

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 650 841**

51 Int. Cl.:

<b>H04B 7/02</b>	(2007.01)
<b>H04B 7/04</b>	(2007.01)
<b>H04L 1/00</b>	(2006.01)
<b>H04L 5/00</b>	(2006.01)
<b>H04W 72/04</b>	(2009.01)
<b>H04B 7/06</b>	(2006.01)
<b>H04B 7/024</b>	(2007.01)
<b>H04B 7/0417</b>	(2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.05.2013 PCT/EP2013/059797**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **21.11.2013 WO13171152**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.05.2013 E 13724776 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.09.2017 EP 2850763**

54 Título: **Un método y un sistema para la notificación de CSI en redes de LTE de acuerdo con la movilidad del equipo de usuario**

30 Prioridad:

**18.05.2012 ES 201230750**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.01.2018**

73 Titular/es:

**TELEFÓNICA S.A. (100.0%)  
Gran Vía 28  
28013 Madrid, ES**

72 Inventor/es:

**LORCA HERNANDO, JAVIER**

74 Agente/Representante:

**ARIZTI ACHA, Monica**

ES 2 650 841 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).

Un método y un sistema para la notificación de CSI en redes de LTE de acuerdo con la movilidad del equipo de usuario

## DESCRIPCIÓN

5

### Campo de la técnica

10 La presente invención se refiere, en general, a comunicaciones móviles y más particularmente a un método y a un sistema para la notificación de CSI en redes de LTE.

### Estado de la técnica anterior

15 Esta presente invención está relacionada con la norma de radio de la evolución a largo plazo (LTE), normalizada por el consorcio de 3GPP. La evolución a largo plazo (LTE) es la siguiente etapa en sistemas 3G celulares, que representa básicamente una evolución de las normas de comunicaciones móviles actuales, tales como UMTS y GSM [1]. Se trata de una norma de 3GPP que proporciona rendimientos globales de hasta 50 Mbps en el enlace ascendente y de hasta 100 Mbps en el enlace descendente. Usa un ancho de banda ajustable desde 1,4 hasta 20 MHz con el fin de adecuar las necesidades de los operadores de red que tienen diferentes asignaciones de ancho de banda. La LTE también se espera que mejore la eficiencia espectral en redes, permitiendo que las empresas de telecomunicaciones proporcionen más servicios de datos y voz sobre un ancho de banda dado.

20 Una LTE avanzada (LTE-A), una evolución de LTE, está normalizándose en la *Release* 10 y posteriores de LTE. Tiene como objetivo satisfacer los requisitos de IMT avanzada, cuyas capacidades van más allá de las de IMT-2000 e incluyen tasas de transmisión de picos de datos mejoradas para soportar aplicaciones y servicios avanzados (100 Mbps para alta movilidad y 1 Gbps para baja movilidad) [5].

30 El acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales (OFDMA) se especifica como el esquema de acceso múltiple de enlace descendente en LTE y LTE-A de 3GPP, que divide el ancho de banda disponible en múltiples bandas de frecuencias ortogonales estrechas [2]. Por tanto, no hay ISI (interferencia entre símbolos) dentro del límite de la célula. Para el enlace ascendente, se define el acceso múltiple por división de frecuencia de portadora única (SC-FDMA), que puede considerarse similar a OFDMA pero con una transformada discreta de Fourier (DFT) adicional, que ensancha los símbolos antes de la modulación y logra una relación entre potencia pico y promedio (PAPR) inferior, mejorando así la eficiencia de los amplificadores de potencia. Tanto OFDMA como SC-FDMA permiten que la estación base (conocida como eNodeB) asigne diferentes "segmentos" de tiempo y frecuencia a los usuarios en una célula.

40 Puesto que desde hace tiempo se ha considerado el espectro de radio como el recurso más escaso, ha habido una enorme demanda de esquemas de gestión de recursos de radio (RRM) avanzados que puedan aumentar la capacidad de red de OFDMA y reducir los costes de implantación. La necesidad de un algoritmo de RRM de este tipo es en la actualidad aún más imperiosa, ya que el número de abonados continúa experimentando un crecimiento sin precedentes a nivel mundial y la cantidad de volumen total de tráfico aumenta sin cesar.

45 Una de las ventajas de usar OFDM en la interfaz de radio de LTE es la posibilidad de soportar planificación selectiva en frecuencia (FSS) basándose en las notificaciones de calidad proporcionadas por el UE (CQI, indicadores de calidad de canal) y las estimaciones realizadas por el eNodeB basándose en las señales de referencia de sondeo (SRS) enviadas por el UE. Esta característica permite aprovechar las condiciones de propagación de múltiples trayectorias que son comunes en comunicaciones móviles. El eNodeB, basándose en el CQI notificado por el UE (para el enlace descendente) y su propia estimación de canal a partir de la recepción de las SRS (para el enlace ascendente), selecciona el esquema de modulación y codificación (MCS) que va a usarse y los recursos de tiempo/frecuencia específicos en la(s) subtrama(s) asignada(s) a cada UE.

50 Además, las estrategias de precodificación se conciben basándose en otra información de estado de canal (CSI) enviada por los UE. Las *Release* 8 a 10 de LTE adoptan el esquema de precodificación basado en libro de códigos, en el que la CSI se deriva por los eNodeB según un conjunto predefinido de matrices (o vectores) de precodificación. Los eNodeB solo necesitan el índice para la matriz de precodificación correspondiente y esta realimentación implícita requiere un consumo muy pequeño de los recursos de canal inverso de los UE. El inconveniente es la información de canal muy limitada que puede conseguirse mediante este procedimiento, ya que el CQI no da ninguna información de fase del canal de radio y solo están disponibles unas pocas matrices de precodificación con el fin de limitar la cantidad de datos de realimentación.

60 Otros esquemas de realimentación explícita están investigándose para la *Release* 11 de LTE, en virtud de los cuales se envían descripciones de canal más completas de vuelta al eNodeB. Las tecnologías MIMO avanzadas, tales como CoMP (transmisión multipunto coordinada) y MIMO multiusuario (MU-MIMO) están investigándose en la

*Release 11* de LTE, y estas técnicas requieren CSI más precisos en el transmisor en lugar de la realimentación implícita para proporcionar su mejor rendimiento. Por tanto, todavía se requieren mecanismos de notificación de canal más eficaces y precisos.

Problemas con las soluciones existentes:

5 La LTE propone dos formas básicas de reenviar la CSI al eNodeB:

10 Modo de notificación aperiódica: en este modo, la información de canal se envía de vuelta a través del PUSCH (concretamente el CQI, PMI y/o RI) en respuesta a un bit de "petición de CQI" en una concesión de recursos de enlace ascendente enviada en el canal de control de enlace descendente físico (PDCCH) [2]. Tanto la información de control como los datos del usuario se multiplexan conjuntamente y se transportan por el canal compartido del enlace ascendente. Existen algunas limitaciones con respecto al tipo de realimentación (banda ancha o subbanda), y una notificación de calidad completamente dependiente de la frecuencia solo es posible con una granularidad predefinida que depende del ancho de banda del sistema [3].

15 Modo de notificación periódica: este modo usa el canal de control de enlace ascendente PUCCH para enviar periódicamente información de calidad. Los recursos limitados asociados a este canal imponen limitaciones adicionales, habiendo solo un máximo de 22 bits codificados disponibles para la notificación completa de la calidad.

20 Ambos modos de notificación se basan en las tres cantidades anteriormente mencionadas, concretamente CQI, PMI y RI tal como se representa en la figura 1. El equipo de usuario (UE) transmite los tres indicadores en el enlace ascendente de una forma periódica o aperiódica, haciendo uso de los canales del enlace ascendente PUSCH o PUCCH respectivamente.

25 Con el fin de abordar las condiciones estrictas impuestas por esquemas MIMO avanzados en la *Release 11* y posteriores de LTE, se requieren procedimientos más refinados para la realimentación de la CSI en los que no se apliquen las limitaciones mencionadas anteriormente. En particular, la información de fase precisa del canal es muy importante para abordar soluciones de CoMP avanzadas.

30 Además, ambos mecanismos de notificación de CQI descritos anteriormente representan un desperdicio de recursos en situaciones en las que el ancho de banda de coherencia de canal es alto, tal como sucede con frecuencia en escenarios en interiores o pequeñas oficinas. El ensanchamiento de retardo reducido debido a la presencia de obstáculos muy cercanos crea un gran ancho de banda de coherencia, donde la respuesta de frecuencia de canal es principalmente constante durante una parte importante del ancho de banda asignado de los usuarios. En esta situación los diferentes valores de CQI de subbanda pueden estar altamente correlacionados.

35 El modo de notificación periódica de LTE normal implica al canal PUCCH para que envíe periódicamente notificaciones CQI/PMI/RI. Los recursos de PUCCH se asignan fuera del ancho de banda reservado para datos de usuario, y la naturaleza de portadora única de la modulación de enlace ascendente excluye su uso simultáneo con el PUSCH. Por tanto, se limita a un único RB (0,5 ms) en o cerca de un borde del ancho de banda del sistema, seguido (en el segundo intervalo de la subtrama) por un segundo RB en o cerca del borde opuesto del ancho de banda del sistema [2]. Los dos RB se denominan como una región de PUCCH. Este enfoque tiene varios inconvenientes:

- 45 • Dado que el número de regiones de PUCCH es limitado, la señalización de control de múltiples UE debe multiplexarse usando multiplexación por división de código ortogonal (CDM), que reduce la probabilidad de detección correcta.
- Las notificaciones CQI, PMI y RI deben multiplexarse en el tiempo en diferentes subtramas en los mismos recursos de PUCCH, habiendo cuatro tipos de notificación de PUCCH según el tipo de carga útil [3]. Por tanto, la tasa de notificación de CSI real se divide por el número de tipos de notificación.
- 50 • Otra información de control, tal como ACK/NACK de HARQ y peticiones de planificación (SR), comparten los mismos recursos de PUCCH que CQI, y esto aumenta la tasa de codificación y reduce la probabilidad de detección.
- Las simulaciones llevadas a cabo por proveedores de red muestran que el campo CQI en PUCCH tiene la más alta Es/No requerida para una tasa de error objetivo [4].

