

ESTIMACIÓN DE CANAL CIEGA EN UN RADIOENLACE IONOSFÉRICO BASADO EN DS-CDMA

Miquel Marcé Torrico, Joan Lluís Pijoan Vidal

Departamento de Comunicaciones y Teoría de la Señal
E.T.S. de Ingeniería La Salle, Universidad Ramón Llull
mmarce@salleURL.edu, joanp@salleurl.edu

ABSTRACT

In this paper, a new blind channel estimation method for DS-CDMA systems is presented. The new method has been called PMOE (Parallel Minimum Output Energy) because can be implemented using L parallel LMS-MOE algorithms. It has been specially conceived to operate in long time delay spread channels without increasing the observation interval, showing a good trade-off between channel length and maximum number of users. The method has been successfully tested in a real-time ionospheric radio-link.

1. INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones ionosféricas son una buena alternativa para enlaces de baja velocidad a larga distancia con independencia del satélite en caso de conflicto militar. Además la frecuencia de trabajo es baja, permitiendo una conversión directa de analógico a digital. Sin embargo, se requiere una elevada potencia de transmisión y se dispone de anchos de banda pequeños. Además, el canal ionosférico presenta desvanecimientos lentos por multicamino con un ancho de banda de coherencia pequeño (≈ 1 KHz), interferencias de banda estrecha con poca relación señal-interferencia (SIR) y una pobre relación señal-ruido (SNR) [1]. Para superar estas limitaciones, se ha desarrollado un radioenlace ionosférico DS-SS basado en DSP entre Huelva y Barcelona usando un nuevo método de baja complejidad (PMOE) para estimar la respuesta del canal de forma ciega cuando existen desvanecimientos [2]. PMOE forma parte de una familia de nuevos algoritmos [3], [4] de mínima varianza [5] especialmente útil para canales de dispersión elevada comparado con el periodo de símbolo. Su viabilidad ha sido probada en un canal ionosférico real.

1.1. Modelo del sistema

Consideremos un sistema CDMA con K usuarios síncronos en un canal multicamino. La señal se puede modelar como:

$$r(t) = \sum_{k=1}^K \sum_{n=-\infty}^{\infty} A_k b_k(n) w_k(t - nT_b) + \sigma n(t) \quad (1)$$

donde A_k , b_k son las amplitudes y el bit del usuario k , T_b es la duración del bit y $n(t)$ es un ruido blanco gaussiano de densidad espectral de potencia unidad. $w_k(t)$ es la forma de onda recibida del usuario k :

$$w_k(t) = \sum_{i=1}^N s_k(i) h(t - iT_c) \quad (2)$$

donde $\{s_k(1), s_k(2), \dots, s_k(N); s_k(i) = \pm 1\}$ es la secuencia PN para el usuario k , $h(t)$ es la respuesta de canal compleja (considerada igual para todos los usuarios), N es la ganancia de proceso y T_c es el intervalo de chip. Después de un filtro adaptado al chip, la señal es muestreada a la frecuencia de chip. La señal discreta recibida en un intervalo de símbolo es:

$$r(t) = \sum_{k=1}^K A_k b_k(n) \mathbf{S}_{k1} \mathbf{h} + \sum_{k=1}^K A_k b_k(n-1) \mathbf{S}_{k2} \mathbf{h} + \sigma \mathbf{n} \quad (3)$$

donde \mathbf{S}_{k1} y \mathbf{S}_{k2} son las matrices de las replicas retardadas del símbolo actual y anterior y \mathbf{h} es la respuesta del canal multicamino de longitud L . Para enlaces de corta distancia, L es lo bastante largo comparado con la duración del símbolo, por lo que una parte no despreciable del símbolo es corrompida por el anterior. El método propuesto es capaz de estimar la respuesta del canal multicamino sin incrementar el tiempo de observación.

