

APLICACIÓN DE UNA RED LVQ EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ADQUISICION ADAPTATIVO DS-SS SOBRE CANAL IONOSFÉRICO

Jose Antonio Morán Moreno, J. C. Socoró, R.M.
Alsina, X. Jové i Boix

Francesc Tarrés

Dpto. de Comunicaciones y Teoría de la Señal

Dpto. de Teoría de la Señal

EUETT La Salle - Universidad Ramón Llull
moran@salleURL.edu

UPC
tarres@gps.tsc.upc.es

ABSTRACT

Acquisition of the PN sequence is a key problem in DS-SS applications. Several works treat this problem with the aim of improving system performance in different conditions of transmission. Acquisition consist on a decisional system designed to optimize some performance parameters as P_{FA} and P_D . In this work we present an optimized decisional system assisted with a LVQ neural network trained to minimize decisional errors. The results of this work shows how the acquisition system performance can be highly improved with the use of some artificial intelligence and a correct training process.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se engendra en el marco de investigación del proyecto subvencionado CICYT TIC97-0787-C02-01. En este proyecto se estudia la viabilidad del uso de una modulación de espectro ensanchado de secuencia directa DS-SS para el sondeo y la transmisión de datos sobre el canal ionosférico. El sistema está implementado sobre una arquitectura *hardware* formada por 3 DSPs y un conjunto de periféricos e interfaces descritos en [1][2]. Los estudios realizados en el marco de esta aplicación[3] confirman la alta variabilidad del canal ionosférico y las dificultades que entraña la implementación de un sistema de este tipo. El sistema de adquisición debe tener la capacidad de adaptarse a los cambios en las condiciones de propagación, tener un bajo coste computacional y ser suficientemente robusto para presentar buenas prestaciones y permitir una transmisión sin cortes. Una posibilidad adecuada es los esquemas serie y el trabajo del Dr. Glisic[4] abrió una línea de esquemas serie adaptativos con la aparición del algoritmo CFAR¹. El trabajo presentado en este artículo es una evolución del CFAR original con mejoras en el sistema de control dotándolo de más capacidad de seguimiento de las variaciones del canal y sobre todo, mejorando de forma notable el sistema decisional. Esto evita al máximo la toma de decisiones erróneas e incrementa así la robustez del sistema implementado. Para ello se ha dotado al sistema de una red neuronal LVQ que incrementa notablemente las prestaciones del sistema en condiciones de baja relación señal

¹ Constant False Alarm Algorithm.

a ruido. El uso de un sistema CFAR combinado con una red neuronal de bajo coste mantiene la carga computacional en cotas asumibles por el sistema *hardware*[1] y permite su implementación ofreciendo prestaciones mas que interesantes.

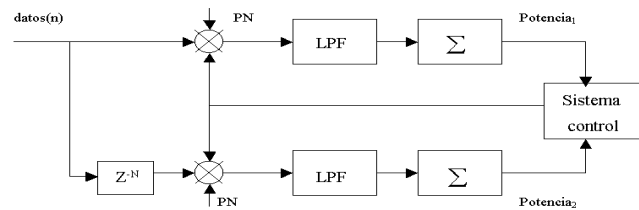


Figura 1.-Esquema del receptor CFAR

2. EL ALGORITMO CFAR MODIFICADO.

Las características del sistema CFAR y su capacidad de adaptación a entornos variables hacen de este esquema una buena solución ante el canal ionosférico. Tal y como se puede observar en la figura 1, el sistema CFAR se basa en una estructura serie de dos ramas que realiza la búsqueda secuencial de la posición de la secuencia PN asistida por un sistema de control. La diferencia sobre un sistema serie convencional es la capacidad de esta nueva estructura de disponer en todo momento una medida del nivel de ruido del sistema en situación de no adquisición. Cada rama está controlada por la misma secuencia PN pero con un desplazamiento relativo que evita que ambas se encuentren adquiridas de forma simultánea. El valor mínimo de energía detectado en las ramas de la estructura proporciona una medida del nivel de energía en situación de no adquisición. Esta medida permite al sistema modificar el umbral de comparación manteniendolo en condiciones de P_{FA} contantes. El sistema original contabiliza el número de veces que el ruido supera el umbral e incrementa o decrementa el umbral una cantidad fija (Paso de actualización) hasta conseguir llevarlo a las condiciones deseadas. Los estudios realizados sobre el canal ionosférico[3] nos mostraron la baja capacidad de este sistema de control para adaptarse de forma adecuada a las variaciones presentadas por el canal. Por otra parte, el sistema decisional del estado de adquisición es una simple comparación con el umbral, haciendo al sistema poco robusto en situaciones de baja SNR.

Se han desarrollado diferentes técnicas de mejoras en el algoritmo de control haciendolo más sofisticado y mejorando notablemente las prestaciones del sistema original[4]. Las mejoras sobre el sistema original fueron altamente significativas, reduciendo de forma sustancial la capacidad de seguimiento a las variaciones. No obstante, la simple comparación con el umbral es un método de decisión demasiado simple y altamente mejorable con la información presente en la estructura. En el siguiente apartado se presenta una solución basada en una red neuronal LVQ que mejora la capacidad decisional y consiguientemente la estabilidad del sistema diseñado.