55 En las *Releases 8* y *9* de LTE no es posible transmitir simultáneamente en PUCCH y PUSCH con el fin de conservar la naturaleza de portadora única de la señal del enlace ascendente, de modo que si un paquete de datos de PUSCH está planificado en la misma subtrama que el PUCCH, éste debe eliminarse a favor del PUCCH. La *Release 10* soporta una transmisión PUSCH y PUCCH simultánea, pero a costa de aumentar la PAPR del enlace ascendente. Por tanto, es deseable encontrar formas adecuadas de insertar notificaciones de CSI periódicas en transmisiones PUSCH.

60 Adicionalmente, la posibilidad de planificación selectiva en frecuencia (FSS) hace muy conveniente proporcionar un esquema más preciso para notificaciones de CSI periódicas, en virtud de lo cual los UE pueden beneficiarse de una

ganancia de FSS.

Con respecto al problema de comprimir las notificaciones de CSI, ya se han abordado algunas soluciones. En el documento US 2009/0274220 se propone una solución combinada que usa tanto la transformada de coseno discreta (DCT) como la modulación diferencial (DM) en los valores de CQI de subbanda. Este enfoque tiene como objetivo comprimir los valores de CQI, pero tiene el inconveniente de no proporcionar información de canal mejorada aparte de los valores de CQI habituales (que por sí mismos no proporcionan suficiente información precisa para las técnicas de CoMP o MIMO avanzadas). En relación con la falta de CSI precisa, se propone en el documento US 2010/0008431 la compresión de la respuesta de impulso de canal usando una DCT, realizando también una modulación por impulsos codificados diferencial (DPCM) en los valores cuantificados de los coeficientes, fases y retardos de tiempo de las derivaciones de canal. Este enfoque tiene el inconveniente de realizar el procedimiento descrito independientemente de la movilidad del usuario, por ejemplo, sin aprovechar situaciones de baja movilidad en las que se enviaría un estado de canal muy similar durante amplios periodos de tiempo. En el documento GB 2475098 se propone una técnica de compresión que comprende una descomposición en valores singulares (SVD; Singular Value Decomposition) de un subconjunto de la matriz de canal, la selección de los vectores singulares derechos más robustos y la cuantificación y reducción de matriz posterior. Este esquema es bastante complejo en la práctica para realizarse por un UE, y también tiene el inconveniente de no proporcionar una forma adaptativa de codificar de manera más o menos eficaz según la movilidad del usuario. En la patente US 2008/0207135 se proponen varias técnicas de compresión de los valores de CQI de subbanda, que incluyen entre otras la compresión de CQI diferencial, compresión de ondícula basada en diferencia y matrices de Hadamard. De nuevo, en todos los casos se pone énfasis en la compresión de los valores de CQI de números enteros, tanto en casos de banda ancha como de subbanda, sin considerar información de calidad de canal alternativa que podría ser más precisa y apropiada para su uso en técnicas de múltiples antenas avanzadas.

El documento 'Principles of CQI report' [6] desvela la transmisión de notificación de CQI de banda ancha para UE de alta velocidad, de CQI de banda ancha y m CQI de canal de recursos localizados para UE de baja velocidad, y de no CQI para terminales de muy alta velocidad. También se sugiere que el cambio de modo de notificación de CQI se active o bien por el terminal o bien por el EnodoB. El documento 'Consideration on CQI reporting'[7] desvela un esquema para preparar múltiples formatos de notificación de CQI y conmutación entre ellos basándose en la velocidad del perfil de canal, proporcionando información de CQI para la planificación de frecuencia selectiva eficaz para los UE de movimiento lento, y al mismo tiempo, ahorrando recursos de enlace ascendente para los UE de movimiento rápido.

Además, el documento 'On proposed enhancements to periodic CSI reporting' [8] desvela un UE configurado con CA de la Rel-10 que notifica independientemente CSI para cada célula de servicio de DL configurada. En particular, el UE está configurado con periodicidades separadas y desplazamientos de subtrama para notificación de CSI de cada célula de servicio. En el caso de una colisión en la misma subtrama entre las notificaciones de CSI para diferentes células, se descartan todas las notificaciones de CSI menos una de acuerdo con un orden de prioridad basándose, en primer lugar, en el tipo de notificación de PUCCH y a continuación el índice de célula de servicio más bajo entre las notificaciones que han colisionado. Se centra la atención en la transmisión de CSI periódica a través de PUSCH. La solicitud de patente US-A1-2011/034171 proporciona un sistema y método de comunicación para transmisión y recepción de único punto y se proporciona transmisión y recepción coordinada de múltiples puntos. El sistema y método incluyen determinar información asociada con un estado de canal de un terminal objetivo. El sistema y método también incluyen seleccionar, con respecto a la movilidad del terminal objetivo, una de transmisión y recepción de único punto y transmisión y recepción coordinada de múltiples puntos basándose en la información asociada con el estado del canal del terminal objetivo.

Finalmente, el documento 'DCT partitioning for CQI reporting' [9] desvela un mecanismo de notificación de CQI para terminales móviles con diferentes hipótesis de canal. Especialmente, se sugiere conmutar el esquema de notificación de CQI de acuerdo con la velocidad del terminal móvil. Algunas simulaciones muestran que los terminales móviles de baja velocidad necesitan usar un esquema de compresión de CQI de partición de DCT (8-6-1), mientras que a velocidad superior un esquema de compresión de CQI promedio de mejor M (5) parece ser más eficaz. El modo de compresión de CQI de partición de DCT se basa en dividir en particiones los subbloques en subbloques fuertes y débiles, y para cada grupo de subbloques realizar compresión de CQI más grande de DCT con diferente número de coeficientes de transmitidos. Sin embargo ninguno de los documentos citados o patentes propone una notificación periódica de CSI en redes LTE-Avanzada especialmente adecuadas en escenarios de baja movilidad, en los que se proporcionan dos diferentes notificaciones de CSI por el UE hacia el eNodoB. La primera notificación se proporciona para aquellas ocasiones de TX donde debe enviarse una notificación de canal de CSI completa y la segunda para aquellas ocasiones de TX donde únicamente se ha de enviar información incremental.

## Sumario de la invención

Es necesario ofrecer una alternativa al estado de la técnica que cubra las lagunas encontradas en la misma, particularmente aquellas relacionadas con las limitaciones mencionadas anteriormente que tienen las propuestas

conocidas.

Para ello, la presente invención se refiere, en un primer aspecto, a un método para la notificación de información de estado de canal (CSI) en redes de LTE avanzada de acuerdo con la reivindicación independiente 1.

5 Se define el aparato correspondiente en la reivindicación independiente 12.

Se proporcionan realizaciones preferidas en las reivindicaciones dependientes.

## 10 Breve descripción de los dibujos

Las anteriores y otras ventajas y características se entenderán de manera más completa a partir de la siguiente descripción detallada de varias realizaciones, que deben considerarse de una manera no limitativa, y que se entenderán de manera más completa con referencia a los dibujos adjuntos descritos en la sección de estado de la técnica anterior, en los que:

La figura 1 muestra las dos formas básicas para reenviar CSI al eNodoB en LTE.

La figura 2 muestra el diagrama de flujo propuesto en la presente invención para la dirección del UE al eNodoB.

La figura 3 muestra el diagrama de flujo propuesto en la presente invención para la dirección del eNodoB al UE.

20 La figura 4 muestra los mecanismos básicos del modo de notificación de CSI propuesto ubicados en el UE, que corresponden al bloque (32) detallado en la figura 3.

La figura 5 muestra los mecanismos básicos del modo de notificación de CSI propuesto ubicados en el eNodoB, que corresponden al bloque (24) detallado en la figura 2.

La figura 6 muestra un ejemplo de un perfil de retardo de potencia medida.

25 La figura 7 muestra la estructura para obtener los coeficientes de ondícula discretos contenidos dentro de la notificación de CSI de tipo I.

La figura 8 muestra una posible disposición para las partes constituyentes de la notificación de CSI de tipo I propuesta.

30 La figura 9 muestra una posible disposición para las partes constituyentes de la notificación de CSI de tipo II propuesta.

La figura 10 muestra una posible estructura de multiplexación para la carga útil de datos/CSI combinada.

La figura 11 muestra la realización preferida para la implementación de la invención propuesta.

## 35 Descripción detallada de varias realizaciones

La presente invención propone una notificación periódica de CSI en redes de LTE avanzada, que sería adecuada especialmente en escenarios de baja movilidad tales como interiores, puntos calientes (hotspots), pequeñas oficinas, etc., mientras que al mismo tiempo proporciona información precisa para el uso de técnicas MIMO avanzadas. Tales situaciones de baja movilidad pueden estar caracterizadas por una tasa de variación suficientemente baja en las condiciones de canal medidas en el receptor. Los umbrales relevantes de los parámetros medidos para un UE que deben considerarse en una situación de baja movilidad dependen de las condiciones de canal reales, tal como se explica a continuación.

