

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 764 657**

51 Int. Cl.:

**H04L 1/00** (2006.01)

**H04B 7/04** (2007.01)

**H04B 7/06** (2006.01)

**H04W 28/22** (2009.01)

**H04L 1/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.11.2015 PCT/US2015/061832**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.05.2016 WO16081824**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2015 E 15860371 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2019 EP 3213429**

54 Título: **Sistema y método para la adaptación de enlace**

30 Prioridad:

**21.11.2014 US 201414549856**

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

**04.06.2020**

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)  
Huawei Administration Building, Bantian,  
Longgang District  
Shenzhen, Guangdong 518129, CN**

72 Inventor/es:

**NIKOPOUR, HOSEIN;  
YI, ZHIHANG y  
BAYESTEH, ALIREZA**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 764 657 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**

Sistema y método para la adaptación de enlace

**Campo técnico**

5 La presente descripción se relaciona de manera general con las comunicaciones digitales, y más concretamente con un sistema y un método para la adaptación de enlace.

**Antecedentes**

10 En general, la adaptación de enlace implica la correspondencia de un esquema de modulación, un esquema de codificación, así como otros parámetros de señal o protocolo con la condición de un canal de comunicaciones entre un dispositivo transmisor y un dispositivo receptor. La correspondencia del esquema de modulación, el esquema de codificación, así como los otros parámetros ayudan a mejorar el rendimiento global de las comunicaciones.

15 En un sistema de comunicaciones por duplexación por división de frecuencia (por sus siglas en inglés, FDD), la retroalimentación, en forma de un vector de índices de calidad de canal (por sus siglas en inglés, CQI), es proporcionada por un equipo de usuario (por sus siglas en inglés, UE) a un NodoB evolucionado (por sus siglas en inglés, eNB). El vector CQI debería ser retroalimentado al eNB a una frecuencia apropiada de manera que se capturen de manera precisa las variaciones en la condición del canal. De manera adicional, el vector CQI puede ser reportado para cada grupo de bloques de recursos (por sus siglas en inglés, RBG) para una mejor ganancia de planificación selectiva en frecuencia (por sus siglas en inglés, FSS).

20 En un campo relacionado, la Solicitud de Patente Europea EP 2 763 338 A1 describe un método y aparato para transmitir información de estado del canal (por sus siglas en inglés, CSI) periódica en un sistema de comunicación inalámbrico.

En un campo relacionado, Hosein Nikopour et al., "Acceso Múltiple por Código Disperso", 2013 IEEE 24º Simposio Internacional sobre Comunicaciones por Radio Personales, Interiores y Móviles: Rutas Fundamentales y PHY, 8 de Septiembre del 2013, XP55227113, describe un método para el Acceso Múltiple por Código Disperso (por sus siglas en inglés, SCMA).

**25 Compendio de la invención**

Los aspectos de ejemplo de la presente descripción proporcionan un sistema y un método para la adaptación de enlace.

30 De acuerdo con un aspecto de ejemplo de la presente descripción, se proporciona un método para operar un punto de transmisión en un sistema de comunicaciones. El método incluye recibir, mediante el punto de transmisión, la información de retroalimentación de banda ancha para la totalidad de la banda de frecuencia de un canal de comunicaciones en una primera tasa de reporte, y recibir, mediante el punto de transmisión, la información de retroalimentación de subbanda para una subbanda del canal de comunicaciones en una segunda tasa de reporte, en donde la primera tasa de reporte es menor que la segunda tasa de reporte. El método incluye también realizar, mediante el punto de transmisión, la selección de tasa dinámica para los grupos de bloques de recursos (RBG) del sistema de comunicaciones de acuerdo con la información de retroalimentación de banda ancha y la información de retroalimentación de subbanda. Realizar la selección de tasa dinámica incluye: ajustar un número de capas multiplexadas del dominio de código para los RBG de acuerdo con la información de retroalimentación de banda ancha y la información de retroalimentación de subbanda; y ajustar un esquema de modulación y codificación para los RBG de acuerdo con la información de retroalimentación de banda ancha y la información de retroalimentación de subbanda.

45 De acuerdo con otro aspecto de ejemplo de la presente descripción, se proporciona un punto de transmisión. El punto de transmisión incluye un receptor, y un procesador acoplado de manera operativa al receptor. El receptor recibe la información de retroalimentación de banda ancha para la totalidad de una banda de frecuencia de un canal de comunicaciones a una primera tasa de reporte, y recibe la información de retroalimentación de subbanda para una subbanda del canal de comunicaciones a una segunda tasa de reporte, donde la primera tasa de reporte es menor que la segunda tasa de reporte. El procesador realiza la selección de tasa dinámica para los grupos de bloques de recursos (RBG) de un sistema de comunicaciones de acuerdo con la información de retroalimentación de banda ancha y la información de retroalimentación de subbanda. Realizar la selección de tasa dinámica incluye: ajustar un número de capas multiplexadas del dominio de código para los RBG de acuerdo con la información de retroalimentación de banda ancha y la información de retroalimentación de subbanda; y ajustar un esquema de modulación y codificación para los RBG de acuerdo con la información de retroalimentación de banda ancha y la información de retroalimentación de subbanda.

55 Una ventaja de un aspecto es que se usan diferentes periodos de reporte de retroalimentación y resoluciones de ancho de banda para las diferentes partes de un vector CQI para ayudar a minimizar la sobrecarga de retroalimentación mientras que se mantienen los niveles de rendimiento más altos posibles.

Una ventaja adicional de un aspecto es que se realiza la selección de tasa dinámica en conjunción con los diferentes periodos de reporte de retroalimentación que se soportan y las resoluciones de ancho de banda para ayudar a preservar altos niveles de rendimiento.

**Breve descripción de los dibujos**

5 Para una comprensión más completa de la presente descripción, y las ventajas del mismo, se hace ahora referencia a las siguientes descripciones tomadas en conjunción con los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 ilustra un sistema de comunicaciones de ejemplo según las realizaciones de ejemplo descritas en la presente memoria;

10 La Figura 2a ilustra una vista de alto nivel de un mecanismo de adaptación de enlace LDS o SCMA de ejemplo según las realizaciones de ejemplo descritas en la presente memoria;

La Figura 2b ilustra una LUT de ejemplo según las realizaciones de ejemplo descritas en la presente memoria;

La Figura 3 ilustra una vista detallada de un sistema 300 de adaptación de enlace LDS o SCMA para un sistema de comunicaciones FDD según las realizaciones de ejemplo descritas en la presente memoria;

15 La Figura 4a ilustra un diagrama de flujo de las operaciones de ejemplo que se producen en un UE según el UE participa en la adaptación de enlace según las realizaciones de ejemplo descritas en la presente memoria;

La Figura 4b ilustra un diagrama de flujo de las operaciones de ejemplo que se producen en un eNB según el eNB participa en la adaptación de enlace según las realizaciones de ejemplo descritas en la presente memoria;

20 La Figura 5 ilustra un diagrama de flujo de las operaciones de ejemplo que se producen en un punto de transmisión (por sus siglas en inglés, TP) según el TP realiza la adaptación de enlace según las realizaciones de ejemplo descritas en la presente memoria;

La Figura 6 ilustra un diagrama de flujo de las operaciones de ejemplo que se producen en un TP según el TP recibe la información de retroalimentación según las realizaciones de ejemplo de la presente memoria;

La Figura 7 ilustra un diagrama de flujo de las operaciones de ejemplo que se producen en un TP según el TP realiza la selección de tasa dinámica según las realizaciones de ejemplo de la presente memoria;

25 La Figura 8 ilustra un diagrama de flujo de las operaciones de ejemplo que se producen en un TP según el TP realiza la LA según las realizaciones de ejemplo de la presente memoria;

La Figura 9 ilustra un diagrama de flujo de las operaciones de ejemplo que se producen en un TP según el TP realiza la selección de MCS sin LU según las realizaciones de ejemplo de la presente memoria;

30 La Figura 10a ilustra un diagrama de flujo de las operaciones de ejemplo que se producen en un TP según el TP realiza la selección de LU y MCS según las realizaciones de ejemplo de la presente memoria;

La Figura 10b ilustra un diagrama de flujo de las operaciones de ejemplo que se producen en un TP según el TP realiza la selección de LU y MCS según las realizaciones de ejemplo de la presente memoria;

35 La Figura 10c ilustra un diagrama de flujo de las operaciones de ejemplo que se producen en un TP según el TP realiza la selección de LU y MCS, en donde las operaciones son una simplificación de la técnica mostrada en la Figura 10b según las realizaciones de ejemplo de la presente memoria;

La Figura 11 ilustra un primer dispositivo de comunicaciones de ejemplo según las realizaciones de ejemplo descritas en la presente memoria; y

La Figura 12 ilustra un segundo dispositivo de comunicaciones de ejemplo según las realizaciones de ejemplo descritas en la presente memoria.

40 **Descripción detallada de las realizaciones ilustrativas**

La operación de las realizaciones de ejemplo actuales y de la estructura de las mismas se discute en detalle a continuación. Se debería apreciar, sin embargo, que la presente descripción proporciona muchos aspectos inventivos aplicables que se pueden realizar en una amplia variedad de contextos específicos. Las realizaciones específicas discutidas son simplemente ilustrativas de las estructuras específicas de la descripción y las maneras de operar la descripción, y no limitan el alcance de la descripción.

45 Una realización de la descripción se relaciona con la adaptación de enlace. Por ejemplo, un punto de transmisión recibe información de retroalimentación de banda ancha a una primera tasa de reporte, y recibe la información de retroalimentación de subbanda a una segunda tasa de reporte, en donde la primera tasa de reporte es menor que la segunda tasa de reporte. El punto de transmisión realiza la selección de tasa dinámica para los grupos de bloques de

recursos (RBG) del sistema de comunicaciones de acuerdo con la información de retroalimentación de banda ancha y la información de retroalimentación de subbanda.

La presente descripción se describirá con respecto a las realizaciones de ejemplo en un contexto específico, es decir, sistemas de comunicaciones de firma de baja densidad (por sus siglas en inglés, LDS) o de acceso múltiple por código disperso (SCMA) que realizan la adaptación de enlace para mejorar el rendimiento del sistema de comunicaciones en general. La descripción se puede aplicar a los sistemas de comunicaciones conformes con los estándares LDS o SCMA, tales como aquellos que son conformes con el proyecto de asociación de 3ª generación (por sus siglas en inglés, 3GPP), IEEE 802.11, y similares, a los estándares técnicos, y a los sistemas de comunicaciones conformes con los LDS o SCMA no estándares, que usan la adaptación de enlace para mejorar el rendimiento general del sistema de comunicaciones.

La Figura 1 ilustra un sistema 100 de comunicaciones de ejemplo. El sistema 100 de comunicaciones de ejemplo incluye un eNB 105 que sirve a una pluralidad de UE, tales como el UE 110, el UE 112, el UE 114. En general, las comunicaciones hacia y desde un UE pasan a través de un eNB 105. Sin embargo, en un modo de máquina a máquina (por sus siglas en inglés, M2M), los UE pueden ser capaces de comunicarse de manera directa sin pasar a través del eNB 105. El sistema 100 de comunicaciones puede incluir también un nodo 115 de transmisión (por sus siglas en inglés, RN). El RN 115 puede usar los recursos de red del eNB 105 para ayudar a mejorar la cobertura y el rendimiento general. Tal como se muestra en la Figura 1, el RN 115 puede servir al UE 114 para ayudar a mejorar la cobertura para el UE 114. Además, el eNB 105 y el RN 115 pueden transmitir de manera simultánea al UE 114 para mejorar más el rendimiento general.

Se observa que un eNB puede ser comúnmente referido como una estación base, NodoB, controlador, controlador de comunicaciones, y similares. De manera similar, un UE puede ser también comúnmente referido como una estación base, un móvil, un usuario, un abonado, un terminal, y similares.

Aunque se entiende que los sistemas de comunicaciones pueden emplear múltiples eNB capaces de comunicarse con un número de estaciones, sólo se ilustran un eNB, un RN, y un número de UE por simplicidad.

En un sistema de comunicaciones de firma de baja densidad (LDS) o de acceso múltiple por código disperso (SCMA), los datos se propagan de acuerdo con una firma de propagación LDS, o una palabra de código SCMA, respectivamente. LDS y SCMA se usan para multiplexar diferentes capas de datos. LDS usa repeticiones del mismo símbolo en una posición distinta de cero específica de capa en tiempo o frecuencia. Como un ejemplo, en LDS-OFDM se repite un punto de la constelación (con algunas posibles rotaciones de fase) sobre tonos de frecuencia distintos de cero de un bloque LDS. SCMA es una generalización de LDS donde se usa una palabra de código multidimensional para propagar los datos sobre tonos sin necesariamente repetir los símbolos.

SCMA es una técnica de modulación que codifica los flujos de datos, tales como los flujos de datos binarios dentro de palabras de código multidimensionales seleccionadas a partir de libros de código SCMA. SCMA codifica directamente el flujo de datos dentro de palabras de código multidimensionales y evita los bits de la modulación de amplitud en cuadratura (por sus siglas en inglés, QAM) para mapear símbolos, que pueden llevar a una ganancia de codificación /conformado sobre la modulación QAM convencional. De manera notable, las técnicas de codificación SCMA transportan flujos de datos que usan una palabra de código multidimensional en lugar de un símbolo QAM.