1.2. Formulación del PMOE

Definamos un conjunto de vectores $\mathbf{P} = [\mathbf{p}_1 \ \mathbf{p}_2 \ \dots \ \mathbf{p}_L]$ generados de la siguiente forma:

$$\mathbf{p}_l = \frac{\mathbf{R}^{-1} \mathbf{s}_1^l}{\mathbf{s}_1^{lH} \mathbf{R}^{-1} \mathbf{s}_1^l} = \alpha_l \mathbf{R}^{-1} \mathbf{s}_1^l \quad (4)$$

donde \mathbf{R} es la matriz de autocorrelación de la señal de entrada y \mathbf{s}_1^l es la columna l de \mathbf{S}_{11} , puesto que el receptor sólo conoce el código del primer usuario. Se puede demostrar que la solución puede expresarse como:

$$\mathbf{c}_{ZF} = \alpha \left[\sum_{l=1}^L h(l) \mathbf{p}_l \right] = \alpha \mathbf{P}_n \mathbf{h} \quad (5)$$

donde los vectores $\mathbf{P}_n = [\mathbf{p}_{1n} \ \mathbf{p}_{2n} \ \dots \ \mathbf{p}_{Ln}]$ son versiones escaladas de \mathbf{P} , p.e., $\mathbf{p}_m = \mathbf{p}_l / \alpha_l = \mathbf{R}^{-1} \mathbf{s}_1^l$. De (5), la estimación de canal se puede obtener minimizando la energía a la salida:

$$\mathbf{h} = \arg \min_{\mathbf{h}} \left\{ E \left[\left(\mathbf{P}_n \mathbf{h} \right)^H \mathbf{r} \right]^2 \right\} \quad (6)$$

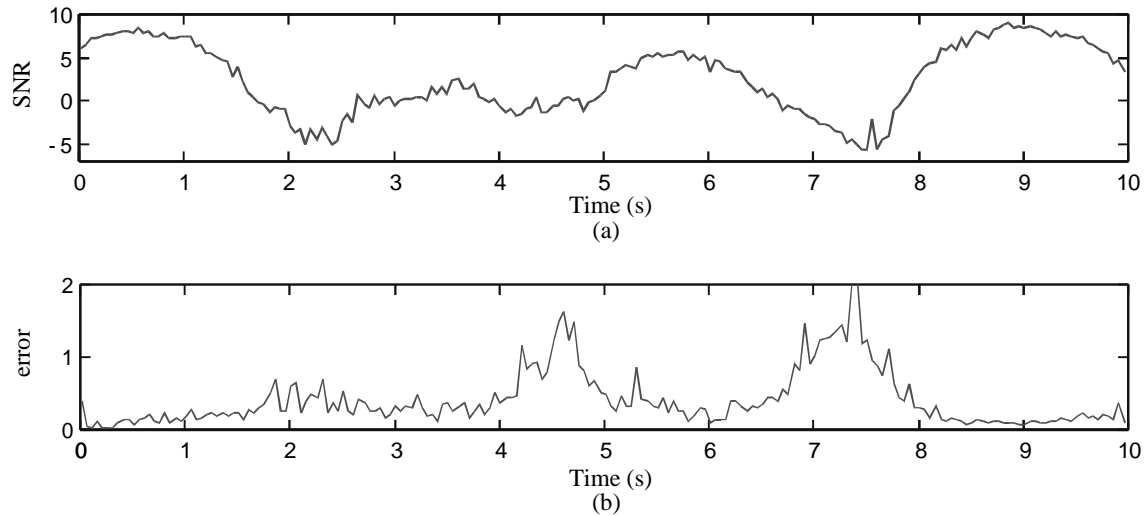


Figura 1. Evolución de la SNR (a) y del error de estimación (b) en una transmisión real.

con las restricciones: $|\mathbf{S}_{11}\mathbf{h}|^2 = 1$ y $(\mathbf{P}_n\mathbf{h})^H\mathbf{S}_{11}\mathbf{h} = 1$. Es fácil mostrar que la solución a este problema es el mínimo autovector de la matriz $\mathbf{P}_n\mathbf{S}_{11}$.