Se requieren dos mecanismos con el fin de implementar el modo de notificación propuesto:

- 45 • Un mecanismo implementado en el eNodoB, en virtud del cual se detecta una situación de baja movilidad para los UE en estado RRC\_CONECTADO. Si éste es el caso, el eNodoB informará al UE que active el modo de notificación propuesto y decodificará de ese modo las notificaciones de CSI comprimidas enviadas por el UE.
- 50 • Un mecanismo implementado en el UE, en el que la información de estado de canal comprimida se envía al eNodoB según la invención propuesta. Las notificaciones de CSI propuestas en la presente invención son lo suficientemente precisas para permitir técnicas MIMO avanzadas, mientras que al mismo tiempo permiten una compresión eficaz cuando el UE está en una situación de baja movilidad.

El diagrama de flujo básico para la invención propuesta comprende dos figuras, una para la dirección del UE al eNodoB (figura 2) y otra para la dirección del eNodoB al UE (figura 3).

En la figura 2, el bloque (21) representa el equipo de usuario (UE) que envía los valores de CQI, PMI y RI al eNodoB (siguiendo los procedimientos descritos en [3]). Estos valores representan: el indicador de calidad de canal (banda ancha o subbanda) denominado CQI; el indicador de matriz de precodificación (en caso de que se use TM 4 o TM 6) denominado PMI; y el indicador de clasificación denominado RI. Tras pasar a través del canal de radio de enlace ascendente, el eNodoB recibe esta información y estima la tasa de variación de la respuesta de frecuencia de canal en el bloque (22). Esta estimación puede basarse en las variaciones percibidas en CQI, SRS o cualquier otra información relacionada al canal procedente de los UE. Si el eNodoB considera que el UE está en una situación de baja movilidad (bloque 23), se activa el nuevo modo de notificación de CSI propuesto (bloque 24) y se indica al UE

por medio de un mensaje de control apropiado. A partir de entonces, las notificaciones de CSI posteriores recibidas del UE se usarán para una planificación apropiada y precodificación MIMO. Por el contrario, si no se detecta baja movilidad el eNodoB emplea los valores de CQI, PMI y RI para planificación de enlace descendente y precodificación MIMO (bloque 25). En la figura los bloques (22) a (25) pertenecen al eNodoB, mientras que el bloque (21) corresponde al UE.

En la figura 3, el UE (bloque 32) recibe el mensaje de activación de notificación de CSI comprimido enviado por el eNodoB (bloque 31). Este mensaje de control le dice al UE que genere notificaciones de CSI incrementales que se enviarán al eNodoB por medio del canal de datos de enlace ascendente PUSCH. Esta información incremental se genera de una forma periódica para imitar variaciones en el canal de radio.

La información CSI periódica se envía en PUSCH en lugar de PUCCH, debido a las ventajas de la transmisión de CSI sobre PUSCH que se describieron en la sección 1.2. La transmisión de información de control periódica en modo conectado puede conseguirse por medio de planificación semi-persistente (SPS), en la que se asignan recursos de enlace ascendente solo una vez y permanecen reservados para una transmisión frecuente y periódica de pequeños paquetes, evitando así la necesidad de información de planificación posterior. Este modo de planificación es apropiado para servicios tales como VoIP, transmisión en flujo continuo de vídeo o videoconferencia, en los que se necesita una muy baja latencia y la planificación dinámica consumiría demasiados recursos de PDCCH. Sin embargo, también es posible asignar dinámicamente recursos de enlace ascendente, y en este caso el eNodoB es responsable de observar las restricciones de sincronización explicadas a continuación para la presente invención.

El modo de notificación de CSI incremental propuesto implica las siguientes acciones:

1. El eNodoB asigna determinados recursos de enlace ascendente para el UE a través de un mensaje de planificación semi-persistente o dinámico apropiado en el PDCCH.
2. El UE estima las respuestas de frecuencia de canal de enlace descendente  $H_{ij}(f)$  haciendo uso de las señales de referencia apropiadas, en las subtramas en las que hay recursos de enlace ascendente reservados implícita o explícitamente. Estas subtramas pueden denominarse "oportunidades de TX".
3. Cada  $K_1$  oportunidades de TX el UE envía una notificación de CSI explícita precisa que incluye la respuesta de impulso de canal (CIR) instantánea, así como un indicador de calidad de canal (CQI) global relacionado con la SNR recibida y las características de receptor. La respuesta de impulso de canal se comprime entonces por medio de una transformada de onícula discreta (DWT), que es especialmente adecuada para señales transitorias. Algunos de los coeficientes pueden descartarse, con el fin de reducir la cantidad de información mientras se mantiene el nivel deseado de precisión. La notificación se comprime entonces usando cualquier método de compresión sin pérdidas adecuado, y la notificación de CSI resultante se multiplexa entonces con otros datos de usuario en el PUSCH.
4. Cada  $K_2$  oportunidades de TX (siendo habitualmente  $K_2 \ll K_1$ ) el UE envía solo diferencias en los coeficientes de DWT y el CQI global. Las diferencias se toman con respecto a la última notificación de CSI completa enviada previamente al eNodoB. Esta notificación puede comprimirse eficazmente por cualquiera de los métodos de compresión sin pérdida habituales, y se envía también junto con cualquier dato de usuario en el PUSCH.

El esquema propuesto permite que el UE ajuste los parámetros  $K_1$  y  $K_2$  con el fin de adaptarse a las variaciones de canal, de modo que se transmite información de estado de canal precisa con la mínima cantidad de recursos. Además, el número de coeficientes de DWT descartados también puede depender de las características de canal.

La activación del modo de notificación de CSI incremental propuesto implica la multiplexación de información de datos y CSI en recursos de PUSCH, así que esto debe tenerse en cuenta por el eNodoB con el fin de asignar las subtramas y el número de RB apropiados. Sin embargo, tal como se observará en la siguiente sección, la mayor parte del tiempo solo tendrá que enviarse información CSI limitada con el fin de hacer un seguimiento de las variaciones de canal.

La invención propuesta tiene sentido para mejorar la descripción de estado de canal de los UE que requieren técnicas de precodificación avanzadas (tales como esquemas CoMP) o MIMO multiusuario, entendiéndose en todos ellos una comunicación sostenida.

Con el fin de notificar información de canal tan alta como sea posible, en la presente invención se propone una realimentación de CSI explícita. Si se indica por  $N$  y  $M$  el número de antenas de transmisión y recepción, respectivamente, la realimentación de CSI explícita comprende los siguientes elementos:

1. Respuestas de impulso de canal discretizadas para los diferentes pares de trayectorias de propagación transmisión-recepción, concretamente  $h_{ij}(t)$ , que en un modelo de canal de Rayleigh se parecen a varios picos que representan las componentes de múltiples trayectorias.

2. Valor de CQI promedio de banda ancha de cada palabra de código,  $CQI_{avg}$  en el intervalo [0, 15], que expresa la calidad de canal promedio y también directamente relacionada con la relación señal a ruido y las capacidades del receptor [3]. El número de palabras de código depende del modo de transmisión: dos CQI para modos de transmisión de multiplexación espacial (TM 3, 4, 8 y 9) y un CQI para los demás.

5 La figura 4 muestra los mecanismos básicos del modo de notificación de CSI propuesto ubicados en el UE, que corresponden a los detalles del bloque (32) en la figura 3.

10 El bloque (41) es responsable de estimar la respuesta de frecuencia de canal, que es fundamental en el proceso de demodulación normal y se ayuda de las señales de referencia disponibles: señales de referencia de célula (CRS), señales de referencia de demodulación (RS de DM) y señales de referencia de CSI (RS de CSI). El uso de unas u otras depende del modo de transmisión real empleado por el eNodeB. La estimación implica tanto la amplitud como la fase de las componentes de respuesta de frecuencia, concretamente  $|H_{ij}(f)|$  y  $\phi_{ij}(f)$ , que a su vez pueden transformarse de manera inversa para obtener la respuesta de impulso de canal instantánea discretizada,  $h_{ij}(t)$ . El bloque (42) comprueba si ha transcurrido un múltiplo de K1 oportunidades de transmisión, y en ese caso se calculan las transformadas de ondícula discretas (DWT) en las respuestas de impulso de canal  $h_{ij}(t)$  (bloque 43), así como los valores de los CQI de banda ancha ( $CQI_{avg}$ ). Algunos de los coeficientes de DWT resultantes pueden descartarse con el fin de comprimir la cantidad de información que va a enviarse. El resultado se denominará "notificación de CSI de tipo I".

20 Si no ha transcurrido un múltiplo de K1 oportunidades de transmisión, el bloque (45) comprueba la misma condición con K2, siendo habitualmente  $K2 \ll K1$ . El parámetro K2 representa un periodo durante el que el UE envía las variaciones en el estado de canal, a través de las diferencias de los coeficientes de DWT y el CQI de banda ancha (bloque 46), mientras que K1 representa un periodo de repetición para notificaciones de CSI completas. El mensaje resultante se denominará "notificación de CSI de tipo II".

25 Finalmente, se aplica una compresión sin pérdidas del mensaje resultante (bloque 44), usando cualquiera de los mecanismos de compresión habituales tales como (pero sin excluir otros) Lempel-Ziv o similares (documento US 4.558.302). Tras el envío de esta notificación de CSI el UE sigue estimando el canal, y reevaluando la condición en el bloque (42) para subtramas posteriores.