De manera adicional, la codificación SCMA proporciona múltiple acceso a través del uso de diferentes libros de códigos para las diferentes capas multiplexadas, en contraposición al uso de diferentes secuencias de propagación para las diferentes capas multiplexadas, por ejemplo, unas firmas LDS en LDS, común es común en la codificación CDMA convencional. Además, la codificación SCMA normalmente usa libros de códigos con palabras de código dispersas que permiten a los receptores usar algoritmos de baja complejidad, tales como los algoritmos de paso de mensajes (por sus siglas en inglés, MPA), para detectar las palabras de código respectivas a partir de las palabras de código combinadas recibidas por el receptor, reduciendo de este modo la complejidad de procesamiento en los receptores.

Debido a la naturaleza no lineal de SCMA, la adaptación de enlace no es trivial. Por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar un sistema y un método para la adaptación de enlace en los sistemas de comunicaciones LDS o SCMA que sean de baja complejidad y eficientes.

La Figura 2a ilustra una vista en alto nivel de un mecanismo 200 de adaptación de enlace LDS o SCMA. El mecanismo 200 de adaptación de enlace se puede implementar de una manera centralizada o de una manera distribuida para apoyar a la adaptación de enlace de un canal de comunicaciones entre un primer dispositivo de comunicaciones (por ejemplo, un eNB) y un segundo dispositivo de comunicaciones (por ejemplo, un UE). El mecanismo 200 de adaptación de enlace se puede implementar en el primer dispositivo de comunicaciones, o una combinación de tanto el primer dispositivo de comunicaciones y el segundo dispositivo de comunicaciones. El mecanismo 200 de adaptación de enlace se puede implementar en un sistema de comunicaciones que utilice la duplexación por división de frecuencia (FDD) o la duplexación por división de tiempo (por sus siglas en inglés, TDD).

El mecanismo 200 de adaptación de enlace puede incluir un dispositivo de comunicaciones que obtiene uno o más valores de señal más interferencia a ruido (por sus siglas en inglés, SINR) de post procesamiento usando una unidad 205 de abstracción de capa física (abreviado en inglés, PHY) LDS. La unidad 205 de abstracción PHY LDS puede

tener como entrada una estimación de un canal de comunicaciones entre el primer dispositivo de comunicaciones y el segundo dispositivo de comunicaciones (denotado H) y la información de interferencia respecto al canal de comunicaciones (denotado R). La unidad 205 de abstracción PHY LDS puede tener también una información de firma LDS de entrada según es proporcionada por una matriz 210 de firmas LDS. Como un ejemplo, la información de firmas LDS puede incluir asignaciones de firmas LDS para usuarios (por ejemplo, UE) en el sistema de comunicaciones.

Según una realización de ejemplo, la unidad 205 de abstracción PHY LDS puede generar múltiples valores SINR de post procesamiento para el canal de comunicaciones. En general, el canal de comunicaciones puede soportar un número máximo, de capas, con cada capa correspondiendo a una transmisión simultánea asociada con una antena de transmisión, siendo las capas transmitidas multiplexadas en el dominio del código. La unidad 205 de abstracción PHY LDS puede generar un valor de SINR de post procesamiento para cada número de capas hasta el máximo número de capas. Como un ejemplo ilustrativo, si el canal de comunicaciones puede soportar hasta un número máximo de 5 capas, la unidad 205 de abstracción PHY LDS puede obtener un valor de SINR de post procesamiento para el canal de comunicaciones con 1 capa, un valor de SINR de post procesamiento para el canal de comunicaciones con 2 capas, un valor de SINR de post procesamiento para el canal de comunicaciones con 3 capas, un valor de SINR de post procesamiento para el canal de comunicaciones con 4 capas, y un valor de SINR de post procesamiento para el canal de comunicaciones con 5 capas. Se observa que, aunque la discusión describe la obtención de los valores de SINR de post procesamiento para cada número posible de capas entre una y el número máximo de capas, puede ser posible para las realizaciones de ejemplo obtener los valores de SINR de post procesamiento para un subconjunto del número de capas posible. Como ejemplo, si el canal de comunicaciones puede soportar hasta un número máximo de 5 capas, la unidad 205 de abstracción PHY LDS puede obtener los valores de SINR de post procesamiento para 2, 3, 4, y 5 capas; para 2, 3, y 4 capas; para 3, 4, y 5 capas; para 2, 3, y 5 capas; para 1, 3, y 5 capas; para 2, y 3 capas; para 2, y 4 capas, y similares.

Según una realización de ejemplo, la obtención de los valores de SINR de post procesamiento a partir de H, R, y la información de firma LDS se puede describir como sigue:

- i. Para cada número de capas (que oscila desde 1 a J, con J siendo el número máximo de capas), calcular una capacidad de bucle abierto para un bloque LDS n-ésimo tal como se expresa

$$C_L^{abierto}(n) = \log \left| I + H_L(n)R(n)^{-1}H_L^H(n) \right|,$$

donde  $H_L(n) = \text{diag}(h(n))S_L$ ,  $h(n)$  es el vector de canal de los tonos multiplexados por división en frecuencias ortogonales (por sus siglas en inglés, OFDM) para el bloque LDS n-ésimo,  $S_L$  es la primera L columnas de S, y S es la matriz de firmas LDS.

- ii. Los valores de SINR de post procesamiento (denotados  $\gamma_L$ ) para el número L de capas se puede obtener a partir de la capacidad de bucle abierto que usa una función predefinida. Los ejemplos de la función predefinida se pueden expresar como

$$\gamma_L = f \left( \left\{ \frac{C_L^{abierto}(n)}{L} \right\}_{n=1}^N \right).$$

Como un ejemplo ilustrativo,

$$\gamma_L = \text{EESM} \left( \left\{ \frac{C_L^{abierto}(n)}{L} \right\}_{n=1}^N \right),$$

Donde, por sus siglas en inglés, EESM(), es una función de correspondencia de la relación señal a ruido (por sus siglas en inglés, SNR) efectiva exponencial.

Una unidad 215 de esquema de modulación y codificación (por sus siglas en inglés, MCS) y número de capas, o simplemente MCSU 215, puede procesar los valores de SINR de post procesamiento para seleccionar un MCS y un número de capas para el canal de comunicaciones. El MCS y el número de capas para el canal de comunicaciones puede ser referido como un vector CQI LDS. En otras palabras, la MCSU 215 puede usar los valores de SINR de post procesamiento producidos por la unidad 205 de abstracción PHY LDS para seleccionar un vector CQI LDS. Como un ejemplo ilustrativo, el vector CQI LDS puede incluir un MCS (o una SINR) y el número de capas elegidas para el canal de comunicaciones.

Según una realización de ejemplo, la selección del vector CQI LDS se puede describir como sigue:

- i. Determinar el número de capas (denotado  $L^*$ ). La determinación del número de capas se puede realizar usando información a corto plazo, por ejemplo,  $L^* = \arg \max_L L \log(1 + \gamma_L)$ , o geometría a largo plazo.

- ii. Determinar el MCS. La determinación del MCS se puede realizar usando un mapeado similar al mapeado de los valores de SINR de post procesamiento a un MCS de acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales (por sus siglas en inglés, OFDMA) usando una tabla de MCS OFDMA. Como un ejemplo ilustrativo, el mecanismo usado en el mapeado MCS OFDMA se puede volver a usar.

5 El vector CQI LDS se puede proporcionar a una unidad 220 de procesamiento. La unidad 220 de procesamiento puede ajustar el vector CQI LDS de acuerdo con la información de firmas LDS de la matriz 210 de firmas LDS. La unidad 220 de procesamiento puede ajustar el vector CQI LDS con información tal como la información de adaptación de enlace de bucle abierto, la información de emparejamiento, la información de asignación de energía, y similares. En general, la unidad 220 de procesamiento puede ajustar el vector CQI LDS con información de comunicaciones adicional que  
10 pueda no estar fácilmente disponible a la MCSU 215. La unidad 220 de procesamiento puede producir un vector CQI LDS ajustado.

Si el sistema de comunicaciones usa LDS, el vector CQI LDS ajustado se puede proporcionar al segundo dispositivo de comunicaciones (tal como un UE) para ayudar al segundo dispositivo de comunicaciones a mejorar su rendimiento de decodificación. Si el sistema de comunicaciones usa SCMA, el CQI LDS ajustado puede ser proporcionado a una  
15 unidad 225 de correspondencia SCMA-LDS para hacer corresponder el vector CQI LDS ajustado a un vector CQI SCMA. El vector CQI SCMA se puede proporcionar al segundo dispositivo de comunicaciones.

La unidad 225 de correspondencia SCMA-LDS puede producir un vector CQI SCMA que incluye un MCS (por ejemplo, de 4 puntos, de 8 puntos, de 16 puntos, y similares constelaciones SCMA), un número de capas (normalmente mayor a o igual que 2, dependiendo de factores, tales como el factor de propagación, el factor de sobrecarga, y similares),  
20 una tasa de código (que normalmente está dentro del mismo rango que en OFDMA). Se observa que para algunos rangos de SNR, puede ser posible retroceder a la operación OFDMA, la unidad 225 de correspondencia SCMA-LDS puede proporcionar también información respecto a un cambio en la SINR debido a la correspondencia. Según una realización de ejemplo, la unidad 225 de correspondencia SCMA-LDS se puede implementar usando una tabla de búsqueda (por sus siglas en inglés, LUT).

La Figura 2b ilustra una LUT 250 de ejemplo. La LUT 250 puede ser un ejemplo de una LUT usada en la unidad 225 de correspondencia SCMA-LDS. En general, los elementos de la LUT 250 se pueden seleccionar de manera que el vector CQI LDS y el vector CQI SCMA resulte en sustancialmente la misma tasa de error, tal como la tasa de errores de bloque, la tasa de errores de bits, la tasa de errores de paquetes, y similares. En otra realización, la LUT SCMA-LDS se puede definir en base a la comparación de la eficiencia espectral (por sus siglas en inglés, SE) de nivel de  
25 enlace entre SCMA y LDS con diferente número de capas para cada valor  $\gamma_{simo}$  de SINR SIMO.

La Figura 2c ilustra una representación gráfica de una LUT 275 gráfica de ejemplo. La LUT 275 puede tener como entrada la SINR de post procesamiento por capa. Usando la SINR de post procesamiento por capa, puede ser posible determinar una SINR de entrada única y salida múltiple (por sus siglas en inglés, SIMO) de la siguiente fórmula:  
30 
$$\log_2(1 + \gamma_{lds}) = \frac{1}{J} \log_2 \det \left( \mathbf{I} + \frac{\gamma_{simo}}{J} \mathbf{S}_j^H \mathbf{S}_j \right)$$
, donde J denota el número de capas y  $\mathbf{S}_j$  denota las primeras J columnas de S, y S es la matriz de propagación. La LUT 275 puede proporcionar la correspondencia de eficiencia espectral entre SCMA y una curva LDS correspondiente a un número concreto de capas J para cada valor de SIMO SINR. Además, a LUT 275 puede proporcionar el vector CQI SCMA para ser señalizado al UE o los UE señalizados. Se observa que la fórmula está destinada a propósitos de discusión y otras fórmulas puede ser usadas.

La Figura 3 ilustra una vista detallada de un sistema 300 de adaptación de enlace LDS o SCMA de ejemplo para un sistema de comunicaciones FDD. Ya que los canales de comunicaciones del enlace descendente (las transmisiones que se originan en un UE y que finalizan en un eNB) en un sistema de comunicaciones FDD se producen en diferentes bandas de frecuencia que pueden estar separadas en frecuencia, los canales de comunicaciones (los canales del enlace ascendente y del enlace descendente) pueden tener condiciones de canal muy diferentes. Por lo tanto, puede ser necesario que se realice la estimación de los canales (H) de comunicaciones y la información (R) en el UE. Como se muestra en la Figura 3, el sistema 300 de adaptación de enlace incluye un eNB 305 y un UE 310.  
40

Según una realización de ejemplo, una unidad 312 de abstracción PHY LDS en el UE 310 puede obtener la estimación de canal del canal (H) de comunicaciones y la información (R) de interferencia de un canal de comunicaciones mediante la medición de las transmisiones hechas por el eNB 305. Como un ejemplo ilustrativo, el UE 310 puede medir las transmisiones de las señales piloto, las señales de referencia, y similares, transmitidas por el eNB 305 para estimar el canal de comunicaciones y obtener la información de interferencia. La unidad 312 de abstracción PHY LDS puede obtener los valores de SINR de post procesamiento a partir de H y R, así como la información de firma LDS almacenada en la matriz 314 de firmas LDS que puede ser proporcionada por el eNB 305. Una MCSU 318 puede seleccionar un vector CQI LDS de acuerdo con los valores de SINR de post procesamiento. El UE 310 puede retroalimentar el vector CQI LDS al eNB 305. Como un ejemplo, el UE 310 puede retroalimentar un índice correspondiente al vector CQI LDS al eNB 305. Se observa que se muestra en la Figura 3 que el UE 310 retroalimenta el vector CQI LDS (o un indicador del mismo). Sin embargo, en realizaciones de ejemplo alternativas, el UE 310 puede retroalimentar los valores de SINR de post procesamiento (o un indicador de los mismos) o los valores de H y R (o indicadores de los mismos).  
55

Según una realización de ejemplo, una unidad 320 de procesamiento en el eNB 305 puede ajustar el vector CQI LDS proporcionado por el UE 310. El ajuste realizado por la unidad 320 de procesamiento puede utilizar información normalmente no disponible para el UE 310 cuando éste selecciona el vector CQI LDS, incluyendo la información de adaptación de enlace de bucle abierto, la información de emparejamiento de UE, la información de asignación de energía, y similares. Si el sistema de comunicaciones usa LDS, el vector CQI LDS ajustado puede ser proporcionado al UE 310 para ayudar al UE 310 a mejorar su rendimiento de decodificación. Si el sistema de comunicaciones usa SCMA, el CQI LDS ajustado puede ser proporcionado a una unidad 322 de correspondencia SCMA-LDS para corresponder el vector CQI LDS ajustado a un vector CQI SCMA. El vector CQI SCMA puede ser proporcionado al UE 310. La unidad 322 de correspondencia SCMA-LDS se puede implementar usando una LUT, tal como la mostrada en las Figuras 2b y 2c.

