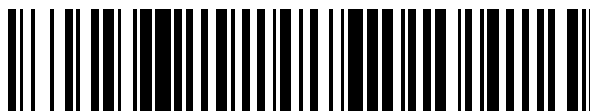


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 419 079**

51 Int. Cl.:

H04B 7/06 (2006.01)

H04L 25/03 (2006.01)

H04L 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.03.2010** **E 10709615 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2013** **EP 2409462**

54 Título: **Información de retorno acerca de la información espacial en sistemas de comunicación inalámbricos**

30 Prioridad:

19.03.2009 US 407783

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

19.08.2013

73 Titular/es:

MOTOROLA MOBILITY LLC (100.0%)
600 North US Highway 45
Libertyville, IL 60048 , US

72 Inventor/es:

SAYANA, KRISHNA, KAMAL;
NANGIA, VIJAY y
ZHUANG, XIANGYANG

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 419 079 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

Información de retorno acerca de la información espacial en sistemas de comunicación inalámbricos

Campo De La Descripción

La presente descripción se refiere de manera general a las comunicaciones inalámbricas y más particularmente a proporcionar información de retorno acerca de la información de covarianza espacial en sistemas de comunicación inalámbricos.

Antecedentes

En los sistemas de comunicación inalámbricos, las técnicas de transmisión que implican múltiples antenas a menudo se clasifican como de bucle abierto o de bucle cerrado dependiendo del nivel o grado de información de respuesta del canal utilizada por el algoritmo de transmisión. Las técnicas de bucle abierto no se basan en la información de la respuesta del canal espacial entre el dispositivo de transmisión (es decir, transmisor) y el dispositivo de recepción (es decir, receptor). Típicamente implican bien nada de información de retorno o bien la información de retorno de alguna información estadística del largo plazo que el dispositivo de transmisión puede utilizar para elegir entre diferentes técnicas de bucle abierto. Las técnicas de bucle abierto incluyen diversidad de transmisión, diversidad de retardo y técnicas de codificación de espacio-tiempo tales como el código de bloques de espacio-tiempo de Alamouti.

Las técnicas de transmisión de bucle cerrado utilizan el conocimiento de la respuesta del canal para ponderar la información transmitida desde múltiples antenas. Para permitir que una matriz de transmisión de bucle cerrado opere de manera adaptativa, la matriz debe aplicar los pesos de transmisión derivados a partir de la respuesta del canal, sus estadísticas o características, o una combinación de ellos. Existen varias metodologías para habilitar una transmisión de bucle cerrado.

La precodificación de bucle cerrado para esquemas de un solo usuario (SU – Single User, en inglés) está habilitada en la especificación de la Evolución a Largo Plazo del Proyecto de Colaboración de Tercera Generación (3GPP LTE – Third Generation Partnership Project Long Term Evolution, en inglés) de Versión 8 (Rel-8 – Release 8, en inglés) actual utilizando información de retorno de un índice para una matriz de precodificación preferida procedente de un conjunto de matrices de precodificación predeterminadas (es decir, libro de códigos de precodificación). La información de retorno basada en el libro de códigos resulta a menudo favorecida debido a su conveniencia de definir canales de información de retorno para transportar un patrón de bits (es decir, correspondiente al índice de la matriz de precodificación). Un receptor determina la mejor matriz de precodificación definida en el conjunto y proporciona información de retorno acerca del correspondiente índice al transmisor, el cual utiliza entonces los correspondientes pesos de precodificación para la formación de haz. Típicamente esta formación de haz “restringida por el libro de códigos” puede resultar en alguna pérdida de rendimiento en comparación con la formación de haz óptima (es decir, sin ninguna restricción de libro de códigos en los pesos de precodificación).

Se conoce que el utilizar el conocimiento del canal también llamado información de estado del canal (CSI – Channel State Information, en inglés) o información de respuesta del impulso del canal, por ejemplo de la reciprocidad del enlace descendente/enlace ascendente (DL/UL – DownLink/UpLink, en inglés) en algunos sistemas de duplexación por división de tiempo (TDD – Time Division Duplexing, en inglés), proporciona ventajas significativas. Esto puede conseguirse mediante mediciones de la precisión del canal de enlace ascendente y/o de las transmisiones tales como la transmisión de señales de referencia (pilotos) y/o de datos. En los sistemas de duplexación por división de frecuencia (FDD – Frequency Division Duplexing, en inglés), toda la información del estado del canal (CSI – Channel State Information, en inglés) tendrá que ser proporcionada como información de retorno por algún medio. Si hay un gran número de usuarios en un sistema, puede resultar difícil proporcionar como información de retorno la CSI completa para muchos usuarios, debido a las limitaciones de la cabecera.

El documento “3GPP TS 36.211 V8.6.0: Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation (Release 8)”, 13 de Marzo de 2009 (2009-03-13), páginas 1-82, describe (véase la sección 5.3) la generación de una forma de onda de transmisión en una unidad de comunicación inalámbrica, estando la forma de onda de transmisión basada en un mapeo de al menos una secuencia modulada directamente a un conjunto de elementos del recurso de radio y la transmisión de la forma de onda de transmisión desde un transceptor de la unidad de comunicación inalámbrica.

El Documento EP 1 753 152 A1 (NTT DOCOMO INC [JP] 14 de Febrero de 2007 (2007-02-14) describe la diversidad de transmisión de bucle cerrado.

Se espera que la LTE-Avanzada del 3GPP soporte esquemas de multi-entrada multi-salida (MIMO – Multi-Input Multi-Output, en inglés) como la transmisión MIMO de Multiusuario (MU – Multi-User, en inglés) y MIMO de Multi-Punto Coordinada (CoMP – Coordinated Multi-Point, en inglés). Los esquemas de MIMO de MU permiten la transmisión a múltiples usuarios de los mismos recursos de frecuencia y de tiempo. La transmisión de CoMP permite la transmisión desde uno o más puntos de transmisión a uno o más usuarios. Estos puntos de transmisión pueden o

no estar situados juntos geográficamente. Además, para una coordinación efectiva entre puntos de transmisión de manera que una interferencia mutua pueda ser minimizada por medio de formación de haz, cierta información relativa a los canales de usuarios es necesaria en los puntos de transmisión de coordinación. Además, los datos de los usuarios pueden ser también requeridos en los puntos de transmisión de coordinación para ciertos esquemas de CoMP conocidos como esquemas de transmisión de procesamiento conjunto. Dependiendo del nivel de coordinación soportado, un punto de transmisión puede seleccionar uno o más de estos esquemas basándose en la información de retorno del usuario. En comparación con los esquemas de un solo punto un solo usuario, la cantidad y la precisión de la información de retorno es crítica para las operaciones de CoMP avanzadas. Esto se debe en parte al hecho de que un punto de transmisión requiere más información del canal para determinar un mejor emparejamiento de usuario, una selección de punto de transmisión, además de permitir pesos de precodificación sin restricciones que pueden proporcionar potencia de manera más eficiente al usuario de objetivo, aun minimizando la interferencia mutua.

El más completo conocimiento para una formación de haz óptima es la CSI de enlace descendente perfecta en cada subportadora, lo que permite teóricamente que se consiga una ganancia mayor. No obstante, los canales de información de retorno tienen una capacidad limitada, así que una información adecuadamente comprimida del canal es más beneficiosa para una transmisión eficiente en el canal de información de retorno. Proporcionar un conocimiento del canal comprimido permite la realización de una porción significativa de estas ganancias teóricas. Los principales retos del diseño residen entonces en cómo transportar la información del canal espacial de manera eficiente al transmisor por medio de un mecanismo optimizado y escalable.

Los diferentes aspectos, características y ventajas de la invención resultarán más completamente evidentes para las personas no expertas en la materia mediante una consideración cuidadosa de la siguiente descripción Detallada de la misma con los dibujos que se describen a continuación. Los dibujos pueden haber sido simplificados en aras de la claridad y no están necesariamente dibujados a escala.

Breve Descripción De Los Dibujos

La FIG. 1 es un sistema de comunicación inalámbrico.

La FIG. 2 ilustra un diagrama de bloques esquemático de una unidad de comunicación inalámbrica.

La FIG. 3 es un diagrama de flujo de alto nivel de un proceso llevado a cabo por un terminal inalámbrico para generar una forma de onda de transmisión basándose en un canal espacial.

La FIG. 4 es un método de la técnica anterior de transportar un solo símbolo de modulación digital utilizando elementos del recurso de radio como los definidos por el PUCCH en la LTE del 3GPP de versión 8.

La FIG. 5 es un método de la técnica anterior de transportar símbolos de modulación digital utilizando el PUCCH tal como el definido por la LTE del 3GPP de versión 8.

