

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 451 577**

51 Int. Cl.:

**H04L 27/20** (2006.01)

**H04L 27/22** (2006.01)

**H04L 27/00** (2006.01)

**H04L 27/34** (2006.01)

**H04L 27/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.02.2011 E 11707728 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2014 EP 2540043**

54 Título: **Método y disposición para reducir conjuntamente la relación de potencia de pico respecto a potencia media y tipo de modulación de señal para servicio general potenciado precodificado de radio por paquetes (EGPRS)**

30 Prioridad:

**26.02.2010 US 308340 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**27.03.2014**

73 Titular/es:

**TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)  
(100.0%)  
164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:

**LOPEZ, MIGUEL;  
SUNDBERG, MÅRTEN;  
LIBERG, OLOF y  
QIU, XUN**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 451 577 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Método y disposición para reducir conjuntamente la relación de potencia de pico respecto a potencia media y tipo de modulación de señal para servicio general potenciado precodificado de radio por paquetes (EGPRS)

**Campo de la invención**

- 5 La presente invención se refiere a un método y una disposición en un sistema de telecomunicación, en particular a un método y una disposición para reducir conjuntamente la Relación de Potencia de Pico respecto a Potencia Media (PAPR) y a modulación de señal para Servicio General Potenciado precodificado de Radio por Paquetes (EGPRS).

**Antecedentes**

- 10 A pesar del hecho de que las redes del Sistema Global para Comunicación Móvil (GSM) han sido desplegadas comercialmente durante casi dos décadas, el interés por la mejora continuada de la tecnología GSM/tasas de Datos Potenciadas para Evolución GSM (EDGE) no ha disminuido. Los fabricantes de equipos de red, fabricantes de equipos móviles y operadores de telecomunicaciones siguen desarrollando aún más el sistema GSM. Las mejoras en el hardware/eficacias espectrales para servicios tanto de voz como de datos por paquetes se están buscando activamente. A este fin, se ha propuesto EGPRS/EGPRS fase 2 (EGPRS2) precodificado. La precodificación incluye
- 15 la transformación de la secuencia de símbolo usando alguna transformación adecuada. Típicamente, se usa una Transformación de Fourier. La Figura 1 proporciona una vista de alto nivel de EGPRS/EGPRS2 precodificado.

Ahora se van a describir los bloques del interior de la casilla de líneas discontinuas de la Figura 1. Tras el formateo por ráfaga, la secuencia de bits ( $b_n$ ) tiene la siguiente estructura:



- 20 Estos bits son mapeados respecto a símbolos elaborados desde una constelación de símbolos de Modulación por Desplazamiento de Fase (PSK)/Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM). Las letras s, x, t, g, se usarán para indicar símbolos de PSK/QAM que portan bits de entrenamiento, carga útil, cola o guarda, respectivamente. De ese modo,

$$(b_1, \dots, b_\alpha, b_{\phi+1}, \dots, b_\psi) \rightarrow \vec{g} = (g_1, \dots, g_\eta) \text{ (guarda)}$$

$$(b_{\alpha+1}, \dots, b_\beta, b_{\epsilon+1}, \dots, b_\phi) \rightarrow \vec{t} = (t_1, \dots, t_\nu) \text{ (cola)}$$

$$(b_{\beta+1}, \dots, b_\gamma, b_{\delta+1}, \dots, b_\epsilon) \rightarrow \vec{x} = (x_1, \dots, x_D) \text{ (carga útil)}$$

$$(b_{\gamma+1}, \dots, b_\delta) \rightarrow \vec{s} = (s_1, \dots, s_{N_t}) \text{ (símbolos de entrenamiento)}$$

- 25 donde  $\eta$  es el número total de símbolos de guarda,  $\nu$  es el número total de símbolos de cola,  $D$  es el número total de símbolos de carga útil y  $N_t$  es el número de símbolos de entrenamiento. El número total de símbolos de carga útil más los de entrenamiento es  $N = D + N_t$  y el número total de símbolos en la ráfaga es  $K = N + \eta + \nu$ .

La salida del bloque de mapeo de símbolo es la secuencia de símbolos

$$[c_1, \dots, c_K] \stackrel{def}{=} [\vec{g}, \vec{t}, \vec{x}, \vec{d}].$$

Es conveniente intercalar los símbolos de entrenamiento y los símbolos de carga útil a efectos de sincronización y estimación de canal. Se construye un vector  $\bar{z}$  de longitud  $N$  a partir de la carga útil  $\bar{x}$  y de los símbolos  $\bar{s}$  de entrenamiento correspondientemente.

$$\bar{z} = [z_1, \dots, z_N]^T \stackrel{\text{def}}{=} \begin{bmatrix} x_1 & \dots & s_1 & \dots & x_p & s_m & \dots & s_{N_r} & \dots & x_D \end{bmatrix}$$

$$\begin{matrix} \updownarrow & & \updownarrow & & \updownarrow & & \updownarrow & & \updownarrow \\ k(1) & \dots & n(1) & \dots & k(p) & n(m) & & n(N_r) & & k(D) \end{matrix}$$