Si el UE 310 retroalimenta los valores de SINR de post procesamiento (o un indicador de los mismos) o los valores H y R (o los indicadores de los mismos), la Figura 3 se puede modificar para reflejar los cambios en el eNB 305 y el UE 310. Como ejemplo, si el UE 310 retroalimenta los valores de SINR de post procesamiento (o un indicador de los mismos), la MCSU 310 puede ser ubicada en el eNB 305 y no en el UE 310. De manera alternativa, el eNB 305 puede implementar su propia MCSU mientras que la MCSU 310 se mantiene en el UE 310. De manera similar, si el UE 310 retroalimenta los valores de H y R (o los indicadores de los mismos), la unidad 312 de abstracción PHY LDS y la MCSU 318 se pueden ubicar en el eNB 305 y no en el UE 310. De manera alternativa, el eNB 305 puede implementar su propia unidad MCSU de abstracción PHY LDS mientras la unidad 312 de abstracción PHY LDS y la MCSU 318 se mantienen en el UE 310.

La Figura 4a ilustra un diagrama de flujo de las operaciones 400 de ejemplo que se producen en un UE según el UE participa en la adaptación de enlace. Las operaciones 400 pueden ser indicativas de las operaciones que se producen en un UE, tal como el UE 310, según el UE participa en la adaptación de enlace.

Las operaciones 400 pueden comenzar con el UE recibiendo una matriz de firmas LDS (bloque 405). Según una realización de ejemplo, el UE puede recibir la matriz de firmas LDS tras la anexión con un eNB. Además, si se hacen los cambios a la matriz de firmas LDS, el eNB puede transmitir los cambios a la matriz de firmas LDS al UE. El UE puede determinar una estimación de canal de un canal de comunicaciones entre sí mismo y el eNB (H), así como la información de interferencia para el canal (R) de comunicaciones (bloque 407). El UE puede determinar H y R mediante la medición de las señales piloto, las señales de referencia, y similares, transmitidas por el eNB. Según una realización de ejemplo alternativa, la matriz de firmas LDS puede estar predefinida, mediante un estándar técnico o un operador de un sistema de comunicaciones que incluya el UE, por ejemplo, y se pre carga dentro del UE.

El UE puede obtener los valores de SINR de post procesamiento para cada número de capas para un canal de comunicaciones de hasta el número máximo de capas soportadas para las comunicaciones (bloque 409). Según una realización de ejemplo el UE puede obtener N valores de SINR de post procesamiento donde N es el número máximo de capas soportadas para las comunicaciones. Según una realización de ejemplo alternativa, el UE puede obtener un subconjunto de los N posibles valores de SINR de post procesamiento. El UE puede seleccionar un vector CQI LDS (que comprende un MCS y un número de capas) de acuerdo con los valores de SINR de post procesamiento (bloque 411) y transmitir el vector CQI LDS al eNB (bloque 413).

Según una realización de ejemplo, el UE puede proporcionar el vector CQI LDS al eNB a través de señalización dinámica. La señalización dinámica puede estar basada en la recepción de una solicitud de retroalimentación desde el eNB. De manera alternativa, el UE puede reportar de manera periódica el vector CQI LDS al eNB de acuerdo con una planificación de reporte especificada por el eNB, por ejemplo.

La Figura 4b ilustra un diagrama de flujo de las operaciones 450 de ejemplo que se producen en un eNB según el eNB participa en la adaptación de enlace. Las operaciones 450 pueden ser indicativas de las operaciones que se producen en un eNB, tal como el eNB 305, según el eNB participa en la adaptación de enlace.

Las operaciones 450 pueden comenzar con el eNB transmitiendo una matriz de firmas LDS (bloque 455). Según una realización de ejemplo, el eNB puede transmitir la matriz de firmas LDS a un UE cuando el UE se anexiona al eNB. De manera adicional, si el eNB realiza cambios a la matriz de firmas LDS, el eNB puede transmitir los cambios al UE. Según una realización de ejemplo alternativa, la matriz de firmas LDS puede estar predefinida y pre cargada dentro del UE. El eNB puede recibir un vector CQI LDS desde el UE (bloque 457). El vector CQI LDS puede incluir un MCS y un número de capas seleccionadas para un canal de comunicaciones entre el eNB y el UE por el UE de acuerdo con los valores de SINR de post procesamiento obtenidos por el UE.

El eNB puede ajustar el vector CQI LDS con información sobre la condición del sistema de comunicaciones no conocida por el UE para producir un vector CQI LDS ajustado (bloque 459). Como un ejemplo ilustrativo, la información usada por el eNB para ajustar el vector CQI LSA puede incluir información de adaptación de enlace de bucle abierto, información de emparejamiento de UE, información de asignación de energía, y similares. Si el sistema de comunicaciones usa LDS, el eNB puede transmitir el vector CQI LDS ajustado al UE (bloque 463). Si el sistema de comunicaciones usa SCMA, el eNB puede ajustar además el vector CQI LDS haciendo la correspondencia del vector CQI LDS ajustado con el vector CQI SCMA (bloque 461) y transmite el vector CQI SCMA al UE (bloque 463).

Según una realización de ejemplo, el eNB puede transmitir la información de firmas LDS al UE o los UE que usan señalización estática o semi estática. El vector CQI SCMA (o el vector CQI LDS) se puede transmitir a un UE (tal como un UE planificado por el eNB) mediante señalización de control dinámica. De manera similar, para la operación de retroalimentación del CQI, se puede usar señalización lenta tal como la señalización basada en OFDMA o SCMA. Se observa que la señalización se puede realizar sin la necesidad de correspondencia de LDS a SCMA.

La Figura 5 ilustra un diagrama de flujo de las operaciones 500 de ejemplo que se producen en un punto de transmisión (TP) según el TP realiza la adaptación de enlace. Las operaciones 500 pueden ser indicativas de las operaciones que se producen en un TP, tal como un eNB en una transmisión de enlace descendente o un UE en una transmisión de enlace ascendente, según el TP realiza la adaptación de enlace.

Las operaciones 500 puede comenzar con la retroalimentación de recepción de TP (bloque 505). La retroalimentación puede ser en la forma de un vector CQI y puede haberse originado en un punto de recepción (por sus siglas en inglés, RP). Tal como se discutió anteriormente, la retroalimentación puede incluir un reporte de MCS (o SINR de post procesamiento), así como un indicador de número de capa de banda ancha (por sus siglas en inglés, NLI). Sin embargo, la información de MCS (o de SINR de post procesamiento) puede ser información a corto plazo y de subbanda, que pueda reflejar de manera rápida la condición cambiante del canal. Además, la información de MCS (o de SINR de post procesamiento) se puede obtener en resoluciones finas de frecuencias, por ejemplo, en el nivel de subbanda del canal de comunicaciones. Por otro lado, la información NLI puede ser información a largo plazo y de banda ancha, que refleje los cambios lentos en la condición del canal para la totalidad del canal de comunicaciones. Por lo tanto, puede ser posible para el TP recibir los reportes de MCS con periodos más cortos y menores anchos de banda que los reportes de NLI. El TP puede realizar selección de tasa dinámica de acuerdo con la retroalimentación recibida (bloque 510). La selección de tasa dinámica puede ser realizada para un canal de comunicaciones entre el TP y un punto de recepción (tal como un UE en una transmisión de enlace descendente o un eNB en una transmisión de enlace ascendente). La selección de tasa dinámica puede ser para subbandas individuales tales como los grupos de bloques de recursos (RBG) que constituyen el canal de comunicaciones o para el canal de comunicaciones como un todo.

Tal como se discutió anteriormente, la retroalimentación recibida por el TP (por ejemplo, los vectores de CQI) pueden incluir información a corto plazo y de subbanda, tal como los reportes de MCS (o de SINR de post procesamiento) de subbanda, así como la información a largo plazo y de banda ancha, tal como los reportes de NLI de banda ancha. Además, la resolución de frecuencia de la información a corto plazo y subbanda puede diferir de la información a largo plazo y de banda ancha. Como un ejemplo ilustrativo, los reportes de MCS (o de SINR de post procesamiento) pueden ser para subbandas en el canal de comunicaciones (por ejemplo, en una base por RBG), mientras que los reportes de NLI pueden ser para el canal de comunicaciones en su totalidad. Por lo tanto, puede no ser necesario reportar el vector de CQI completo cada vez que la información de retroalimentación es reportada ya que la información a largo plazo y de banda ancha normalmente no cambia rápidamente y la retroalimentación constante de dicha información puede consumir recursos valiosos. De manera adicional, el cálculo disjunto de la información a corto plazo y de subbanda y la información a largo plazo y de banda ancha puede ayudar a reducir los requisitos computacionales en el UE que está haciendo los reportes ya que el cálculo disjunto y la optimización de la información a corto plazo y de subbanda y la información a largo plazo y de banda ancha puede ser computacionalmente muy complejo.

Según una realización de ejemplo, la componente de información a corto plazo y de subbanda de la información de retroalimentación es reportada con un periodo, tasa, o frecuencia diferente de la componente de información a largo plazo y de banda ancha de la información de retroalimentación. Como un ejemplo ilustrativo, la componente de información a corto plazo y de subbanda puede ser reportada en una primera tasa R1 y la componente de información a largo plazo y de banda ancha puede ser reportada en una segunda tasa R2, donde  $R1 > R2$ . Las tasas a las que las componentes de información a corto plazo y de subbanda y la información a largo plazo y de banda ancha se deberían fijar para capturar de manera apropiada las variaciones en la condición del canal. Además, la información a corto plazo y de subbanda, por ejemplo, la MCS (o la SINR de post procesamiento) se puede reportar por RBG para conseguir una mejor ganancia de planificación selectiva en frecuencia (FSS), mientras que la información a largo plazo y de banda ancha, por ejemplo, la NLI se puede reportar para la totalidad del canal de comunicaciones. Como un ejemplo ilustrativo, si el canal de comunicaciones comprende 5 RBG, pueden existir 5 reportes de información a corto plazo y de subbanda (uno por RBG) y 1 reporte de información a largo plazo y de banda ancha (para el canal de comunicaciones como un todo) asociado con el canal de comunicaciones. Sin embargo, la información a corto plazo y de subbanda y la información a largo plazo y de banda ancha pueden ser reportadas a diferentes periodos, tasas, o frecuencias de reporte.

La Figura 6 ilustra un diagrama de flujo de las operaciones 600 de ejemplo que se producen en un TP como el TP que recibe la información de retroalimentación. Las operaciones 600 pueden ser indicativas de las operaciones que se producen en un TP, tales como en un eNB en una transmisión de enlace descendente o un UE en una transmisión de enlace ascendente, según el TP recibe la información de retroalimentación.

Las operaciones 600 pueden empezar con el TP recibiendo la información a corto plazo y de subbanda (bloque 605). La información a corto plazo y de subbanda puede incluir la información de MCS de subbanda a corto plazo o de SINR de post procesamiento. La información a corto plazo y de subbanda puede ser reportada en una base por RBG. Ya que la información es a corto plazo, la tasa a la que la información a corto plazo y de subbanda se reporta es superior

o en un periodo inferior. Como un ejemplo ilustrativo, la información a corto plazo y de subbanda puede ser reportada a una tasa comparable a la que la información de retroalimentación de CQI es reportada en un sistema de comunicaciones OFDMA. El TP puede recibir información a largo plazo y de banda ancha (bloque 610). La información a largo plazo y de banda ancha puede incluir información de NLI de banda ancha a largo plazo o de número de capas. Un reporte único de información a largo plazo y banda ancha puede aplicar para un único UE para la totalidad de una banda de frecuencia usada por el UE. Si el UE usa múltiples bandas de frecuencia, se pueden usar múltiples reportes de información a largo plazo y de banda ancha. Ya que la información es a largo plazo, la tasa a la que la información a largo plazo y de banda ancha es reportada normalmente es inferior o a una tasa o frecuencia inferior. De manera general, la tasa de reporte para la información a largo plazo y banda ancha es inferior que la tasa de reporte para la información a corto plazo y de subbanda, a veces, mucho menor. La información a corto plazo y banda ancha se puede determinar a partir de la geometría a largo plazo del UE.