30 La figura 5 muestra los mecanismos básicos del modo de notificación de CSI propuesto ubicados en el eNodeB, que corresponden a los detalles del bloque (24) en la figura 2. Tras recibir la notificación de CSI enviada por el UE, el bloque (51) realiza una descompresión sin pérdidas. El bloque (52) analiza el tipo de la notificación de CSI (I o II), y se emprenden diferentes acciones dependiendo del tipo de notificación. Si se recibe una notificación de CSI de tipo I, los coeficientes  $h_{ij}[k]$  y los valores de CQI promedio se almacenan en el bloque (53), y aquellos coeficientes previamente descartados en la transmisión pueden reemplazarse por ceros. Si se recibe una notificación de CSI de tipo II, las diferencias en los CQI ( $\Delta CQI$ ) y los coeficientes de DWT ( $\Delta h_{ij}[k]$ ) se suman junto con sus valores previamente almacenados, proporcionando así estimaciones  $\hat{h}_{ij}[k]$ ,  $\hat{CQI}$  apropiadas antes de la DWT inversa. La reconstrucción completa de la respuesta de impulso de canal se consigue a través de la DWT inversa de los coeficientes (bloque 54), y una FFT posterior proporciona la respuesta de frecuencia de canal deseada  $H_{ij}(f)$  (bloque 55). Finalmente el bloque (56) ejecuta decisiones de planificación y realiza operaciones de precodificación basándose en las funciones de transferencia de canal obtenidas. Tanto la  $H_{ij}(f)$  reconstruida como los CQI sirven como entradas para técnicas de precodificación de múltiples antenas avanzadas en las que se requiere un estado de canal de enlace descendente preciso.

40 El motivo para usar una transformada de ondícula discreta se basa en la naturaleza transitoria intrínseca de la respuesta de impulso. La figura 6 muestra un ejemplo de un perfil de retardo de potencia medida (el módulo al cuadrado de la respuesta de impulso de canal), en el que los picos relativos muestran componentes de múltiples trayectorias significativos. Es posible comprimir la señal de una forma eficaz a través de una DWT, truncando adicionalmente componentes de alta frecuencia para eliminar parcialmente el ruido gaussiano. La DWT permite una caracterización precisa de dimensiones tanto de tiempo como de frecuencia a través del uso de análisis de múltiples resoluciones, a diferencia de las transformadas relacionadas con Fourier como DCT o DFT en las que siempre existe un equilibrio entre las incertidumbres del tiempo y de la frecuencia en las señales reconstruidas.

50 Los parámetros K1 y K2, las ondícula base para la DWT y el número de coeficientes descartados representan grados de libertad para las implementaciones reales. El UE puede ajustar dinámicamente los valores de K1, K2 y el número de coeficientes descartados, para adaptarse a variaciones instantáneas en las condiciones de canal, pero las ondículas base deben fijarse y conocerse a priori por el eNodeB y el UE.

60 Es evidente que se consideran dos notificaciones diferentes en esta invención: una notificación muy detallada (y relativamente infrecuente), a través de DWT y posterior compresión sin pérdidas de la respuesta de impulso de canal instantánea, y una notificación menos detallada (pero con una latencia inferior) obtenida a través de las diferencias de estos coeficientes. Ambas notificaciones se envían periódicamente (con diferentes periodos), y por

tanto la invención propuesta es adecuada para un mecanismo de planificación semi-persistente (SPS), pero también puede usarse planificación dinámica apropiada. La información CSI debe multiplexarse con otros datos de PUSCH (si hay presentes), y en condiciones de baja movilidad es posible ajustar K1 y K2 para minimizar la cantidad de información de control.

5 Condiciones para baja movilidad:

El eNodeB es responsable de la detección de condiciones de baja movilidad. Tal situación puede ser aquella en la que se cumplen las siguientes condiciones:

- 10
- Las notificaciones CQI, PMI y/o RI enviadas por el UE no cambian significativamente durante un determinado periodo de tiempo.
  - La RSRQ de célula de servicio está por encima de un determinado umbral, con el fin de evitar posibles traspasos a células vecinas.
- 15
- Si está disponible, las notificaciones SRS de enlace ascendente también pueden comprobarse para evaluar cambios en la respuesta de frecuencia del enlace ascendente. Aunque los estados de canal del enlace ascendente y enlace descendente sean independientes, los movimientos tanto en el usuario como sus alrededores pueden servir como una indicación indirecta de movilidad.

20 Con el fin de cuantificar estas condiciones, pueden definirse los siguientes umbrales (sin excluir otras posibilidades):

- El valor máximo de los cambios relativos en  $\frac{\Delta|H_s(f)|}{|H_s(f)|}$ ,  $\frac{\Delta\Phi_s(f)}{\Phi_s(f)}$  y  $\frac{\Delta CQI}{CQI}$  tras haber transcurrido varias oportunidades de TX;
  - El valor mínimo de la RSRQ de célula de servicio;
  - Si está disponible, el valor máximo o los cambios relativos en SRS.
- 25

El procedimiento real para detectar la movilidad del usuario está fuera del alcance de la invención propuesta. Una vez que se detecta una situación de baja movilidad, el eNodeB puede activar el modo de notificación de CSI incremental propuesto por medio de un mensaje de control de recursos de radio (RRC) apropiado, o un campo de información de control de enlace descendente (DCI) especial en PDCCH.

30

El eNodeB puede conocer los UE heredados, es decir aquellos UE que no implementan la solución propuesta, reservando un nuevo campo de "capacidades de transmisión de CSI" en el procedimiento de transferencia de capacidad de UE de RRC. Si no se recibe información de capacidad de transmisión de CSI desde un UE, el eNodeB puede considerarlo como heredado y se activará la notificación de CSI incremental.

35

Estructura de la notificación de CSI incremental propuesta:

40 Para aquellas oportunidades de TX donde una notificación de canal de CSI completa debe enviarse según la figura 4 (siendo la oportunidad de TX un múltiplo del parámetro K1), las diferentes respuestas de impulso de canal se someten a una transformada de ondícula y un posterior descarte de algunos de los coeficientes, con el fin de comprimir la cantidad de información. Adicionalmente, se incluye un valor de CQI de banda ancha para cada una de las palabras de código en uso (una o dos). Esto se denominará "notificación de CSI de tipo I".

45 Para aquellas oportunidades de TX en las que solo debe enviarse información incremental (siendo la oportunidad de TX un múltiplo del parámetro K2), solo se transmitirán las diferencias en los coeficientes de DWT y los valores de CQI. El mensaje resultante se denominará "notificación de CSI de tipo II".

Estructura de la notificación de CSI de tipo I:

50 La notificación de CSI de tipo I propuesta incluye los siguientes campos:

1. Una transformada de ondícula discreta de las diferentes respuestas de impulso de canal para las correspondientes trayectorias de transmisión - recepción,  $h_{ij}(t)$ .
  2. Un valor de CQI promedio para cada una de las palabras de código que están recibándose.
- 55

La transformada de ondícula discreta separa las componentes de frecuencia altas y bajas de la señal de entrada de una forma iterativa, pasándolas a través de una serie de filtros. Después de cada filtro se obtienen algunos de los coeficientes de la DWT, y este procedimiento puede repetirse el número de veces deseado, tal como se observa en la figura 7.

60

Cada operación de filtro comprende una convolución digital seguida por un submuestreo de dos, y la operación

combinada puede implementarse de manera muy eficaz de la siguiente forma:

$$y_{alto}[k] = \sum_n x[n] \cdot g[2k - n],$$

$$y_{bajo}[k] = \sum_n x[n] \cdot h[2k - n]$$

- 5 donde  $y_{alto}[k]$  e  $y_{bajo}[k]$  son las salidas de los filtros paso alto y paso bajo, respectivamente, tras el submuestro por 2. Los dos filtros no son independientes y cumplen la siguiente relación:

$$g[L - 1 - n] = (-1)^n h[n],$$

- 10 donde L es el número de puntos (igual al número de muestras de cada símbolo de OFDM excluyendo el prefijo cíclico [1]). Los filtros de media banda descritos forman una base ortonormal. En la práctica es común usar filtros de Daubechies, dando así lugar a ondículas de Daubechies, aunque puede usarse cualquier otra ondícula adecuada dependiendo de la implementación.

- 15 La DWT de la señal original se obtiene entonces concatenando todos los coeficientes partiendo del último nivel de descomposición.  
La fórmula de reconstrucción es:

$$x[n] = \sum_k (y_{alto}[k] \cdot g[-n + 2k]) + (y_{bajo}[k] \cdot h[-n + 2k])$$

- 20 Para que este esquema sea eficaz, es importante que la longitud de la señal sea una potencia de dos (como es el caso en LTE y LTE-A). Por tanto, el número de niveles de filtración es el logaritmo de base 2 de la longitud de la señal.

- 25 Este procedimiento ofrece una buena resolución temporal a frecuencias altas, y buena resolución de frecuencia a frecuencias bajas, logrando así un rendimiento superior a DFT y DCT para señales de tipo transitorio (como es el caso de la respuesta de impulso de canal).

- 30 La transformada de ondícula discreta descrita se aplicará a todas las respuestas de impulso de canal requeridas,  $h_j(t)$  según el modo de transmisión MIMO en uso por el eNodeB. Algunos de los coeficientes de DWT pueden descartarse con el fin de reducir la cantidad de información que va enviarse, mientras que al mismo tiempo se mantiene la información más relevante tanto en tiempo como en frecuencia. Esto puede realizarse seleccionando solo aquellos coeficientes cuya contribución a la energía global no sea superior a un umbral predefinido. Por tanto, la longitud del mensaje final depende del número de trayectorias de canal de TX-RX y del número de coeficientes descartados, y puede ajustarse si es necesario dependiendo de las condiciones de canal reales (por ejemplo, el ensanchamiento de retardo rms del canal medido).