- 5 La posición de los símbolos de entrenamiento viene dada por los índices  $(n(m))_{m=1}^{N_r}$ . De igual modo, la posición de los símbolos de carga útil viene dada por  $(k(m))_{m=1}^D$ . Es decir,  $z_{n(p)} = s_p$  y  $z_{k(p)} = x_p$ . La posición de los símbolos de entrenamiento debe ser elegida cuidadosamente puesto que ésta tiene un gran impacto sobre el comportamiento del receptor. La precodificación por Transformada de Fourier Discreta (DFT) se aplica a  $\bar{z}$  para formar una nueva secuencia de números complejos  $\bar{Z}$  como sigue. Sea  $W$  la matriz de transformación de Fourier de tamaño  $N \times N$  cuya entrada en la fila  $m^a$  y la columna  $i^a$  es:

$$W_{m,i} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{1}{\sqrt{N}} \exp(-j2\pi(m-1)(i-1)/N)$$

para  $1 \leq m, i \leq N$ . La operación de precodificación es:

$$\bar{Z} = W^H \cdot \bar{z}$$

- 15 La multiplicación por la matriz  $W^H$  puede ser implementada eficientemente usando transformada rápida de Fourier. A continuación, se elige un número entero  $L \geq 0$  y los últimos  $L$  términos en  $\bar{Z}$  se anexan al comienzo de  $\bar{Z}$  para formar un nuevo vector  $\bar{Z}^P$ . En otras palabras, se añade un prefijo cíclico de longitud  $L$ . Por ejemplo, se pueden usar los valores  $L = 0$  (sin prefijo) o  $L = 5$  (longitud típica de canal de GSM). Usando notación vectorial, los símbolos precodificados con el prefijo cíclico añadido son:

$$\bar{Z}^P = [Z_1^P, \dots, Z_{N+L}^P] \stackrel{\text{def}}{=} [Z_{N-L}, Z_{N-L+1}, \dots, Z_N, Z_1, Z_2, \dots, Z_N]$$

- 20 La salida del bloque de precodificación de vector (IDFT) es la secuencia de números complejos

$$[d_1, d_2, \dots, d_K] \stackrel{\text{def}}{=} \left[ \underbrace{g_1, \dots, t_1}_{\text{guard tail}}, \underbrace{Z_1^P, Z_2^P, \dots, Z_{N+L}^P}_{\text{payload + pilots}}, \underbrace{t_y, \dots, g_\eta}_{\text{tail guard}} \right]$$

- 25 Esta secuencia se interpola, se filtra, se mezcla, se amplifica y se envía al aire usando modulación lineal tal como el modulador EDGE usado en la Estación Transceptora de Base (BTS) de GSM/EDGE. En EGRPS y EGRPS2, la modulación utilizada no es conocida en el receptor y debe ser detectada. Este procedimiento se denomina detección ciega de modulación. En particular, en EGPRS/EGPRS2, la modulación utilizada se señala mediante rotación de los símbolos transmitidos. Diferentes ángulos de rotación corresponden a diferentes tipos de modulación (por ejemplo, se utilizan  $\frac{3\pi}{8}$  para 8 PSK,  $\frac{\pi}{4}$  para 16 QAM,  $-\frac{\pi}{4}$  para 32 QAM en EGPRS2-A).

Uno de los principales inconvenientes de EGPRS precodificado consiste en que la Relación de Potencia de Pico a Potencia Media (PAPR) de la señal transmitida es muy grande.

- 30 Se sabe que es posible usar diferentes secuencias de entrenamiento con el fin de reducir la PAPR. El método puede ser resumido como sigue. Se diseña y se fija un conjunto finito de  $M$  secuencias de entrenamiento. Para cualquier ráfaga dada, se generan  $M$  señales de transmisión diferentes, compartiendo todas ellas la misma carga útil, pero difiriendo en la secuencia de entrenamiento. De las  $M$  señales de transmisión generadas, se elige la que tiene la

PAPR más baja, y se transmite a través del aire. Las otras  $M-1$  señales son descartadas y no se transmiten. En el lado del receptor, el receptor utiliza detección ciega con el fin de estimar la secuencia de entrenamiento que fue usada realmente entre las posibles  $M$  secuencias de entrenamiento. Esto ha sido descrito también en Secuencias Piloto Ortogonales para Reducción de Potencia de Pico a Potencia Media en OFDM, M.J. Fernández-Galitano, J.M. Páez-Borralló, O. Edfors, Conferencia de Tecnología Vehicular, 2001. VTC 2001 Fall. IEEE VTS 54<sup>a</sup>.

Véase también "Un receptor SLM ciego para OFDM de PAR reducida", 2002 IEEE 56<sup>a</sup> procedimientos de tecnología vehicular, IEEE Piscataway, NJ, USA, vol. 1, 2002, páginas 219-222 VOL. 1, y la solicitud de Patente internacional WO 2008/149323.

Adicionalmente, las solicitudes de Patentes US 2004/096012, US 2007/041473 y WO 00/10301 describen rotación para señalización de modulación.

Un problema de este método consiste en que se deben generar  $M$  señales de transmisión diferentes en el transmisor. El cálculo de cada señal requiere recursos de memoria (por ejemplo, precalculando y salvando en memoria la Transformada de Fourier Discreta Inversa (IDFT) de las  $M$  secuencias de entrenamiento) o bien recursos computacionales (por ejemplo, calculando la Transformada de Fourier Discreta Inversa de cada una de las  $M$  señales diferentes transmitidas).

Estos cálculos requeridos para reducción de PAPR podrían parecer un tema de menor importancia. Sin embargo, es un hecho que un importante número de estaciones de base de GSM/EDGE instaladas a través del mundo son antiguas. Por lo tanto, cualquier incremento en el uso de memoria y/o en la complejidad de cálculo debe ser mantenido en un mínimo con el fin de hacer que los inconvenientes de EGPRS/EGPRS2 precodificado sean compatibles con el hardware de estación de base heredado.

### Sumario

Según se ha expuesto, con el fin de evitar introducir señalización adicional en EGPRS/EGPRS2 precodificado, es deseable mantener la detección ciega de la técnica de modulación usada en EGPRS/EGPRS2, de modo que el receptor detecte si se están usando EGPRS/EGPRS2 o EGPRS/EGPRS2 precodificado para cada bloque de radio, así como también el tipo de modulación utilizada.

Un objeto de la presente invención consiste en proporcionar un método y una disposición mejorados para transmitir EGPRS precodificado.