Según una realización de ejemplo, se realiza la selección de tasa dinámica para ayudar a mejorar el rendimiento del sistema de comunicaciones. La selección de tasa dinámica puede incluir adaptación de capa (por sus siglas en inglés, LA) que compensa la pérdida de información debido a las diferencias de tasas de reporte entre las componentes de información a corto plazo y de subbanda y de información a largo plazo y de banda ancha. Como un ejemplo ilustrativo, el número de capas se ajusta de manera dinámica por RBG en base al conocimiento de los reportes de NLI de banda ancha a largo plazo y de MCS de subbanda a corto plazo. Como consecuencia, el MCS se puede ajustar también por RBG para reflejar cualquier cambio en el número de capas. La selección de tasa dinámica puede incluir también una unificación de capa (por sus siglas en inglés, LU) que reduce la sobrecarga de señalización para propósitos de planificación estableciendo un número único unificado de capas para cada RBG asignado de un UE. Como un ejemplo ilustrativo, el número de capas puede variar sobre los RBG asignados de un UE. La LU reduce la sobrecarga de señalización involucrada en la planificación unificando el número de capas y de MCS a lo largo de los RBG asignados al UE. Se observa que la selección de tasa dinámica puede incluir la LA, la LU, o la LA y LU.

La Figura 7 ilustra un diagrama de flujo de las operaciones 700 de ejemplo que se producen en un TP según el TP realiza la selección de tasa dinámica. Las operaciones 700 pueden ser indicativas de las operaciones que se producen en un TP, tales como un eNB en una transmisión de enlace descendente o un UE en una transmisión de enlace ascendente, según el TP realiza la selección de tasa dinámica.

Las operaciones 700 pueden comenzar con el TP realizando la adaptación de capa (bloque 705). La LA puede hacer uso de la información de retroalimentación proporcionada por los UE, incluyendo un reporte de NLI de banda ancha a largo plazo y un reporte de MCS de subbanda a corto plazo por RBG. El reporte de NLI de banda ancha a largo plazo se reporta normalmente a una tasa inferior que los reportes de MCS de subbanda a corto plazo. El TP puede ajustar el número de capas por subbanda de acuerdo con el reporte de NLI a largo plazo y el reporte de MCS de subbanda a corto plazo recibidos. El TP puede ajustar también el MCS de subbanda por RBG para reflejar el cambio en el número de capas.

El TP puede usar el número de capas (como ajustado) y el MCS de subbanda por RBG (como ajustado) para planificar los UE (bloque 710). Como un ejemplo ilustrativo, el número de capas (como ajustado) y el MCS de subbanda por RBG (como ajustado) se pueden usar en un cálculo de métrica PF, una selección de emparejamiento de UE, así como en otro procesamiento.

El TP puede realizar la unificación de capa (bloque 715). La planificación para los UE puede haber resultado en uno o más RBG que se asignan a un UE o unos UE con potencialmente diferentes números de capas asociados con cada RBG. En general, el número de capas para cada RBG puede ser diferente. Sin embargo, es necesario una sobrecarga de señalización adicional para ayudar a los diferentes números de capas para cada uno de los RBG. La LU puede unificar el número de capas y seleccionar un MCS para los RBG asignados a un UE. Como un ejemplo ilustrativo, se especifica un número específico de un diferente número de combinaciones de capas y MCS (y se almacena en una tabla, por ejemplo) y el TP puede seleccionar una combinación concreta de número de capas y MCS y señalar un índice correspondiente a la combinación seleccionada de número de capas y MCS al UE. Esta técnica de ejemplo puede ser similar a la selección y señalización del MCS en los sistemas de comunicaciones OFDMA. Las diferentes versiones de la tabla pueden estar disponibles para SCMA o LDS.

Se observa que el TP puede realizar la LA sin realizar la LU, y de manera similar, realizar la LU sin realizar la LA. Por lo tanto, las realizaciones de ejemplo de la selección de tasa dinámica pueden incluir: los bloques 705 y 710; los bloques 710 y 715; o los bloques 705, 710, y 715.

La Figura 8 ilustra un diagrama de flujo de las operaciones 800 de ejemplo que se producen en un TP según el TP realiza la LA. Las operaciones 800 pueden ser indicativas de las operaciones que se producen en un TP, tales como un eNB en una transmisión de enlace descendente o un UE en una transmisión de enlace ascendente, según el TP realiza la LA.

Las operaciones 800 pueden comenzar con el TP determinando una SINR LDS ( $\gamma_{i,lds}$ ) y un número de capas ( $J_i$ ) para el RBG  $i$  a partir de la información de retroalimentación (bloque 805). Tal como se discutió anteriormente, la información de retroalimentación puede llegar a diferentes tasas y la información de retroalimentación usada para determinar la SINR LDS el número de capas puede no estar absolutamente

actualizado. El TP puede determinar una SINR de única entrada múltiple salida (SIMO) ( $\gamma_{i, simo}$ ) (bloque 810). La SINR SIMO se puede determinar usando la expresión

$$\log_2(1 + \gamma_{i,lds}) = \frac{1}{J_i} \log_2 \det \left( \mathbf{I} + \frac{\gamma_{i,simo}}{J_i} \mathbf{S}^H(J_i) \mathbf{S}(J_i) \right),$$

por ejemplo.

- 5 El TP puede ajustar el número de capas (bloque 815). El ajuste del número de capas se puede hacer usando la información pre-configurada, tal como el número de capas contra la información de SINR almacenada en una tabla de búsqueda. El ajuste del número de capas puede hacerse también usando los datos gráficos. La Tabla 1 ilustra una tabla de búsqueda de ejemplo de número de capas contra SINR. El número ajustado de capas puede ser referido como  $J_i^{aj}$ .

10

Tabla 1: Número de Capas contra SINR ( $\gamma_{i, simo}$ )

Número de capas	2	3	4	5	6
Límite inferior del intervalo (dB)	$-\infty$	-2,3545	-0,8082	0,9515	1,8201
Límite superior del intervalo (dB)	-2,3545	-0,8082	0,9515	1,8201	$+\infty$

El TP puede ajustar la SINR LDS (bloque 820). El TP se puede ajustar usando la expresión:

$$\log_2(1 + \gamma_{i,lds}^{aj}) = \frac{1}{J_i^{aj}} \log_2 \det \left( \mathbf{I} + \frac{\gamma_{i,simo}}{J_i^{aj}} \mathbf{S}^H(J_i^{aj}) \mathbf{S}(J_i^{aj}) \right)$$

Por ejemplo. La SINR LDS puede ser referida como  $\gamma_{i,lds}^{aj}$ .

15

El TP puede determinar una tasa para un canal de comunicaciones entre el TP y el UE de acuerdo con  $J_i^{aj}$  y  $\gamma_{i,lds}^{aj}$  (bloque 825). El TP puede determinar una métrica, tal como una métrica de igualdad proporcional, para el RBG  $i$  (bloque 830).

20

La Figura 9 ilustra un diagrama de flujo de las operaciones 900 de ejemplo que se producen en un TP según el TP realiza la selección de MCS sin la LU. Las operaciones 900 pueden ser indicativas de las operaciones que se producen en un TP, tales como un eNB en una transmisión de enlace descendente o un UE en una transmisión de enlace ascendente, según el TP realiza la selección de MCS sin LU.

Las operaciones 900 pueden comenzar con el TP determinando una SINR efectiva (bloque 905). Por propósitos de discusión, hagamos que  $J_i^{aj}$  y  $\gamma_{i,lds}^{aj}$  sean el número ajustado de capas y la SINR LDS ajustada para el RBG  $i$ , donde el RBG  $i \in \mathbb{G}$  se asigna a un UE y el conjunto de RBG asignados es  $\mathbb{G}$ . El TP puede determinar la SINR efectiva evaluando la expresión

25

$$\gamma_{ef,lds} = f^{-1} \left( \frac{\sum_{i \in \mathbb{G}} J_i^{aj} f(\gamma_{i,lds}^{aj})}{\sum_{i \in \mathbb{G}} J_i^{aj}} \right),$$

Donde  $f(\cdot)$  es una función de abstracción PHY tal como una correspondencia de la relación señal a ruido efectiva exponencial (EESM), por ejemplo. El TP puede determinar el MCS para una capa de acuerdo con la SINR efectiva (bloque 910). El RBG  $i$  puede llevar información sobre las capas  $J_i^{aj}$  mientras todas las capas de todos los RBG asignados de un UE tienen el mismo MCS.

30

La Figura 10a ilustra un diagrama de flujo de las operaciones 1000 de ejemplo que se producen en un TP según el TP realiza la selección de LU y MCS. Las operaciones 1000 pueden ser indicativas de las operaciones que se producen en un TP, tales como un eNB en una transmisión de enlace descendente o un UE en una transmisión de enlace ascendente, según el TP realiza la selección de MCS y LU.

35

Por propósitos de discusión, hagamos que  $J_i^{aj}$  y  $\gamma_{i,lds}^{aj}$  sean el número ajustado de capas y la SINR LDS ajustada para el RBG  $i$ , donde el RBG  $i \in \mathbb{G}$  se asigna a un UE y el conjunto de RBG asignados es  $\mathbb{G}$ . Se observa que

$$\log_2(1 + \gamma_{i,l ds}^{aj}) = \frac{1}{J_i^{aj}} \log_2 \det \left( \mathbf{I} + \frac{\gamma_{i,simo}}{J_i^{aj}} \mathbf{S}^H(J_i^{aj}) \mathbf{S}(J_i^{aj}) \right)$$

Además, suponga que  $J$  es un número unificado de capas a lo largo de todo el conjunto  $\mathbb{G}$  de RBG.

Las operaciones 1000 pueden comenzar con el TP actualizando la SINR LDS para cada RBG  $i \in \mathbb{G}$  correspondiente al número unificado de capas (bloque 1005). La actualización de la SINR LDS se puede realizar evaluando la expresión

$$\log_2(1 + \tilde{\gamma}_{i,l ds}) = \frac{1}{\tilde{J}} \log_2 \det \left( \mathbf{I} + \frac{\gamma_{i,simo}}{\tilde{J}} \mathbf{S}^H(\tilde{J}) \mathbf{S}(\tilde{J}) \right)$$

5 por ejemplo. El TP puede determinar una SINR efectiva (bloque 1007). La determinación de la SINR efectiva se puede conseguir evaluando la expresión

$$\tilde{\gamma}_{ef,l ds} = f^{-1} \left( \frac{\sum_{i \in \mathbb{G}} f(\tilde{\gamma}_{i,l ds})}{|\mathbb{G}|} \right)$$

10 donde  $f(\cdot)$  es una función de abstracción física tal como EESM y  $|\mathbb{G}|$  es el número de RBG asignados al UE, por ejemplo.

El TP puede determinar un MCS para una capa en base a la SINR efectiva (bloque 1009). El MCS de la capa se puede determinar de acuerdo con  $\tilde{\gamma}_{ef,l ds}$  y la eficiencia espectral del MCS se expresa como  $SE(\tilde{J})$ . El TP puede buscar sobre los valores válidos de  $\tilde{J}$  para maximizar la eficiencia espectral total (bloque 1011). En otras palabras  $J^*, MCS^* = \max_{\tilde{J}} \tilde{J} SE(\tilde{J})$

15 La Figura 10b ilustra un diagrama de flujo de las operaciones 1030 de ejemplo que se producen en un TP según el TP realiza la selección de LU y MCS, en donde las operaciones son una aproximación de la técnica mostrada en la Figura 10a. Las operaciones 1030 pueden ser indicativas de las operaciones que se producen en un TP, tal como un eNB en una transmisión de enlace descendente o un UE en una transmisión de enlace ascendente, según el TP realiza la selección de LU y MCS usando una técnica de aproximación.

20 Por propósitos de discusión, hagamos que  $J_i^{aj}$  y  $\gamma_{i,l ds}^{aj}$  sean el número ajustado de capas y la SINR LDS ajustada para el RBG  $i \in \mathbb{G}$  se asigna a un UE y el conjunto de RBG asignados es  $\mathbb{G}$ . Se observa que

$$\log_2(1 + \gamma_{i,l ds}^{aj}) = \frac{1}{J_i^{aj}} \log_2 \det \left( \mathbf{I} + \frac{\gamma_{i,simo}}{J_i^{aj}} \mathbf{S}^H(J_i^{aj}) \mathbf{S}(J_i^{aj}) \right)$$

Las operaciones 1030 pueden comenzar con el TP determinando una SINR efectiva antes de la LU (bloque 1035). Como un ejemplo, la SINR efectiva se puede expresar como

$$\gamma_{ef,l ds} = f^{-1} \left( \frac{\sum_{i \in \mathbb{G}} J_i^{aj} f(\gamma_{i,l ds}^{aj})}{\sum_{i \in \mathbb{G}} J_i^{aj}} \right),$$

25 donde  $f(\cdot)$  es una función de abstracción PHY tal como EESM. De manera adicional, el TP establece

$$\tilde{\gamma}_{ef,l ds} = \gamma_{ef,l ds}$$

El TP puede determinar un número unificado de capas  $J^*$  a lo largo de todo el conjunto  $\mathbb{G}$  de RBG (bloque 1037). El número unificado de capas se puede expresar como

$$J^* = \left\lceil \frac{\sum_{i \in \mathbb{G}} J_i^{aj} \log_2(1 + \gamma_{i,l ds}^{aj})}{|\mathbb{G}| \log_2(1 + \tilde{\gamma}_{ef,l ds})} \right\rceil$$

30

por ejemplo, donde  $|\mathbb{G}|$  es el número de RBG asignados al UE. Se observa que se hace una aproximación con respecto a las SINR efectivas antes y después de suponer que la LU sea la misma.