La FIG. 6 es un método de la técnica anterior de transportar símbolos de modulación digital utilizando un conjunto de recursos de radio tal como los definidos por el PUSCH en la LTE del 3GPP de Versión 8.

La FIG. 7 ilustra el transporte de coeficientes transmitidos utilizando el PUCCH en la LTE del 3GPP.

La FIG. 8 es una realización del transporte de símbolos de modulación digital y de coeficientes transmitidos utilizando un conjunto de recursos de radio en el PUSCH.

La FIG. 9 ilustra un método de obtener coeficientes transmitidos y otros parámetros basándose en una matriz de covarianza, obteniendo secuencias moduladas directamente a partir de coeficientes transmitidos y secuencias moduladas digitalmente a partir de otros parámetros cuantificados, obteniendo otras secuencias moduladas digitalmente basándose en datos, y generando una forma de onda de información de retorno a partir de secuencias moduladas directamente y digitalmente.

La FIG. 10 ilustra una matriz intercaladora de canal para símbolos de modulación digital y protocolos transmitidos transportados en un PUSCH.

Descripción Detallada

En la FIG. 1, un sistema de comunicación inalámbrico 100 comprende una o más unidades de infraestructura de base 101, 102, fijas, que forman una red distribuida sobre una región geográfica para proporcionar servicio a unidades remotas en el dominio del tiempo y/o de la frecuencia. Una unidad de base puede denominarse también punto de acceso, terminal de acceso, base, estación de base, Nodo B, eNodo B, Nodo B Local, eNodo B Local, nodo repetidor o cualquier otra terminología utilizada en el sector. Las una o más unidades de base comprenden cada una uno o más transmisores para transmisiones de enlace descendente 104, 105 y uno o más receptores para recibir transmisiones de enlace ascendente. Las unidades de base forman generalmente parte de una red de acceso por radio que incluye uno o más controladores acoplados en comunicación a una o más unidades de base

correspondientes. La red de acceso está generalmente acoplada en comunicación a una o más redes de núcleo, que pueden estar acopladas a otras redes, como la Internet y las redes de telefonía conmutada pública, entre otras redes. Estos y otros elementos de acceso y redes de núcleo no se ilustran pero son bien conocidos generalmente por las personas no expertas en la materia.

- 5 En la FIG. 1, las una o más unidades de base dan servicio a un número de unidades remotas 103, 110, dentro de un área de servicio correspondiente, por ejemplo, una celda o un sector de celda, a través de un enlace de comunicación inalámbrico. Las unidades remotas pueden ser fijas o móviles. Las unidades remotas pueden denominarse también unidades de abonado, móviles, estaciones de telefonía móvil, usuarios, terminales, estaciones de abonado, equipo de usuario (UE – User Equipment, en inglés), terminales de usuario, dispositivos de comunicación inalámbricos o cualquier otra terminología utilizada en el sector. Las unidades remotas también comprenden uno o más transmisores y uno o más receptores. En la FIG. 1, la unidad de base 110 transmite señales de comunicación de enlace descendente para dar servicio a la unidad remota 102 en el dominio del tiempo y/o de la frecuencia y/o del espacio. La unidad remota 102 se comunica con la unidad de base 110 a través de señales de comunicación de enlace ascendente. Una unidad remota 108 se comunica con la unidad de base 112. A veces, la unidad de base 110 se denomina celda “de servicio”, o conectada, o de vínculo para la unidad remota 102. Las unidades remotas pueden tener transceptores de semi-dúplex (HD – Half Duplex, en inglés) o de dúplex completo (FD – Full Duplex, en inglés). Los transceptores de semi-dúplex no transmiten y reciben simultáneamente, mientras que los terminales de dúplex completo sí lo hacen. Las unidades remotas pueden también comunicarse con la unidad de base a través de un nodo repetidor.
- 10 20 En una implementación, el sistema de comunicación inalámbrico cumple el protocolo de LTE del Sistema de Telecomunicaciones Móviles Universal (UMTS – Universal Mobile Telecommunications System, en inglés) del 3GPP, llamado también EUTRA o LTE del 3GPP de Versión 8 (Rel-8 – Release 8, en inglés) o alguna generación posterior del mismo, donde la unidad de base transmite utilizando un esquema de modulación de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing, en inglés) en el enlace descendente, y los terminales de usuario transmiten en el enlace ascendente utilizando un esquema de acceso múltiple por división de frecuencia de una única portadora (SC-FDMA – Single Carrier – Frequency Division Multiple Access, en inglés). Más generalmente, no obstante, el sistema de comunicación inalámbrico puede implementar algún otro protocolo de comunicación abierto o propietario, por ejemplo, WiMAX, entre otros protocolos. La descripción no pretende estar limitada a la implementación de cualquier arquitectura de sistema o protocolo de comunicación inalámbrico particular. La arquitectura puede incluir también el uso de técnicas de difusión tales como el CDMA de multiportadora (MC-CDMA – Multi-Carrier CDMA, en inglés), CDMA de secuencia directa de multiportadora (MC-DS-CDMA – Multi-Carrier Direct Sequence CDMA, en inglés), Multiplexación por división de frecuencia y de código Ortogonal (OFCDMA – Orthogonal Frequency and Code Division Multiplexing, en inglés) con difusión en una o en dos dimensiones, o puede basarse en técnicas más simples de multiplexación por división de tiempo y/o de frecuencia / acceso múltiple, o en una combinación de estas distintas técnicas. En realizaciones alternativas, el sistema de comunicación puede utilizar otros protocolos de sistema de comunicación celular que incluyen, pero que no están limitados a, TDMA o CDMA de secuencia directa (DS-CDMA – Direct Sequence-CDMA). El sistema de comunicación puede ser un sistema de TDD (Dúplex por División de Tiempo – Time Division Duplex, en inglés) o de FDD (Dúplex por División de Frecuencia – Frequency Division Duplex, en inglés).
- 30 35 40 En la FIG. 2, una unidad de comunicación inalámbrica 200 comprende un controlador/procesador 210 acoplados en comunicación a la memoria 212, una base de datos 214, un transceptor 216 y una interfaz 218 de dispositivo de entrada/salida (I/O – Input/Output, en inglés) conectada a través de un bus 220 del sistema. La unidad de comunicación inalámbrica 200 puede ser implementada como una unidad de base o una unidad remota y cumple con el protocolo del sistema de comunicación inalámbrico dentro del cual opera, por ejemplo, la LTE del 3GPP de versión 8 ó un protocolo de generación posterior explicado anteriormente. En la FIG. 2, el controlador/procesador 210 puede ser implementado como cualquier procesador programado. No obstante, la funcionalidad descrita en esta memoria puede ser también implementada en un ordenador de propósito general o de propósito especial, un microprocesador o micro controlador programado, elementos de circuito integrado periférico, un circuito integrado para una aplicación específica u otros circuitos integrados, circuitos lógicos de hardware / electrónicos, tales como un circuito de elemento discreto, un dispositivo lógico programable, tal como una matriz lógica programable, una matriz de puerta programable de campo, o similar. En la FIG. 2, la memoria 212 puede incluir almacenamiento de datos volátiles y no volátiles, incluyendo una o más memorias eléctricas, magnéticas u ópticas tales como una memoria de acceso aleatorio (RAM – Random Access Memory, en inglés), una caché, un disco duro, una memoria sólo de lectura (ROM – Read Only Memory, en inglés), un firmware u otro dispositivo de memoria. La memoria puede tener una caché para acelerar el acceso a datos específicos. Los datos pueden estar almacenados en la memoria o en una base de datos separada. La interfaz de la base de datos 214 puede ser utilizada por el controlador / procesador para acceder a la base de datos. El transceptor 216 es capaz de comunicarse con terminales de usuario y estaciones de base de conformidad con al protocolo de comunicación inalámbrico implementado. En algunas implementaciones, por ejemplo, en las que la unidad de comunicación inalámbrica está implementada como un terminal de usuario, la unidad de comunicación inalámbrica incluye una interfaz de dispositivo de I/O 218 que conecta a uno o más dispositivos de entrada que pueden incluir un teclado, ratón, pantalla táctil operada con un lápiz o monitor, dispositivo de reconocimiento de voz, o cualquier otro dispositivo que acepte
- 50 55 60

una entrada. La interfaz del dispositivo de I/O también conecta uno o más dispositivos de salida, tales como un monitor, impresora, disco duro, altavoces, o cualquier otro dispositivo provisto para extraer datos.