Otro aspecto de la presente invención consiste en lograr un método y una disposición para reducir y minimizar el uso de memoria y/o la complejidad computacional cuando se introduce EGPRS/EGPRS2 precodificado.

Al menos uno de los objetos anteriores se logra mediante un método y una disposición en los que la señalización del tipo de modulación por medio de rotación de la secuencia de entrenamiento y la reducción de PAPR, se combinan en una sola etapa. Para cada tipo de modulación, se elige un conjunto de ángulos de rotación. Estos conjuntos no tienen ningún elemento en común. Se generan nuevas secuencias de entrenamiento rotando una secuencia de entrenamiento original. Se elige el ángulo de rotación que minimiza la PAPR de la señal de transmisión. En el lado del receptor, conociendo la secuencia de entrenamiento original, el receptor estima ciegamente el ángulo de rotación entre los ángulos de rotación posibles conocidos. El ángulo de rotación estimado en el receptor mapea un único tipo de modulación.

Según realizaciones descritas en la presente memoria, se calcula un conjunto de ángulos de rotación que permiten una reducción de PAPR de una manera computacionalmente eficiente. La técnica propuesta requiere solamente el cálculo de una Transformación de Fourier Discreta Inversa (IDFT), independientemente del número de ángulos de rotación, o de forma equivalente, independientemente del número de secuencias de entrenamiento usadas para la reducción de PAPR. Esto da como resultado ahorros significativos ya sea de memoria o ya se de ciclos de la Unidad Central de Proceso (CPU) (o de ambos), en el transmisor. Además, el conjunto de ángulos de rotación posibles es grande. De ese modo, los ángulos de rotación pueden ser elegidos apropiadamente para minimizar la PAPR y optimizar la probabilidad de detección ciega correcta.

Según una realización, se proporciona un método de transmisión de una secuencia de símbolo de EGPRS/EGPRS2 precodificado, donde la secuencia de símbolo comprende símbolos de secuencia de datos y símbolos de secuencia de entrenamiento. Según el método, se selecciona un método de modulación y se establece un conjunto de ángulos de rotación en respuesta a la modulación seleccionada. Los conjuntos de ángulos de rotación para cada método de modulación seleccionable no tienen ningún elemento (ángulo de rotación) en común. Además, se genera un conjunto de secuencias de entrenamiento a partir de una secuencia de entrenamiento original rotando la secuencia de entrenamiento original a través de los ángulos del conjunto de ángulos de rotación asociados al método de modulación seleccionado, y se selecciona un ángulo de rotación a partir del conjunto de ángulos de rotación del método de modulación seleccionado. Finalmente, la secuencia de símbolo de EGPRS/EGPRS2 es precodificada y transmitida usando el método de modulación seleccionado con la secuencia de símbolo de entrenamiento rotada usando el ángulo de rotación seleccionado. En el lado del receptor, el receptor puede recibir esa secuencia de

símbolo transmitida usando detección ciega y conocer la secuencia de símbolo original puesto que cada ángulo rotacional es único en cuanto a un método de modulación utilizado.

5 Según una realización, el ángulo de rotación se selecciona de tal modo que la relación de potencia de pico respecto a potencia media de la señal precodificada transmitida se minimiza entre la relación de potencia de pico respecto a potencia media de todas las señales precodificadas generadas a partir de los datos de usuario y del conjunto de secuencias de entrenamiento.

Según una realización, todos los ángulos de los conjuntos de ángulos de rotación posibles son múltiplos enteros de

2 $\pi$  divididos por el número total de datos precodificados y de símbolos de entrenamiento. Según una realización,

10 las señales precodificadas se generan añadiendo un vector de símbolos precodificados a desplazamientos circulares del vector de símbolos de entrenamiento precodificados.

Una primera ventaja del método de detección ciega propuesto consiste en que la detección ciega y la reducción de PAPR se combinan en una sola etapa, de una manera computacionalmente eficiente.

15 Una segunda ventaja es el algoritmo eficiente para realizar precodificación de DFT y reducción de PAPR que permitan ahorrar ciclos de la Unidad Central de Proceso (CPU), o memoria, o ambos. Algunas estaciones de base de GSM/EDGE heredadas, han estado operativas durante más de 10 años, y han sido objeto de numerosas actualizaciones de software. Por lo tanto, la cantidad de recursos computacionales disponibles para cualquier nueva funcionalidad en estaciones de base heredadas puede ser muy limitada. Por ello, cualquier ahorro en la complejidad computacional/memoria es de la mayor importancia. Puesto que se desea actualizar estaciones de base heredadas de modo que éstas puedan soportar EGPRS/EGPRS2 precodificado, cada byte extra de memoria y cada ciclo extra de CPU son críticos.

20 La invención se extiende también a métodos de recepción de una secuencia de símbolo transmitida según lo anterior usando detección ciega. Así, según una realización, se proporciona un método de recepción de una secuencia de símbolo de EGPRS/EGPRS2 precodificada, donde la secuencia de símbolo comprende símbolos de secuencia de datos y símbolos de secuencia de entrenamiento. Según el método, se recibe en primer lugar una secuencia de símbolo que tiene una secuencia de símbolo de entrenamiento rotada, en donde la rotación de la secuencia de símbolo de entrenamiento identifica únicamente el método de modulación utilizado. Conociendo la secuencia de símbolo de entrenamiento original, no rotada, el receptor detecta entonces de forma ciega la secuencia de símbolo recibida y determina el método de modulación de la secuencia de símbolo recibida determinando el ángulo de rotación de la secuencia de entrenamiento.

