

ESQUEMA DE IDENTIFICACIÓN DE BLANCOS DE RADAR MEDIANTE PULSOS DE EXTINCIÓN BASADO EN CORRELACIONES CRUZADAS

David Blanco Navarro

Diego Pablo Ruiz Padillo

Enrique Alameda
Hernández

M^a Carmen Carrión Pérez

Dpt. de Física Aplicada
Universidad de Granada
dblanc@ugr.es

Dpt. de Física Aplicada
Universidad de Granada
druiz@ugr.es

Dpt. de Física Aplicada
Universidad de Granada
ealameda@ugr.es

Dpt. de Física Aplicada
Universidad de Granada
mcarri@ugr.es

RESUMEN

Frente al esquema clásico de identificación de blancos de radar basado en E-pulso, que no presenta resultados asintóticos correctos, el esquema que se propone explotará las propiedades estadísticas de la señal dispersada, a través de muestreos independientes de ésta. El resultado es un esquema de identificación que proporciona resultados asintóticos correctos y que mejora al esquema clásico en situaciones de bajo SNR.

1. INTRODUCCIÓN

Reconstruir la geometría y la composición de un blanco conductor a partir de la medida del campo eléctrico dispersado por su superficie, es un problema que se conoce como *scattering* inverso. Este problema es, en la práctica, inabordable, de forma que las diversas técnicas de discriminación de blancos de radar usan ciertas características de las señales dispersadas que permitan la elección unívoca del blanco de entre un conjunto que se denomina librería, en vez de intentar la reconstrucción directa de la geometría. Las técnicas más comunes son las de polarización y las de respuesta en frecuencia. Las características que utilizan estas técnicas para discriminar entre distintos blancos poseen el inconveniente de depender de la orientación del objeto respecto de la antena receptora. Esto complica altamente los métodos y limita las aplicaciones reales.

Una alternativa a estos dos tipos de métodos es la utilización de los resultados que se obtienen a partir del método de expansión en singularidades (SEM) [1], el cual afirma que la respuesta dispersada por un blanco conductor en el *late-time*, es decir, una vez que la señal incidente ya ha pasado el blanco, está compuesta únicamente por sinusoidales amortiguadas, oscilando a frecuencias que sólo dependen de la geometría del cuerpo y no de su orientación. La técnica más utilizada de entre las que hacen uso del SEM es la que se conoce como Pulso de Extinción o E-pulso [1]-[3]. En esta técnica se construye una señal E-pulso, y con ello un filtro, para cada blanco, de forma que, al hacer pasar el *late-time* de la señal dispersada por el filtro construido para el blanco que está presente, la salida es nula.

A partir de una señal dispersada $r(n)$ y una librería con N blancos conductores, lo que implica N filtros E-pulso, tras pasar la señal por los N filtros E-pulso $\{Ep_i(n)\}_{i=1,\dots,N}$, se obtienen N señales de salida $\{y_i(n)\}_{i=1,\dots,N}$, a las que se le calcula su energía $\{Z_i\}_{i=1,\dots,N}$. Finalmente se elige como blanco presente aquel cuyo E-pulso posea una salida de menor energía. Este planteamiento corresponde al esquema de identificación clásico basado en E-

pulso, que se esquematiza en la figura 1.

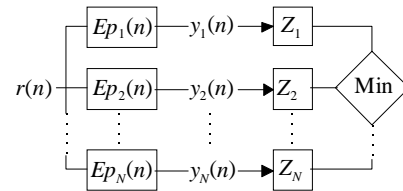


Figura 1. Esquema de identificación de E-pulso clásico.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la práctica, la señal dispersada por el blanco conductor $r(n)$ suele estar contaminada con algún tipo de ruido. La hipótesis más extendida sobre la naturaleza de este ruido es la de que es aditivo, gaussiano, de media nula y blanco en su contenido espectral. En este caso, señal dispersada que llega al detector es $x(n)=r(n)+v(n)$, donde $r(n)$ es la señal dispersada en ausencia de ruido y $v(n)$ es un ruido aditivo con las características antes supuestas.

