

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 396 019**

51 Int. Cl.:

H04L 25/02 (2006.01)

H04L 27/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.12.2010 E 10450186 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2012 EP 2461530**

54 Título: **Estimación de canales en un sistema de transmisión OFDM**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.02.2013

73 Titular/es:

**KAPSCH TRAFFICCOM AG (100.0%)
Am Europlatz 2
1120 Wien, AT**

72 Inventor/es:

**CZINK, NICOLAI;
ZEMEN, THOMAS;
BERNADÓ, LAURA y
MOLISCH, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

ZEA CHECA, Bernabé

ES 2 396 019 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).

Estimación de canales en un sistema de transmisión OFDM

DESCRIPCIÓN

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de estimación de canales en un sistema de transmisión OFDM que tiene un transmisor y un receptor según el estándar IEEE 802.11x.

Los sistemas coche a coche y coche a infraestructura actualmente se están normalizando. Todas las normas sobre la banda de 5,9 GHz dedicada se basan en el estándar IEEE 802.11 y las extensiones están concebidas

10 especialmente para el uso en vehículos, 802.11p. Estas extensiones se limitan a reducir a la mitad el ancho de banda, y por eso tienen un prefijo cíclico mayor. En la presente descripción el término "IEEE 802.11x" se refiere a todas las variantes y extensiones de la norma básica IEEE 802.11.

Un problema importante en el canal de radio móvil es la rápida variación del canal con el tiempo. Estas variaciones requieren que sean seguidas por el receptor para conseguir una estimación fiable del canal con el fin de decodificar los símbolos de manera coherente. La secuencia de entrenamiento de canales actual ("secuencia piloto") que se utiliza en IEEE 802.11x no es muy adecuada para este problema. El motivo de esta limitación en el estándar es que el IEEE 802.11x fue diseñado inicialmente para aplicaciones nómadas (Wi-Fi en ordenadores portátiles o teléfonos inteligentes), en los que la movilidad es sólo itinerante.

20 Sin embargo, el patrón piloto IEEE 802.11x se eligió por las normas ITS - la razón es simplemente que los chipsets ya se encontraban en el mercado. Estos chipsets alcanzarán inicialmente solamente un bajo rendimiento en entornos fuera del alcance visual y altamente móviles. Por lo tanto, una mejora de las normas actuales es fundamental para permitir comunicaciones robustas para comunicaciones relacionadas con la seguridad.

25 El principal problema de la extensión de la norma es mantener la compatibilidad con chipsets anteriores debido a la larga vida útil de los vehículos. Las mejoras en la norma deben ser compatibles hacia atrás de manera que no sea necesario cambiar los chipsets ya montados.

30 Un objetivo de la presente invención es un procedimiento de estimación de canales en un sistema OFDM de acuerdo con IEEE 802.11x que es compatible hacia atrás y tenga un mejor rendimiento de estimación adecuado para una variación rápida de canales en entornos vehiculares.

35 Este objetivo se consigue con un procedimiento de estimación de canales en un sistema de transmisión OFDM que tiene un transmisor y un receptor de acuerdo con el estándar IEEE 802.11x, que comprende:

40 en el transmisor, establecer un identificador en una sección de bits reservados de una cabecera después de un preámbulo en una trama de capa física, unir un postámbulo al final de dicha trama sin alterar una información de longitud en la cabecera, lo cual indica la longitud de la trama de capa física antes de unir dicho postámbulo y transmitir dicha trama incluyendo el preámbulo y el postámbulo sobre el canal,

45 en el receptor, comprobar dicha sección de bits reservados en la cabecera de una trama recibida sobre el canal para dicho identificador y, si se detecta dicho identificador, utilizar el postámbulo y el preámbulo de la trama incluyendo el preámbulo y el postámbulo para estimar el canal.

50 La invención permite el uso beneficioso de postámbulos en el marco de los estándares IEEE 802.11x convencionales extendiendo el patrón piloto 802.11x. El postámbulo añadido a la trama se anuncia en un campo de la cabecera del paquete no utilizado hasta ahora. La extensión se lleva a cabo de una manera transparente, de manera que unos receptores convencionales (sin conocimiento acerca del nuevo patrón piloto) mantienen su rendimiento. Sin embargo, los receptores que tienen en cuenta el nuevo patrón presentan dos ventajas principales: (i) un rendimiento del receptor significativamente mayor en términos de BER (tasa de bits erróneos), y (ii) una complejidad del receptor significativamente menor. El resultado es una enorme reducción de la complejidad de la implementación para lograr un buen rendimiento del sistema.