30 La invención se extiende además a un transmisor y un receptor dispuestos de modo que llevan a cabo los métodos según se describe en la presente memoria. El transmisor y el receptor pueden estar dotados de un controlador/circuitería de controlador para llevar a cabo los métodos anteriores. El (los) controlador(es) puede(n) ser implementado(s) usando hardware y/o software adecuados. El hardware puede comprender uno o muchos procesadores que pueden estar dispuestos para ejecutar el software almacenado en un medio de almacenaje legible. El (los) procesador(es) puede(n) estar implementado(s) mediante un único procesador dedicado, mediante un único procesador compartido, o mediante una pluralidad de procesadores individuales, algunos de los cuales pueden estar compartidos o distribuidos. Además, un procesador puede incluir, sin limitación, hardware de procesador de señal digital (DSP), hardware ASIC, memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), y/u otros medios de almacenaje.

#### 40 Figuras

La invención va a ser descrita ahora con mayor detalle por medio de ejemplos no limitativos y con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

La Figura 1 muestra una vista de alto nivel de un modulador lineal de EGPRS/EGPRS2 con precodificación de vector (cadena Tx),

45 La Figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra algunas etapas procesales llevadas a cabo cuando se transmite una secuencia de símbolo de EGPRS/EGPRS2 precodificada,

La Figura 3 ilustra un transmisor,

La Figura 4 ilustra un receptor, y

50 La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra etapas ejecutadas cuando se transmite una secuencia de símbolo de EGPRS/EGPRS2 precodificada.

**Descripción detallada**

El vector de columna de símbolos  $\bar{x}$  de valor complejo transmitido de longitud  $N$  consiste tanto en símbolos de carga útil como en símbolos de entrenamiento. Se puede escribir de la forma siguiente:

$$\bar{x} = \bar{d} + \bar{t} \quad (1)$$

- 5 En este caso,  $\bar{d}$  es un vector de longitud  $N$  que consiste solamente en símbolos de datos de usuario o en ceros. Cada entrada es 0 o bien un símbolo de datos de valor complejo. De forma similar, el vector  $\bar{t}$  de longitud  $N$  consiste en símbolos de entrenamiento de ceros solamente.

Supóngase que  $W$  es la matriz DF de tamaño  $N \times N$ . El vector columna de símbolos  $\bar{x}$  de valor complejo transmitido de longitud  $N$  es precodificado multiplicándolo por la matriz IDFT.

$$\bar{X} = W^H \cdot \bar{x} \quad (2)$$

Supóngase que existen  $P$  tipos de modulación posibles (por ejemplo,  $P = 3$  si se utilizan modulaciones 8PSK, 16QAM, 32QAM). Supóngase también que se usan  $M$  rotaciones diferentes por cada tipo de modulación. Se elige un total de  $P \times M$  ángulos diferentes y se agrupan en  $P$  conjuntos:

$$\Psi_1 = \{\theta_1^1, \dots, \theta_1^M\}, \dots, \Psi_p = \{\theta_p^1, \dots, \theta_p^M\}. \quad (3)$$

- 15 Cada ángulo adopta la forma de:

$$\theta_p^m = \frac{2\pi \cdot k_{m,p}}{N}, \quad 1 \leq p \leq P, \quad 1 \leq m \leq M, \quad (4)$$

donde  $k_{m,p}$  es un número entero, y  $0 \leq k_{m,p} < N$ .

Se define la matriz de rotación para cualquier ángulo  $\theta$ .

$$R(\theta) = \text{diag}(1, e^{j\theta}, e^{j2\theta}, \dots, e^{j(N-2)\theta}, e^{j(N-1)\theta}). \quad (5)$$

- 20 Ésta es una matriz diagonal de tamaño  $N \times N$ .

Si la señal que va a ser transmitida tiene el tipo  $p^\circ$  de modulación,  $1 \leq p \leq P$ , entonces se calculan  $M$  vectores de transmisión precodificados como sigue. En primer lugar, se añade la secuencia de entrenamiento rotada al vector de símbolos de datos.

$$\bar{x}(\theta_p^m) = \bar{d} + R(\theta_p^m) \cdot \bar{t}, \quad 1 \leq m \leq M. \quad (6)$$

- 25 Los candidatos para los vectores de transmisión precodificados son simplemente

$$\bar{X}(\theta_p^m) = W^H \cdot \bar{x}(\theta_p^m), \quad 1 \leq m \leq M. \quad (7)$$

Supóngase que  $PAPR(\bar{X})$  indica la PAPR de una señal modulada construida a partir de símbolos  $\bar{X}$  de transmisión precodificados. El ángulo de rotación óptimo se calcula como:

$$\theta_{opt} = \arg \min_{\theta_p^m, 1 \leq m \leq M} PAPR(\bar{X}(\theta_p^m)). \quad (8)$$

- 30 La señal transmitida es entonces  $\bar{X}(\theta_{opt})$ . Las otras señales son descartadas y no se transmiten.

En la Figura 2 se muestra un diagrama de flujo que ilustra algunos aspectos llevados a cabo cuando se transmite una secuencia de símbolo de EGPRS/EGPRS2 que comprende símbolos de datos y símbolos de entrenamiento. En