El TP puede actualizar la SINR LDS de cada RBG (bloque 1039). La actualización de la SINR LDS de cada RBG se puede hacer corresponder al número unificado de capas. Como un ejemplo, la actualización de la SINR LDS se puede expresar como

$$\log_2(1 + \tilde{\gamma}_{i,l ds}) = \frac{1}{J^*} \log_2 \det \left( \mathbf{I} + \frac{\gamma_{i,simo}}{J^*} \mathbf{S}^H(J^*) \mathbf{S}(J^*) \right)$$

El TP puede determinar la SINR efectiva después de los ajustes de la SINR LDS y de la LU (bloque 1041). La SINR efectiva se puede expresar como

$$\tilde{\gamma}_{ef,l ds} = f^{-1} \left( \frac{\sum_{i \in \mathbb{G}} f(\tilde{\gamma}_{i,l ds})}{|\mathbb{G}|} \right)$$

El TP puede determinar el MCS de una capa, así como la eficiencia espectral (bloque 1043). El MCS de la capa se puede determinar de acuerdo con la SINR efectiva,  $\tilde{\gamma}_{ef,l ds}$  mientras que la eficiencia espectral es  $SE(J^*)$ . El TP puede volver al bloque 1037 para repetirse si la aumenta la eficiencia espectral global ( $J^* SE(J^*)$ ).

La Figura 10c ilustra un diagrama de flujo de las operaciones 1060 de ejemplo que se producen en un TP según el TP realiza la selección de LU y MCS, en donde las operaciones son una simplificación de la técnica mostrada en la Figura 10b. Las operaciones 1060 pueden ser indicativas de las operaciones que se producen en un TP, tal como un eNB en una transmisión de enlace descendente o un UE en una transmisión de enlace ascendente, según el TP realiza la selección de LU y MCS usando una técnica simplificada.

Por propósitos de discusión, hagamos que  $J_i^{aj}$  y  $\gamma_{i,l ds}^{aj}$  sean el número ajustado de capas y la SINR LDS ajustada para el RBG  $i$ , donde el RBG  $i \in \mathbb{G}$  se asigna a un UE y el conjunto de RBG asignados es  $\mathbb{G}$ . Se observa que

$$\log_2(1 + \gamma_{i,l ds}^{aj}) = \frac{1}{J_i^{aj}} \log_2 \det \left( \mathbf{I} + \frac{\gamma_{i,simo}}{J_i^{aj}} \mathbf{S}^H(J_i^{aj}) \mathbf{S}(J_i^{aj}) \right)$$

Las operaciones 1060 pueden comenzar con el TP determinando un número unificado de capas  $J^*$  a lo largo de todo el conjunto  $\mathbb{G}$  de RBG (bloque 1065). El número unificado de capas se puede expresar como

$$J^* = \bar{J} = \left\lfloor \frac{\sum_{i \in \mathbb{G}} J_i^{aj}}{|\mathbb{G}|} \right\rfloor$$

por ejemplo, donde  $|\mathbb{G}|$  es el número de RBG asignados al UE.

El TP puede actualizar la SINR LDS de cada RBG (bloque 1067). La actualización de la SINR LDS de cada RBG se puede hacer correspondiente al número unificado de capas. Como un ejemplo, la actualización de la SINR LDS se puede expresar como

$$\log_2(1 + \tilde{\gamma}_{i,l ds}) = \frac{1}{J^*} \log_2 \det \left( \mathbf{I} + \frac{\gamma_{i,simo}}{J^*} \mathbf{S}^H(J^*) \mathbf{S}(J^*) \right)$$

El TP puede determinar la SINR efectiva después de la LU (bloque 1069). La SINR efectiva se puede expresar como

$$\tilde{\gamma}_{ef,l ds} = f^{-1} \left( \frac{\sum_{i \in \mathbb{G}} f(\tilde{\gamma}_{i,l ds})}{|\mathbb{G}|} \right),$$

donde  $f(\cdot)$  es una función de abstracción PHY tal como EESM y  $|\mathbb{G}|$  es el número de RBG asignados al UE.

El TP puede determinar el MCS de una capa (bloque 1071). El MCS de la capa se puede determinar de acuerdo con la SINR efectiva,  $\tilde{\gamma}_{ef,l ds}$ .

La Figura 11 ilustra un primer dispositivo 1100 de comunicaciones de ejemplo. El dispositivo 1100 de comunicaciones puede ser una implementación de un punto de transmisión, tal como un controlador de comunicaciones, tal como un eNB, una estación base, un NodoB, un controlador, y similares, y un UE, tal como un usuario, un abonado, un terminal, un móvil, una estación móvil, y similares. El dispositivo 1100 de comunicaciones se puede usar para implementar las diversas realizaciones discutidas en la presente memoria. Tal como se muestra en la Figura 11, se configura un transmisor 1105 para transmitir tramas, información de adaptación de enlace, y similar. El dispositivo 1100 de comunicaciones incluye también un receptor 1110 que se configura para recibir tramas, vectores CQI, y similares.

Se configura una unidad 1120 de procesamiento para recibir información de retroalimentación, tal como la información a largo plazo y de banda ancha (por ejemplo, NLI de banda ancha a largo plazo, número de capas, y similares) o la información de subbanda a corto plazo (por ejemplo, MCS de subbanda a corto plazo, SINR de post procesamiento, y similares) a diferentes tasas de reporte. Se configura una unidad 1122 de adaptación de capa para realizar la LA (esto es, ajustar un número de capas o un MCS) para los RBG asignados a un UE. La unidad 1122 de adaptación de capa se configura para realizar la LA de acuerdo con la información de retroalimentación recibida. Se configura una unidad 1124 de unificación de capa para unificar el número de capas o la MCS a lo largo de los RBG asignados a un UE. La unidad 1124 de unificación de capa se configura para realizar la LU de acuerdo con la información de retroalimentación recibida. Se configura un planificador 1126 para planificar los RBG para los UE. Se configura una unidad 1128 de gestión de la información para gestionar información, tal como la información del número de capas contra la SINR, las combinaciones aceptables de número de capas y MCS, y similares. De manera colectiva, la unidad 1122 de adaptación de capa, la unidad 1124 de unificación de capa, y el planificador 1126 pueden ser una implementación de una unidad de selección de tasa dinámica. Se configura una memoria 1130 para almacenar los vectores CQI, la información a corto plazo y de subbanda, la información a largo plazo y de banda ancha, la información de adaptación de capa, la información de unificación de capa, la información de planificación, la información de número de capas contra SINR, las combinaciones aceptables de número de capas y MCS, y similares.

Los elementos del dispositivo 1100 de comunicaciones pueden ser implementados como bloques lógicos de hardware específicos. En una alternativa, los elementos del dispositivo 1100 de comunicaciones se pueden implementar como software que se ejecuta en un procesador, un controlador, un circuito integrado específico de aplicación, o así sucesivamente. En aun otra alternativa, los elementos del dispositivo 1100 de comunicaciones se pueden implementar como una combinación de software y hardware.

Como un ejemplo, el receptor 1110 y el transmisor 1105 se pueden implementar como un bloque de hardware específico, mientras que la unidad 1120 de procesamiento de retroalimentación, la unidad 1122 de adaptación de capa, la unidad 1124 de unificación de capa, el planificador 1126, y la unidad 1128 de gestión de la información pueden ser módulos de software que se ejecutan en un microprocesador (tal como el procesador 1115) o un circuito personalizado o una matriz lógica compilada personalizado de matrices lógicas programables en campo. La unidad 1120 de procesamiento de la retroalimentación, la unidad 1122 de adaptación de capa, la unidad 1124 de unificación de capa, el planificador 1126, y la unidad 1128 de gestión de la información pueden ser módulos almacenados en la memoria 1130.

La Figura 12 ilustra un segundo dispositivo 1200 de comunicaciones de ejemplo. El dispositivo 1200 de comunicaciones puede ser una implementación de un punto de recepción, tal como un controlador de comunicaciones, tal como un eNB, una estación base, un NodoB, un controlador, y similares, y un UE tal como un usuario, un abonado, un terminal, un móvil, una estación móvil, y similares. El dispositivo 1200 de comunicaciones se puede usar para implementar diversas realizaciones discutidas en la presente memoria. Tal como se muestra en la Figura 12, se configura un transmisor 1205 para transmitir tramas, vectores CQI, y similares. El dispositivo 1200 de comunicaciones incluye también un receptor 1210 que se configura para recibir tramas, información de adaptación de enlace, y similares.

Se configura una unidad 1220 de generación de vectores para generar vectores CQI, tal como la información a largo plazo y de banda ancha (por ejemplo, los NLI de banda ancha a largo plazo, el número de capas, y similares) o la información a corto plazo y de subbanda (por ejemplo, el MCS de subbanda a corto plazo, la SINR de post procesamiento, y similares) a diferentes tasas de reporte. La unidad 1220 de generación de vectores se configura para generar la información de retroalimentación de acuerdo con las mediciones de las transmisiones hechas por un punto de transmisión. Se configura una unidad 1222 de generación de retroalimentación para generar mensajes de información de retroalimentación a partir de los vectores CQI generados por la unidad 1220 de generación de vectores. Los mensajes de información de retroalimentación pueden ser transmitidos por el dispositivo 1200 de comunicaciones. Se configura una unidad 1224 de gestión de la información para gestionar la información, tal como la información del número de capas contra la SINR, las combinaciones aceptables de número de capas y MCS, y similares. Se configura una memoria 1230 para almacenar los vectores CQI, la información a corto plazo y de subbanda, la información a largo plazo y de banda ancha, la información de adaptación de capa, la información de unificación de capa, la información de planificación, la información de número de capas contra la SINR, las combinaciones aceptables de número de capas y MCS, y similares.

Los elementos del dispositivo 1200 de comunicaciones se pueden implementar como bloques lógicos de hardware específicos. En una alternativa, los elementos del dispositivo 1200 de comunicaciones se pueden implementar como software que se ejecuta en un procesador, un controlador, un circuito integrado específico de aplicación, o así

sucesivamente. En aún otra alternativa, los elementos del dispositivo 1200 de comunicaciones se pueden implementar como una combinación de software y hardware.

5 Como un ejemplo, se pueden implementar un receptor 1210 y un transmisor 1205 como un bloque de hardware específico, mientras que la unidad 1220 de generación de vectores, la unidad 1222 de generación de retroalimentación, y la unidad 1224 de gestión de la información pueden ser módulos de software que se ejecutan en un microprocesador (tal como el procesador 1215) o un circuito personalizado o una matriz lógica compilada personalizada de matrices lógicas programables en campo. La unidad 1220 de generación de vectores, la unidad 1222 de generación de retroalimentación, y la unidad 1224 de gestión de la información pueden ser módulos almacenados en la memoria 1230.

10 Según un ejemplo, un método para operar un punto de recepción incluye determinar, mediante el punto de recepción, un número de banda ancha de indicador de capa (NLI) para un canal de comunicaciones entre el punto de recepción y un punto de transmisión; obtener, mediante el punto de recepción, un rango de valores de relación de señal más interferencia a ruido (SINR) de post procesamiento de subbanda para el canal de comunicaciones con un número de capas de acuerdo con el NLI, los valores de SINR de post procesamiento de subbanda obtenidos de acuerdo con una  
15 estimación de canal del canal de comunicaciones, la información de interferencia sobre el canal de comunicaciones, y o la información de libro de códigos; seleccionar, mediante el punto de recepción, un esquema de modulación y codificación (MCS) de acuerdo con los valores de SINR de post procesamiento; transmitir, mediante el punto de recepción, el NLI a una primera tasa de reporte a un punto de transmisión; y transmitir, mediante el punto de recepción, el MCS seleccionado a una segunda tasa de reporte al punto de transmisión, en donde la primera tasa de reporte es  
20 menor que la segunda tasa de reporte.

Según un ejemplo adicional, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el MCS se selecciona de acuerdo con un número más recientemente actualizado de capas.

Según un ejemplo adicional, en cualquiera de los ejemplos anteriores, cuando el MCS y el NLI seleccionados se reportan de manera simultánea, el MCS se selecciona de acuerdo con el NLI reportado.

25 Según un ejemplo adicional, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el MCS es información de subbanda a corto plazo, y en donde el número de capas es información de banda ancha a largo plazo.

