy Distribution of a signal'. Signal Processing 5.(1983).
- 2- Periclis Y. Ktonas and Nicola Papp. 'Instantaneous Envelope and Phase extraction from real signals: Theory, implementation and application to EEG analysis'. Signal Processing 2 (1980).
- 3- Alan V. Oppenheim, Ronald W. Shafer. 'Digital Signal Processing'. Prentice Hall. 1975.
- 4- Herbert B. Voelcker. 'Toward a unified Theory of Modulation. Part I. Phase Envelope Relationships'. Proceedings of the IEEE vol. 54; n.3. March 1966.
- 5- S.M. Kay and S.L. Marple Jr. 'Spectrum Analysis. A Modern Perspective'. Proceedings of the IEEE vol. 69; n. 11. November 1981.

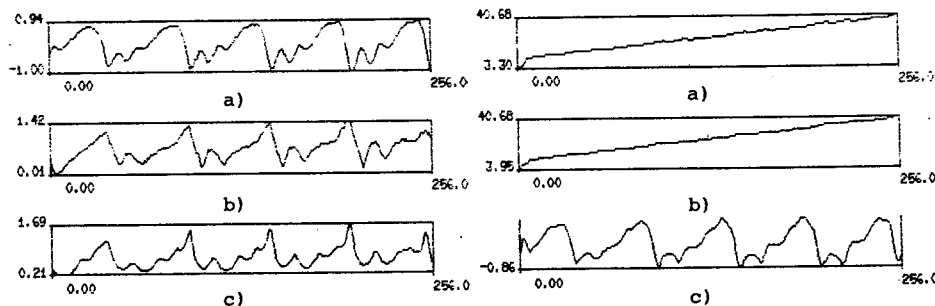


Fig.1.-a) Señal original. b) Envolvente. c) Envolvente parametrizada.

FILTROS ML EN SISTEMAS DE DETECCIÓN Y SEGUIMIENTO DE LINEAS

J. Fernández* y N. Martín**

* E.T.S.I. Telecomunicación
Dpto. Procesado de Señal
Apdo. 30.002
08071 Barcelona

** Centre d'Etudes de Phénomènes Aléatoires et Géophysiques
ENSIEG, Domaine Universitaires
Saint Martin d'Heres
38400 GRENOBLE (FRANCIA)

RESUMEN

En el presente trabajo se estudia la aplicación del filtrado ML en sistemas de detección y seguimiento de líneas a través de una familia de estimadores de función de potencia de parámetros q . Con $q=1$ se obtiene el filtro MLM (Maximum Likelihood method) que da una buena estimación del nivel de potencia. Valores mayores del parámetro q permiten obtener una resolución creciente, comparable e incluso superior a los métodos autoregresivos, presentando frente a estos últimos otras ventajas adicionales como son bajos lóbulos laterales y extensión simple a estimación espectral cruzada.

Este trabajo ha sido realizado bajo el soporte de la Acción Integrada Hispano-Francesa nº 14/35 y en parte por la CAYCIT proyecto nº 2906.

Fig.2.-a) Fase instantánea. b) Fase recuperada. c) Señal sintetizada.

1.- INTRODUCCION

En el tratamiento de señales reales, en un principio, su representación bien en el dominio del tiempo bien en el dominio de la frecuencia resultan equivalentes. Sin embargo, cuando el proceso no es estacionario, como en el caso de sinusoides de frecuencia instantánea variante o señales con un producto duración-ancho de banda pequeño, ambas representaciones son poco convenientes para determinar las características de la señal. En este caso es más interesante poder seguir la evolución de la señal de manera adaptativa, permitiendo estimar las frecuencias presentes en cada instante. Ejemplos de procesos no estacionarios de las características mencionadas pueden encontrarse en numerosos campos de la física tales como: geofísica, astrofísica, acústica submarina, magnetismo, etc.