De acuerdo con un aspecto de la descripción, se ilustra en esta memoria un proceso para proporcionar información de retorno acerca de la información de correlación espacial en el enlace ascendente, tal como se ilustra en la FIG. 3 en 300. De manera más específica, en 310, un conjunto de coeficientes son derivados basándose en un primer canal correspondiente a una primera antena de transmisión y en un segundo canal correspondiente a una segunda antena de transmisión. En 320, estos coeficientes transmitidos son multiplicados por un conjunto de secuencias de base para obtener un conjunto de secuencias moduladas separadamente. En 330, el conjunto de secuencias moduladas directamente es mapeado a un conjunto de elementos del recurso de radio. Una forma de onda de transmisión es entonces generada en 340. Estos actos se describen de manera más completa en lo que sigue.

El término “transmisor” es utilizado en esta memoria para referirse a la fuente de la transmisión prevista para un receptor. Un transmisor puede tener múltiples antenas situadas juntas (es decir, una matriz de antenas de transmisión) cada una de las cuales puede emitir posiblemente diferentes formas de onda basándose en la misma fuente de información. Si múltiples puntos de transmisión (por ejemplo, unidades de base) participan en la transmisión, se denominan transmisiones de multi-punto aunque los transmisores pueden coordinarse para transmitir la misma fuente de información. Una unidad de base puede tener antenas separadas geográficamente (es decir, antenas distribuidas de cabeceras de radio remotas, por ejemplo) donde la unidad de base en este escenario se denomina aun “un transmisor”.

Tanto la unidad de base como la remota pueden denominarse unidades de comunicación inalámbrica. En lo que típicamente se denomina el “enlace descendente”, las unidades de base transmiten y las unidades remotas reciben. En el “enlace ascendente”, las unidades de base reciben y las unidades remotas transmiten. Así que, tanto la unidad de base como la unidad remota pueden denominarse “transmisor” o “receptor” dependiendo de si es enlace descendente o enlace ascendente.

Las realizaciones en la descripción que se hace a continuación son desde la perspectiva del enlace descendente. No obstante, la descripción es aplicable también al enlace ascendente.

Una matriz de covarianza espacial (llamada también una matriz de correlación espacial) corresponde a una matriz de covarianza de antena de transmisión de la matriz de antenas de transmisión en la unidad de base, que captura correlaciones entre las antenas de transmisión en un entorno de propagación. Puede medirse en el receptor basándose en mediciones de canal del enlace descendente. Las mediciones del canal de enlace descendente pueden estar basadas en símbolos de referencia (RS – Reference Symbols, en inglés) proporcionados con el propósito de desmodulación, siendo otros símbolos de referencia proporcionados específicamente con el propósito de medir este tipo de matriz de covarianza espacial, transmisiones de enlace descendente u otras características del canal. Por ejemplo, un RS común o específico de una celda (CRS – Cell specific RS, en inglés) o RS dedicado o específico para un usuario (DRS – Dedicated RS, en inglés) puede corresponder a un RS utilizado para desmodulación. Un RS de información de estado del canal (CDI-RS – Channel State Information RS, en inglés) puede corresponder al RS proporcionado para mediciones en el espacio.

Particular para un sistema de OFDM, la matriz de covarianza espacial puede ser calculada basándose en la matriz del canal (es decir, CSI en el dominio de la frecuencia) medida en una subportadora k , lo que se representa por

$$H_k = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \dots & h_{1N_r} \\ h_{21} & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ h_{N_r1} & \dots & \dots & h_{N_r N_r} \end{bmatrix} \quad (1.1)$$

donde h_{ij} es el canal de la j -ésima antena de transmisión a la i -ésima antena de recepción. La antena de transmisión puede corresponder a la antena de transmisión del transmisor de una unidad de base y la antena de recepción puede corresponder a la antena de recepción del receptor de la unidad remota.

Una matriz de covarianza espacial entre un conjunto de antenas de transmisión se calcula como sigue:

$$R = \frac{1}{|S|} \sum_{k \in S} H_k^H H_k = \begin{bmatrix} R_{11} & \dots & R_{1,N_r} \\ \dots & \dots & \dots \\ R_{N_r,1} & \dots & R_{N_r,N_r} \end{bmatrix} \quad (1.2)$$

donde H^H denota la traspuesta conjugada de una matriz de canales H , y S es un conjunto de subportadoras sobre el cual se calcula la correlación. El conjunto de subportadoras típicamente corresponde a una sub-banda que comprende una o más subportadoras (incluyendo el caso especial de una sola subportadora), el ancho de banda del sistema o de la portadora de una portadora de un solo componente en el caso de agregación de espectro/portadora, etc. En una realización, el conjunto de subportadoras en una sub-banda son contiguas. Una unidad remota puede acumular o promediar (como se muestra en la ecuación 1.2) la matriz de covarianza instantánea por subportadora o a corto plazo sobre múltiples subportadoras. Una matriz de covarianza de banda estrecha se acumula sobre subportadoras que albergan una pequeña porción del ancho de banda operacional (denominada sub-banda). Una sub-banda puede comprender uno o más bloques de recurso donde un bloque de recurso comprende una pluralidad de subportadoras. Una matriz de covarianza de banda ancha (wideband o broadband, en inglés) se acumula sobre todo el ancho de banda del sistema o sobre una gran porción de la banda. Una unidad remota puede también acumular una matriz de covarianza instantánea sobre el tiempo para obtener una matriz de covarianza espacial estadística del largo plazo. En otra forma, una unidad remota puede calcular la estimación anterior, incluyendo sólo las filas en la matriz del canal correspondientes a un subconjunto de las antenas de recepción en las cuales hay mediciones disponibles. Debe observarse también que una unidad remota puede obtener la matriz de covarianza sin tener que estimar explícitamente el canal, por ejemplo, correlacionando las referencias recibidas enviadas desde cada antena de transmisión. El cálculo de las matrices de covarianza espacial es conocido generalmente por personas no expertas en la materia. La presente descripción no pretende estar limitada a algún método particular o técnica de cálculo de la matriz de covarianza espacial.

El ancho de banda o el tamaño en número de subportadoras o de bloques de recurso sobre los cuales se calcula una matriz de covarianza espacial pueden ser configurados mediante un mensaje de configuración transmitido desde la unidad de base al dispositivo de comunicación inalámbrico. En otra realización, el ancho de banda o el tamaño en número de subportadoras o de bloques de recurso es predeterminado y es una función del ancho de banda de un sistema. El conjunto de antenas de transmisión para las cuales se calcula una matriz de covarianza espacial puede pertenecer a una unidad de base (un conjunto parcial o completo de sus antenas) o a una pluralidad de unidades de base en diferentes ubicaciones geográficas, de acuerdo con una configuración recibida por la unidad remota. El mensaje podría ser un mensaje de configuración de sistema como un bloque de información de sistema (SIB – System Information Block, en inglés) o un mensaje de configuración de capa superior tal como un mensaje de configuración de control del recurso de radio (RRC – Radio Resource Control, en inglés). Generalmente el mensaje de configuración puede ser un mensaje transmitido ampliamente o un mensaje dedicado. La matriz de covarianza espacial puede corresponder a cualquier unidad de base de una red y puede no estar necesariamente limitada a la unidad/celda de base conectada o de vínculo. Una unidad de base de vínculo es típicamente la unidad de base en la que el UE se sitúa o con la que se sincroniza y monitoriza para información de control. En este caso, el UE monitoriza la región de control (por ejemplo, los primeros 'n' símbolos de cada subtrama, donde una subtrama comprende uno o más intervalos, comprendiendo cada intervalo una pluralidad de símbolos) de esta unidad de base de vínculo y puede no monitorizar la región de control de otras unidades de base (no de vínculo). La monitorización incluye intentar detectar a ciegas canales de control llamados Canal de Control del Enlace Descendente Físico (PDCCH – Physical Downlink Control Channel, en inglés) en la región de control.

Cada entrada de la matriz de covarianza espacial corresponde a una correlación entre una primera antena de transmisión i y una segunda antena de transmisión j , que es la entrada R_{ij} en la matriz de covarianza definida en (1.2) y puede ser expresada como

$$R_{ij} = \frac{1}{|S|} \sum_{k \in S} (H_k^i)^H H_k^j \quad (1.3)$$

donde H_k^j es el canal del vector en la subportadora k observada en todas las antenas de recepción de la antena de transmisión j . La correlación de antenas R_{ij} se denomina auto correlación si $i = j$ y correlación cruzada si $i \neq j$.

La unidad de base puede utilizar alguna información de una matriz de covarianza espacial para derivar uno o más parámetros de transmisión como los pesos de formación de haz / precodificación, la selección de usuario, el rango de transmisión y la selección de esquema de modulación y codificación (MCS – Modulation and Coding Scheme, en inglés). Puede utilizar también la matriz de covarianza espacial junto con otra información de calidad del canal (CQI – Channel Quality Information, en inglés) para derivar estos parámetros.