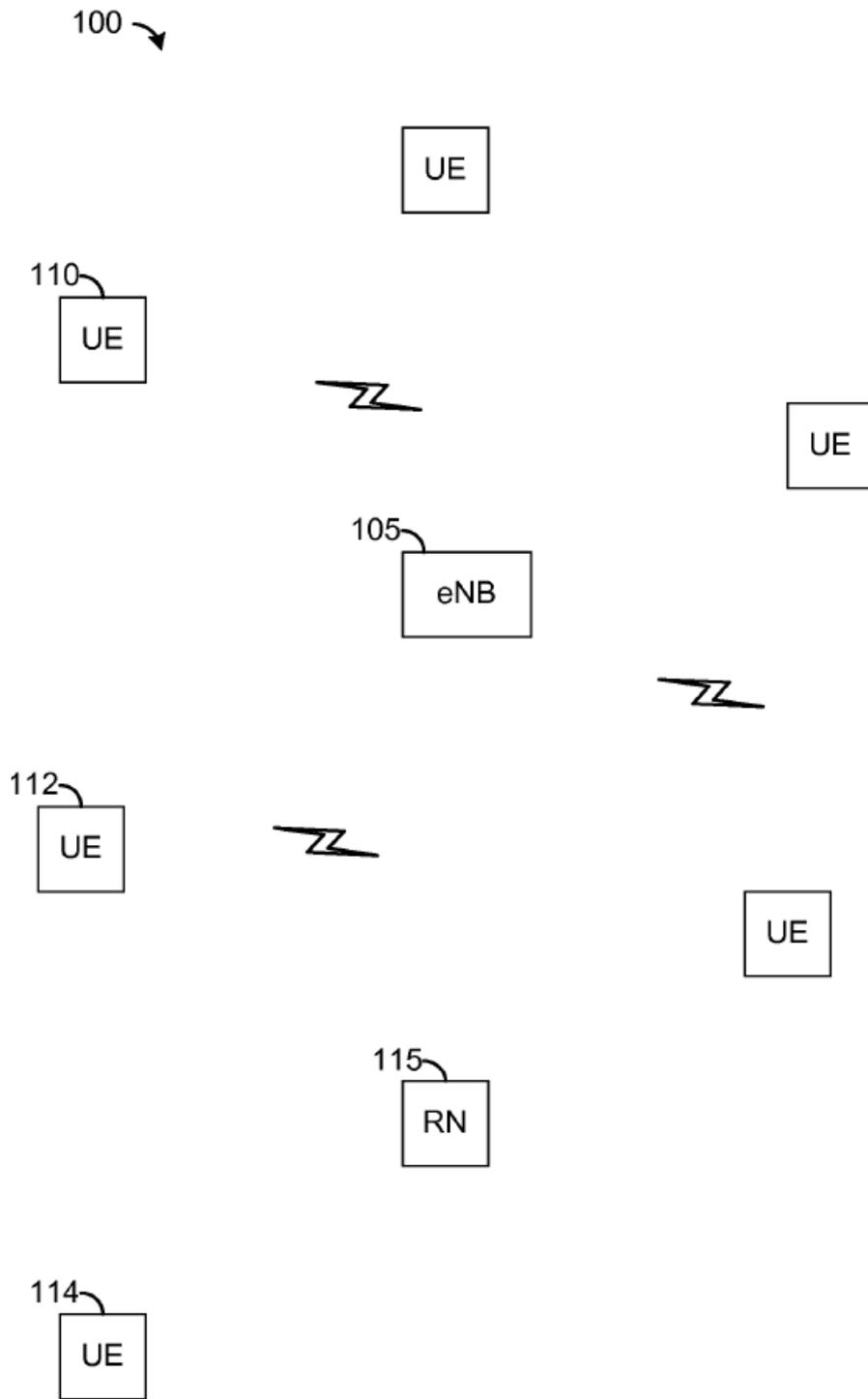
Según un ejemplo adicional, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el NLI se determina en la primera tasa de reporte, y los valores de SINR de post procesamiento se determinan en la segunda tasa de reporte.

30 Aunque la presente descripción y sus ventajas se han descrito en detalle, se debería entender que se pueden hacer diversos cambios, sustituciones y alteraciones en la presente memoria sin salir del alcance de la descripción tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

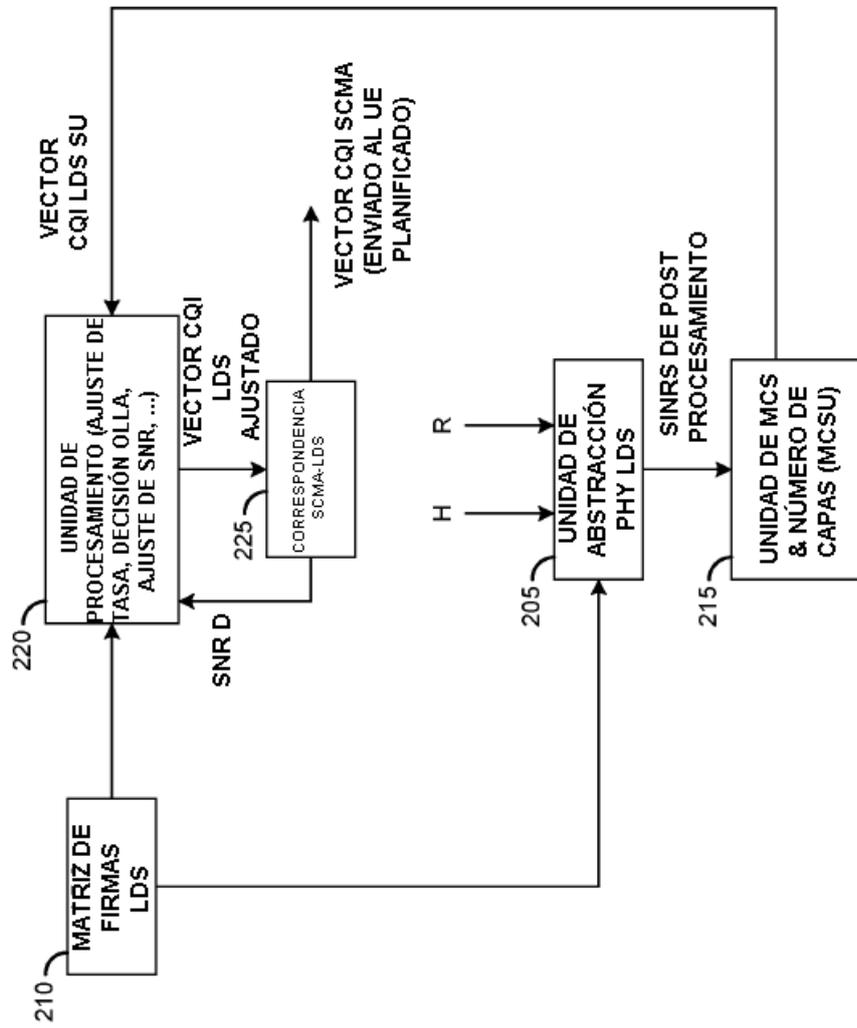
**REIVINDICACIONES**

1. Un método para operar un punto de transmisión en un sistema de comunicaciones, comprendiendo el método:  
 recibir (610), mediante el punto de transmisión, la información de retroalimentación de banda ancha para la totalidad de una banda de frecuencia de un canal de comunicaciones a una primera tasa de reporte;
- 5 recibir (605), mediante el punto de transmisión, la información de retroalimentación de subbanda para una subbanda del canal de comunicaciones a una segunda tasa de reporte, en donde la primera tasa de reporte es menor que la segunda tasa de reporte; y
- realizar (510), mediante el punto de transmisión, la selección de tasa dinámica para los grupos de bloques de recursos, RBG, del sistema de comunicaciones de acuerdo con la información de retroalimentación de banda ancha y la  
 10 información de retroalimentación de subbanda,  
 caracterizado por que la realización (510) de la selección de tasa dinámica comprende:  
 ajustar (705) un número de capas multiplexadas del dominio de código para los RBG de acuerdo con la información de retroalimentación de banda ancha y la información de retroalimentación de subbanda; y  
 15 ajustar (705) un esquema de modulación y codificación para los RBG de acuerdo con la información de retroalimentación de banda ancha y la información de retroalimentación de subbanda.
2. El método de la reivindicación 1, en donde la información de retroalimentación de banda ancha comprende un indicador de número de capa de banda ancha, y en donde la información de retroalimentación de subbanda comprende un indicador de esquema de modulación y codificación de subbanda.
3. El método de la reivindicación 1, en donde la realización (510) la selección de tasa dinámica comprende la  
 20 realización (705) de la adaptación de capa para los RBG o la planificación (710) de los RBG para un punto de recepción de acuerdo con el número ajustado de capas y el esquema de modulación y codificación ajustado.
4. El método de la reivindicación 1, en donde la realización de la selección de tasa dinámica comprende:  
 planificar los RBG (710) para un punto de recepción;  
 25 ajustar la información de retroalimentación de subbanda de acuerdo con el número ajustado de capas para producir la información de retroalimentación de subbanda ajustada; y  
 realizar la unificación (715) de capa para los RBG planificados en conjunción con el número de capas ajustado y la información de retroalimentación de subbanda ajustada, en donde la realización (715) de la unificación de capa comprende:  
 30 determinar un número de capas o un esquema de modulación y codificación para los RBG planificados de acuerdo con el número de capas ajustado y la información de retroalimentación de subbanda ajustada.
5. El método de la reivindicación 4, en donde los RBG se planifican de acuerdo con el número de capas ajustado y el esquema de modulación y codificación ajustado.
6. Un punto de transmisión que comprende:  
 35 un receptor (1110) configurado para recibir la información de retroalimentación de banda ancha para la totalidad de una banda de frecuencia de un canal de comunicaciones a una primera tasa de reporte, y para recibir la información de retroalimentación de subbanda para una subbanda del canal de comunicaciones a una segunda tasa de reporte, en donde la primera tasa de reporte es menor que la segunda tasa de reporte; y  
 un procesador (1115) acoplado de manera operativa al receptor (1110), el procesador (1115) configurado para realizar la selección de tasa dinámica para los grupos de bloques de recursos, RBG, de un sistema de comunicaciones de  
 40 acuerdo con la información de retroalimentación de banda ancha y la información de retroalimentación de subbanda,  
 caracterizado por que la realización de la selección de tasa dinámica comprende:  
 ajustar un número de capas multiplexadas del dominio de código para los RBG de acuerdo con la información de retroalimentación de banda ancha y la información de retroalimentación; y  
 45 ajustar el esquema de modulación y codificación para los RBG de acuerdo con la información de retroalimentación de banda ancha y la información de retroalimentación de subbanda.
7. El punto de transmisión de la reivindicación 6, en donde la información de retroalimentación de banda ancha comprende un indicador de número de capa de banda ancha, y en donde la información de retroalimentación de subbanda comprende un indicador de esquema de modulación y codificación de subbanda.

8. El punto de transmisión de la reivindicación 6, en donde el procesador (1115) se configura para realizar la adaptación de capa para los RBG.
- 5 9. El punto de transmisión de la reivindicación 6, en donde el procesador (1115) se configura para planificar los RBG para un punto de recepción de acuerdo con el número ajustado de capas y el esquema de modulación y codificación ajustado.
- 10 10. El punto de transmisión de la reivindicación 6, en donde el procesador (1115) se configura para planificar los RBG para un punto de recepción, para ajustar la información de retroalimentación de subbanda de acuerdo con el número ajustado de capas para producir la información de retroalimentación de subbanda ajustada, y para realizar la unificación de capa para los RBG planificados en conjunción con el número de capas ajustado y la información de retroalimentación de subbanda ajustada, en donde realizar la unificación de capa comprende determinar un número de capas o un esquema de modulación y codificación para los RBG planificados de acuerdo con el número ajustado de capas y la información de retroalimentación de subbanda ajustada.
11. El punto de transmisión de la reivindicación 10, en donde los RBG se planifican de acuerdo con el número de capas ajustado y el esquema de modulación y codificación ajustado.
- 15 acceso múltiple por código disperso
- 20 12. El punto de transmisión de la reivindicación 11, que comprende además una memoria (1130) acoplada de manera operativa al procesador (1115), la memoria (1130) configurada para almacenar una tabla de correspondencia del número de capas y los esquemas de modulación y codificación a los parámetros de modulación de acceso por múltiples por código disperso, y en donde el número de capas ajustado y el esquema de modulación y codificación ajustado se hacen corresponder a los parámetros de modulación de acceso múltiple por código disperso de acuerdo con la tabla de correspondencia.