Los métodos clásicos a base de la transformada de Fourier no son aplicables cuando las variaciones de frecuencia son rápidas o cuando es necesaria una buena resolución frecuencia. Una buena alternativa a los métodos clásicos, en este tipo de señales, es la ofrecida por los métodos basados en el concepto de máxima entropía. Recientemente, N. Martin [1], ha desarrollado un método de análisis espectral adaptativo basado en un filtro AR cuyos parámetros se calculan sobre sucesivas ventanas de datos de longitud N. La trayectoria de los polos en el dominio frecuencia-tiempo permiten separar los que están asociados con las frecuencias verdaderas de las falsas. La resolución y precisión son excelentes pero la estima del nivel de potencia no es siempre fiable. Además su aplicación al problema de estimación espectral cruzada presenta bastantes inconvenientes relativos a las propiedades espectrales del residuo obtenido y la solución no puede considerarse de máxima entropía. Todas estas dificultades pueden superarse mediante filtrado ML (maximum Likelihood) sin pérdidas apreciables en lo que se refiere a poder de resolución, precisión en la estimación de frecuencias y niveles de lóbulo lateral excelentes.

2. FAMILIA DE FILTROS ML

Para obtener una estima más precisa del nivel de potencia, puede utilizarse el filtro asociado MLM (maximum Likelihood Method) introducido por Capon [2] y Lacoss [3]. Sin embargo, su resolución es bastante inferior a los métodos AR. Modificando convenientemente el filtro

MLM, consistente en una normalización respecto al ancho de banda [4] puede mejorarse la resolución llegando a ser comparable a la de los filtros AR. Finalmente, aplicando las ideas de Pisarenko sobre estimación de espectro sobre formas cuadráticas de potencia superior a la unidad, el MLM normalizado puede generalizarse [5] generando la siguiente familia de estimadores ML

$$\hat{S}_x^q(w) = \frac{\underline{S}^H \underline{R}_{xx}^{-q+1} \underline{S}}{\underline{S}^H \underline{R}_{xx}^{-q} \underline{S}} \quad (1)$$

donde \underline{S} es el denominador vector "steering" y H indica transposición y conjugación

$$\underline{S}^H = \{ 1, \exp(-jw), \dots, \exp[-j(M-1)w] \} \quad (2)$$

\underline{R}_{xx} es la matriz de autocorrelación de la señal bajo análisis, y M es el orden de cada uno de los filtros FIR que dan origen a la familia potencial arriba expresada de parámetro q.

Con q=0,1,2, se obtienen respectivamente los estimadores de Blackman and Tukey, MLM y MLM normalizado. El primero no será considerado en esta comunicación; el segundo será usado como estimador del nivel de potencia y el tercero para obtener una buena resolución. Si esta fuese insuficiente, puede recurrirse a valores más grandes del parámetro q.

3.- ELECCION DE LOS PARAMETROS DE LA FAMILIA DE FILTROS ML

La elección de los parámetros N, longitud de la ventana, y M, orden de la familia de filtros es muy importante para obtener una buena estimación espectral, sobre todo cuando se trata de señales reales. Con objeto de encontrar los valores óptimos de estos parámetros se ha realizado un estudio sistemático mediante la utilización de un conjunto de señales sintéticas, suministrado por GRECO (Groupe de Reserch Coordonnée de Grenoble), elaboradas con la finalidad de establecer una comparación efectiva entre los diversos métodos de análisis espectral adaptativo.

El orden óptimo M encontrado es siempre ligeramente superior al orden teórico del doble del número de frecuencias, aunque este último puede dar también resultados satisfactorios. No obstante, hay que

tener cierta precaución cuando M es superior al orden teórico y el valor del parámetro q es elevado; en este caso pueden aparecer frecuencias espúreas como consecuencia de la sobreestimación de M . Esto proviene del hecho de que cuando q tiende a infinito el número de frecuencias estimadas coincide con las raíces del polinomio asociado con el autovector correspondiente al autovalor mínimo como en Pisarenko y es bien conocido que todas estas raíces están sobre el círculo unidad.