primer lugar, en una etapa 201, se selecciona un método de modulación y también un conjunto de ángulos de rotación en respuesta a la modulación seleccionada. Los conjuntos de ángulos de rotación de cada método de modulación seleccionable no tienen ningún elemento en común, lo que asegura que el método de modulación pueda determinado por un receptor usando detección ciega. A continuación, en una etapa 203, se genera un conjunto de secuencias de entrenamiento a partir de una secuencia de entrenamiento original rotando la secuencia de entrenamiento original a través de los ángulos del conjunto de ángulos de rotación asociados al método de modulación seleccionado. A continuación, en una etapa 205, se selecciona un ángulo de rotación a partir del conjunto de ángulos de rotación del método de modulación seleccionado. Finalmente, en una etapa 207, el transmisor precodifica y transmite la secuencia de símbolo de EGPRS/EGPRS2 usando el método de modulación seleccionado y rotando la secuencia de símbolo de entrenamiento usando el ángulo de rotación seleccionado. De ese modo, se transmite la secuencia de símbolo de entrenamiento usando un ángulo de rotación que identifica de manera única el tipo de modulación puesto que los ángulos de los diferentes conjuntos de ángulos para cada método de modulación seleccionable no tienen ningún elemento en común, es decir, el mismo ángulo no puede ser encontrado en dos conjuntos diferentes. Con ello, el receptor puede determinar, usando detección ciega y el conocimiento de la secuencia de símbolo de entrenamiento original, el método de modulación seleccionado mediante detección ciega del ángulo de rotación asociado a una secuencia recibida de símbolo de entrenamiento de EGPRS/EGPRS2, y desmodular la secuencia de símbolo recibida. Esto resulta posible asignando ángulos de rotación mutuamente diferentes a todos los métodos de modulación posibles y a las secuencias de símbolos de entrenamiento originales rotadas.

En la Figura 3 se representa un transmisor 300 configurado para transmitir una ráfaga de EGPRS/EGPRS2 conforme a los métodos descritos en la presente memoria. El transmisor 300 comprende circuitería de controlador 301 para llevar a cabo los métodos anteriores. El (los) controlador(es) puede(n) ser implementado(s) usando hardware y/o software. El hardware puede comprender uno o muchos procesadores que pueden estar dispuestos para ejecutar software almacenado en un medio de almacenamiento legible. El (los) procesador(es) puede(n) ser implementado(s) mediante un único procesador dedicado, mediante un único procesador compartido, o mediante una pluralidad de procesadores individuales, algunos de los cuales pueden estar compartidos o distribuidos. Además, un procesador puede incluir, sin limitación, hardware de procesador de señal digital (DSP), hardware ASIC, memoria de sólo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), y/u otros medios de almacenamiento.

En el lado del receptor, el receptor estima el ángulo de rotación  $\hat{\theta}$  más probable entre todos los  $P \times M$  ángulos posibles (3). Puesto que existe solamente un  $\bar{p}$  de tal modo que  $\hat{\theta} \in \Psi \bar{p}$ , entonces este  $\bar{p}$  indica el tipo de modulación.

En la Figura 4, se ha representado un receptor 400 configurado para recibir una ráfaga de EGPRS/EGPRS2 transmitida conforme a los métodos descritos en la presente memoria. El receptor 400 comprende circuitería de controlador 401 para ejecutar los métodos anteriores. El (los) controlador(es) puede(n) ser implementado(s) usando hardware y/o software adecuados. El hardware puede comprender uno o muchos procesadores que pueden estar dispuestos para ejecutar software almacenado en un medio de almacenamiento legible. El (los) procesador(es) puede(n) ser implementado(s) mediante un único procesador dedicado, mediante un único procesador compartido, o mediante una pluralidad de procesadores individuales, algunos de los cuales pueden ser compartidos o distribuidos. Además, un procesador puede incluir, sin limitación, hardware de procesador de señal digital (DSP), hardware ASIC, memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), y/u otros medios de almacenaje.

A continuación, se explica cómo se puede llevar a cabo el cálculo del ángulo de rotación óptimo en (8) con una sola transformación de Fourier. Se define

$$\bar{D} = W^H \cdot \bar{d}, \quad (9)$$

$$\bar{T} = W^H \cdot \bar{t}. \quad (10)$$

También se define la función de desplazamiento circular mediante  $m$  etapas que aplicada a un vector  $\bar{t}$  de longitud  $N$  elimina las  $m$  entradas y las sitúa al comienzo. Es decir,

$$\begin{aligned} \text{circshift}(\bar{t}, m) &= \text{circshift}((t_0, t_1, \dots, t_{N-1}), m) \\ &= (t_{N-m}, \dots, t_{N-1}, t_0, t_1, \dots, t_{N-m-1}) \end{aligned} \quad (11)$$

Para cada ángulo  $\theta_p^m$ ,  $1 \leq m \leq M$ , se puede calcular la señal candidato:

$$\vec{X}(\theta_p^m) = W^H \cdot \vec{x}(\theta_p^m) = W^H \cdot (\vec{d} + R(\theta_p^m) \cdot \vec{i}) = W^H \cdot \vec{d} + W^H \cdot R(\theta_p^m) \cdot \vec{i} \quad (12)$$

Sin embargo, mediante la propiedad de desplazamiento de la Transformada de Fourier Discreta Inversa y debido a la definición (4) de los ángulos de rotación, se puede demostrar que:

$$W^H \cdot R(\theta_p^m) \cdot \vec{i} = \text{circshift}(W^H \cdot \vec{i}, N - k_{m,p}). \quad (13)$$

5 Usando (9), (10) y (13), se puede re-escribir (12) de la manera:

$$\vec{X}(\theta_p^m) = \vec{D} + \text{circshift}(\vec{T}, N - k_{m,p}). \quad (14)$$

Así, las señales precodificadas pueden ser generadas adicionando el vector de símbolos precodificados a desplazamientos circulares del vector de símbolos de entrenamiento precodificados. Obsérvese que un desplazamiento circular no requiere ninguna operación y puede ser implementado de manera trivial usando  
 10 aritmética de puntero circular. Además, el vector  $\vec{T}$  puede ser precalculado y almacenado en memoria. De ese modo, solamente se necesita realizar una IDFT. Un cálculo directo de (8) requiere aproximadamente M veces más operaciones aritméticas que un cálculo eficiente basado en (14). Alternativamente, una implementación directa de (8) requiere aproximadamente M veces más memoria que una implementación eficiente basada en (14).