**Fig. 1**

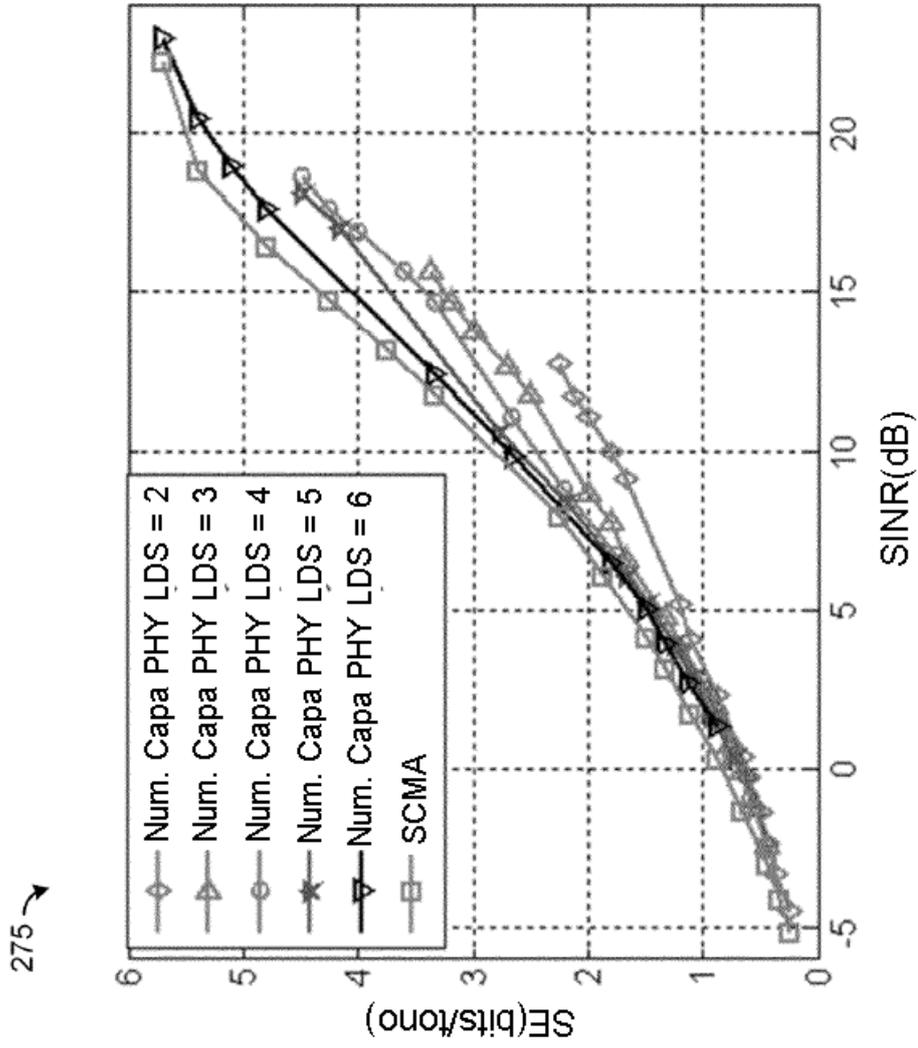


*Fig. 2a*

SCMA				ABS PHY LDS				DSNR		GANANCIA SE	
#Capas	Tasa Código	SE	10% BLER SNR	Mod	#Capas	Tasa Código	SE	10% BLER SNR	Interv. SNR	GANANCIA SE	
2	0.25	0.25	-5,09704	2	2	0.25	0.25	-4,46653	0,630516	0	
2	0.29	0.29	-4,58083	2	2	0.29	0.29	-4,46345	0,11738	0	
2	0.33	0.33	-4,09363	2	2	0.29	0.29	-4,46345	-0,36982	13,79310345	
2	0.25	0.375	-3,4797	2	2	0.375	0.375	-3,32842	0,151275	0	
2	0.4	0.4	-3,04465	2	2	0.33	0.33	-3,32379	-0,27914	21,21212121	
2	0.29	0.435	-2,95658	2	2	0.33	0.33	-3,32379	-0,36721	31,81818182	
2	0.33	0.495	-2,49176	2	2	0.44	0.44	-2,31242	0,179339	12,5	
2	0.375	0.5625	-1,79028	2	2	0.5	0.5	-1,39303	0,397246	12,5	
2	0.29	0.58	-1,77394	2	2	0.5	0.5	-1,39303	0,380909	16	
2	0.4	0.6	-1,4116	2	2	0.5	0.5	-1,39303	0,018567	20	
2	0.33	0.66	-1,3131	2	3	0.375	0.5625	-1,15835	0,154748	17,33333333	
2	0.375	0.75	-0,60199	2	2	0.555	0.555	-0,3119	0,290089	35,13513514	
2	0.4	0.8	-0,21742	2	3	0.44	0.66	-0,07195	0,145463	21,21212121	
2	0.44	0.88	0,315508	2	2	0.75	0.75	0,359078	0,04357	17,33333333	
5	0.375	0.9375	0,963201	2	3	0.5	0.75	0,867238	-0,09596	25	
2	0.5	1	1,0858	2	3	0.5	0.75	0,867238	-0,21856	33,33333333	
2	0.555	1,11	1,773277	2	5	0.375	0.9375	1,686175	-0,0871	18,4	
2	0.6	1,2	2,347613	2	4	0.5	1	2,500787	0,153175	20	
2	0.625	1,25	2,666488	2	3	0.75	1,125	2,723389	0,056901	11,11111111	
2	0.666	1,332	3,171075	4	3	0.33	0.99	3,111386	-0,05969	34,54545455	
2	0.71	1,42	3,706209	2	4	0.6	1,2	3,793514	0,027306	18,33333333	
2	0.75	1,5	4,153506	2	5	0.5	1,25	3,966498	-0,18701	20	
5	0.625	1,5625	4,624519	2	4	0.75	1,5	4,502235	-0,12228	4,166666667	
3	0.555	1,665	5,121777	2	5	0.6	1,5	5,274238	0,152461	11	
6	0.6	1,8	5,754799	4	4	0.375	1,5	5,606977	-0,14782	20	
6	0.625	1,875	6,098444	2	5	0.75	1,875	6,085568	-0,01288	0	
6	0.666	1,998	6,683492	4	4	0.44	1,76	6,740154	0,056663	13,52272727	
6	0.71	2,13	7,323035	2	6	0.75	2,25	7,308673	-0,01436	-5,333333333	
3	0.75	2,25	7,937028	4	6	0.33	1,98	7,769818	-0,16721	13,63636364	
4	0.6	2,4	9,401391	6	3	0.44	1,98	9,605275	0,203884	21,21212121	
4	0.625	2,5	9,714903	4	6	0.44	2,64	9,834257	0,119355	-5,303030303	
4	0.666	2,664	10,35315	4	5	0.555	2,775	10,62041	0,267262	-4	
4	0.71	2,84	11,04042	4	4	0.75	3	11,06643	0,02601	-5,333333333	
4	0.75	3	11,81811	4	5	0.6	3	11,98853	0,170427	0	

