

# DISEÑO DE CÓDIGOS PR-QMF PARA SISTEMAS CDMA

M<sup>a</sup> Carmen Clemente Medina, Isabel Barbancho Pérez

Departamento de Ingeniería de Comunicaciones  
E.T.S.I. de Telecomunicación, Universidad de Málaga  
e-mail:mccm@ic.uma.es

## ABSTRACT

This paper proposes a new M-band filter bank tree structure for the design of PR-QMF codes in CDMA systems. The designed codes are suited for dynamical bandwidth allocation and asynchronous users. These PR-QMF codes have better correlation properties than the codes used in UMTS.

## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de diseño en los sistemas de comunicaciones móviles de tercera generación es ofrecer "comunicaciones móviles multimedia". A la vista de esto, y teniendo en cuenta que el interfaz aire propuesto en el estándar europeo UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) es CDMA (*Code Division Multiple Access*) [1], será necesario usar códigos que permitan asignación dinámica de ancho de banda y presenten resistencia al posible asincronismo entre usuarios.

La solución adoptada en UMTS para solventar dichas necesidades es el uso de dos códigos superpuestos para cada canal físico: códigos de scrambling y códigos de canalización [1]. Los códigos de scrambling son códigos Gold [2], que permiten identificar entre los distintos usuarios. Aunque estos códigos presentan buenas propiedades de correlación y por tanto, son adecuados para tratar con usuarios asíncronos, no son útiles para la asignación dinámica de ancho de banda. Por otro lado, los códigos de canalización son códigos de tipo OVSF (*Orthogonal Variable Spreading Factor*) [2]. Debido a sus características, los códigos OVSF son apropiados para realizar la asignación dinámica de ancho de banda: para un determinado usuario, la longitud y el número de códigos OVSF que se le asignen dependerá de su velocidad de transmisión. Sin embargo, estos códigos necesitan llegar perfectamente sincronizados al receptor, de ahí la necesidad de superponer los códigos de scrambling.

El objetivo de este artículo es presentar un método de diseño de códigos basados en bancos de filtros PR-QMF (*Perfect Reconstruction-Quadrature Mirror Filters*) [3], de forma que con un solo código se solucionen las dos necesidades anteriores.

## 2. DISEÑO DE CÓDIGOS PR-QMF

Se propone utilizar una nueva estructura en árbol como la mostrada en la figura 1. Se trata de la estructura clásica en árbol de M bandas [3], pero con una diferencia importante: no se usa un mismo bloque básico PR-QMF de 2 bandas para construir el árbol, sino diferentes bloques básicos a través del árbol, de

manera que para un nivel dado n del árbol, se cumplen las condiciones PR-QMF para cada par de filtros (n,2m) y (n,2m+1)

$$h_{n,2m}(p) = (-1)^p h_{n,2m+1}(P-p) \quad 0 < m < 2^{n-1} - 1 \quad (1)$$

Como puede observarse, los pares de bancos de filtros son PR-QMF dos a dos, lo cual implica que si las longitudes de los filtros del mismo nivel son iguales, la estructura resultante del banco de filtros de M bandas es también PR-QMF.

La estructura propuesta presenta la ventaja de que el número de incógnitas en las ecuaciones de diseño es mucho menor que el requerido para construir directamente un banco PR-QMF de M bandas [3]. Además, la nueva estructura permite realizar de forma sencilla asignación dinámica de ancho de banda, porque se generan códigos de diferentes longitudes para un sistema de múltiples usuarios. De este modo, se resuelven algunos problemas que aparecen en otros trabajos de aplicación de bancos PR-QMF en sistemas CDMA, como el estudio realizado por Akansu et al [4].

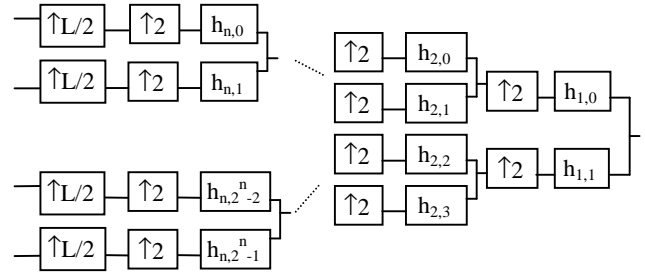


Figura 1. Nueva estructura en árbol PR-QMF de M bandas.

El código asignado a cada usuario consiste en la respuesta al impulso total obtenida de los sucesivos filtrados de la señal transmitida por los diferentes niveles del árbol. Si la longitud de cada filtro FIR es P, entonces, la longitud del código  $c_i$  asignado a cada usuario será  $L=2^{n-1}P$ , siendo n el nivel correspondiente de la estructura en árbol. Para la optimización se toma  $\{c_i, i=1...NU\}$  como el conjunto de códigos que serán asignados, donde NU es el número de usuarios, y se construye la función objetivo a minimizar de la forma siguiente

$$J_{min} = \alpha \sum_{i=1}^{NU} \left[ \frac{\sum_{k=1}^L [R_{ii}(k)]^2}{[R_{ii}(0)]^2} \right] + \beta \sum_{i=1}^{NU} \sum_{j=1, j \neq i}^{NU} \left[ \frac{\sum_{k=0}^{\max\{L_i, L_j\}} [R_{ij}(k)]^2}{[R_{ii}(0)]^2} \right] \quad (2)$$

donde  $R_{ii}(k)$  y  $R_{ij}(k)$  son las autocorrelaciones y correlaciones cruzadas de los códigos que se definen según las expresiones

$$R_{ii}(k) = \sum_p c_i(p)c_i(p+k) \quad k > 0, k \in \mathbb{Z} \quad (3)$$

$$R_{ij}(k) = \sum_p c_i(p)c_j(p+k) \quad \forall k, k \in \mathbb{Z} \quad (4)$$