Además, los coeficientes deben cuantificarse a un número de bits deseado, usando cualquier formato de coma flotante o coma fija adecuado.

- 40 La notificación de CSI completa también incluye el valor de CQI de banda ancha para cada una de las palabras de código, que es un entero en el intervalo [0, 15] que indica el formato de MCS apropiado necesario para una BLER igual al 10 % (excluyendo retransmisiones) a lo largo de todo el ancho de banda de interés. Esto puede anexarse al final de la recopilación de coeficientes de DWT, al comienzo, o en cualquier posición que se desee, y esto también puede ser dependiente de la implementación.

- 45 La figura 8 muestra una posible disposición de las partes constituyentes de la notificación de CSI de tipo I propuesta. Los bloques en líneas discontinuas representan partes opcionales del mensaje, dependiendo del número de antenas y del modo de transmisión.

- 50  $CQI_{avg}^{(0)}$ ,  $CQI_{avg}^{(1)}$  representan los valores de CQI promedio para las palabras de código 0 y 1, respectivamente.

Tal como se mencionó anteriormente, también es posible cualquier otra disposición de los datos. La solución representada tiene la ventaja de aprovechar la correlación entre las antenas de recepción en el UE.

- 55 Estructura de la notificación de CSI de tipo II:

La notificación de CSI de tipo II propuesta comprende la siguiente información:

1. Diferencias en los coeficientes de DWT para cada una de las respuestas de impulso de canal  $h_{ij}(t)$ .
2. Diferencias en los valores de CQI promedio para las palabras de código en uso.

Con respecto a los coeficientes de DWT, esta notificación de CSI incluye solo las diferencias con respecto a la última notificación de CSI de tipo I transmitida. Por tanto, el UE almacenará la última notificación de CSI de tipo I con el fin de calcular las diferencias en los coeficientes y los valores de CQI para posteriores oportunidades de TX, hasta que se envíe otra notificación de CSI de tipo I.

Anexando las diferencias relevantes en los coeficientes y los CQI promedio, es posible aprovechar las correlaciones inherentes al mensaje resultante. La figura 9 muestra una posible disposición de la notificación de CSI de tipo II propuesta. Cualquier otra estructura es igualmente válida y puede elegirse por cualquier implementación real.

Los términos  $\Delta(\text{coeficientes de } h_{ij})$  representan las diferencias en los coeficientes de DWT para cada respuesta de impulso de canal, y  $\Delta CQI_{avg}^{(0)}$ ,  $\Delta CQI_{avg}^{(1)}$  representan las diferencias en el CQI promedio para las dos palabras de código. Es evidente que en algunas situaciones no estarán presentes todos los campos, dependiendo del modo de transmisión y del número de antenas en el eNodeB y el UE.

Las diferencias en coeficientes de DWT también pueden cuantificarse a un número de bits deseado, que puede ser diferente del número de bits para notificaciones de tipo I. Durante periodos de tiempo casi iguales al tiempo de coherencia de canal, se esperan pequeñas diferencias para la información de estado de canal, y puede ser razonable usar menos bits que en notificaciones de tipo I.

Compresión sin pérdidas de notificaciones de CSI:

Las dos notificaciones de CSI descritas se comprimen por medio de un algoritmo sin pérdidas antes de la transmisión, con el fin de eliminar la redundancia y obtener un mensaje de longitud mínima. Como ejemplo (pero sin excluir cualquier otro esquema de compresión), Lempel-Ziv-Welch (LZW) es un algoritmo que es sencillo de implementar y tiene el potencial para un rendimiento global muy alto en implementaciones de hardware (documento US 4.558.302). También son posibles otros posibles esquemas tales como códigos de Huffman o codificación de entropía.

En general estos algoritmos trabajan mejor en datos con patrones repetidos, por lo que son especialmente adecuados para la notificación de CSI de tipo II propuesta: cuando el canal está en una condición de baja movilidad, los coeficientes de DWT y los valores de CQI experimentarán presumiblemente poca variación en el tiempo, por tanto las diferencias serán pequeñas y posiblemente estarán muy correlacionadas y esto ayudará en el proceso de compresión.

Multiplexación de notificaciones de CSI y datos de usuario:

La notificación de CSI propuesta está diseñada para enviarse periódicamente en PUSCH, por tanto, se necesita un esquema de multiplexación con el fin de combinar datos tanto de CSI como de usuario en el mismo canal. Esto puede realizarse, por ejemplo, insertando un campo al comienzo de la carga útil de PUSCH que identifica la longitud de la notificación de CSI, seguido por la información de control y de datos relevante que va a enviarse. También es posible cualquier otra solución siempre que informe correctamente al eNodeB acerca de las posiciones relativas de CSI y los datos en el interior de la carga útil de PUSCH.

Debido a la información CSI adicional presente en el PUSCH, y dependiendo del tamaño de la notificación de CSI, pueden producirse varias situaciones:

- a) Si el tamaño de la notificación de CSI es grande (especialmente en subtramas que transportan una notificación de CSI de tipo I), el eNodeB puede asignar temporalmente un número superior de RB para esa subtrama. Si se usó planificación semi-persistente, un mensaje de planificación dinámica apropiado en PDCCH tendrá prioridad sobre la planificación semi-persistente en esa subtrama particular, permitiendo así una cantidad de información aumentada [5].
- b) Si el número de RB asignados es alto (tal como puede ser el caso para transmisión en flujo continuo de vídeo o videoconferencia de alta calidad), solo habrá un ligero aumento en la tasa de codificación provocado por la inclusión de la notificación de CSI, especialmente en el caso de notificaciones de CSI de tipo II en las que la cantidad de información de control es presumiblemente baja. En estos casos, pueden mantenerse los recursos asignados y la tasa de codificación aumentada absorberá el volumen de datos superior.
- c) Si la notificación de CSI de tipo I resultante es demasiado grande para absorberse mediante una tasa de

codificación aumentada, y si no es conveniente un aumento en los recursos de enlace ascendente, la notificación de CSI de tipo I puede fragmentarse en varios fragmentos, enviándose por separado cada uno de los fragmentos a lo largo de sucesivas oportunidades de TX. En este caso es importante ajustar cuidadosamente los parámetros K1 y K2 para evitar gastar mucho tiempo en la transmisión de cada notificación de CSI.

5 En todos los casos, los dos tipos de notificación (así como los diferentes fragmentos en las notificaciones de CSI de tipo I, si es aplicable) deben distinguirse entre sí por medio de alguna información de control. El UE puede reservar un bit antes del campo de longitud al comienzo de la carga útil de PUSCH, que identifica el tipo de notificación de CSI (por ejemplo, “0” para tipo I y “1” para tipo II, pero también es válida cualquier otra posibilidad).

10 La figura 10 muestra una posible estructura de multiplexación para la carga útil de datos/CSI combinada. Un primer bit denominado “tipo de notificación” distingue entre los dos tipos de notificación de CSI. Luego un campo de “longitud de CSI” especifica el tamaño (en bits o bytes) de la notificación de CSI. Luego se anexa la notificación de CSI de tipo I o tipo II, y finalmente los datos de PUSCH ocupan la última parte (y la más grande) de la carga útil.

15 En caso de que exista fragmentación de la notificación de tipo I, el campo de “tipo de notificación” puede abarcar en realidad más de un bit con el fin de indicar el número de fragmentos, si es aplicable.

Tal como se indicó anteriormente, puede usarse cualquier otro esquema de multiplexación siempre que informe correctamente acerca de las ubicaciones relativas de CSI y datos así como el tipo de notificación de CSI real.

20 La figura 11 muestra una realización preferida para la implementación de la invención propuesta. La realización propuesta comprende un conjunto de bloques sobre tanto el eNodeB como el UE, que están separados por el canal de radio.

25 El bloque (111) ubicado en el eNodeB activa el modo de notificación de CSI incremental propuesto. La activación se basa en la estimación de movilidad realizada por el bloque (116), que a su vez se basa en los valores de CQI, PMI y RI generados en el UE (bloque 114) y transmitidos al eNodeB. El bloque (112) en el UE detecta la orden de notificación de CSI incremental del eNodeB y genera notificaciones de CSI incrementales (bloque 113), que se transmiten al eNodeB. Estas notificaciones se reciben por el eNodeB (bloque 115), que descomprime las notificaciones de CSI incrementales y realiza operaciones de precodificación y planificación avanzadas. Cuando se recibe una orden de notificación de CSI incremental, el bloque (114) detiene la generación de los valores de CQI, PMI y RI dado que ya no son necesarios.

35 Los bloques representados pueden implementarse como un conjunto de elementos de software, elementos de hardware, elementos de firmware o cualquier combinación de los mismos.

Ventajas de la invención:

40 La invención descrita propone una forma de transmitir de manera precisa notificaciones de CSI en LTE avanzada empleando el canal de datos compartido de enlace ascendente (PUSCH), paliando parcialmente los problemas de cobertura sufridos por PUCCH dedicándolo exclusivamente para la transmisión de peticiones de planificación y ACK/NACK de HARQ. Las técnicas de cancelación de interferencia y de múltiples antenas avanzadas, tales como MU-MIMO y CoMP, requieren CSI explícita precisa en lugar de realimentación implícita con el fin de lograr altas eficiencias espectrales. Al mismo tiempo, también es aconsejable adaptarse a variaciones de canal para optimizar la cantidad de información de control. El esquema de CSI propuesto comprende dos formatos diferentes que tienen en cuenta ambas consideraciones: un primer tipo de notificación de CSI que contiene información CSI detallada en forma de transformadas de ondícula discretas de las respuestas de impulso de canal, y un segundo tipo de notificación de CSI que transporta solo diferencias en los coeficientes de DWT y los valores de CQI.