Al aplicar el esquema clásico de identificación a la señal $x(n)$ la identificación es acertada siempre y cuando el nivel de ruido no sea excesivo. Sin embargo, la identificación de los blancos depende asintóticamente de la forma concreta de los filtros E-pulso y del nivel de ruido, lo que puede llevar a error, independientemente de la cantidad de información que se posea. Lo que se propone en esta comunicación es un esquema de identificación de blancos de radar basado en E-pulso que proporcione resultados que no dependan, asintóticamente, del nivel de ruido ni de la forma concreta de los filtro E-pulso. Se espera, además, una mejora de los resultados que se obtienen con el esquema de identificación clásico en situaciones reales y por tanto no asintóticas.

El esquema de identificación propuesto en esta comunicación pretende aprovechar las propiedades estadísticas del ruido blanco, con el fin de obtener una salida nula en el canal verdadero en presencia de ruido, o por lo menos asintóticamente nula. Para ello se parte de la señal dispersada por el blanco a identificar $x(t)$, en principio continua en el tiempo, y se muestrea con dos periodos distintos T_1 y T_2 , obteniéndose de esta forma dos series de datos $x^1(n)$ y $x^2(n)$, estadísticamente independientes, ya que la parte aleatoria correspondiente a la señal $x(t)$ es debida a un ruido aditivo blanco. Una vez hecho esto, las series de datos se hacen pasar por los filtros digitales $\{Ep_i^1(n)\}_{i=1,\dots,N}$ y $\{Ep_i^2(n)\}_{i=1,\dots,N}$, que se

construyen muestreando la señal E-pulso de cada blanco con los periodos de muestreo T_1 y T_2 . Esto produce dos conjuntos de N series de salida cada uno, $\{z_i^1(n)\}_{i=1,\dots,N}$ y $\{z_i^2(n)\}_{i=1,\dots,N}$, e independientes entre ellos. Posteriormente se calcula la correlación cruzada de las dos series correspondientes al mismo blanco de la librería, es decir, la correlación cruzada r_i para las series $z_i^1(n)$ y $z_i^2(n)$, y para $i=1,\dots,N$. Las series de salida de los canales correspondientes a blancos que no están presentes, poseerán una parte determinista y una aleatoria. La parte aleatoria se anulará al hacer la correlación cruzada, ya que son procesos independientes, quedando únicamente la contribución de la parte determinista, proveniente de la señal dispersada en ausencia de ruido. Por otro lado, las series de salida del canal correspondiente al blanco que está presente sólo poseerán parte aleatoria, ya que por construcción la parte determinista es nula. Por tanto, al tomar la correlación cruzada, está resultará nula para el canal correspondiente al blanco que se encuentre presente. Visto esto, se tomará como blanco verdadero aquel cuya señal E-pulso proporcione una menor correlación cruzada. El esquema de identificación, que se llamará de correlación, puede esquematizarse como muestra la siguiente figura:

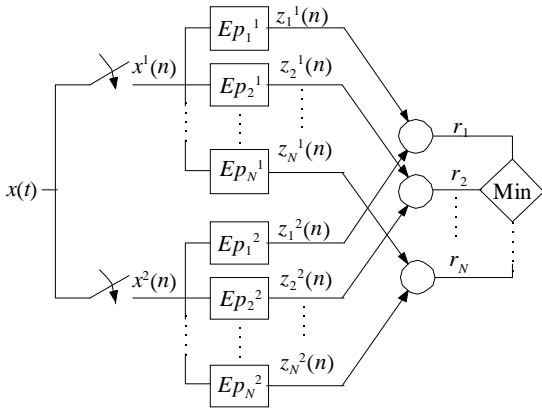


Figura 2. Esquema de identificación de correlación.