Al menos un coeficiente transmitido está basado en un primer canal correspondiente a una primera antena de transmisión y en un segundo canal correspondiente a una segunda antena de transmisión.

En una realización de un sistema de OFDM, el canal entre una antena de transmisión y una antena de recepción puede estar representado en el dominio del tiempo o en el dominio de la frecuencia. Un canal en el dominio del tiempo puede estar representado por el vector de NFFT de tamaño (tamaño de DFT/FFT en OFDM) de coeficientes complejos, donde cada entrada corresponde a una muestra en el dominio del tiempo. El canal en el dominio de la frecuencia puede ser expresado como un vector similar, donde cada entrada es la respuesta del canal en cada

subportadora. Una puede ser mapeada a otra con un DFT/IDFT. El canal en el dominio de la frecuencia es utilizado para ecualización, pero por otro lado el canal en el dominio del tiempo tiene menos entradas significativas y puede ser más adecuado para una eficiente información de retorno.

5 En una implementación, el al menos un coeficiente transmitido se obtiene de la información de estado del canal de al menos uno de los canales primero o segundo. Por ejemplo, el al menos un coeficiente transmitido puede corresponder a un coeficiente de una conexión de canal en el dominio del tiempo o a un coeficiente de una respuesta de impulso del canal en el dominio de la frecuencia tal como en la subportadora de OFDM, o una función de uno o más canales tal como la promediación.

10 En una realización preferida de lo anterior, el al menos un coeficiente transmitido correspondiente a un coeficiente de una conexión de canal en el dominio del tiempo, podría estar basado en un cierto número de coeficientes de un canal en el dominio del tiempo con una potencia mayor – en otras palabras, las conexiones significativas en el dominio del canal, podrían ser utilizadas para transportar información del canal.

15 Los coeficientes del canal descritos en las realizaciones anteriores [00033] – [00036] pueden denominarse como del dominio del tiempo, o del dominio de la frecuencia, información de estado del canal, o a menudo sólo CSI cuando el contexto del dominio del tiempo o de la frecuencia está claro.

En otra implementación, al menos un coeficiente transmitido se determina basándose en al menos una matriz de covarianza espacial formada con valores de auto-correlación y de correlación cruzada. Las diferentes realizaciones para obtener tales coeficientes transmitidos se explicarán en lo que sigue.

20 En una realización, el conjunto de coeficientes transmitidos corresponde a entradas de una matriz de covarianza espacial, es decir, a valores de auto-correlación y de correlación cruzada entre un conjunto de antenas. Puesto que una matriz de covarianza espacial es simétrica Hermitiana, lo que significa que, de un total de N_t^2 entradas, hay sólo $N_t(N_t + 1)/2$ únicas entradas (es decir, $\{R_{ij}, j \geq i\}$ de la parte triangular superior). Estas únicas entradas pueden representar a toda la matriz de covarianza espacial y corresponden a coeficientes transmitidos directamente.

25 En particular, entradas únicas de R (es decir, de la parte triangular superior) son extraídas como un vector de coeficientes de información de retorno y escalados después o normalizados utilizando un factor de escalado k.

$$R_v = [R_{11}, R_{1N_t}, R_{22}, \dots, R_{2N_t}, \dots, R_{N_t N_t}]$$

$$R_{vm} = R_v / \kappa \quad (1.4)$$

30 K podría ser un factor de normalización para normalizar las entradas a una restricción de potencia de transmisión media de manera que la potencia de transmisión media es fija, de un valor constante. Una versión modificada de este factor de escalado puede ser señalada para permitir que la unidad de base reconstruya la matriz R original. Por ejemplo, puede ocurrir que el valor medio de las entradas de la diagonal de R, que corresponde al “pre-procesamiento” reciba una relación de señal a ruido (SNR – Signal to Noise Ratio, en inglés) media sobre las antenas de transmisión. El “pre-procesamiento” recibido SNR medido se obtiene como

$$SNR_R = \frac{1}{N_t} \sum_{i=1}^{N_t} R_{ii} \quad (1.5)$$

35 En general, una media de algunas o más de las entradas puede ser señalada para permitir la reconstrucción de la matriz original. La elección puede hacerse basándose en la utilidad de tal métrica y precisión de la reconstrucción de R. En el ejemplo anterior, el pre-procesamiento de SNR podría ser percibido como una cantidad de información de retorno útil por sí misma.

40 En otra realización, el número de coeficientes puede ser reducido también en uno, dividiendo la matriz de covarianza por el elemento situado en la primera fila y la primera columna, por ejemplo, que es a continuación normalizado a uno que no necesitará ser devuelto. En otra realización, la matriz de covarianza es transformada de manera que todos los elementos de la diagonal sean iguales, lo que reduce el número de coeficientes de información de retorno a $L = N_t(N_t + 1)/2 - (N_t + 1)$. Un ejemplo de esta transformación se muestra a continuación

$$\mu = \frac{1}{N_{Tx}} \sum_{i=1}^{N_{Tx}} R_{ii}$$

$$\Phi = \text{diag} \left(\sqrt{\frac{\mu}{R_{11}}}, \sqrt{\frac{\mu}{R_{22}}}, \dots, \sqrt{\frac{\mu}{R_{N_{Tx}N_{Tx}}}} \right)$$

$$\tilde{R} = \Phi R \Phi$$

En otra realización, un conjunto de coeficientes transmitidos se obtiene de un conjunto de coeficientes de información de retorno que es derivado de al menos una matriz de covarianza espacial. Algunos métodos de derivar los coeficientes de información de retorno se describen a continuación. La elección de diferentes métodos para derivar coeficientes de información de retorno a partir de una matriz de covarianza espacial puede depender de un compromiso entre un número de factores tales como la cabecera de información de retorno, la robustez de la información de retorno y el impacto en el rendimiento de la información de retorno.

Típicamente, el conjunto de coeficientes de información de retorno es extraído de una manera que pueda reconstruirse de manera fiable una aproximación de la matriz de covarianza espacial R. La noción de tal fiabilidad depende del impacto de tal aproximación en el rendimiento de un modo de transmisión tal como una transmisión a un único usuario o a múltiples usuarios. Algunos ejemplos de obtención de tales coeficientes de información de retorno de al menos una matriz de covarianza espacial R se describen en lo que sigue.

En una realización, una matriz de covarianza espacial puede ser aproximada por su estructura de descomposición de Eigen, en la que la matriz R puede ser descompuesta como

$$R = V D V^H \quad (1.6)$$

donde $V = [v_1, v_2, \dots, v_{N_t}]$ son los vectores de Eigen correspondientes a los valores de Eigen $[\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{N_t}] = [D_{11}, D_{22}, \dots, D_{N_t N_t}]$. Los valores de Eigen pueden estar dispuestos en orden decreciente sin pérdida de generalidad. El conjunto de coeficientes de información de retorno puede corresponder a entradas de al menos un vector de Eigen, posiblemente incluyen también al menos un valor de Eigen asociado. El al menos un vector de Eigen puede representar al espacio de señal dominante o al espacio vacío de R. Los valores de Eigen pueden ser escalados mediante un factor de escalado.

En general, enviar menos información como algunos vectores de Eigen de señal dominante y/o de espacio vacío podría ser suficiente, por ejemplo, para casos de esquemas de formación de haz de flujo único o dual simple, o de multiusuario. No obstante, el conocimiento de la matriz de covarianza completa es en general preferible, lo que permite que la unidad de base determine uno o más parámetros de transmisión para conmutar de manera óptima entre modos de transmisión de multiusuario o de un solo usuario, llevar a cabo emparejamiento de usuarios, determinar el rango de cada transmisión y los correspondientes vectores de precodificación o de formación de haz. La información de retorno de la covarianza espacial es preferible puesto que resulta útil para todas las asunciones del modo de transmisión.

En otra realización, un conjunto de coeficientes de información de retorno pueden ser también derivados como la inversa de una matriz de covarianza espacial. Tal caso resulta útil cuando la información del espacio vacío es más relevante. En la transmisión de la matriz de covarianza espacial original, en general, más potencia de transmisión está implícitamente asignada al espacio de Eigen dominante/deseado. Transmitiendo la inversa de la matriz de covarianza espacial, el espacio vacío es transmitido con mayor fiabilidad.