55 En la técnica es conocido en sí mismo establecer un identificador en la zona de bits reservados de una cabecera de trama, véase por ejemplo US 2009/0175372 A1. El identificador se utiliza para indicar una secuencia de control dentro de una trama de acuerdo con el estándar IEEE 802.16, que es un objetivo distinto de una norma de transmisión diferente.

60 Los beneficios de utilizar un postámbulo además de un preámbulo para fines de estimación de canales es conocido por sí mismo en la técnica, véase por ejemplo, R. Yaniv y otros, "Analysis of end-of-burst degradation in the OFDM UL PHY under mobile conditions", vol. IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Working Group, no. IEEE C802.16d-4/52 (2004-03-15); "IEEE Standard for Local and Metropolitan area networks Part 16: Air Interface for

- Broadband, Wireless Access Systems; IEEE Std 802.16-2009 (Revisión de IEEE Std 802.16-2004)*" IEEE STANDARD, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 29 de Mayo de 2009, páginas C1-2009, ISBN: 978-0-7381-5919-5; US 2009/0209206 A1; Plass S. y otros (eds.), "Channel estimation by exploiting sublayer information in OFDM systems", Multi-Carrier Spread Spectrum 2007, págs. 387-396, 2007 Springer; y S. Rossi y R.R. Müller "Slepian-based two-dimensional estimation of time-frequency variant MIMO-OFDM channels", IEEE Signal Process. Lett., vol. 15, págs. 21-24, Enero de 2008. El preámbulo y el postámbulo pueden utilizarse, por ejemplo, como entrada a un filtro Wiener bidimensional que estime los parámetros del canal sobre la frecuencia y el tiempo. Por lo tanto, en una realización de la invención, el canal se estima por interpolación bidimensional en tiempo y frecuencia entre el preámbulo y el postámbulo por medio de un filtro Wiener.
- 10 El identificador que anuncia postámbulo para receptores capaces de manejar el postámbulo puede establecerse en cualquiera de los bits reservados de la cabecera de la trama de capa física IEEE 802.11x. En una primera realización, el identificador es un indicador de bits reservados de la sección de señal de la cabecera. Alternativamente, el identificador es un código que se encuentra en uno o más de los bits reservados de la sección
- 15 de bits de servicio de la cabecera.
- El postámbulo puede ser cualquier conjunto dado de datos adecuados para objetivos de estimación de canales. Preferiblemente, el postámbulo es un símbolo OFDM que contiene un patrón piloto conocido, tal como apreciará fácilmente el experto en la materia.
- 20 Aunque el procedimiento de la invención es adecuado básicamente para todas las variantes de IEEE 802.11x, resulta particularmente adecuado para su aplicación en sistemas de transmisión OFDM de acuerdo con el estándar IEEE 802.11p para entornos de alta movilidad.
- 25 La invención se describirá ahora adicionalmente mediante realizaciones preferidas y ejemplos de la misma y con referencia a los dibujos que se adjuntan, en los cuales:
- Las figuras 1 y 2 muestran patrones piloto de acuerdo con el estándar IEEE 802.11x y de acuerdo con el procedimiento de la invención, respectivamente;
- 30 La figura 3 muestra la incorporación del postámbulo y su identificador en la trama de capa física de un esquema de transmisión OFDM de acuerdo con la invención para utilizarse en el procedimiento de estimación de canales de la invención; y
- La figura 4 muestra el rendimiento del procedimiento de la invención en comparación con los procedimientos de estimación de canales convencionales.
- 35 El presente procedimiento se basa en el estándar IEEE 802.11 y todas sus variantes, mejoras y extensiones, comprendidas aquí bajo el denominador general "802.11x", incluyendo los estándares 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n, 802.11p, etc.
- 40 La estructura actual de una trama OFDM (paquete de datos) en IEEE 802.11p se muestra en la figura 1, que comprende 52 subportadoras en el rango de frecuencias sobre un tiempo de símbolo. Los primeros dos (en realidad: más de dos) los símbolos OFDM se utilizan como símbolos de preparación ("preámbulo") que contienen pilotos conocidos. Después, a lo largo de toda la trama, se utilizan solamente 4 subportadoras como pilotos para un seguimiento de fases y tiempos.
- 45 Las figuras 2 y 3 muestran un patrón piloto mejorado y una trama de capa física (PHY) mejorada (paquete de datos) para un procedimiento de estimación de canales mejorado en un sistema de transmisión OFDM que extiende el estándar IEEE 802.11x, en particular 802.11p. Al final de una trama de capa física convencional 2 precedida por un preámbulo 1 de acuerdo con IEEE 802.11x, se une un postámbulo 3 que consiste en uno o más símbolos OFDM
- 50 que contienen un patrón piloto conocido. Aunque el postámbulo 3 no varía la longitud física de la trama 2, la información de longitud en la cabecera "PLCP" (cabecera de procedimiento de convergencia de capa física) 5 de la trama 2 no varía respecto a su uso y valor convencionales (figura 1). Por lo tanto, los receptores convencionales ignorarán el postámbulo 3.
- 55 Uno o más de los bits reservados en la sección de bits reservados de la cabecera PLCP 5 se utiliza(n) para establecer un identificador 4 en el mismo que indica la existencia de postámbulo 3. El identificador 4 puede ser un indicador establecido en un único bit de la sección "Reservado Bits de SERVICIO" de la cabecera PLCP 5, tal como se muestra en la figura 3 para el bit 15, o un indicador establecido en el único "Reservado 1 bit" después de la TASA de 4 bits en la cabecera PLCP 5. Alternativamente, podría utilizarse más de 1 bit de los bits reservados disponibles
- 60 (en total: 1 + 9) de la cabecera PLCP 5 para establecer un código en la misma (longitud de código máxima: 1 + 9 = 10 bits), indicando la presencia y preferiblemente codificando un tipo de postámbulo 3 utilizado.