3. RESULTADOS

La comparación del esquema clásico y el de autocorrelación se ha llevado a cabo para la señal dispersada por un hilo conductor de longitud L , y una librería de tres blanco correspondientes a hilos conductores de longitud L , $0.9L$ y $1.1L$. Los filtros E-pulso se han construido como funciones polinómicas a trozos, tomando tres opciones distintas en el grado de los polinomios, concretamente polinomios constantes y cuadráticos [2]. El número de frecuencias naturales que se ha excitado en el blanco han sido cuatro, formando el hilo ángulos de 30° y 60° con el receptor. El periodo de muestreo en el esquema de identificación clásico ha sido $T=0.02 L/c$, donde c es la velocidad de la luz. Por otro lado, los periodos de muestreo en el esquema de autocorrelación han sido $T_1=0.02 L/c$ y $T_2=0.019 L/c$. Los resultados se muestran en la figura 3, donde se representa el número de identificaciones fallidas de cada esquema en 100 realizaciones, en función de la SNR de la señal. Se observa como el esquema de correlación realmente mejora al

método clásico, para bajos niveles de SNR.

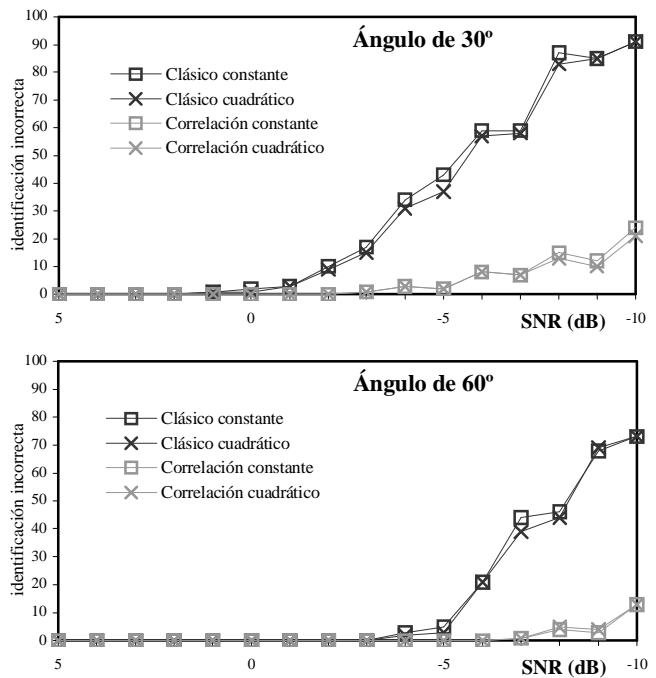


Figura 3. Porcentaje de identificación incorrecta frente a SNR.

4. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Se ha desarrollado un esquema de identificación de blancos de radar basado en los pulsos de extinción, y por tanto independiente de la orientación relativa del blanco respecto del receptor, que mejora al esquema clásico de estas características. La restricción teórica más grande que plantea es la necesidad de que el ruido sea blanco en su contenido espectral. El siguiente paso en esta investigación residirá, por tanto, en intentar relajar esta hipótesis sobre la naturaleza del ruido, haciendo uso de herramientas del procesamiento de señal más sofisticadas, como son las que proporciona el análisis espectral de alto orden.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] E.J. Rothwell, D.P. Nyquist, K.M. Chen and B. Drachman, "Radar Target Discrimination Using the Extinction-Pulse Technique", IEEE Trans. On. Ant. And Propagat., vol. 33, No. 9, pp.929-936, Sept. 1985.
- [2] D. P. Ruiz, A. Gallego and M. C. Carrión, "Extinction Pulse and Resonance Annihilation Filter: Two Methods for Radar Target Discrimination", Radio Science, vol. 34, pp. 93-102, 1999.
- [3] J.E. Mooney, Z. Ding and L.S. Riggs, "Performance Analysis of an Automated E-pulse Target Discrimination Scheme", IEEE Trans. On. Ant. And Propagat., vol. 48, No. 3, pp.619-628, March 2000.