

DETECTOR CFAR BASADO EN DESCOMPOSICIÓN ATÓMICA

Gustavo López Risueño, Jesús Grajal

Dpto. Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones. E.T.S.I. Telecomunicación. Universidad Politécnica de Madrid
Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid Tfno: +(34) 913367358. E-mail: risueno@gmr.ssr.upm.es

Abstract: *A detector using atomic decomposition with a chirplet dictionary is analyzed and compared to previous approaches. This detector is derived from the GLRT, has CFAR, and is applied to study multi-component signals.*

1 Introducción

Las técnicas tiempo-frecuencia constituyen herramientas potentes para el análisis y detección de señales no estacionarias cuyas características son desconocidas a priori [1, 2]. Entre éstas, la descomposición atómica, *atomic decomposition* o *matching pursuit* [3, 4, 5] resulta adecuada para el estudio de señales compuestas por estructuras tiempo-frecuencia de diversa naturaleza. En este trabajo se propone un detector basado en descomposición atómica (AD) para la detección de señales en ruido blanco gaussiano y complejo de media nula (en adelante CWGN) y potencia desconocida capaz de mantener la probabilidad de falsa alarma constante (CFAR). Esto supone la continuación del detector presentado en [5], donde la potencia de ruido se suponía conocida. Se emplea un diccionario de *chirplets* y el algoritmo genético para obtener los átomos, al igual que en [5].

2 Detección de una chirplet en ruido

La detección de una chirplet, $h_{\gamma}(n)$, se formula mediante el siguiente test de hipótesis:

$$H_0 : x(n) = r(n), n = 1, \dots, N \quad (1)$$

$$H_1 : x(n) = be^{j\phi} h_{\gamma}(n) + r(n), n = 1, \dots, N. \quad (2)$$

$r(n)$ es CWGN de potencia σ^2 . Puede demostrarse que el test de máxima verosimilitud generalizado (GLRT) es equivalente a:

$$L_{GLR}(\underline{x}) = \frac{\hat{b}^2}{\hat{\sigma}_{on}^2} \underset{H_0}{\overset{H_1}{>}} Th. \quad (3)$$

donde $\hat{\sigma}_{on}^2 = \frac{\|\underline{x}\|^2}{N}$ es la estimación de máxima verosimilitud de la potencia de ruido bajo la hipótesis H_0 , y \hat{b}^2 es la energía del primer átomo extraído mediante AD. Por tanto, mediante AD se puede construir el detector GLRT para una chirplet en ruido (considerando sólo el primer átomo extraído).

2.1 Modelo teórico

Asumiendo independencia entre $\hat{\sigma}_{on}^2$ y \hat{b}^2 , se puede construir un modelo teórico que permite calcular el umbral Th necesario para obtener una Pfa dada. Para ello, hay que tener en cuenta que, bajo H_0 , $\hat{\sigma}_{on}^2$ tiene distribución chi cuadrado, y que \hat{b}^2 puede modelarse como una lognormal de parámetros:

$$\hat{\mu}_n = \ln(\sigma^2) + [1.9037 + 0.0104 \ln(n_{gen}) + 0.1050 \ln(psize)], \quad (4)$$

$$\hat{\sigma}_n = -0.0239 \ln(n_{gen}) - 0.0281 \ln(psize) + 0.4129, \quad (5)$$

donde $psize$ es la población del algoritmo genético y n_{gen} , su número de generaciones. Estas expresiones corresponden al primer átomo extraído pero, como aproximación, se pueden aplicar a cualquier átomo extraído. Esta hipótesis es válida si el número de átomos de átomos extraídos es pequeño. A partir de este modelo se demuestra que el detector (3) mantiene la Pfa constante respecto a la potencia de ruido.

2.2 Comparación con otros algoritmos

En la Fig. 1 se muestra la probabilidad de detección (Pd) correspondiente al AD mediante el algoritmo genético (GAAD). La Pd se representa respecto a la relación energía de chirplet a potencia de ruido (ENR), es decir: $ENR = 10 \log_{10}(b^2/\sigma^2)$. La chirplet tiene como parámetros: $\alpha = 0.001$, $\beta = 0.003$, $T = 500$, y $f = 0.25$. $N = 1024$ muestras y potencia de ruido unidad. El umbral ha sido calculado mediante el modelo teórico anterior, para una Pfa de 10^{-6} . Con el fin de comparar con otras versiones de AD, se muestran las prestaciones del detector (3) construido mediante la descomposición atómica propuesta por [3], denominada TFAD, para una resolución de 64 y 512 muestras, respectivamente. Este algoritmo se basa en la función ambigüedad y en discretizar el espacio de búsqueda. A mayor resolución se espera un mejor comportamiento a expensas de aumentar la carga computacional. TFAD64 tarda 5 s. en extraer un átomo, mientras que TFAD512 emplea 40 s. Con GAAD, se tardan 20 s. Como puede observarse, GAAD supera a los anteriores en sensibilidad y requiere menor carga computacional que TFAD512. El filtro adaptado (MF) y el detector de energía (ED) también se muestran ya que representan la máxima y mínima cota de prestaciones entre las que deben situarse los detectores. También se

compara con un detector basado en la transformada de Fourier discreta (DFT), cuyo mal comportamiento se debe a que la chirplet es de corta duración (duración efectiva [3] de 22 muestras) y con un ancho de banda muy superior al de la DFT.