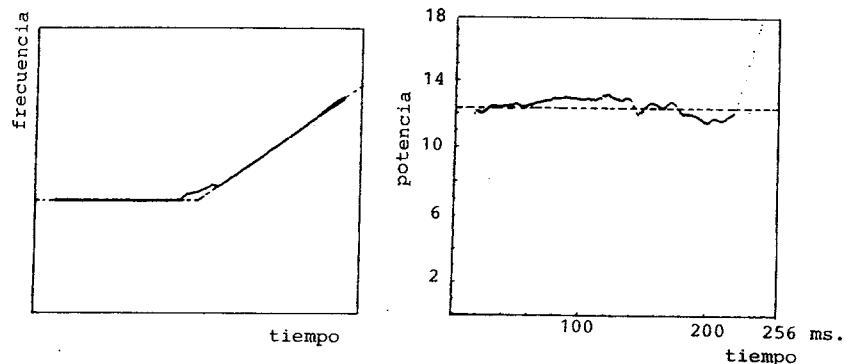
En cuanto a la longitud mínima de la ventana N para obtener una buena resolución puede tomarse como el doble del orden del filtro si las frecuencias están suficientemente separadas. De una manera general, puede decirse que una longitud mínima óptima está alrededor de tres veces el orden del filtro. No obstante, esta longitud dependerá de las propiedades de estacionariedad de la señal.

Por lo que respecta a la estimación de la matriz de correlación, se comprueba en todos los casos que los métodos de covarianza producen mejores resultados que los de correlación en lo que a resolución y precisión se refiere, aunque a costa de una mayor carga computacional en la operación de inversión de la matriz.

4.- SEGUIMIENTO DE FRECUENCIAS

Con objeto de estudiar la capacidad de la familia de filtros ML para el seguimiento de frecuencias se ha utilizado otro conjunto de señales, también suministrado por GRECO.

Un primer ejemplo lo constituye la señal representada por la línea discontinua en la figura 1. Consta en su primer tramo de una señal de frecuencia (200 Hz.) y amplitud (5) constantes y en la otra mi-



Figuras 1 y 2.- Estimación y seguimiento de la frecuencia y nivel de potencia de una rampa de frecuencia de amplitud constante

dad de una señal modulada linealmente en frecuencia y de la misma amplitud. La relación señal/ruido es de 20dB. En la misma figura puede observarse el seguimiento con MLM de parámetros $M=4$ y longitudes de ventana sucesivas $N=30$. El periodo de muestreo es de 1 ms. sobre una duración de 256 ms. (256 muestras de señal). La figura 2 muestra el nivel de potencia estimado que como puede observarse concuerda bastante bien con el valor real representado por la línea discontinua. Valores mas grandes del parámetro q dan resultados similares en el seguimiento de la señal debido al carácter homogéneo del estimador usado para cualquier q .

Otro ejemplo de señal sintética que permite comprobar la capacidad de resolución y seguimiento de líneas de la familia de filtros ML es la compuesta de dos señales moduladas linealmente y paralelas (Este tipo de señal ha sido sugerido por Marple como estandar para la