Finalmente, obsérvese que la reducción notable de la complejidad computacional en (14) se debe al hecho de que  
 15 se generan diferentes secuencias de entrenamiento por rotación de una secuencia de entrenamiento original, y que los ángulos de rotación son de la forma especial (4). La reducción de complejidad no es posible en general si se usan secuencias de entrenamiento arbitrarias.

El proceso de precodificación, modulación, señalización y reducción de PAPR ha sido ilustrado en la Figura 5. En  
 20 primer lugar, en la etapa 501, un tipo de modulación deseada, símbolos de usuario precodificados, símbolos de entrenamiento precodificados y una colección predefinida de M ángulos de rotación, constituyen la entrada al algoritmo de señalización de modulación y reducción de PAPR. En la segunda etapa 503, se generan M señales precodificadas candidatas, correspondiendo cada desplazamiento circular a un ángulo de rotación. En la tercera etapa 505, el ángulo de rotación que produce la señal precodificada con la PAPR más pequeña se elige entre los M  
 25 ángulos de rotación candidatos. En la última etapa 507, la señal precodificada que produce la PAR más pequeña es configurada en pulso y enviada al modulador de RF para ser transmitida a través del aire.

La presente invención puede ser llevada a cabo, por supuesto, de otras maneras distintas a las que se exponen  
 30 específicamente en la presente memoria sin apartarse de las características esenciales de la invención. Las presentes realizaciones deben ser consideradas en todos los aspectos como ilustrativas y no limitativas, y todos los cambios que caigan dentro del significado de las reivindicaciones anexas deben entenderse como abarcados por las mismas.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Un método de transmisión de una secuencia de símbolo de EGPRS/EGPRS2 precodificada de transformación, donde la secuencia de símbolo comprende símbolos de secuencia de datos y símbolos de secuencia de entrenamiento, comprendiendo el método las etapas de:
- 5 - seleccionar (201) un método de modulación y un conjunto de ángulos de rotación en respuesta a la modulación seleccionada, sin que los conjuntos de ángulos de rotación para cada método de modulación seleccionable tengan ningún elemento en común, en donde todos los ángulos de los conjuntos de ángulos de rotación posibles son múltiplos enteros de  $2\pi$  divididos por el número total de símbolos de datos y de entrenamiento precodificados,
- 10 - generar (203) un conjunto de secuencias de entrenamiento a partir de una secuencia de entrenamiento original mediante rotación de la secuencia de entrenamiento original a través de los ángulos del conjunto de ángulos de rotación asociados al método de modulación seleccionado,
- seleccionar (205) un ángulo de rotación a partir del conjunto de ángulos de rotación del método de modulación seleccionado, y
- 15 -precodificación y transmisión de transformación (207) de la secuencia de símbolo de EGPRS/EGPRS2 usando el método de modulación seleccionado y rotando la secuencia de símbolo de entrenamiento original usando el ángulo de rotación seleccionado.
- 2.- El método de la reivindicación 1, en donde el ángulo de rotación se selecciona de tal modo que la relación de potencia de pico respecto a potencia media de la señal precodificada transmitida se minimiza entre la relación de potencia de pico respecto a potencia media de todas las señales precodificadas generadas a partir de los datos de usuario y del conjunto de secuencias de entrenamiento.
- 20 3.- El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde las señales precodificadas son generadas por adición de un vector de símbolos precodificados a desplazamientos circulares del vector de símbolos de entrenamiento precodificados.
- 4.- Un transmisor (300) para transmitir una secuencia de símbolo de EGPRS/EGPRS2 precodificada de transformación, donde la secuencia de símbolo comprende símbolos de secuencia de datos y símbolos de secuencia de entrenamiento, comprendiendo el transmisor:
- 25 - circuitería de controlador (301) para seleccionar un método de modulación y un conjunto de ángulos de rotación en respuesta a la modulación seleccionada, sin que los conjuntos de ángulos de rotación para cada método de modulación seleccionable tengan ningún elemento en común, en donde todos los ángulos de los conjuntos de
- 30 ángulos de rotación posibles son múltiplos enteros de  $2\pi$  divididos por el número total de símbolos de datos y de entrenamiento precodificados,
- circuitería de controlador (301) para generar un conjunto de secuencias de entrenamiento a partir de una secuencia de entrenamiento original rotando la secuencia de entrenamiento original a través de los ángulos del conjunto de ángulos de rotación asociados al método de modulación seleccionado,
- 35 - circuitería de controlador (301) para seleccionar un ángulo de rotación a partir del conjunto de ángulos de rotación del método de modulación seleccionado, y
- circuitería de controlador (301) para precodificación y transmisión de transformación de la secuencia de símbolo de EGPRS/EGPRS2 usando el método de modulación seleccionado y rotando la secuencia de símbolo de entrenamiento original usando el ángulo de rotación seleccionado.
- 40 5.- El transmisor de la reivindicación 4, en donde el transmisor está configurado para seleccionar el ángulo de rotación de tal modo que la relación de potencia de pico respecto a potencia media de la señal precodificada transmitida se minimiza entre la relación de potencia de pico respecto a potencia media de todas las precodificadas generadas a partir de los datos de usuario y del conjunto de secuencias de entrenamiento.
- 45 6.- El transmisor de cualquiera de las reivindicaciones 4-5, en donde el transmisor está configurado para generar las señales precodificadas añadiendo un vector de símbolos precodificados a desplazamientos circulares del vector de símbolos de entrenamiento precodificados.
- 7.- Un método de recepción de una secuencia de símbolo de EGPRS/EGPRS2 precodificada de transformación, donde la secuencia de símbolo comprende símbolos de secuencia de datos y símbolos de secuencia de entrenamiento, comprendiendo el método las etapas de:
- 50 - recibir una secuencia de símbolo que tiene una secuencia de símbolo de entrenamiento rotada, en donde la rotación de la secuencia de símbolo de entrenamiento identifica de forma única el método de modulación usado,