3. LA RED NEURONAL LVQ

El análisis de prestaciones del sistema CFAR modificado[5] muestran un algoritmo de gran capacidad de seguimiento pero tosco en la toma de decisiones ya que utiliza un sistema poco sofisticado que explota al máximo las posibilidades de la estructura. En este apartado se presenta un nuevo sistema de decisión basado en el uso de una red neuronal LVQ. La red se entrena convenientemente con el fin de incrementar la fiabilidad de las decisiones y aumentar la robustez del sistema, manteniendo un coste computacional reducido.

La idea consiste en aprovechar toda la información posible de la estructura en la toma de decisión y no reducir ésta a una simple comparación con el umbral. Para ello se genera un vector con tres variables [$Ener1/umbral$ $Ener2/umbral$ $Ener1/Ener2$]. Este vector dispone de la información de la comparación con el umbral ($Ener1/umbral$) pero añade información adicional que puede ayudar al sistema a modular la decisión en función de la situación del canal. Si en el momento de tomar la decisión $Ener2/umbral$ es superior a la unidad esto muestra un valor incorrecto del umbral y el sistema puede evitar tomar una decisión equívoca. Ante situaciones de *fadings* el umbral debe reajustarse. Mientras esto ocurre, la variable $Ener1/Ener2$ puede ser la referencia para la decisión correcta del estado.

Se ha escogido una red LVQ por su bajo coste computacional así como su potencial como clasificador. No se ha de olvidar que el sistema decisional es un clasificador de dos estados: adquisición y no adquisición. La red LVQ se adapta perfectamente a este tipo de problemas. Por otra parte, dado que el umbral se adapta continuamente a las variaciones del canal, el diseño de la red se hace independiente al estado de recepción ya que la información del mismo quedará reflejada en la variación del umbral.

El coste computacional de una red LVQ no es excesivo ya que tan sólo requiere el cálculo de una distancia por neurona y una indexación para determinar la clase a la que pertenece la neurona ganadora. Este bajo coste computacional facilita su implementación sobre el sistema real[1], condición indispensable para la utilidad en la aplicación[2].

4. RESULTADOS PRACTICOS.

En este apartado se presentan los resultados obtenidos con el uso del nuevo sistema decisional. Con el fin de establecer un resultado cuantificable de las mejoras conseguidas con el nuevo sistema es necesario establecer un criterio de medida. En nuestro

caso, y dado que es uno de los parámetros más críticos de los sistemas de adquisición serie, se utilizará el tiempo medio de adquisición como parámetro de medida, es decir, el tiempo promedio que necesita el sistema para llegar a la situación de adquisición partiendo de una posición escogida al azar. La expresión que modela este parámetro se presenta a continuación:

$$\bar{T} = \frac{(2 - P_D)(1 + K P_{FA})}{2P_D} q \quad (1)$$

donde P_D es la probabilidad de detección, P_{FA} la probabilidad de falsa alarma, K el tiempo de penalización por falsa alarma (3 bits) y q el número de posiciones a evaluar (254 en el sistema[1]).

Seguidamente se exponen los resultados obtenidos con una red neuronal LVQ de 10 neuronas y las mejoras respecto al sistema CFAR modificado[5].

| SNR | T_CFAR | T_LVQ | Ratio |
|-----|--------|-------|-------|
| -10 | 191 | 133 | 0.69 |
| -13 | 203 | 156 | 0.76 |
| -14 | 215 | 171 | 0.79 |
| -16 | 259 | 243 | 0.93 |

Como se observa, con relaciones SNR de -10 a -14dBs el sistema basado en la red LVQ reduce entre un 70 y un 80% el tiempo medio de adquisición. Este resultado adquiere aún más importancia tratándose de un enlace *semiduplex* que requiere readquisición de forma periódica.

5. CONCLUSIONES

Se ha constatado la utilidad de las redes LVQ en el proceso decisional asociado a un sistema serie así como su notable influencia en la robustez y reducción del tiempo medio de adquisición. También se ha podido observar los avances producidos en el campo de los sistemas de adquisición digitales adaptativos en una aplicación real sobre canal ionosférico, abriendo una puerta a la aplicación de DS-SS en este canal.

6. REFERENCIAS

- [1] Pijoan, JL, Regué, JR, Vilella, C, Socoró, JC, Morán, JA, "DSP-based ionospheric radio-link using DS-SS", COST 262. Workshop on spread spectrum techniques for Wired and Wireless systems, November 1999, Barcelona.
- [2] Pijoan, JL, Regué, JR, Vilella, C, Socoró, JC, Morán, JA, "Radio enlace de HF con espectro ensanchado DS-SS", URSI, Sept. 2000, Zaragoza.
- [3] J.C. Socoró, J.A. Morán, J.L.Pijoan, C. Vilella, J.R. Regué, "Ionospheric Sounding for a DS-SS HF Radio-Link", COST-262. Workshop on spread spectrum techniques for Wired and Wireless systems, November 1999, Barcelona.
- [4] Savo G. Glisic, "Automatic Decision Level Control in DS-SS Systems", IEEE trans. on communications, Vol 39, No 2, 1991.
- [5] Morán, J.A., Socoró, JC, Pijoan, JL, Montero, J.A., "Diseño de un sistema de Adquisición adaptativo en un receptor DS-SS para su aplicación en canales variantes multicamino", URSI, Sept. 1999, Santiago de Compostela.