

DECODIFICACIÓN DE SÍMBOLO BASADA EN SVD PARA IDENTIFICACIÓN CIEGA DE CANAL COMO INFORMACIÓN LATERAL EN EL ALGORITMO DE VITERBI

Autores: Rafael Ruiz, Margarita Cabrera.
Afilicación: Dpto. de Teoría de Señal y Comunicaciones. Universidad Politécnica de Cataluña.
Dirección: Dpt. TSC, ETS de Ingenieros de Telecomunicación, Apto. 30002. 08080 Barcelona.
Teléfono: 93-4015896 Fax: 93-4016447 e-mail: rafael@gps.tsc.upc.es

Abstract:

Las comunicaciones digitales a través de un canal sujeto a propagación multicamino sufren interferencias intersímbolo indeseables. La solución clásica a este fenómeno consiste en enviar una secuencia conocida de símbolos (secuencia de entrenamiento) a través del canal que permita identificar el mismo. Sin embargo, normalmente los coeficientes del canal varían, por lo que la secuencia de entrenamiento ha de enviarse periódicamente con el fin de actualizar la estimación del canal. Para evitar la consiguiente pérdida de eficiencia, se puede estimar el canal de forma ciega (sin necesidad de secuencia de entrenamiento) a partir de la Descomposición en Valores Singulares (SVD). Una vez obtenida, la estimación del canal puede emplearse como información lateral en el algoritmo de Viterbi.

1. SVD en identificación ciega de canal.

En 1991 Tong, Xu y Kailath [Ton, 91] publicaron una propuesta que permitía la identificación ciega del canal empleando sólo estadísticas de segundo orden. Puesto que los canales de comunicación son normalmente de fase no mínima, la información de fase sólo se conserva en estadísticas de orden superior al segundo. Sin embargo, si se sobremuestra la señal recibida a una velocidad mayor que la velocidad del símbolo, la señal se convierte en un proceso cicloestacionario, conservando la información de fase. A partir de este momento pueden aplicarse estadísticas de segundo orden y, junto con la SVD, identificar completamente el canal. Los métodos basados en SVD para identificación ciega del canal han sido desarrollados por Eric Moulines *et al.* [Mou, 95]. En su propuesta, reordenando la señal sobremuestreada y aplicando la SVD a la matriz de correlación resultante se obtiene una descomposición de la señal en subespacio de señal y de ruido. Dicha descomposición (al igual que la estrategia llevada a cabo en el algoritmo MUSIC para la estimación de la dirección de llegada de señal) permite una identificación (hasta una constante multiplicativa) de los coeficientes del canal. Tras esto, es necesario diseñar un ecualizador a partir de los coeficientes del canal, ecualizar la

señal recibida y aplicar el decisor correspondiente. Como es bien sabido, la ecualización de la señal recibida implica que también se va ecualizar el ruido añadido, con la consiguiente pérdida de las características que en origen posee dicho ruido. Con el fin de evitar la presencia del ecualizador, hemos desarrollado una nueva forma de llevar adelante el algoritmo de Viterbi. Nuestra contribución consiste en usar los coeficientes del canal como información lateral para el algoritmo de Viterbi en lugar de ecualizar el canal.

2. Identificación de canal como información lateral en el algoritmo de Viterbi.

Los canales que sufren propagación multicamino pueden modelarse como un filtro FIR de orden L . Esto es, la señal actual depende de los últimos L símbolos. Por otro lado, la identificación del canal basada en la SVD implica apilar una ventana de W símbolos con el fin de aprovechar las propiedades de las matrices Toeplitz definidas en el algoritmo (véase [Mou, 95] y [Liu, 95] para más detalles). Como resultado, el algoritmo de Viterbi tiene que tratar con una memoria de $W+L$ símbolos y, si el alfabeto de la señal tiene N_s símbolos, habrá $N_s^{(W+L)}$ secuencias posibles. En cada intervalo de símbolo, la señal recibida es una de las posibles secuencias convolucionadas con el canal *real* más el ruido. Por lo tanto, si seguimos una estrategia de máxima verosimilitud sin ecualizar el canal, habremos de calcular la distancia Euclídea entre la señal recibida y todas las posibles secuencias convolucionadas con el canal *estimado*. Afortunadamente, el algoritmo de Viterbi permite llevar a cabo dicha estrategia sin la necesidad de tener que calcular todas las distancias Euclídeas involucradas. Nuestra propuesta consiste por lo tanto en:

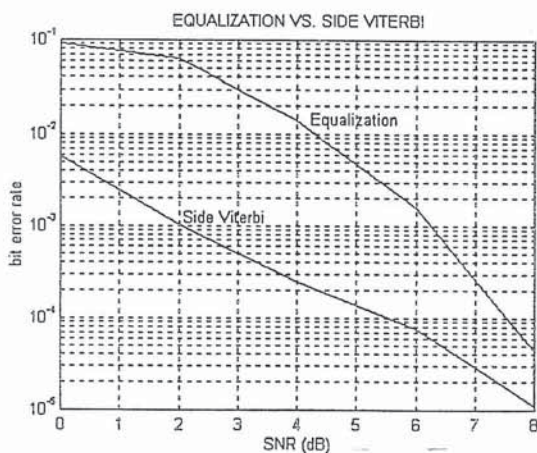
1. Sobremuestrear un bloque de la señal recibida.
2. Aplicar el algoritmo de estimación ciega basado en la SVD y obtener una estimación del canal.
3. Convolucionar dicha estimación con todas las posibles secuencias de símbolos involucrados ($N_s^{(W+L)}$ secuencias).

- Aplicar el algoritmo de Viterbi entre el bloque de señal recibida y las $N_s^{(W+L)}$ secuencias convolucionadas con la estimación del canal.

De esta manera y a diferencia de [Mou, 95], evitamos la presencia del ecualizador y su proyección sobre el ruido. Por otra parte empleamos como decisor el algoritmo de Viterbi en vez del criterio ML, con la consiguiente mejora que ello supone.

3. Resultados.

Al emplear la identificación del canal basada en la SVD como información lateral en el algoritmo de Viterbi se obtiene una mejora en la relación de error de bit respecto a la obtenida ecualizando la señal recibida. En la gráfica adjunta pueden verse cómo nuestro algoritmo mejora significativamente los resultados obtenidos por la ecualización. Estos resultados se han obtenido a partir de las necesarias simulaciones de Monte Carlo con el fin de obtener al menos 21 errores a partir de grupos de 150 símbolos BPSK sobre un canal de orden $L = 2$ y sobremuestreando la señal recibida a 4 veces la velocidad del símbolo.



4. Conclusiones.

Como se ha podido comprobar, esta estrategia de decodificación de símbolo permite mejorar la relación de error por bit a bajas SNR. Aunque el algoritmo de Viterbi tiene un mayor coste computacional que ecualizar la señal recibida, se puede aplicar la reducción de coste computacional basada en la reducción de rango propuesta en [Rui, 96] donde se empleaba una técnica sostenida en la SVD con el fin de reducir la dimensión de los vectores involucrados. Por otro lado, las técnicas de SVD también pueden emplearse con el fin de

extraer información sobre el sincronismo de bit y la frecuencia Doppler [Cab, 91], permitiendo la resolución simultánea de varios problemas asociados a estos últimos parámetros.

5. Referencias.

[Ton, 91] L. Tong, G. Xu, & T. Kailath, "A new approach to blind identification and equalization of multipath channels", *Proc. 25th Asilomar Conf. on Signals, Systems and Computers*, pp. 856-860, Pacific Grove, CA., Nov. 1991.

[Mou, 95] E. Moulines, P. Dohamel, J. Cardoso & S. Mayrargue, "Subspace Methods for the blind identification of multichannel FIR filters", *IEEE Trans. On Signal Processing*, Vol. SP-43, No. 2, pp. 516-525, Feb. 1995.

[Liu, 95] H. Liu and G. Xu, "Closed-form blind symbol estimation in digital communications", *IEEE Trans. On Signal Processing*, Vol. SP-43, No. 11, pp. 2714-2723, Nov. 1995.

[Rui, 96] R. Ruiz and M. Cabrera, "Symbol Decoding Based on Signal Subspace Decomposition in MSK", *Proc. VIII European Signal Processing Conference (EUSIPCO'96)*, Vol. 3, pp. 2073-2076, Trieste, S²p. 1996.

[Cab, 91] M. Cabrera, "Aplicación de Técnicas de Procesado de Señal en Sistemas Receptores de Comunicaciones Digitales", *Tesis doctoral*, ETSITB (UPC), Barcelona 1991.