- 5 - conocer la secuencia de símbolo de entrenamiento original, no rotada, detectando de forma ciega la secuencia de símbolo recibida y determinando el método de modulación de la secuencia de símbolo recibida mediante determinación del ángulo de rotación de la secuencia de entrenamiento, en donde los ángulos de rotación posibles que son detectados de forma ciega son múltiplos enteros de  $2\pi$  divididos por el número total de símbolos de datos y de entrenamiento precodificados.
- 8.- El método de la reivindicación 7, en donde las señales precodificadas recibidas comprenden un vector de símbolos precodificados añadido a desplazamientos circulares del vector de símbolos de entrenamiento precodificados.
- 10 9.- Un receptor (400) para recibir una secuencia de símbolo de EGPRS/EGPRS2 precodificada de transformación, donde la secuencia de símbolo comprende símbolos de secuencia de datos y símbolos de secuencia de entrenamiento, comprendiendo el receptor:
- circuitería de controlador (401) para recibir una secuencia de símbolo que tiene una secuencia de símbolo de entrenamiento rotada en donde la rotación de la secuencia de símbolo de entrenamiento identifica de forma única el método de modulación usado, y
- 15 - circuitería de controlador (401) para detectar de forma ciega, conociendo la secuencia de símbolo de entrenamiento original, no rotada, la secuencia de símbolo recibida y determinar el método de modulación de la secuencia de símbolo recibida mediante determinación del ángulo de rotación de la secuencia de entrenamiento, en donde los ángulos de rotación posibles que son detectados de forma ciega son múltiplos enteros de  $2\pi$  divididos por el número total de símbolos de datos y de entrenamiento precodificados.
- 20 10.- El receptor de la reivindicación 9, en donde el receptor está configurado para recibir señales precodificadas que comprenden un vector de símbolos precodificados añadido a desplazamientos circulares del vector de símbolos de entrenamiento precodificados.