### 3. EJEMPLOS DE DISEÑO

Usando la nueva estructura en árbol de M bandas, se han diseñado dos conjuntos de códigos: uno con filtros  $h_i$  de longitud  $P=4$  y otro con filtros  $h_i$  de longitud  $P=16$ . Los códigos diseñados se han comparado con la combinación de códigos Gold-OVSF, empleada en UMTS [2] para conseguir asignación dinámica de ancho de banda y asincronía entre usuarios. Para ello, se ha calculado la correlación promedio entre los códigos PR-QMF para los distintos retardos mediante la siguiente expresión

$$\bar{R}(k) = \frac{\sum_{i=1}^{NU} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{NU} |R_{ij}(k)|}{NU(NU-1)} \quad k > 0, k \in \mathbb{Z} \quad (5)$$

En primer lugar, se muestra la comparación de los códigos UMTS con los códigos PR-QMF con  $P=4$  en la figura 2.

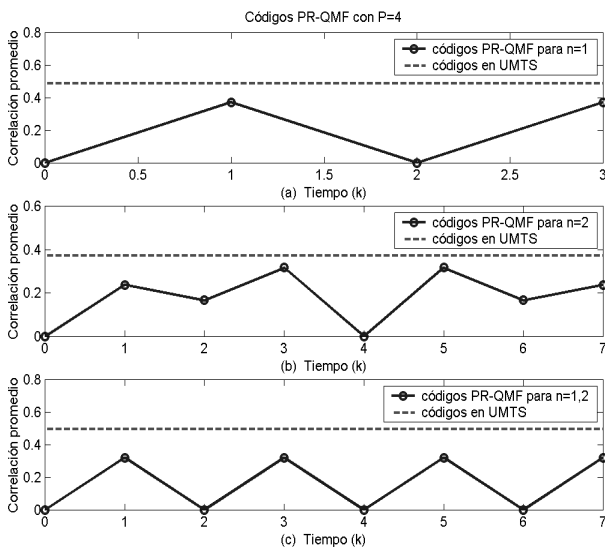


Figura 2. Comparación de códigos para el primer ejemplo.

En la figura 2 (a), se compara la correlación promedio (5) para los códigos del primer nivel ( $n=1$ ,  $L=4$ ) con la correlación cruzada de los códigos UMTS que usan los códigos OVSF de longitud 4. En la figura 2 (b), se muestra la gráfica de comparación para el segundo nivel ( $n=2$ ,  $L=8$ ) y los códigos UMTS que utilizan los códigos OVSF de longitud 8. En la figura 2 (c), se presenta la comparación entre códigos de longitud diferente usando el mismo criterio para los códigos PR-QMF diseñados y los códigos OVSF [1], [2].

En la figura 3, se presentan los mismos resultados de la figura 2 para filtros con  $P=16$ , donde los códigos en UMTS utilizan códigos OVSF de longitud 16 y 32 respectivamente.

Se observa como, en ambos casos, los resultados obtenidos por los códigos PR-QMF son mejores que los de los códigos utilizados en UMTS.

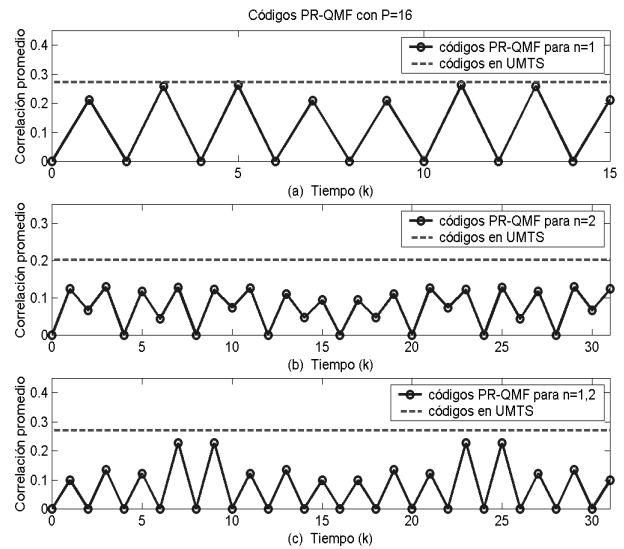


Figura 3. Comparación de códigos para el segundo ejemplo.

### 4. CONCLUSIONES

Se ha planteado un método para diseñar códigos PR-QMF en sistemas CDMA, optimizando una nueva estructura en árbol de M bandas. El método de diseño propuesto supera los problemas de otras técnicas de diseño como el uso directo de un banco PR-QMF de M bandas o la estructura clásica en árbol de un banco de filtros de M bandas.

Con la nueva estructura en árbol de M bandas propuesta, se han obtenido conjuntos de códigos de diferentes longitudes y se ha comprobado que presentan mejores propiedades de correlación que la combinación de códigos elegida en UMTS. Por tanto, los códigos diseñados son apropiados para la separación de usuarios asíncronos y la asignación dinámica de ancho de banda.

### 5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Ana María Barbancho la ayuda y dedicación prestadas durante la realización de este documento.

### 6. REFERENCIAS

- [1] 3G TS 25.213, "Spreading and Modulation", December 2000.
- [2] Dinan E.H. and Jabbari B., "Spreading Codes for Direct Sequence CDMA and Wideband CDMA Cellular Networks", IEEE Communications Magazine, September 1998, pp.48-54.
- [3] Strang G., Nguyen T., "Wavelet and Filters Banks", Wellesley-Cambridge Press, 1997.
- [4] Akansu A.N., Tazebay V., Haddad R.A., "A new look at Digital Orthogonal Transmultiplexers for CDMA Communications", IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 45, no. 1, January 1997, pp. 263-267.