Extender el patrón piloto de esta manera tiene dos ventajas: (i) puede realizarse un seguimiento preciso del canal, (ii) el postámbulo 3 es transparente a receptores antiguos ya que estos últimos dejan de recibir después de que se haya descodificado el número de símbolos OFDM indicados en el campo *LONGITUD*; dichos receptores antiguos simplemente observarán un canal que está ocupado por uno o más tiempo(s) de símbolo.

5

En un receptor mejorado capaz de utilizar postámbulo 3 además de preámbulo 1, el (los) bit(s) reservado(s) en la cabecera 5 se comprueba(n) para determinar la presencia del identificador 4 y, si dicho identificador 4 se detecta, se utiliza un postámbulo 3 en combinación con el preámbulo 1 para estimar el canal.

10 La estimación de canales de transmisión OFDM mediante preámbulo y postámbulo 1, 3 es conocida en sí misma en la técnica y se describe, por ejemplo, en S. Rossi y R.R. Müller, *loc. cit.* En particular, la técnica de estimación de canales implica el uso de una interpolación bidimensional - en tiempo y frecuencia - entre el preámbulo 1 y el postámbulo 3 por medio de un filtro Wiener.

15 La figura 4 muestra los resultados de una prueba de comparación del nuevo procedimiento de la figura 3 y el nuevo patrón piloto de la figura 2 en comparación con una técnica de estimación de canales convencional que implica un único preámbulo 1. La figura 4 muestra la tasa de bits erróneos (BER) sobre la relación señal-ruido (SNR) E_b/N_0 para cinco procedimientos de estimación de canales diferentes todos los cuales utilizan secuencias esféricas alargadas discretas (DPS) para modelar y estimar el canal. Las tres primeras curvas marcadas con "11p DPS" se refieren a técnicas convencionales de estimación de canales con 1, 2, y 12 iteraciones del filtro Wiener, 20 respectivamente. Las dos últimas curvas marcadas con "11pPost DPS" se refieren a dos realizaciones del procedimiento mejorado incluyendo preámbulo y postámbulo 1, 3 con una y dos iteraciones, respectivamente.