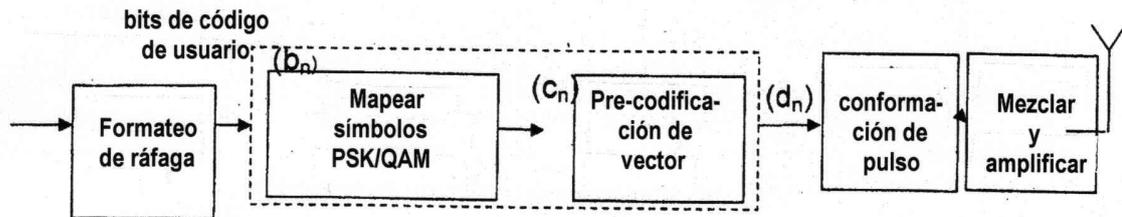


Fig. 1

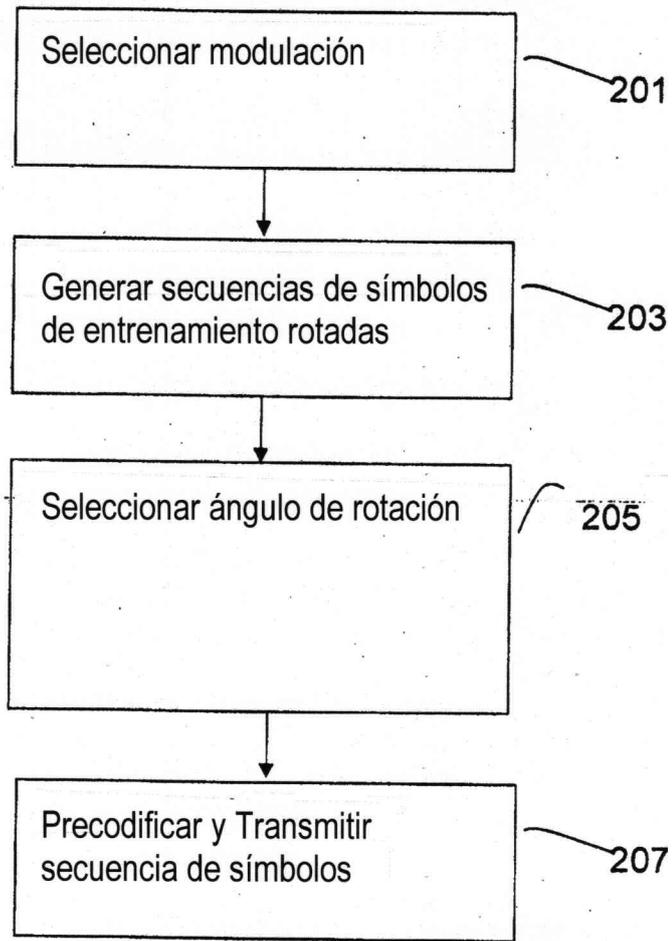


Fig. 2

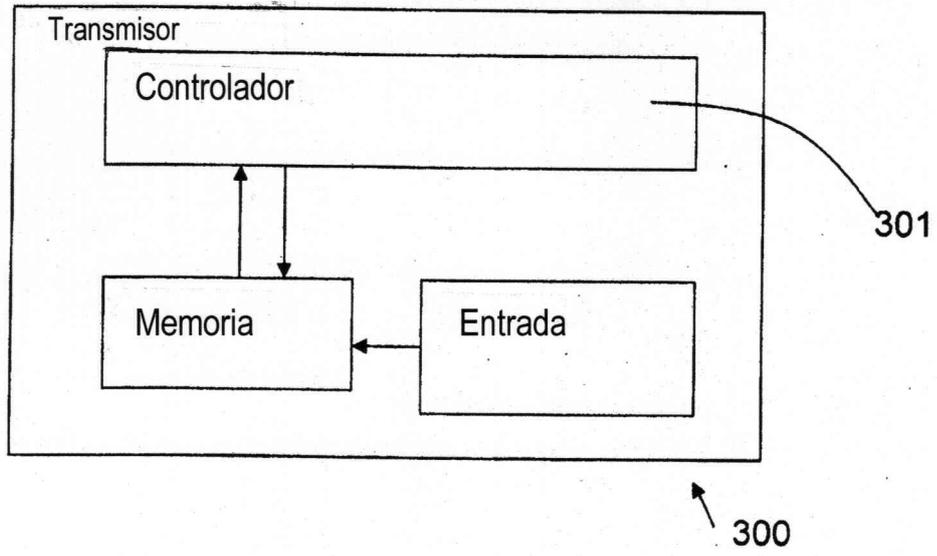


Fig. 3

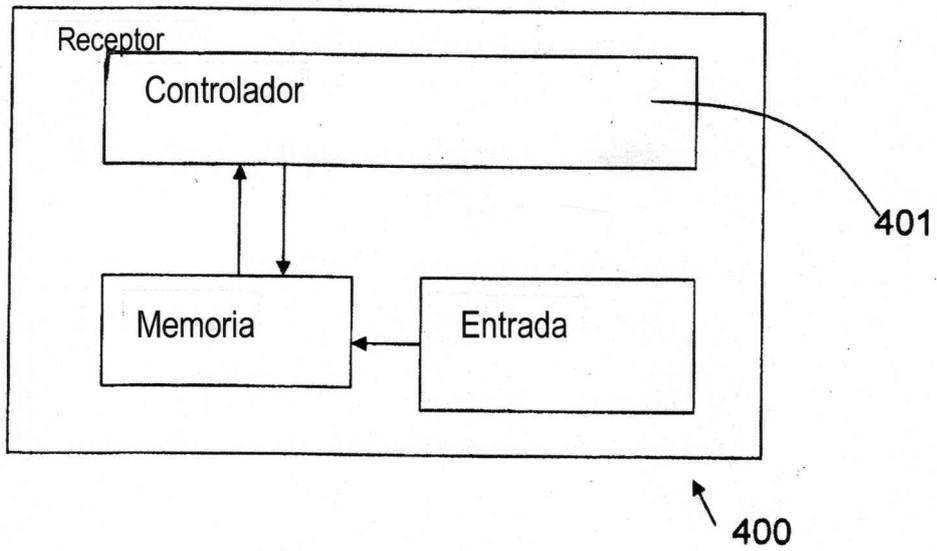


Fig. 4

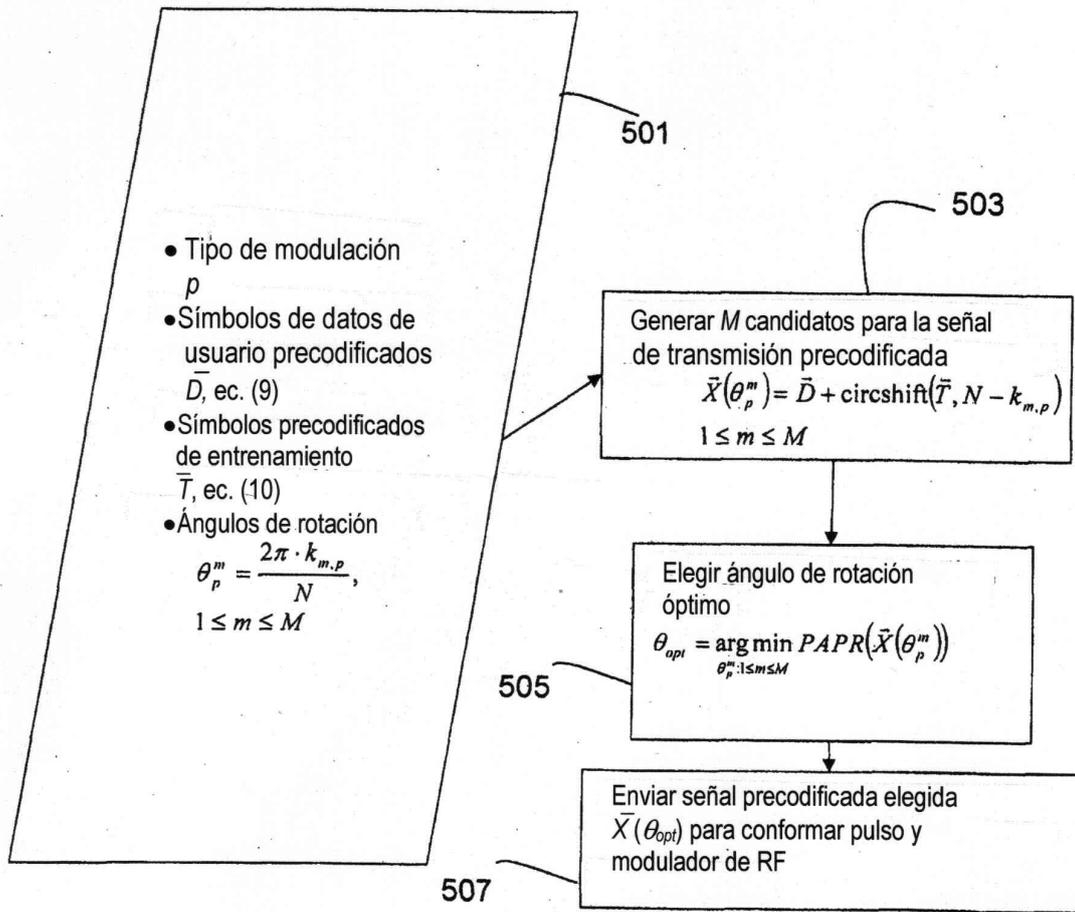


Fig. 5