En otra realización más, un conjunto de coeficientes de información de retorno puede ser derivado de más de una matriz de covarianza espacial. Una operación general puede ser definida en función de una matriz de covarianza espacial de un canal de una o más unidades de base y puede definirse una matriz de covarianza espacial correspondiente a un canal de interferencia de una o más unidades de base a otra matriz. Por ejemplo, una función tal como esa podría ser $\text{inv}(R_i + a \cdot N) \cdot R_d$, donde $\text{inv}(\cdot)$ es la inversa de una matriz, R_i es una matriz de interferencias definida sobre un conjunto de celdas de interferencia, y R_d es la matriz de covarianza espacial correspondiente a una celda (celda de servicio o celda de vínculo, por ejemplo), N es una varianza de ruido e interferencia, 'a' es un factor de regularización para la operación inversa. En otro ejemplo, los coeficientes de una o más matrices de covarianza espaciales pueden ser simplemente combinados para derivar el conjunto de coeficientes de información de retorno. La combinación puede incluir acumulación o promediación de las una o más matrices de covarianza espacial. En las realizaciones descritas, el término matriz de covarianza espacial se aplica generalmente a matrices modificadas determinadas basándose en una o más matrices de covarianza espacial.

En otra realización, un conjunto de coeficientes transmitidos se obtiene de una transformación de un conjunto de coeficientes de información de retorno derivado de la al menos una matriz de covarianza espacial.

Debido a un posible intervalo dinámico grande de coeficientes de información de retorno, resulta deseable transformar alguno para mejorar la métrica cúbica (CM – Cubic Metric, en inglés) de la forma de onda de transmisión, donde CM es una métrica utilizada para capturar el impacto de la relación de potencia de pico a media (PAPR – Peak to Average Power Ratio, en inglés) en el consumo de potencia.

En un caso tal, el conjunto de coeficientes de información de retorno $X = [x_1, x_2, \dots, x_L]$ son a continuación transformados a un conjunto de coeficientes transmitidos $Y [y_1, y_2, \dots, y_P]$. La transformación lineal mapea el conjunto de coeficientes de información de retorno (longitud L) a un número deseado de coeficientes transmitidos (longitud P) basándose en los recursos disponibles (longitud P con $P \geq L$ típicamente). Un ejemplo de tal transformación lineal es la matriz de transformación de DFT/IDFT para minimizar el intervalo dinámico (es decir, las fluctuaciones de potencia) entre los coeficientes transmitidos. En el caso de $P > L$, el conjunto de coeficientes de información de retorno puede ser repetido, rellenado con ceros, o incluso rellenado con símbolos de datos antes de la transformación lineal.

Además, la aleatorización o la multiplicación por elementos mediante una secuencia Pseudo-aleatoria predefinida o la secuencia de aleatorización puede ser aplicada a los coeficientes de información de retorno antes de la transformación lineal, para reducir el impacto de las correlaciones entre los coeficientes de información de retorno en el intervalo dinámico de los valores transformados. La secuencia de aleatorización puede ser una secuencia de aleatorización real o compleja y puede ser generada a partir de secuencias bien conocidas en el sector, tales como las secuencias de Gold, o las secuencias de Zadoff-Chu, las secuencias de Chirp generalizado (GCL – Generalized Chirp like, en inglés), las secuencias de Frank, las secuencias de PSK, y modificaciones de tales secuencias, tales como el truncado o la extensión cíclica, etc. La secuencia de aleatorización puede variar o saltar entre un conjunto de secuencias de aleatorización de un instante del tiempo a otro instante del tiempo, tal como entre los símbolos de SC-FDMA, entre intervalos de una sub-trama, entre sub-tramas, etc. El salto de la secuencia de aleatorización puede estar basado en una combinación de uno o más IDs de Celda Física (PCID – Physical Cell ID, en inglés), número de símbolo, número de intervalo, número de sub-trama, número de trama de sistema, Identificador Temporal de Red de Radio (RNTI – Radio Network Temporary Identifier, en inglés) de UE, etc. En otra realización, la unidad remota puede determinar la secuencia de aleatorización de un conjunto finito de secuencias de aleatorización disponibles que pueden ser beneficiosas para la calidad de la forma de onda de las unidades remotas. Por ejemplo, la calidad de la forma de onda puede corresponder a una relación de potencia de pico a media (PAPR – Peak to Average Power Ratio, en inglés) o métrica cúbica (CM – Cubic Metric, en inglés) de la forma de onda, a la capacidad de acceder a un límite inferior especificado en la calidad de señal en banda, o a una magnitud del vector de error (EVM – Error Vector Magnitude, en inglés) de la forma de onda transmitida deseada en el nivel de potencia conducida requerida, a la capacidad de acceder a un límite superior de pérdida de potencia de señal o a emisiones espectrales fuera del ancho de banda de señal deseado y en la banda de la señal receptora de receptores de unidad de base de portadora adyacentes o alternativos, o los transmisores de la unidad remota de la portadora adyacentes o alternativos, a minimizar el consumo de potencia de PA (o consumo de corriente de pico y/o media), etc.

La transformación de los coeficientes de información de retorno puede ser también dependiente de la calidad del canal. En otra realización, una transformación lineal de la codificación de fuente de algunos coeficientes de información de retorno puede ser utilizada para obtener un cierto número de coeficientes transmitidos. El número de coeficientes transmitidos soportados puede ser derivado basándose en la calidad del canal. Alternativamente, puede implícitamente derivarse basándose en los parámetros de modulación de datos y de codificación (MCS), dependiendo de los requisitos de información de retorno en la calidad de recepción relativa a los datos tal como es señalada por las capas superiores. Un ejemplo de tal transformación es una transformada de Fourier discreta (DFT – Discrete Fourier Transform, en inglés) aplicada sobre el conjunto de coeficientes rellenado con ceros. Tal transformación puede conseguir una ganancia de ruido no entera.

Transformaciones más generales pueden ser utilizadas considerando la estructura de los coeficientes, y el compromiso entre fiabilidad y tasa de información de retorno de la transmisión, y para reducir la métrica cúbica.

Algunos ejemplos de las realizaciones anteriores se describen a continuación. Si 10 coeficientes transmitidos son soportados por la información de retorno, las 10 únicas entradas normalizadas de una matriz de covarianza de 4x4 pueden ser transportadas como coeficientes transmitidos. Si se soportan 20 coeficientes transmitidos, las 10 únicas entradas normalizadas pueden ser repetidas para obtener un conjunto de 20 coeficientes transmitidos. Si se soportan 15 coeficientes transmitidos, se aplica una DFT de longitud 15 para derivar 15 coeficientes transmitidos mediante rellenado con ceros de las 10 entradas únicas hasta 15 antes de la DFT. Además, si se soporta la aleatorización para reducir la métrica cúbica, un UE puede aleatorizar las 10 entradas únicas mediante una secuencia de Zadoff-Chu truncada o extendida cíclica (u otra secuencia Pseudo-aleatoria) de longitud 10 antes de las transformaciones. El UE puede elegir de un conjunto finito de secuencias de Zadoff-Chu disponibles para optimizar (minimizar) la métrica cúbica de transmisión.

Tras obtener los coeficientes transmitidos basándose en al menos una correlación entre una primera y una segunda antena, al menos una secuencia modulada directamente es obtenida como producto de al menos un coeficiente transmitido y de una secuencia de base correspondiente. Una secuencia de base puede ser una secuencia de base de DFT, una secuencia de Zadoff-Chu, una secuencia Pseudo-aleatoria, una secuencia de PSK, secuencias de tipo Chirp Generalizado (GCL – Generalized Chirp Like, en inglés), secuencias de Frank, etc., otras secuencias conocidas en el sector, una transformación lineal de estas secuencias, modificaciones de tales secuencias, tales como el truncado o la extensión cíclica, una versión de desviación cíclica de estas secuencias, etc. Algunos ejemplos se describen en las realizaciones que siguen.

En varias realizaciones de esta memoria, se define una secuencia modulada directamente como una secuencia formada multiplicando un coeficiente transmitido con una secuencia de base. Un coeficiente de transmisión es típicamente un número no cuantificado complejo o real que no está derivado de una constelación discreta.

Por otro lado, una secuencia modulada digitalmente se forma multiplicando un símbolo de modulación digital con una secuencia de base, donde el símbolo de modulación digital es un punto de una constelación discreta como QPSK, 16QAM o 64QAM. La forma de onda del enlace ascendente es la LTE del 3GPP de versión 8 se genera a partir de secuencias moduladas digitalmente como se describe a continuación.