50 El hecho de que las notificaciones de CSI se saquen del PUCCH es beneficioso ya que se limita el número de regiones de PUCCH, y la señalización de control de múltiples UE debe multiplexarse usando multiplexación por división de código ortogonal que reduce la probabilidad de detección correcta. La planificación semi-persistente en LTE proporciona un medio adecuado para planificar periódicamente recursos sin incurrir en una sobrecarga excesiva, pero la planificación dinámica también puede proporcionar una periodicidad adecuada para las notificaciones de calidad.

60 El modo de notificación de CSI incremental propuesto puede aumentar el rendimiento global de usuario usando técnicas de planificación avanzadas, y también puede ampliar la cobertura de célula aplicando técnicas de precodificación más eficaces. Además, el rendimiento global del usuario también se aumenta ya que cada usuario puede recibir la señal deseada con mejores condiciones. Una zona de cobertura aumentada implica una reducción en el número de eNodosB y una reducción en el número de traspasos y reselecciones, lo que a su vez da como resultado una reducción significativa en la señalización de red.

SIGLAS

	3GPP Third Generation Partnership Project; proyecto de asociación de tercera generación
	BLER Block Error Rate; tasa de errores en los bloques
	CDM Code Division Multiplexing; multiplexación por división de código
5	CIR Channel Impulse Response; respuesta de impulso de canal
	CoMP Coordinated Multi-Point Transmission; transmisión multipunto coordinada
	CRS Cell Reference Signal; señal de referencia de célula
	CSI Channel State Information; información de estado de canal
	CQI Channel Quality Indicator; indicador de calidad de canal
10	DCT Discrete Cosine Transform; transformada de coseno discreta
	DFT Discrete Fourier Transform; transformada de Fourier discreta
	DM Differential Modulation; modulación diferencial
	DWT Discrete Ondícula Transform; transformada de ondícula discreta
	FSS Frequency Selective Scheduling; planificación selectiva en frecuencia
15	GSM Global System for Mobile Communications; sistema global para comunicaciones móviles
	HARQ Hybrid Automatic Repeat and Request; petición y repetición automática híbrida
	IMT International Mobile Telecommunications; telecomunicaciones móviles internacionales
	ISI Inter-Symbol Interference; interferencia entre símbolos
	LTE Long-Term Evolution; evolución a largo plazo
20	LTE-A Long-Term Evolution - Advanced; evolución a largo plazo avanzada
	LZW Lempel-Ziv-Welch
	MCS Modulation and Coding Scheme; esquema de modulación y codificación
	MIMO Multiple Input Multiple Output; múltiples entradas múltiples salidas
	MU-MIMO Multi-User MIMO; MIMO multiusuario
25	OFDMA Orthogonal Frequency Division Multiple Access; acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal
	OPEX Operational Expenditure; gastos operacionales
	PAPR Peak to Average Power Ratio; relación entre potencia pico y promedio
	PDCCH Physical Downlink Control Channel; canal de control de enlace descendente físico
	PMI Precoding Matrix Indicator; indicador de matriz de precodificación
30	PUCCH Physical Uplink Control Channel; canal de control de enlace ascendente físico
	PUSCH Physical Uplink Shared Channel; canal compartido de enlace ascendente físico
	RB Resource Block; bloque de recursos
	RI Rank Indicator; indicador de clasificación
	RRC Radio Resource Control; control de recursos de radio
35	RRM Radio Resource Management; gestión de recursos de radio
	RSRQ Reference Signal Received Quality; calidad recibida de señal de referencia
	SC-FDMA Single-Carrier Frequency Division Multiple Access; acceso múltiple por división de frecuencia de portadora única
	SNR Signal to Noise Ratio; relación señal a ruido
40	SPS Semi_Persistent Scheduling; planificación semi-persistente
	SR Scheduling Request; petición de planificación
	SRS Sounding Reference Signal; señal de referencia de sondeo
	TM Transmission Mode; modo de transmisión
	UE User Equipment; equipo de usuario
45	UMTS Universal Mobile Telecommunication System; sistema universal de telecomunicaciones móviles
	VoIP Voice over IP; voz sobre IP

BIBLIOGRAFÍA

50	[1] 3GPP TS 36.211, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical channels and modulation (Release 10)
	[2] S. Sesia, I. Toufik, M. Baker (editores), "LTE, the UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice", John Wiley & Sons, 2009
55	[3] 3GPP TS 36.213, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Layer Procedures (Release 10)
	[4] Nokia, "R1-081461: Coverage Comparison between PUSCH, PUCCH and PRACH", www.3gpp.org, 3GPP TSG RAN WG1, meeting 52bis, Shenzhen, China, abril de 2008
60	[5] E. Dahlman, S. Parkval, J. Sköld, "4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband", Academic Press, 2011
	[6] 'Principles of CQI report' 3GPP draft, R2-0601021, 3 <sup>rd</sup> Generation Partnership Project. Mobile Competence

Centre.

[7] Sharp: 'Consideration on CQI reporting', 3GPP draft, R1-072054, 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project, Mobile Competence Centre.

5 [8] Texas Instruments: 'On proposed enhancements to periodic CSI reporting' draft, R1-113241, 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project, Mobile Competence centre.

10 [9] 'DCT Partitioning for CQI Reporting', 3GPP TSG-RAN WG1, Meeting N.º 48, 12-16 de enero de 2007, St Louis, Estados Unidos, R1-070933.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para la notificación de información de estado de canal, CSI, en redes de LTE avanzada, que comprende transmitir, un equipo de usuario, UE, a una estación base celular de LTE, eNodoB, una notificación de CSI que contiene información de calidad que incluye los indicadores CQI, PMI y RI (21), en un canal de radio de enlace ascendente de manera periódica usando un canal compartido de enlace ascendente físico, PUSCH, en el que el método está **caracterizado porque** comprende activar (24) basándose en una estimación de baja movilidad de dicho UE (23), una notificación de CSI incremental, realizándose dicha estimación de baja movilidad por dicho eNodoB, y **porque** dicha notificación de CSI incremental comprende:
- un primer tipo de notificación de CSI que contiene información CSI detallada en forma de transformada de ondícula discreta o DWT de las respuestas de impulso de canal así como indicaciones CQI promedio para las palabras de código en uso, siendo admisibles algunos de los coeficientes de DWT para descartarse para compresión aumentada; y
  - un segundo tipo de notificación de CSI que contiene diferencias en coeficientes de dicha DWT para cada una de dichas respuestas de impulso de canal, y diferencias en el promedio de dichos valores de CQI.
2. Un método según la reivindicación 1, en el que dicho eNodoB evalúa dichos indicadores CQI, PMI y RI de dicho UE para evaluar una variación de tasa de una respuesta de frecuencia de canal con el fin de realizar dicha estimación de baja movilidad.
3. Un método según la reivindicación 2, que comprende activar dicha notificación de CSI incremental cuando dicha variación de tasa de dicha respuesta de frecuencia de canal está por debajo de un umbral.
4. Un método según la reivindicación 3, en el que dicha notificación de CSI incremental se activa por medio de un mensaje de control de RRC o un campo de DCI especial en un PDCCH.
5. Un método según la reivindicación 4, en el que dicho UE, cuando se activa dicha notificación de CSI incremental, comprende generar y transmitir de manera incremental comprimida dichas notificaciones de CSI a dicho eNodoB.
6. Un método según la reivindicación 5, en el que dicho eNodoB, cuando se activa dicha notificación de CSI incremental, comprende además descomprimir dichas notificaciones de CSI comprimidas que se transmiten desde dicho UE y realizar operaciones de precodificación MIMO y planificación avanzadas.
7. Un método según la reivindicación 2, en el que si dicha variación de tasa de dicha respuesta de frecuencia de canal está por encima de dicho umbral, dicho eNodoB usa dichos indicadores CQI, PMI y RI para realizar una planificación de enlace descendente y dichas operaciones de precodificación MIMO.
8. Un método según la reivindicación 1, en el que se usa un canal de control de enlace ascendente físico, PUCCH, para la transmisión de información de control, tal como peticiones de planificación y ACK/NACK de HARQ.
9. Un método según la reivindicación 1, en el que dicha primera y segunda notificaciones de CSI se comprimen por medio de un algoritmo sin pérdidas antes de la transmisión con el fin de eliminar la redundancia y obtener un mensaje de longitud mínima.
10. Un método según la reivindicación 9, en el que dicha primera y segunda notificaciones de CSI se envían periódicamente en diferentes periodos.
11. Un método según la reivindicación 1, que comprende una multiplexación de información de datos y CSI en dicho canal PUSCH.
12. Un sistema para la notificación de información de estado de canal, CSI, en redes de LTE avanzada, que comprende un equipo de usuario, UE, que está configurado para transmitir a una estación base celular de LTE, eNodoB, una notificación de CSI que contiene información de calidad que incluye los indicadores CQI, PMI y RI (21) en un canal de radio de enlace ascendente de manera periódica usando un canal compartido de enlace ascendente físico, PUSCH, en el que el sistema está **caracterizado porque** dicho eNodoB está configurado para estimar una baja movilidad de dicho UE (23) y para activar la notificación de CSI incremental basándose en dicha baja movilidad estimada (24), comprendiendo dicha notificación de CSI incremental:
- un primer tipo de notificación de CSI que contiene información CSI detallada en forma de transformada de ondícula discreta o DWT de las respuestas de impulso de canal así como indicaciones CQI promedio para las palabras de código en uso, siendo admisibles algunos de los coeficientes de DWT para descartarse para compresión aumentada; y
  - un segundo tipo de notificación de CSI que contiene diferencias en coeficientes de dicha DWT para cada una

de dichas respuestas de impulso de canal, y diferencias en el promedio de dichos valores de CQI.