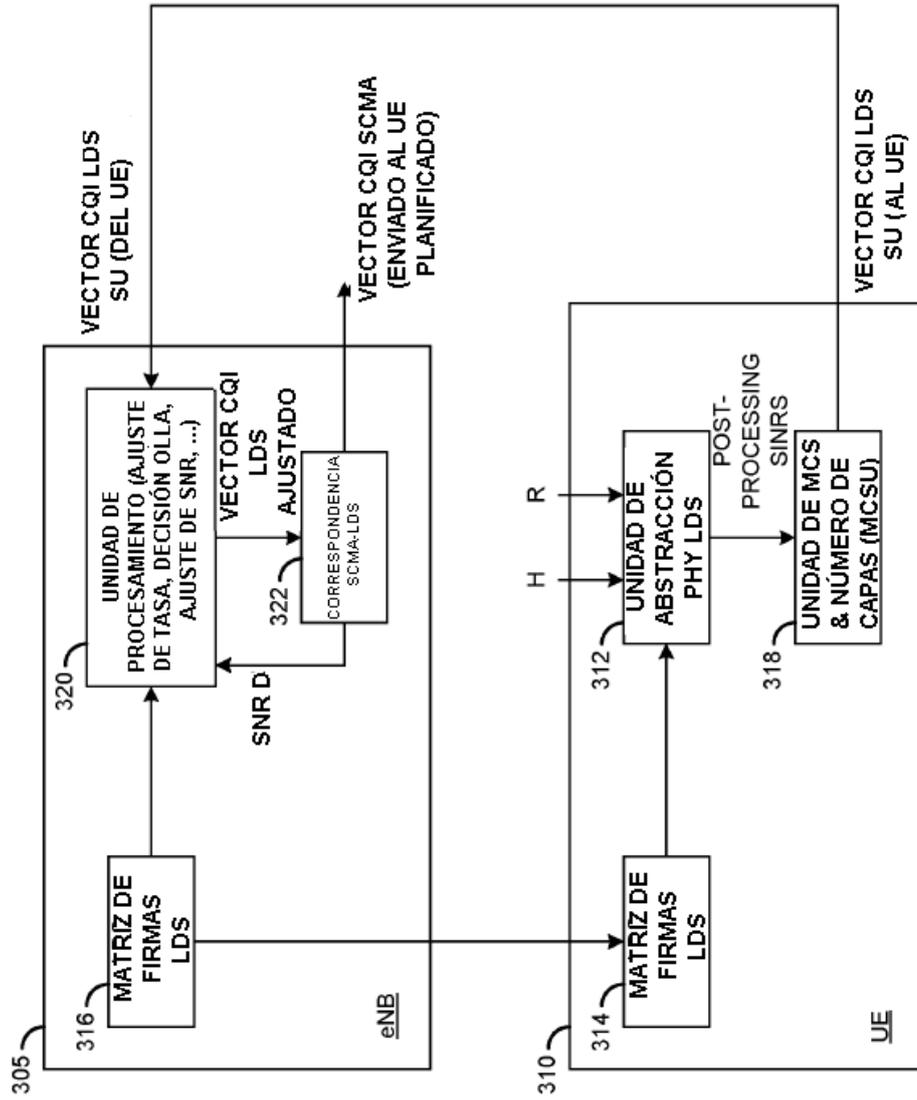
250 ↙

Fig. 2b

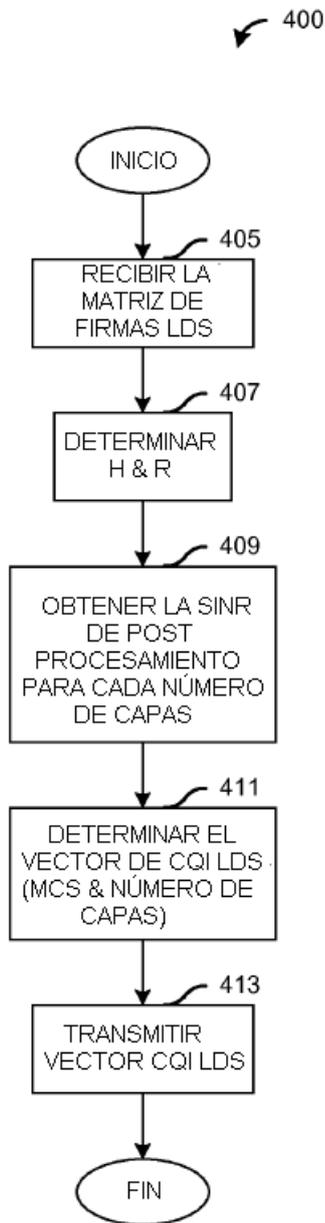


**Fig. 2c**

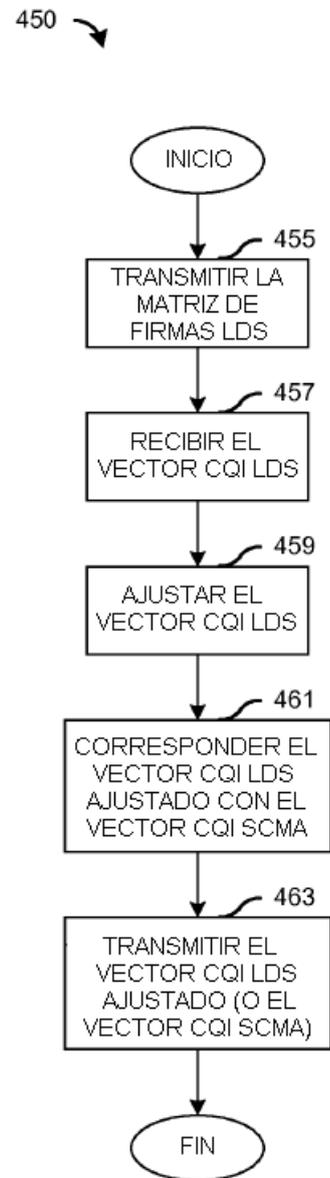
300 ↖



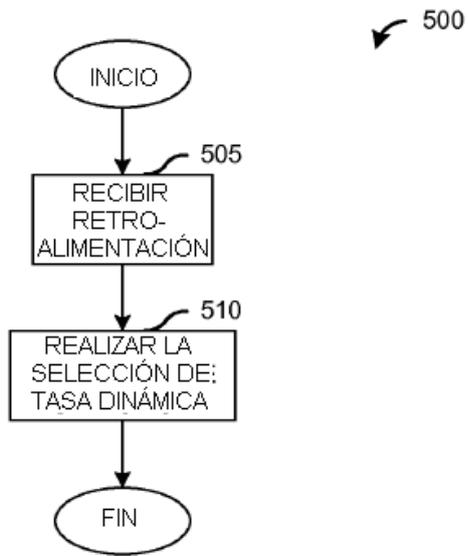
**Fig. 3**



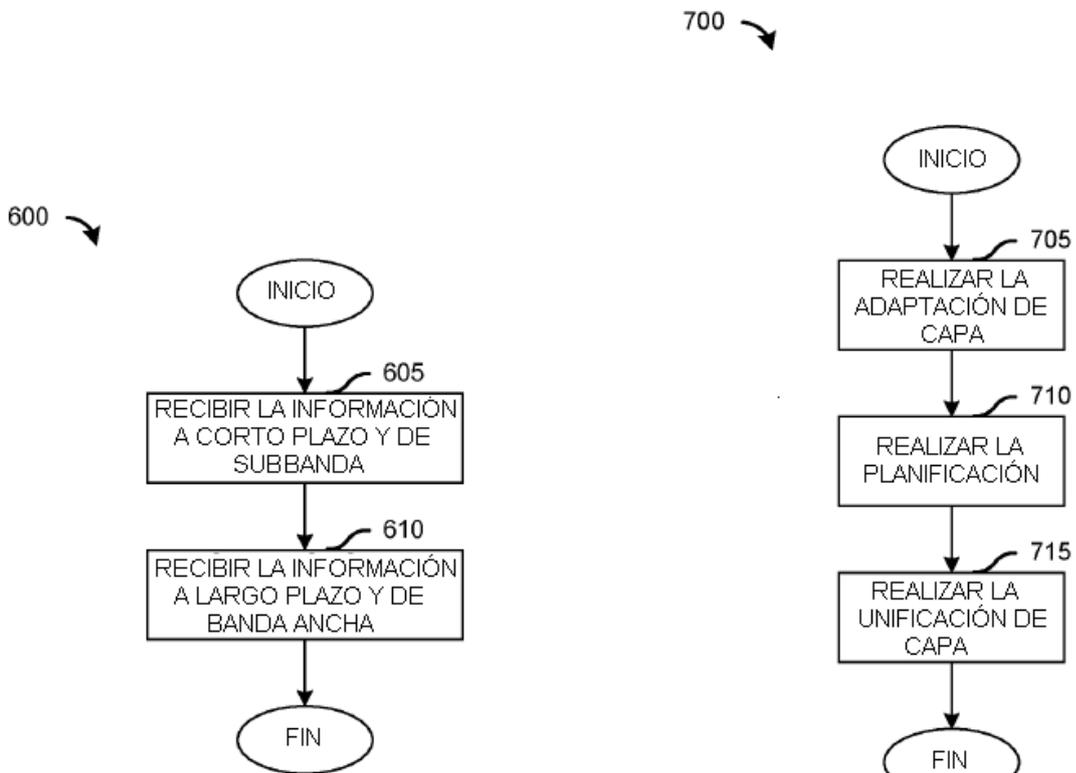
**Fig. 4a**



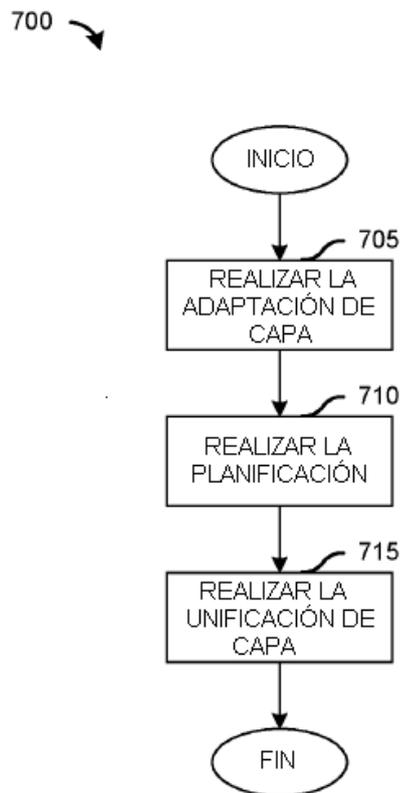
**Fig. 4b**



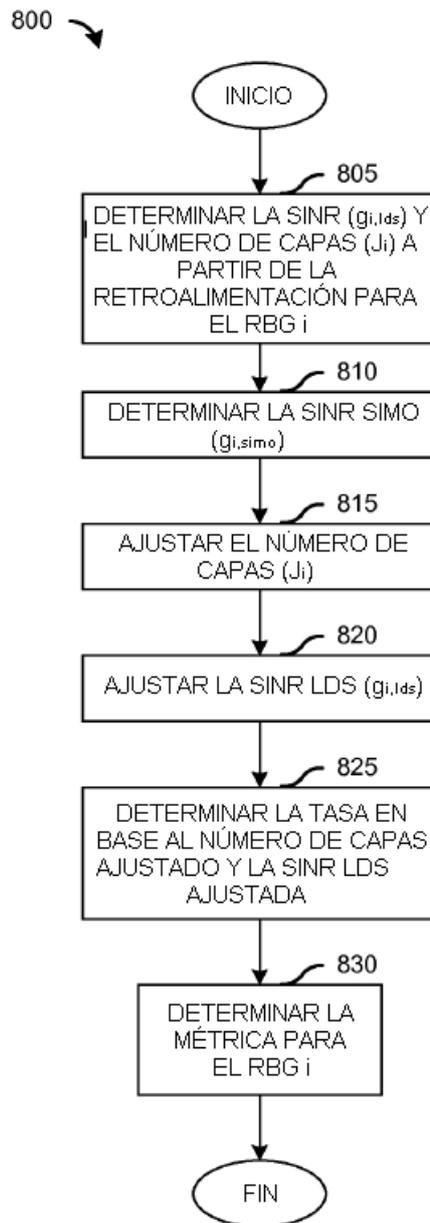
**Fig. 5**



**Fig. 6**

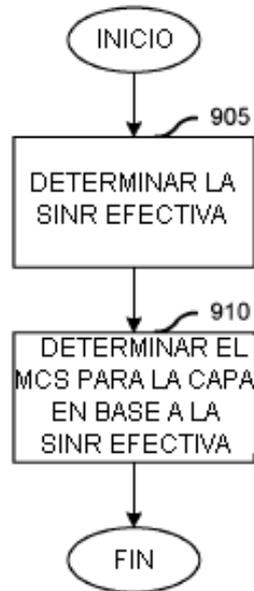


**Fig. 7**

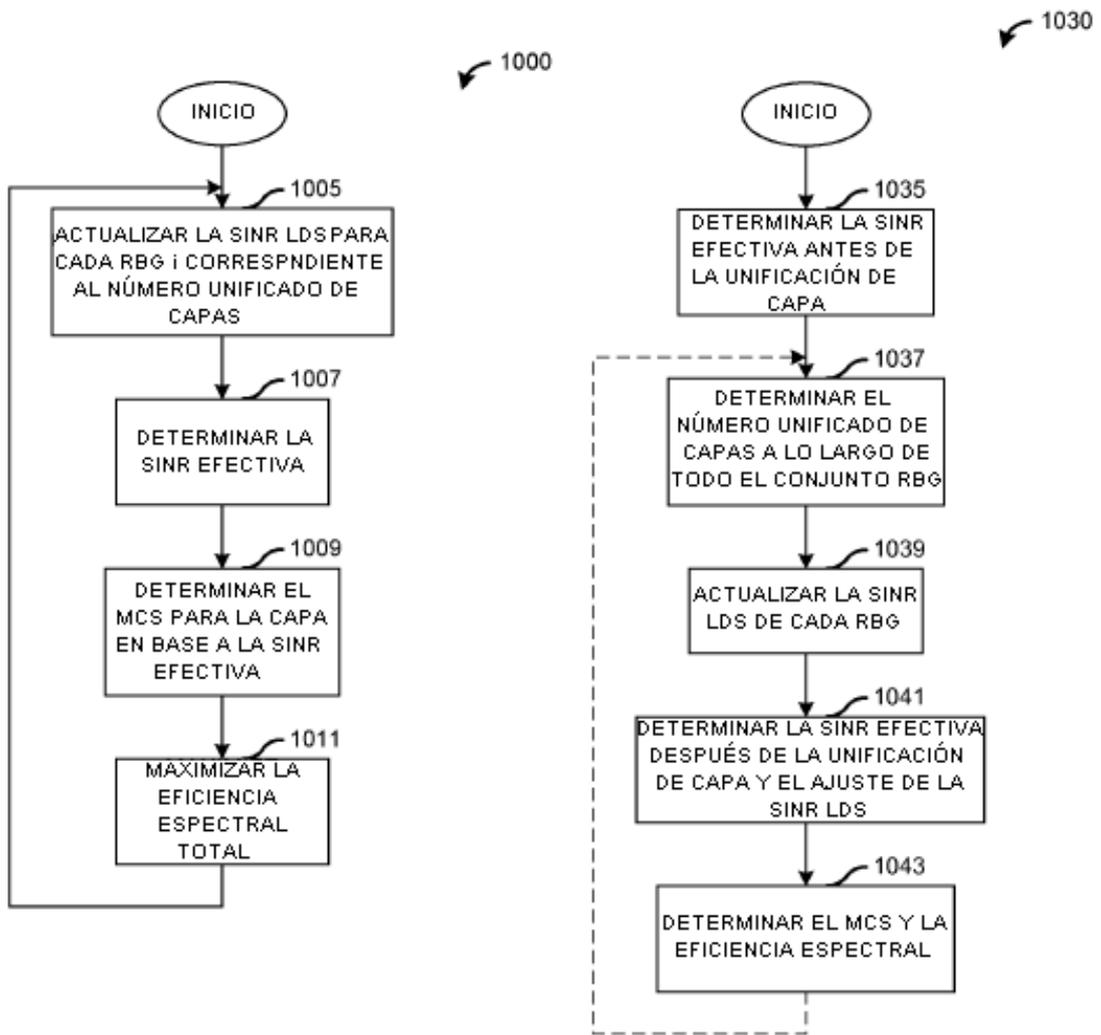


**Fig. 8**

900 ↗

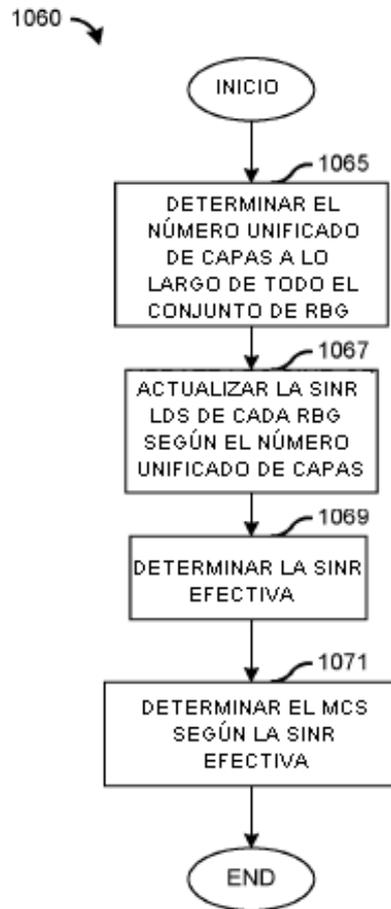


**Fig. 9**

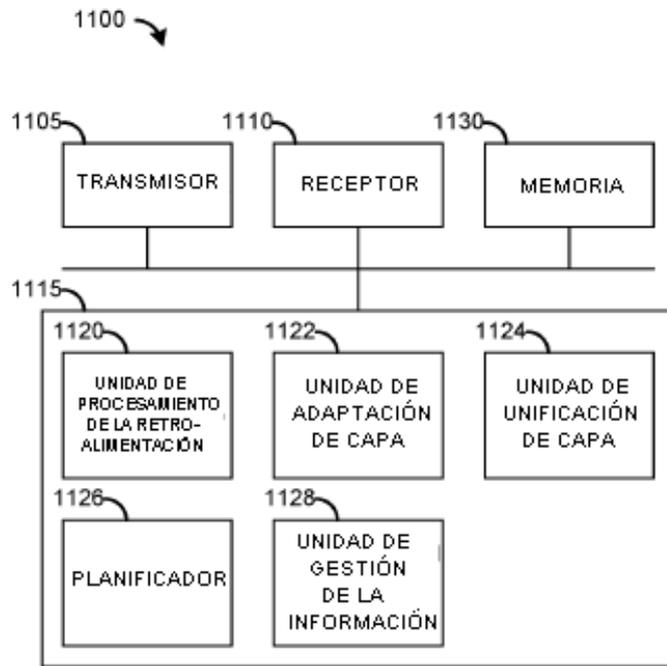


**Fig. 10a**

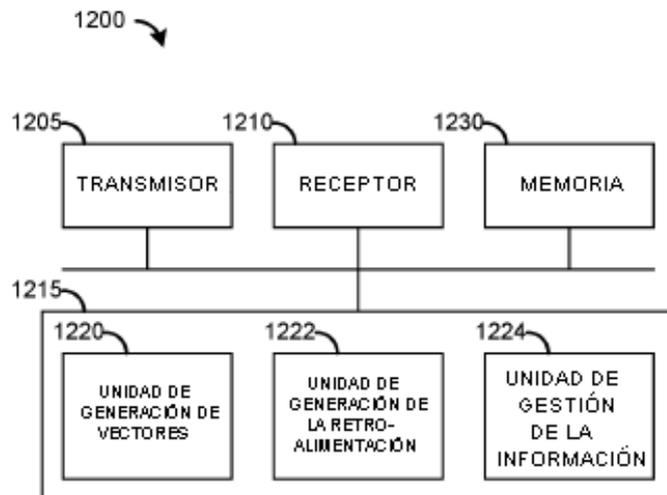
**Fig. 10b**



*Fig. 10c*



*Fig. 11*



*Fig. 12*