El enlace ascendente de LTE se basa en Acceso Múltiple por División de Frecuencia de Portadora Única (SC-FDMA – Single Carrier Frequency Division Multiple Access, en inglés), que soporta baja transmisión de PAPR. En OFDMA (como se utiliza en el enlace descendente de la LTE de versión 8), un símbolo de modulación digital de una constelación discreta como QPSK, 16QAM ó 64QAM es mapeado directamente a una subportadora en el dominio de la frecuencia. En SC-FDMA, un símbolo de modulación es mapeado a un conjunto de subportadoras consecutivas en frecuencia utilizando una secuencia de base correspondiente. Matemáticamente, esta operación de mapeo corresponde a multiplicar el símbolo de modulación digital por una secuencia de base para formar una secuencia modulada digitalmente. Tal secuencia modulada digitalmente es mapeada a un conjunto de subportadoras consecutivas. Cada subportadora es conocida en la LTE como elemento de recurso (RE – Resource Element, en inglés) y es un ejemplo de un elemento del recurso de radio en [00023]. En una realización alternativa, la secuencia modulada digitalmente puede ser mapeada a un conjunto de subportadoras o de elementos del recurso de manera que al menos dos elementos de subportadora / recurso son no consecutivos. El conjunto de subportadoras puede ser asignado por la unidad de base utilizando señalización de control en el PDDCH.

Dos tipos de secuencias de base son utilizados en la LTE del 3GPP de versión 8. En el caso de la transmisión de LTE de versión 8 PUCCH (Canal de Control del Enlace Ascendente Físico – Physical Uplink Control Channel, en inglés), ilustrada en la FIG. 4, la secuencia de base es una versión desviada cíclica de una secuencia de PSK. Un símbolo de modulación digital 410 es multiplicado por una secuencia de base de QPSK 420, para formar una secuencia modulada digitalmente 430. Tal secuencia digitalmente modulada es mapeada al conjunto de subportadoras consecutivas 440. En el caso de la transmisión de Canal Compartido de Enlace Ascendente Físico (PUSCH – Physical Uplink Shared Channel, en inglés) de LTE de Versión 8, la secuencia de base es una secuencia de DFT. En la FIG. 6, cada símbolo de un conjunto de símbolos de modulación digital 610 es multiplicado por una secuencia de base de DFT 620 para formar una secuencia modulada digitalmente 630. Las secuencias moduladas digitales múltiples son a continuación superpuestas en 650, antes de ser mapeadas al conjunto de subportadoras consecutivas 660. La FIG. 6 será explicada de manera más completa en lo que sigue.

En una operación típica, en la FIG. 4, la longitud de una secuencia de base 420 es igual al número de los elementos del recurso (REs – Resource Elements, en inglés) 440. Además, el número de secuencias moduladas digitalmente, correspondientes al número de símbolos de modulación que pueden ser enviados en un conjunto de subportadoras en un símbolo de SC-FDMA, que también corresponde al máximo número de secuencias de base que pueden ser enviadas en este conjunto de REs en un símbolo de SC-FDMA, es menor o igual al de la longitud de la secuencia de base de QPSK.

La FIG. 5 ilustra el transporte de múltiples símbolos de modulación digital utilizando un canal de control de enlace ascendente físico (PUCCH – Physical Uplink Control CHannel, en inglés). En LTE, la unidad de base lleva a cabo funciones de planificación, que incluyen la asignación de recursos de tiempo y/o de frecuencia para comunicaciones de datos y de control. El planificador asigna un canal de control de enlace ascendente a una o más unidades remotas para comunicar información de retorno de ARQ híbrida (ACK/NACK – Reconocimiento / Reconocimiento Negativo – ACKnowledgement / Negative ACKnowledgement, en inglés), remota de calidad del canal (CQI – Channel Quality Information, en inglés), un indicador de rango (RI – Rank Indicator, en inglés), un indicador de matriz de precodificación (PMI – Precoding Matrix Indicator, en inglés) entre otra información de control. En otros sistemas puede comunicarse otra información de control en el canal de control del enlace ascendente. En los sistemas de LTE, la información de control del enlace ascendente es comunicada en el PUCCH. De manera más general, la información de control del enlace ascendente puede ser también comunicada en algún otro canal. En LTE, por ejemplo, la información de control puede ser también comunicada en el canal compartido de enlace ascendente físico (PUSCH – Physical Uplink Shared Channel, en inglés). En LTE, el PUCCH y el PUSCH están diseñados para permitir transmisiones de enlace ascendente simultáneas desde múltiples unidades remotas en el

sistema de comunicación inalámbrico. Tal comunicación simultánea es implementada mediante codificación ortogonal de las comunicaciones del enlace ascendente transmitidas por cada unidad remota.

El PUCCH es implementado utilizando un recurso de frecuencia de banda estrecha dentro de un recurso de frecuencia de banda ancha, donde el PUCCH incluye un par de bloques de recurso de control del enlace ascendente separados dentro del recurso de frecuencia de banda ancha. Situar el par de bloques de recurso de enlace ascendente cerca o en bordes opuestos de un recurso de frecuencia de banda ancha proporciona diversidad y evita la fragmentación del espacio de asignación de bloque de recurso utilizado para transmisiones de tráfico de datos (es decir, el PUSCH). El ancho de banda del enlace descendente y del enlace ascendente están subdivididos en bloques de recurso, en los que cada bloque de recurso (RB – Resource Block, en inglés) comprende una o más subportadoras. Un bloque de recurso es una unidad típica en la cual las asignaciones de recurso son asignadas para las comunicaciones del enlace ascendente y del enlace descendente. En LTE, un bloque de recurso comprende 12 subportadoras consecutivas para una duración de un intervalo (0,5 ms) que comprende un número de símbolos de OFDM o de SC-FDMA, por ejemplo 7 símbolos. Dos intervalos forman una subtrama de 1 ms de duración, y diez subtramas comprenden una trama de radio de 10 milisegundos (ms). En la FIG. 5, cuatro símbolos 530 de una subtrama están asignados a símbolos de referencia de desmodulación (DMRS – DeModulation Reference Symbols, en inglés). Esto deja 10 símbolos 520 para transportar información. En un ejemplo, un total de 10 símbolos de modulación digital pueden ser transmitidos como en la FIG. 5.

En el PUSCH de LTE, un conjunto de elementos de recurso (REs – Resource Elements, en inglés) 650 contiene $12xN_{RB}$ subportadoras consecutivas que abarcan N_{RB} bloques de recurso (RBs – Resource Blocks, en inglés) consecutivos. Un ejemplo particular de mapeo de PUSCH con $N_{RB} = 2$ se muestra en la FIG. 6. La longitud de la secuencia de base 620 correspondiente es $12xN_{RB}$ y hasta $12xN_{RB}$ (= 24 en este ejemplo) secuencias de base pueden ser utilizadas para modulación. Un símbolo de QPSK/16QAM/64QAM modulado digitalmente $d(i)$ es multiplicado por una de las secuencias de base de DFT 620 para formar una secuencia modulada digitalmente 630, que es mapeada al conjunto de REs 660. $12xN_{RB}$ secuencias moduladas digitalmente 640 pueden ser formadas y superpuestas como en 650 para transmitir hasta $12xN_{RB}$ símbolos de modulación digital 610 en el conjunto de REs 660.

Con un PUSCH, $12xN_{RB}$ símbolos de modulación digital pueden ser transmitidos utilizando un conjunto de $12xN_{RB}$ elementos de recurso en un solo símbolo de SC-FDMA. La asignación de PUSCH abarca $12xN_{RB}$ subportadoras en frecuencia y una subtrama con 14 símbolos en el tiempo. Dos símbolos de SC-FDMA son asignados a símbolos de referencia, lo que deja 12 símbolos. Por ello, un total de $12x(12xN_{RB})$ símbolos de modulación digital pueden ser transmitidos en una asignación de PUSCH de N_{RB} s. En otra realización, el número de símbolos de SC-FDMA para transmisión de datos de PUSCH puede ser diferente de 12, por ejemplo 11, en el caso de que un símbolo de la subtrama esté reservado para una transmisión de señal de referencia más precisa.

Un ejemplo de información de retorno de covarianza espacial que utiliza PUCCH se ilustra en la FIG. 7. Las secuencias moduladas directamente que se obtienen basándose en un conjunto de coeficientes transmitidos $[y_1, y_2, \dots, y_{10}]$ 710 pueden ser mapeados a un PUCCH. Los símbolos mapeados a REs individuales en los símbolos de SC-FDMA de base se obtienen como

$$z(12n + i) = y(n).r^a(i) \quad (1.7)$$

donde $r^a(.)$ es la secuencia de base de QPSK con desviación cíclica α , y $y(n)$ son los coeficientes transmitidos. Cada coeficiente transmitido $y(i)$ se utiliza en lugar de un símbolo de modulación digital $d(i)$ ilustrado en la FIG. 5 para obtener una secuencia modulada directamente de longitud – 12, que es a continuación mapeada a un conjunto de 12 REs en un símbolo de SC-FDMA. En una realización, los coeficientes transmitidos $y(i)$ podrían ser los 10 coeficientes únicos normalizados de una matriz de covarianza, o una transformación de estas entradas.