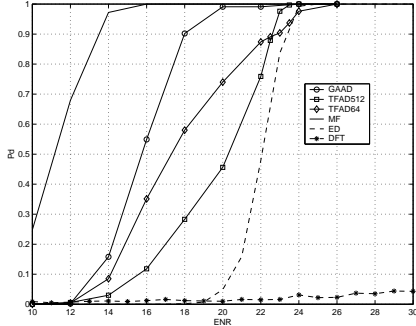


Figura 1: Pd para el primer átomo extraído correspondiente a diferentes detectores. (Chirplet: $\alpha = 0.001$, $\beta = 0.003$, $T = 500$ y $f = 0.25$).

Las prestaciones de AD dependen de las características de la señal, principalmente de α . Si se estudia una chirplet de mayor duración (70 muestras) sin modulación en frecuencia, el detector basado en DFT llega a presentar mejor sensibilidad que las técnicas AD (Fig. 2). Mediante TFAD se consigue una sensibilidad cercana ya que utiliza la DFT para el cálculo de la función ambigüedad. GAAD puede mejorar su sensibilidad si se reduce adecuadamente el espacio de búsqueda (algoritmo GAAD2). Éste vendrá dado por la aplicación.

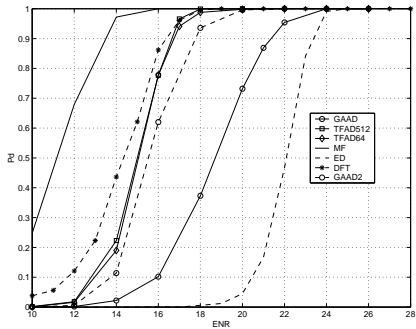


Figura 2: Pd para el primer átomo extraído correspondiente a diferentes detectores. (Chirplet: $\alpha = 0.0001$, $\beta = 0.0$, $T = 400$ y $f = 0.25$).

3 Detección de múltiples señales

Para múltiples señales, modeladas en este trabajo como combinación lineal de *chirplets*, se propone la aplicación del GLRT (3) a cada átomo extraído. El umbral se obtiene con el modelo teórico de una *chirplet* en ruido (sección anterior). Como ejemplo, se ha estudiado una señal compuesta por 6 *chirplets* mediante GAAD. *Chirplets* 1 a 4 tienen $\alpha = 10^{-3}$, $\beta = 0$ y $f = 0.0714$; T es igual a 150, 350, 600 y

800, respectivamente. *Chirplets* 5 y 6 comparten $T = 500$ y $f = 0.25$. Para *chirplet* 5, $\alpha = 10^{-3}$ y $\beta = 0.003$. Para *chirplet* 6, $\alpha = 10^{-4}$ y $\beta = -0.001$. Para todas, $ENR = 18dB$. Fig. 3 muestra el espectrograma adaptativo (AS) (se extrajeron 10 átomos), y Tabla 1 corrobora la buena extracción de las *chirplets*.

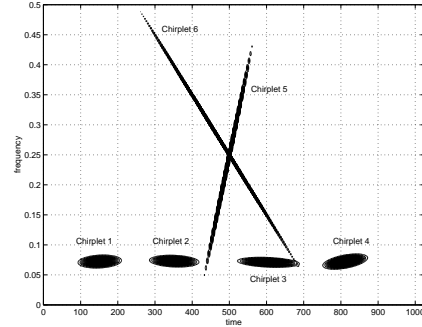


Figura 3: AS de la señal multi-componente tras el detector basado en GAAD.

Chirplet	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	\hat{T}	\hat{f}
1	0.0011	0.0000	151.44	0.0723
2	0.0009	0.0000	351.66	0.0729
3	0.0006	0.0000	604.92	0.0710
4	0.0011	0.0001	811.61	0.0721
5	0.0010	0.0030	496.93	0.2398
6	0.00010	-0.0010	473.27	0.2763

Tabla 1: Parámetros de las *chirplets* estimados mediante GAAD.

4 Conclusiones

Se ha diseñado y estudiado un detector CFAR basado en AD que es equivalente al GLRT en el caso de una sola *chirplet*. En función de las características de la señal, se puede obtener una sensibilidad cercana al filtro adaptado. Su utilidad para el estudio de múltiples señales también ha sido mostrada.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias a la financiación de la CICYT (TIC 1999-1172-C02-01).

Referencias

- [1] P. Flandrin. A time-frequency formulation of optimum detection. *IEEE Trans. ASSP*, 36(9), 1988.
- [2] M. Frisch and H. Messer. The Use of the Wavelet Transform in the Detection of a Unknown Transient Signal. *IEEE Trans. IT*, 38(2), 1992.
- [3] J.C. O'Neill and P. Flandrin. Chirp Hunting. In *IEEE Int. Symp. on Time-Frequency and Time-Scale Analysis*, 1998.
- [4] S.G. Mallat and Z. Zhang. Matching Pursuits with Time-Frequency Dictionaries. *IEEE Trans. SP*, 1993.
- [5] G. López-Risueño, J. Grajal y R. Blázquez. Detección de señales mediante descomposición en chirplets. In *Simpodium nacional URSI*, Septiembre 2000.