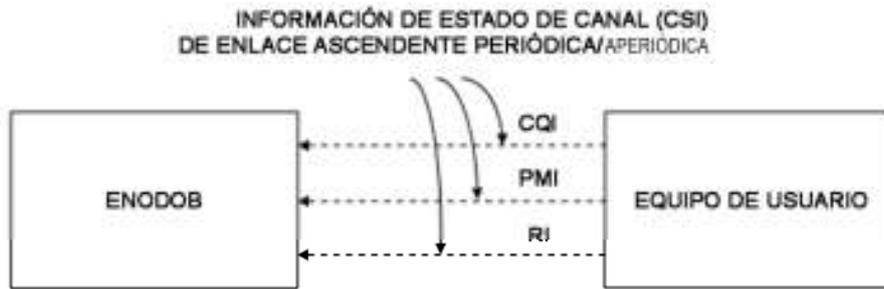


Figura 1

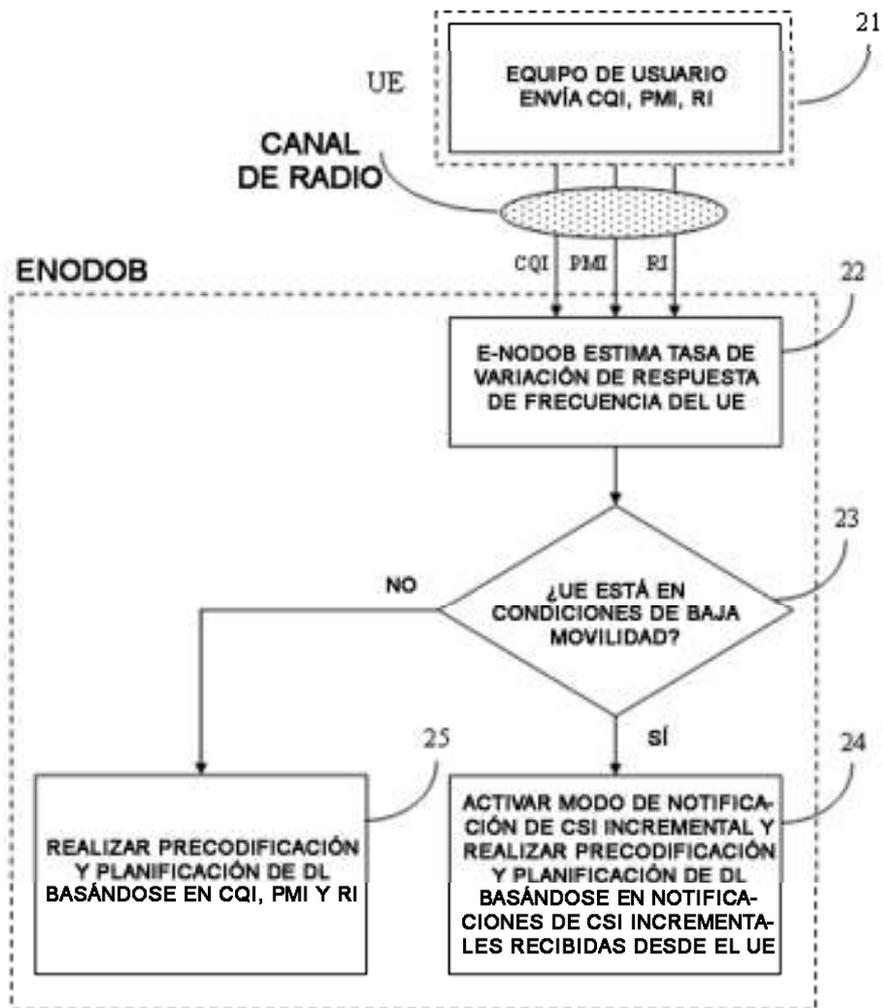


Figura 2

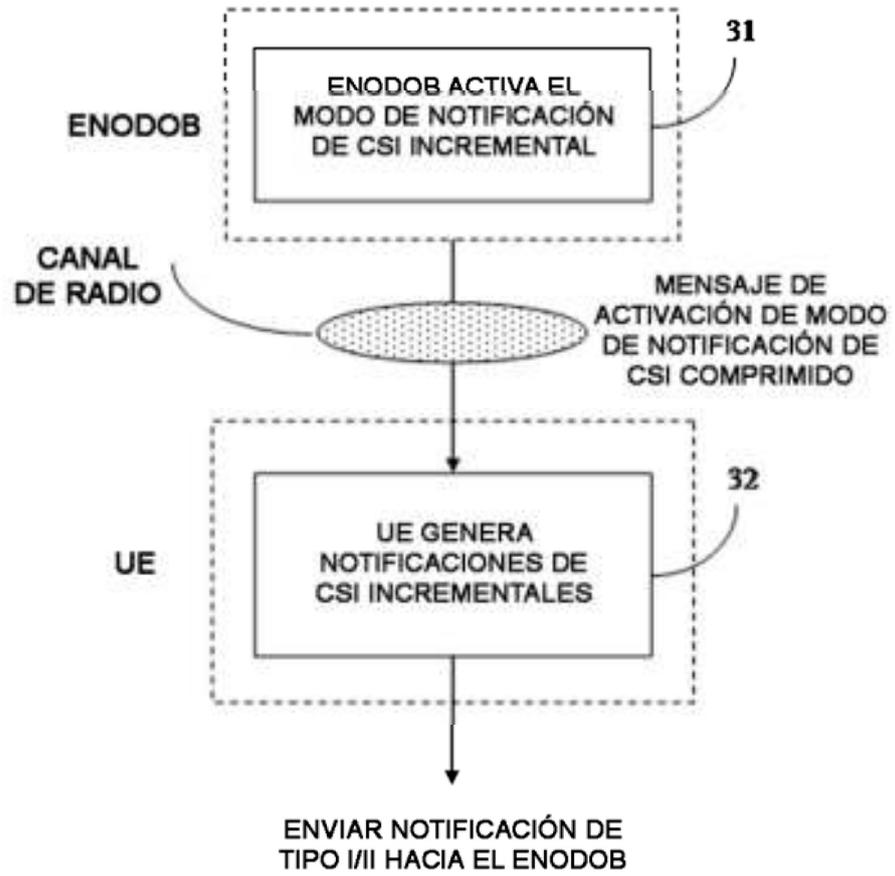


Figura 3

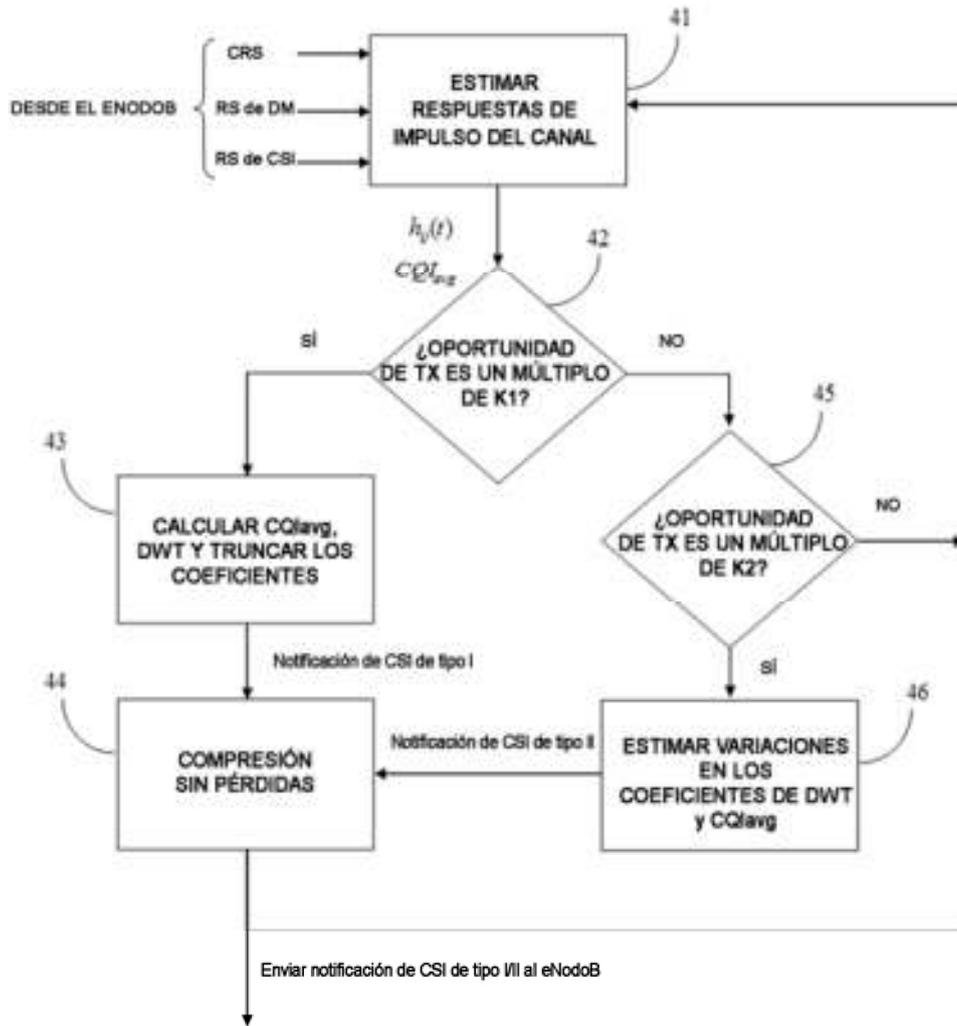


Figura 4

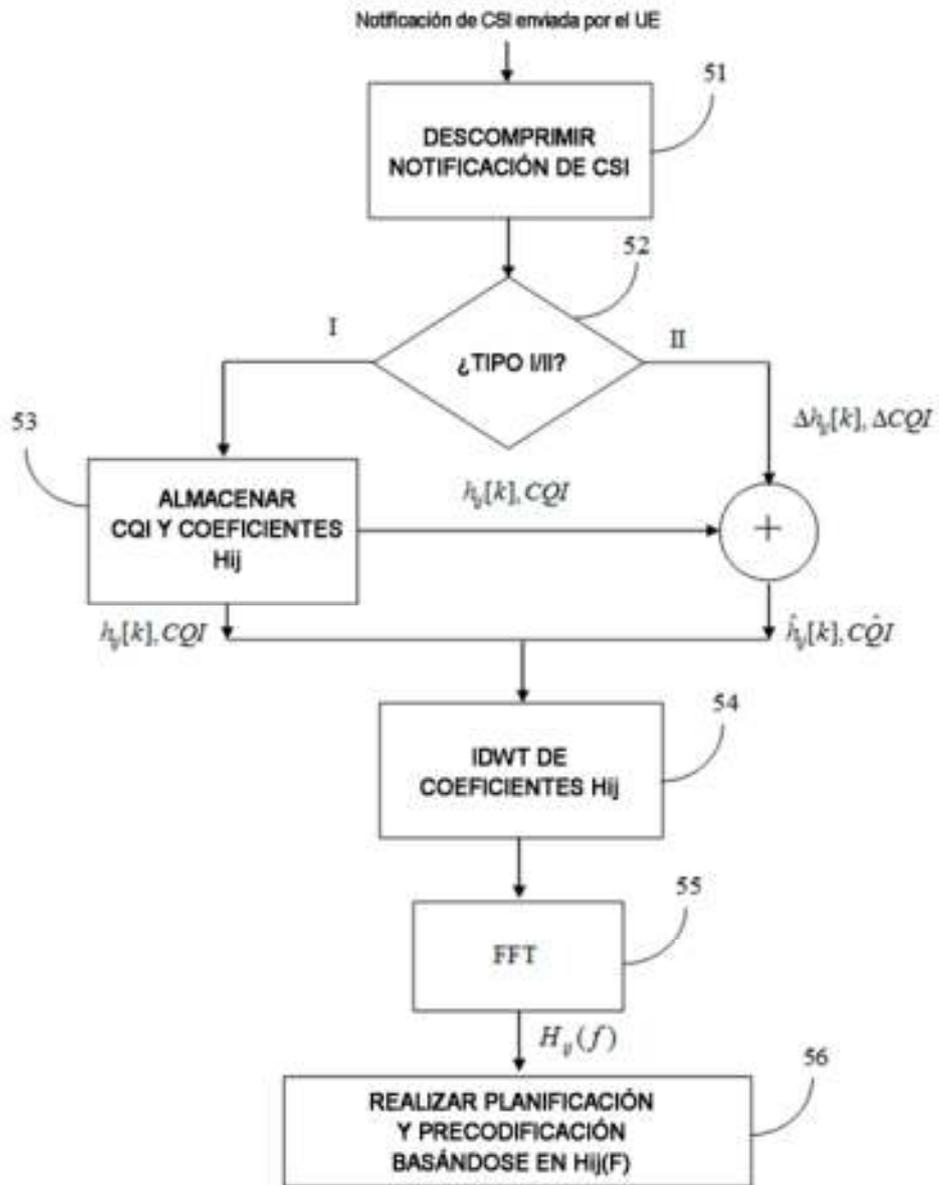