Un principio similar siempre puede ser aplicado reemplazando una secuencia modulada digitalmente en la FIG. 6 con una secuencia modulada directamente. Las secuencias modulada directamente y modulada digitalmente pueden ser combinadas entre sí para su transmisión en un PUCCH. En otras palabras, un coeficiente de transmisión puede ser utilizado para reemplazar uno o más símbolos de modulación $d(i)$ (es decir, 320) en un PUCCH.

En el caso de un PUSCH la FIG. 8 ilustra cómo pueden ser transmitidos los coeficientes de transmisión junto con otros símbolos de modulación para un ejemplo de $N_{RB} = 2$ similar a la FIG. 6. En la FIG. 8, un conjunto de símbolos de modulación digital 810 y de coeficientes transmitidos 820 son transportados en un conjunto de $12xN_{RB}$ REs en un símbolo de datos de SC-FDMA. Los símbolos modulados digitales son multiplicados por correspondientes secuencias de base para obtener secuencias moduladas digitalmente en 830. Los coeficientes transmitidos son multiplicados con correspondientes secuencias de base para obtener un conjunto de secuencias moduladas directamente. En 850, los dos tipos de secuencias moduladas son combinados para obtener una secuencia de modulación compuesta, la cual es mapeada a un conjunto de $12xN_{RB}$ REs en 860.

Como se ha explicado anteriormente, una asignación de PUSCH puede utilizar 12 símbolos de SC-FDMA, cada uno con $12xN_{RB}$ REs. Una combinación de coeficientes de transmisión y de símbolos de modulación digital puede ser

transportada en cada conjunto de $12 \times N_{RB}$ REs correspondientes a cada símbolo de SC-FDMA. En otra realización, los coeficientes de transmisión y los símbolos de modulación digital pueden ser mapeados a diferentes símbolos de SC-FDMA.

Algunos parámetros extraídos de R o de la información de estado del canal pueden ser adecuados para la cuantificación y a continuación ser transportados utilizando modulación digital, lo que se denomina en esta memoria "información de retorno digital". Con información de retorno digital, un parámetro es cuantificado y mapeado a un patrón de bits, que es opcionalmente codificado, y a continuación modulado utilizando una constelación finita (por ejemplo, QPSK, 16QAM, 64QAM) para obtener símbolos de modulación digital.

El factor de escalado de la matriz de covarianza espacial, por ejemplo, es adecuado para información de retorno digital. El número de bits mapeados podría ser seleccionado en función del alcance dinámico de tales parámetros y de la precisión deseada. Por ejemplo, si γ es un factor de escalado correspondiente a SNR, puede utilizarse un mapeo de 5 bits con 32 niveles, separados uniformemente con incrementos de 1 dB sobre un intervalo de 32 dB. Como otro ejemplo, los valores de Eigen pueden ser también transmitidos utilizando modulación digital. En general, los parámetros extraídos de R o la información de estado del canal con un intervalo dinámico mayor son adecuados para la modulación digital.

Una realización de transmitir información de covarianza espacial o información de estado del canal se ilustra en la FIG. 9. Los coeficientes transmitidos 910 y los parámetros para la información de retorno digital 920 son obtenidos a partir de la matriz de covarianza espacial 905. Los coeficientes transmitidos 910 son multiplicados con secuencias de base para obtener secuencias moduladas directamente en 915. Los bits de información obtenidos de los parámetros para la información de retorno digital en 920 son a continuación codificados y modulados para obtener símbolos de modulación digital 925, que son multiplicados con secuencias de base para obtener un conjunto de secuencias de modulación digital. Otros datos codificados e información de control en 935 son modulados para obtener otros símbolos de modulación digital en 940 y multiplicados con secuencias de base para obtener otras secuencias de modulación digital en 945. Las secuencias moduladas directamente 915 y las secuencias moduladas digitalmente 945 son combinadas en un conjunto de elementos de recurso para obtener una secuencia de modulación compuesta, la cual es mapeada a un conjunto de REs. De manera más general, puede obtenerse más de una secuencia de modulación compuesta, combinando subconjuntos de secuencias 915, 930, 945. Éstos pueden ser mapeados a múltiples conjuntos disjuntos de REs. Un ejemplo de tales conjuntos disjuntos es el PUSCH, donde cada secuencia compuesta es mapeada a un conjunto de $12 \times N_{RB}$ de RBs en un símbolo de SC-FDMA. Puede comprenderse que en algunos casos, los coeficientes transmitidos, la información de retorno digital, los datos de usuario codificados y/o otra información de control pueden no estar simultáneamente presentes.

En otra realización, para los coeficientes transmitidos 910 de la FIG. 9, puede utilizarse un factor de repetición

dependiente de la calidad del canal $\alpha_R^{\text{desfase}}$, en cuyo caso el coeficiente transmitido será transmitido múltiples veces. Este factor de repetición puede ser indicado a la unidad remota mediante un mensaje de configuración de capa superior tal como un mensaje de configuración del RRC, que puede ser un mensaje dedicado. Alternativamente, el factor de repetición puede ser señalado en los formatos de Información de Control del Enlace Descendente (DCI – Downlink Control Information, en inglés) para un mayor control dinámico. El factor de repetición puede ser una función del MSC de los datos en el caso de que la transmisión de datos esté también planificada para la unidad remota en la misma subtrama. Con repetición, la calidad del coeficiente transmitido repetido puede ser mejorada. La repetición puede ser implementada repitiendo simplemente los coeficientes de transmisión

$\alpha_R^{\text{desfase}}$ veces, para obtener un conjunto expandido de coeficientes de transmisión antes de obtener secuencias de modulación digital. Alternativamente, la repetición puede ser implementada difundiéndose con un código de difusión (tal como el código de Walsh o de DFT).

En otra variación de la realización descrita anteriormente, los bits de información digital derivados de la matriz de covarianza 920 pueden ser codificados con otros datos e información de control (como CQI, etc.,) antes de la modulación para obtener símbolos de modulación digital en 930.

En una realización, los parámetros de codificación utilizados para la información de retorno digital basados en la matriz de covarianza o en la información de estado del canal, como en 920 en la FIG. 9 descrita anteriormente, pueden ser también derivados basándose en la calidad del canal. Tal calidad del canal puede ser derivada

implícitamente, por ejemplo, utilizando un desfase fijo β_R^{desfase} para el MSC de los datos, dependiendo de los requisitos de información de retorno a la recepción de calidad relativa a los datos. Tal planteamiento está soportado ya en la Versión 8 para la información de retorno acerca de la Información de Calidad del Canal (CQI – Channel Quality Information, en inglés), HARQ-ACK y del indicador de rango (RI – Rank Indicator, en inglés), donde los parámetros de codificación para la transmisión son derivados de los parámetros de codificación de datos y de modulación. Tal parámetro de desfase puede ser señalado mediante un mensaje de configuración de capa superior

tal como un mensaje de configuración del RRC o en la DCI en el PSCCH. Por ejemplo, la tasa de código para estos bits de información de retorno de R puede ser obtenida como

$$Tasa_{Rf} = \frac{Tasa_{datos}}{\beta_R^{desfase}} \quad (1.8)$$

En otra realización, los bits de información acerca de la información de retorno derivados de la covarianza espacial o de la información de estado del canal pueden ser codificados conjuntamente junto con otra información CQI, en cuyo caso puede utilizarse un factor de desfase diferente adecuado para otra información CQI. Por ejemplo, un factor de desfase está definido en la especificación de Versión 8 de LTE para las CQI, PMI y RI codificadas binarias existentes.

El la Versión 8 de LTE, mientras que el PUCCH es a menudo utilizado para información de retorno de la información de control cuando no hay ninguna transmisión de datos desde la unidad remota, la información de retorno sobre el PUSCH permite la multiplexación de la información de retorno con datos y soporta la transmisión de un mayor número de símbolos de modulación. En futuros sistemas de LTE, puede estar soportada la transmisión simultánea de información de control en el PUCCH (o canales similares) y el PUSCH. En la Versión 8 de LTE, el tipo de información de retorno soportada con PUSCH incluye CQI, PMI, RI, HARQ-ACK, etc. Esta información está individual y/o conjuntamente codificada tal como la codificación de CQI y de PMI, y la codificación individual de RI y de HARQ-ACK, modulada y a continuación multiplexada con los datos de la unidad remota. La multiplexación puede ser llevada a cabo con un intercalador de canal.