La comparación se realizó por medio de un simulador de nivel de enlace 802.11p. Como entorno simulado se utilizó 25 un canal NLOS con un retardo excedente máximo de 400 ns y un perfil Doppler correspondiente a una velocidad relativa de 150 km/h. Para el patrón piloto convencional de la figura 1, la longitud del bloque era de 34 símbolos OFDM correspondiente a 200 bytes de datos modulados en QPSK con una tasa de código de $\frac{1}{2}$. Para el patrón piloto mejorado de la figura 2, la longitud del bloque era de 35 símbolos OFDM (debido al postámbulo adicional 3). El receptor implementado utilizó los teoremas "Iterative soft channel estimation and detection", descrito entre otros, 30 en T. Zemen, Mecklenbräuker CF, Wehinger J., y R. R. Müller "Iterative joint time-variant channel estimation and multi-user detection for MC-CDMA", IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 5, no. 6, págs. 1469-1478, Junio de 2006; T. Zemen, Hofstetter H., y Steinböck G., "Successive Slepian subspace projection in time and frequency for time-variant channel estimation", en la 14ª Conferencia IST Mobile and Wireless Communication (IST SUMMIT), Dresde, Alemania, 19-22 de Junio de 2005; y S. Rossi y R. R. Müller, *loc. cit.*

35

Las simulaciones se llevaron a cabo sobre 100 tramas. El patrón piloto convencional mostró un suelo de error en BER para unas pocas iteraciones (1 o 2). Sólo si se aumenta el número de iteraciones a un número elevado puede 40 conseguirse un receptor del rendimiento aceptable. En cambio, para el procedimiento de estimación de canales mejorado, la primera iteración ya dio produjo un rendimiento del receptor aceptable, y dos iteraciones

correspondieron a un receptor óptimo.

La invención no se limita a las presentes realizaciones específicas sino que abarca todas las variantes y modificaciones de las mismas que se encuentran comprendidas por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de estimación de canales en un sistema de transmisión OFDM que tiene un transmisor y un receptor de acuerdo con el estándar IEEE 802.11x, que comprende:
 - 5 en el transmisor, establecer un identificador en una sección de bits reservados de una cabecera (5) después de un preámbulo (1) en una trama de capa física, unir un postámbulo (3) al final de dicha trama (2) sin alterar una información de longitud en la cabecera (5), lo cual indica la longitud de la trama de capa física antes de unir dicho postámbulo, y transmitir dicha trama incluyendo el preámbulo y el postámbulo (1- 3) sobre el canal,
 - 10 en el receptor, comprobar dicha sección de bits reservados en la cabecera (5) de una trama recibida sobre el canal para dicho identificador y, si se detecta dicho identificador, utilizar el postámbulo (3) y el preámbulo (1) de la trama incluyendo el preámbulo y el postámbulo (1- 3) para estimar el canal.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el canal se estima por interpolación bidimensional en tiempo y frecuencia entre el preámbulo (1) y el postámbulo (3) mediante un filtro Wiener.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por el hecho de que dicho identificador es un indicador en un bit reservado de una sección de señal de la cabecera (5).
- 20 4. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por el hecho de que dicho identificador es un código establecido en uno o más de bits reservados de una sección de bits de servicio de la cabecera (5).
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por el hecho de que dicho postámbulo (3) es un símbolo OFDM que contiene un patrón piloto conocido.
- 25