1.3. Simulaciones y resultados reales

Las simulaciones se han llevado a cabo para probar la robustez del PMOE frente al número de usuarios, NearFar y longitud de canal. En comunicaciones HF, se utilizan bajas velocidades (<1400 bauds) y una rápida convergencia para mantener la eficiencia del sistema.

La Figura 2 muestra la velocidad de convergencia respecto al número de usuarios. Se utilizan secuencias Gold de longitud 31 y un canal multicamino de valores complejos. Se consigue un error inferior a 0.1 en 250 iteraciones para 5 usuarios.

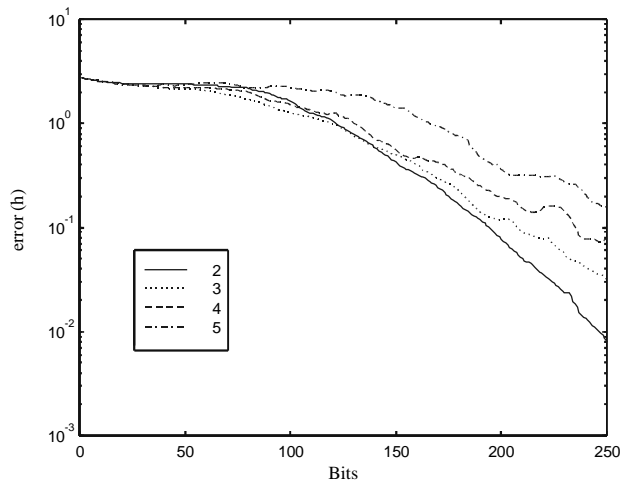


Figura 2. Convergencia del PMOE respecto al número de usuarios. $L=15$, NearFar=5dB.

El método también ha sido probado en un radioenlace ionosférico digital descrito en [2]. La evolución temporal del error de estimación, calculado a partir de una secuencia piloto [4], se muestra en la Figura 1b. Después de un desvanecimiento PMOE es capaz de recuperarse de forma ciega cuando la SNR llega a un cierto nivel (Figura 1a).

2. CONCLUSIONES

Se ha diseñado un nuevo estimador de canal ciego (PMOE) para sistemas DS-CDMA y ha sido probado con éxito en un radioenlace HF en tiempo real. Los resultados muestran que el PMOE es seguro y factible en canales de ancho de banda de coherencia pequeño como el canal ionosférico.

3. REFERENCIAS

- [1] J.C. Socoró, J.A. Moran, J.L.Pijoan, J.A. Montero, C.Vilella, "Parameter estimation of wide-band channel model for digital communications system design", *COST-251. Workshop on Ionosphere variabilities and ionospheric channel characterisation*, Paris, Sep. 1998.
- [2] J.L. Pijoan, J.R. Regué, C. Vilella, J.C. Socoró, J.A. Moran, "Radio enlace de HF con espectro ensanchado DS-CDMA", *URSI*, Sept. 2000, Zaragoza, Spain.
- [3] J.C. Socoró, J.L. Pijoan, J.A. Moran, F. Tarres, "New receivers for DS-SS in time-variant multipath channels based on the PN alignment concept", *Proceedings of ISSSTA'2000*, pp. 647-651, New Jersey, Sept. 2000.
- [4] J. L. Pijoan, J. C. Socoro, J. A. Moran, F.Tarres, "DSP-based ionospheric radiolink using DS-CDMA and on-line channel estimation", *Proceedings of 10th Melecon'2000*, pp. 860-863, May 2000, Cyprus.
- [5] M. Honig, U. Madhow, S.Verdu, "Blind adaptive multiuser detection", *IEEE transactions on Information Theory*, vol. 41, pp. 944-960, July 1995.