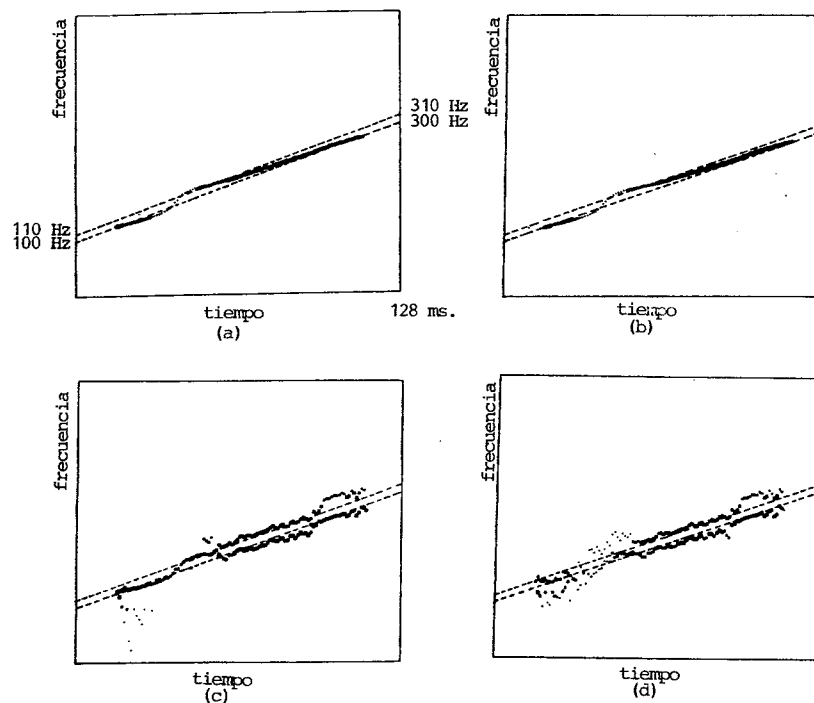


Figura 3.- Seguimiento ML de dos frecuencias moduladas linealmente
a) $q=1$ b) $q=2$ c) $q=3$ d) $q=4$

evolución en procedimientos de seguimiento de líneas). La duración total de la señal es de 128 ms., el periodo de muestreo de 1ms, amplitudes iguales y la relación señal/ruido de 15dB. Las figuras 3a, 3b, 3c y 3d muestran los resultados obtenidos con los valores de $q=1, 2, 3$ y 4 respectivamente. Los valores del orden $M=6$ y longitud de ventana $N=30$ so iguales en todos los casos. Como puede observarse, los filtros MLM y MLM normalizado no pueden resolver ambas frecuencias siendo necesario recurrir a valores de q iguales o superiores a 3. La estimación del nivel de potencia, mediante MLM, en cada una de las frecuencias no es enteramente satisfactorio debido al sesgo en la estimación de las mismas. Verdaderamente este es un ejemplo de señal de difícil tratamiento, ideado para poner a prueba el poder de resolución de un estimador espectral adaptativo.

5.- CONCLUSIONES

La capacidad de detección y seguimiento de líneas de los filtros ML ha sido puesta en evidencia. La resolución puede ser comparable e incluso superior a los métodos AR, presentando las ventajas frente a estos últimos de poder estimar de una manera más precisa el nivel de potencia y de poder utilizarse, de una manera más simple, en estimación espectral cruzada.

Cuando las señales a analizar son estacionarias en una duración superior a la ventana mínima seleccionada, la estimación no será la óptima. Esto puede corregirse utilizando ventanas de longitud variable adaptadas a la estacionariedad de la señal. Esto está siendo objeto de estudio así como diversos métodos de actualización e inversión recursiva consiguiente de la matriz de autocorrelación.

6.- REFERENCIAS

- [1] N.Martin, "Développements de méthodes d'analyse spectrale autorégressive. Application à des signaux réels non stationnaires on à n dimensions". Thèse de Docteur Ingénieur, INP de Grenoble, April 1984.
- [2] J.Capon, "High-resolution frequency-wavenumber spectrum analysis". Proc. IEEE vol.57. pp 1408-1418. Aug.1969
- [3] R.T.Lacoss, "Data adaptive spectral analysis methods" Geophysics, vol.36, pp 661-675, Aug 1971.
- [4] Miguel A. Lagunas, A. Gasull "An improved likelihood method for power spectral density estimation" IEEE Trans on ASSP vol ASSP-32, n°1, pp. 170-173, February 1984.
- [5] A.Gasull, "Anàlisi espectral d'alta resolució aplicat a l'estimació de l'angle d'arribada en arrays". Tesis Doctoral ETSITB, Barcelona 1983.

LOS ARRAYS ADAPTATIVOS Y SU EMPLEO COMO TECNICAS DE CONTRACONTRAMEDIDAS

Luis Vergara Domínguez, Aníbal R. Figueiras Vidal, Ramón Martín Arcos*

ETSI Telecomunicación-UPM, Cdad. Universitaria, 28040 Madrid

* También en OTEMA S.A., Camino de Hormigueras 151, Madrid

RESUMEN

La utilización de un conjunto o array de antenas con diagrama de radiación global automáticamente ajustable, constituye uno de los procedimientos más simples y eficientes para la cancelación de contramedidas electrónicas, tanto en aplicaciones radar como en comunicaciones.

En la presente comunicación, se establecen los principios básicos de funcionamiento de un array adaptativo. Consideramos las alternativas más importantes para los diferentes subsistemas y tratamos en particular los algoritmos adaptativos más típicamente utilizados.