Figura 5

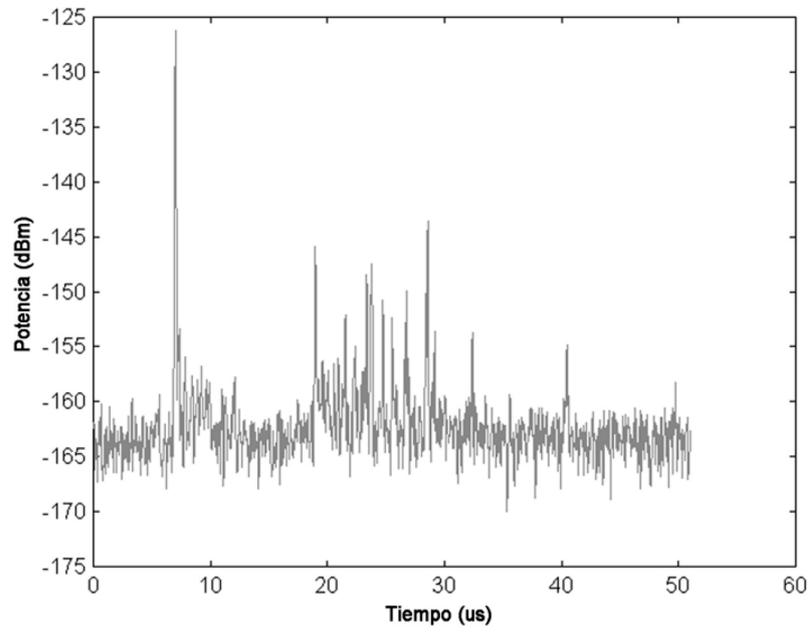


Figura 6

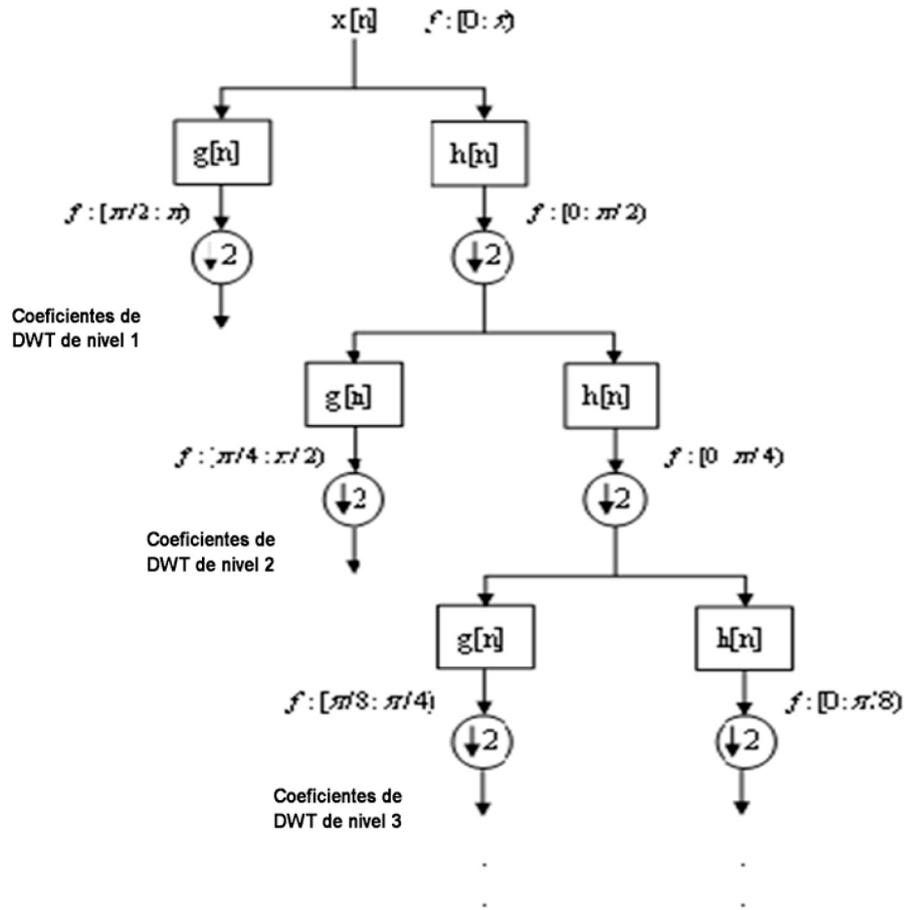


Figura 7

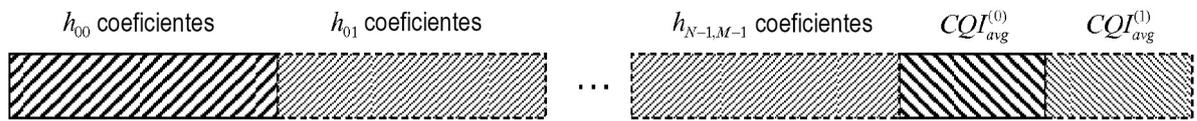


Figura 8



Figura 9

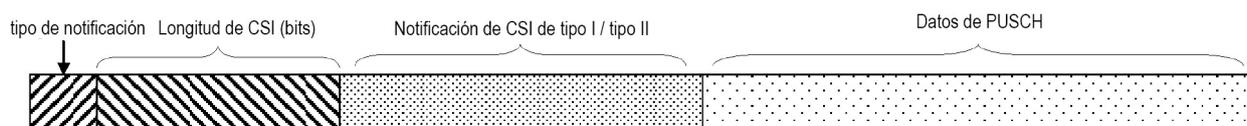


Figura 10

Figura 11