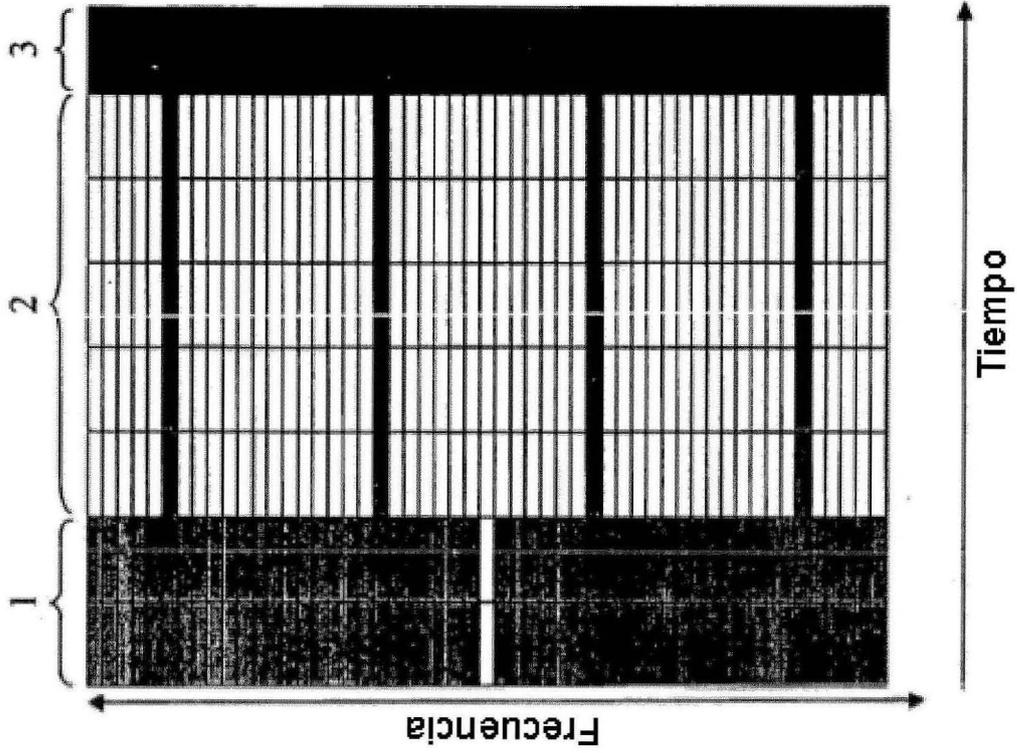


Fig. 2

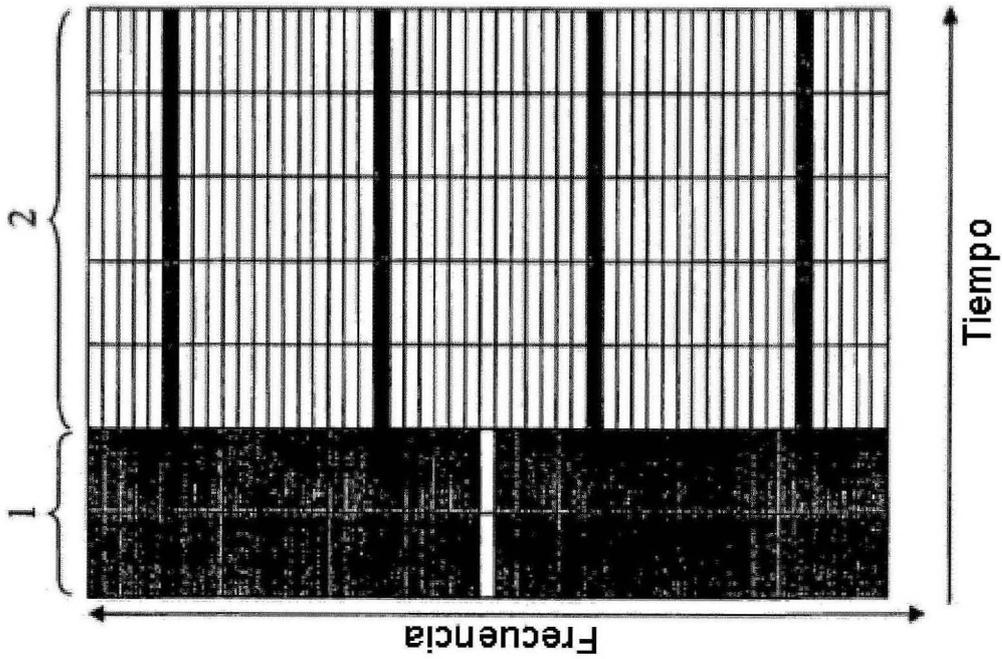


Fig. 1

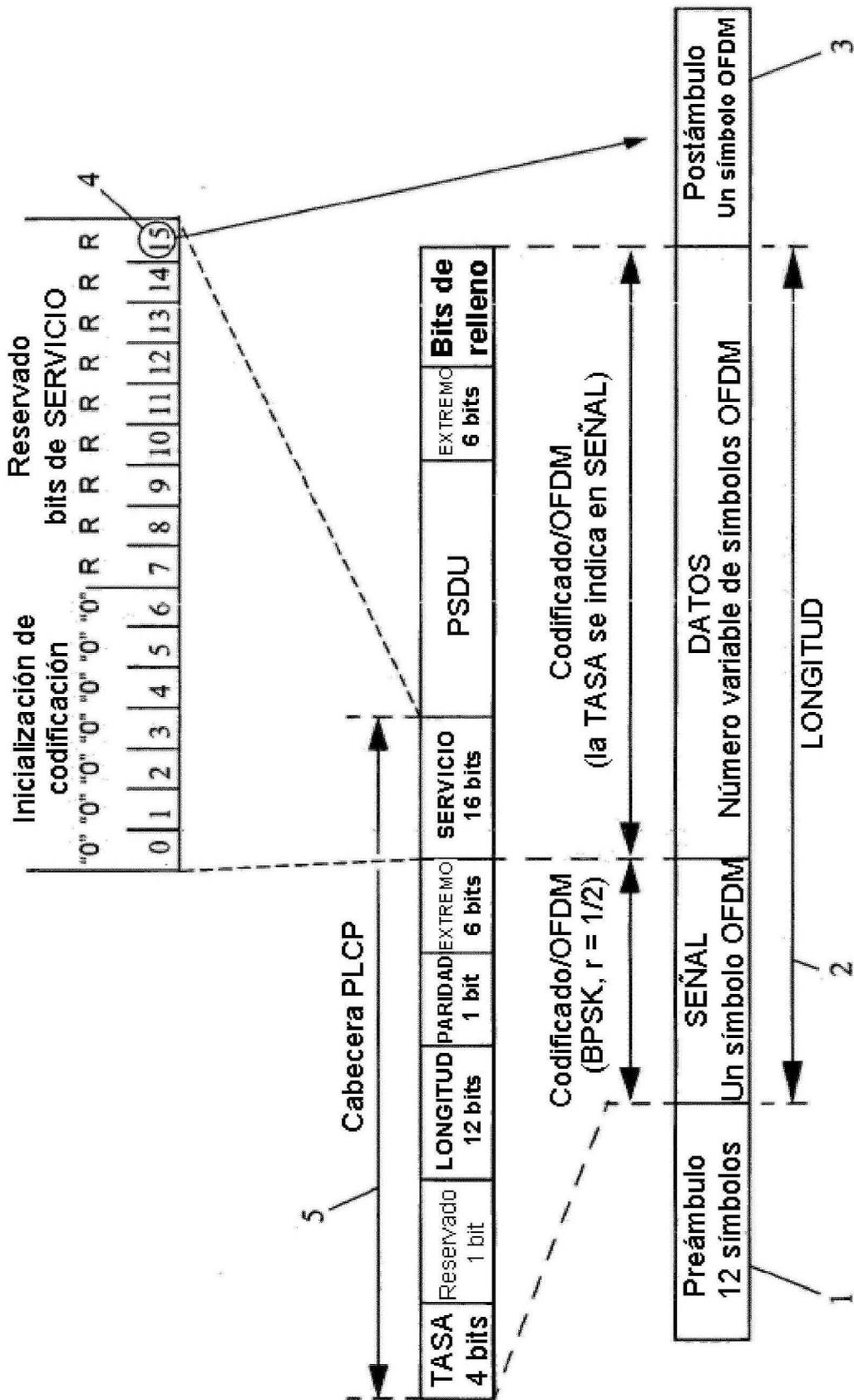


Fig. 3

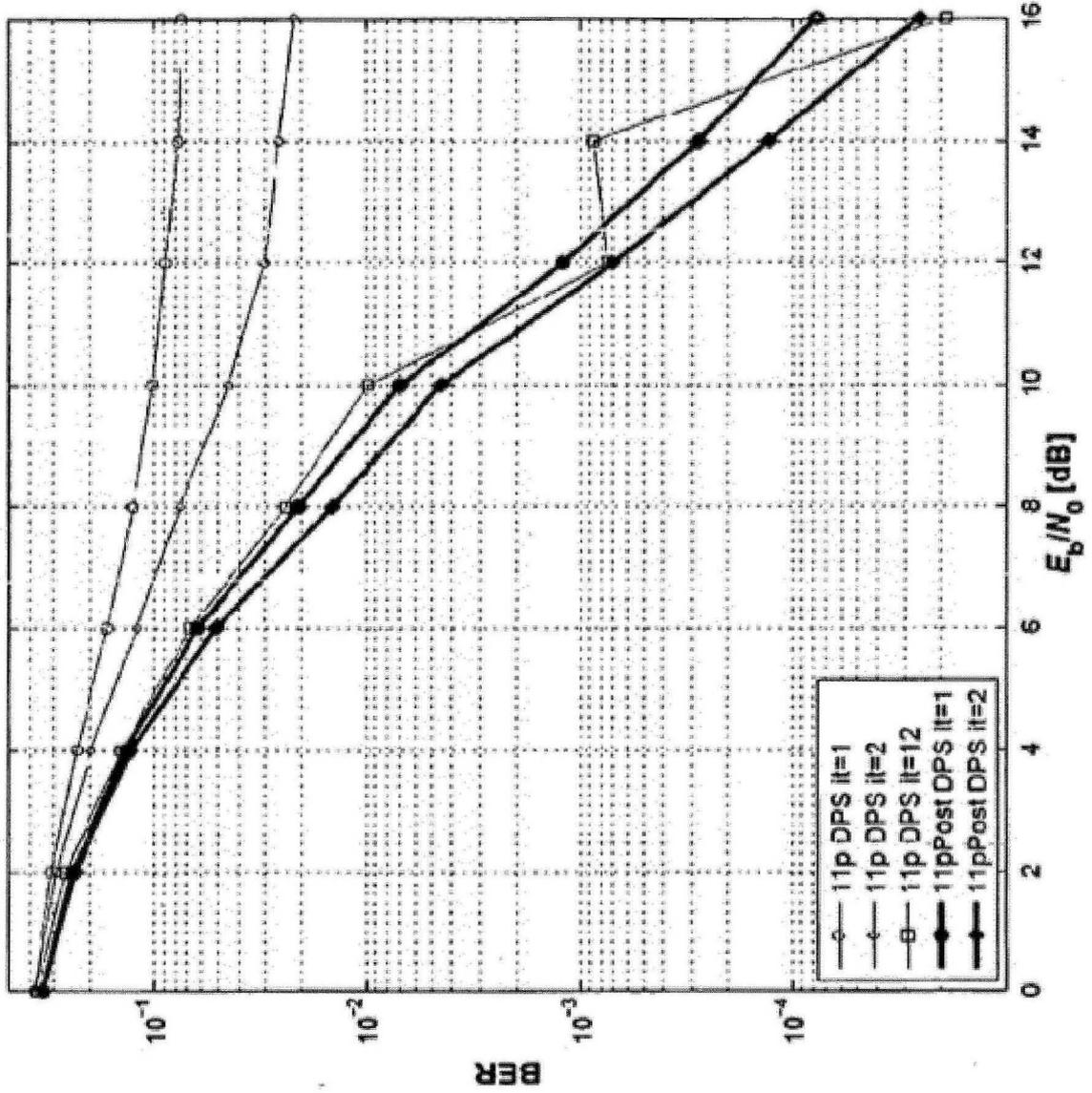


Fig. 4

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.

Documentos de patentes citados en la descripción

• US 20090175372 A

• US 20090209206 A1

10

Literatura diferente de patentes citada en la descripción

• **R. YANIV y otros** *Analysis of end-of-burst degradation in the OFDM UL PHY under mobile conditions*. IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Working Group, 15 de Marzo de 2004.

• *IEEE Standard for Local and Metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Broadband, Wireless Access Systems; IEEE Std 802.16-2009* (Revisión de IEEE Std 802.16-2004. IEEE STANDARD, 29 de Mayo 2009, ISBN 978-0-7381-5919-5, C1-2009.

• *Channel estimation by exploiting sublayer information in OFDM systems*. Multi-Carrier Spread Spectrum 2007. Springer, 2007, 387-396.

• **S. ROSSI; R.R. MÜLLER**. *Slepian-based two-dimensional estimation of time-frequency variant MIMO-OFDM channels*. IEEE Signal Process. Lett., Enero de 2008, vol. 15, 21-24

• **T. ZEMEN; C.F. MECKLENBRÄUKER; J. WEHINGER; R.R. MÜLLER**. *Iterative joint time-variant channel estimation and multi-user detection for MC-CDMA*. IEEE Trans. Wireless Commun., Junio de 2006, vol. 5 (6), 1469-1478

• **T. ZEMEN; H. HOFSTETTER; G. STEINBÖCK**. *Successive Slepian subspace projection in time and frequency for time-variant channel estimation*. 14ª IST Mobile and Wireless Communication Summit (IST SUMMIT), Dresden, Alemania, 19 Junio de 2005.