Para describir esta multiplexación, una matriz intercaladora de canal se ilustra en la FIG. 10, de tamaño $(12 \times N_{RB}) \times M$, donde N_{RB} es el número de RBs en la asignación de PUSCH y M es el número de símbolos de SC-FDMA en una subtrama asignada a datos (típicamente 12 menos 2 para señales de referencia en el PUSCH). Con $N_{RB} = 2$, esta matriz puede ser descrita con 24 filas y 12 columnas, representando cada columna símbolos de modulación digital o coeficientes de transmisión transportados utilizando un solo símbolo de SC-FDMA. Cada cuarto símbolo de SC-FDMA en cada intervalo se reserva para un RS. Así que una asignación de 2 RB contribuye con $24 \times 12 = 288$ elementos de matriz que pueden ser asignados a símbolos de modulación digital o a coeficientes transmitidos. Tras obtener esta matriz, todos los símbolos de modulación digital y coeficientes transmitidos 811 correspondientes a un solo símbolo de SC-FDMA, (una sola columna) son procesados como se ilustra en la FIG. 6 ó en la FIG. 8.

Como se representa en la FIG. 8, cada coeficiente transmitido o un símbolo de modulación digital es multiplicado con una secuencia de DFT de longitud $2 \times 12 = 24$ para obtener una secuencia modulada digital o directamente y mapeada sobre un conjunto de $2 \times 12 = 24$ subportadoras. El coeficiente transmitido o el símbolo de modulación digital mapeado a una secuencia de base está representado como un elemento de matriz en la FIG. 10. Un elemento de matriz está pre codificado mediante DFT con una secuencia de base de DFT.

La FIG. 10 ilustra también el mapeo de los símbolos de modulación digital 1030 de los coeficientes transmitidos 1060 derivados de una matriz de covarianza espacial o información de estado del canal sobre el PUSCH junto con otros datos 1040 e información de control 1020 y 1050. La otra información de retorno mostrada es la información de retorno soportada actualmente en la Versión 8 de LTE como HARQ-ACK, RI, etc. Algo de esta información de retorno puede ser reemplazado. Por ejemplo, puede no haber necesidad de información de retorno de rango si la matriz de covarianza de información de retorno está soportada. Los coeficientes transmitidos $(y(i))$ están mapeados como se muestra en lugar de los dos símbolos de SC-FDMA de la información del indicador de rango (RI – Rank Indicator, en inglés) existentes (no mostrados) más lejos a ambos lados de las señales de referencia. Las ubicaciones en la matriz a las cuales están mapeados estos coeficientes se muestran sólo con propósito ilustrativo. Generalmente pueden ser mapeados a otras ubicaciones. El mapeo puede tener en cuenta otras métricas relativas al rendimiento, como el intervalo dinámico de potencia de PUCCH, la fiabilidad de estimación, etc. La información de retorno digital extraída de la matriz de covarianza espacial o de la información de estado del canal pueden ser separadamente codificadas y adjuntadas al final de la CQI, como se muestra en 1030, ó codificadas conjuntamente con la información CQI existente. De manera más general, puede ser asignada a otras ubicaciones en la matriz tales como hacia los extremos de la matriz.

El diseño del canal intercalador puede proporcionar ubicaciones simétricas de coeficientes transmitidos a ambos intervalos en el RB para maximizar la diversidad de frecuencia. Además, pueden ser mapeados para mejorar su fiabilidad de estimación y/o minimizar la relación de pico a media (PAPR – Peak to Average Ratio, en inglés) de la forma de onda de SC-FDMA del enlace ascendente.

En las realizaciones anteriores, las subportadoras asignadas a una región de PUSCH en un símbolo pueden ser contiguas, como en la LTE. En una variación de estas realizaciones, una región de PUSCH puede ser definida como una combinación de múltiples bloques de recurso de tales subportadoras contiguas. Al menos dos bloques de recurso pueden no ser no contiguos. En general, estos bloques podrían ser un solo RB o un grupo de RBs, es decir, un grupo de bloques de recurso (RBG – Resource Block Group, en inglés) tal como se define en el enlace

- descendente de la Versión 8 de la LTE. Además, una región de PUCCH y una región de PUSCH pueden estar autorizadas a ser transmitidas conjuntamente por un usuario en una futura revisión de la especificación (no permitido en la Versión 8 de la LTE). Puede entenderse que las metodologías descritas en esta memoria aplican a tales casos. Los coeficientes transmitidos y la información digital derivada de la matriz de covarianza espacial pueden ser separadas y transmitidas en uno o más de tales bloques y compartir los recursos con otros símbolos modulados digitalmente basándose en otros datos o control.
- 5
- En general, como se ha explicado anteriormente, la información de retorno espacial puede ser solicitada por una unidad de base sobre una base de frecuencia selectiva, en otras palabras, muchos casos de tal información pueden solicitarse que sean relevantes para diferentes sub-bandas de frecuencia, donde una sub-banda es un conjunto de subportadoras contiguas. Esto puede, por ejemplo, ser deseable si un usuario puede soportar una mayor cabecera de información de retorno en el enlace ascendente, para obtener ganancias selectivas en frecuencia en el enlace descendente.
- 10
- En otra realización, si una solicitud de información simultánea de más de una matriz de covarianza es solicitada, los coeficientes de todas las matrices pueden ser combinados y las transformaciones descritas anteriormente para una sola matriz de covarianza pueden ser utilizadas sin pérdida de la generalidad.
- 15
- En las realizaciones anteriores, el término elementos del recurso de radio puede incluir subportadoras de OFDM / SC-FDMA, símbolos de OFDM / SC-FDMA, microprocesadores en CDMA, etc. También, el término "transformación" de al menos un coeficiente de información de retorno puede incluir aleatorización, escalado o cualquier otra modificación al coeficiente de información de retorno.
- 20
- Aunque la presente invención y los mejores modos de la misma han sido descritos de una manera que establece la posesión y permite a las personas no expertas en la materia realizarla y utilizarla, resultará evidente y apreciado que pueden hacerse modificaciones y variaciones a la misma sin separarse del alcance de la invención, la cual va a estar limitada no por las realizaciones de ejemplo, sino por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método en una unidad de comunicación inalámbrica, comprendiendo el método:

5 Obtener un primer canal correspondiente a una primera antena de transmisión y un segundo canal correspondiente a una segunda antena de transmisión basándose en un canal medido en un primer conjunto de dos o más subportadoras correspondientes a una forma de onda recibida en la unidad de comunicación inalámbrica, estando los citados canales representados por coeficientes de canal,

las antenas de transmisión primera y segunda están asociadas con un transmisor que transmite la forma de onda recibida en la unidad de comunicación inalámbrica;

generar una forma de onda de transmisión en la unidad de comunicación inalámbrica,

10 la forma de onda de transmisión está basada en un mapeo de al menos una secuencia modulada directamente a un conjunto de elementos de recurso de radio,

la al menos una secuencia modulada directamente es un producto de al menos un coeficiente transmitido y una secuencia de base correspondiente, el al menos un coeficiente transmitido está basado en los canales primero y segundo;

15 transmitir la forma de onda de transmisión desde un transceptor de la unidad de comunicación inalámbrica.
2. El método de la Reivindicación 1, que comprende también obtener el al menos un coeficiente transmitido desde al menos una matriz de covarianza espacial formada de al menos una correlación entre el primer canal y el segundo canal.
3. El método de la Reivindicación 2, que comprende también obtener el al menos un coeficiente transmitido de
20 al menos un coeficiente de información de retorno derivado de la al menos una matriz de covarianza espacial.
4. El método de la Reivindicación 3, en el que el al menos un coeficiente transmitido corresponde al al menos un coeficiente de información de retorno.
5. El método de la Reivindicación 3, en el que el al menos un coeficiente transmitido corresponde a una transformación del al menos un coeficiente de información de retorno.
- 25 6. El método de la Reivindicación 3, en el que el al menos un coeficiente transmitido corresponde a una transformación del al menos un coeficiente de información de retorno aleatorizado mediante una secuencia.
7. El método de la Reivindicación 3, que se deriva del al menos un coeficiente de información de retorno de la al menos una matriz de covarianza espacial, donde el al menos un coeficiente de información de retorno corresponde al al menos un coeficiente escalado de la al menos una matriz de covarianza espacial.
- 30 8. El método de la Reivindicación 3, que se deriva del al menos un coeficiente de información de retorno de la al menos una matriz de covarianza espacial, donde el al menos un coeficiente de información de retorno corresponde al al menos un vector de Eigen, siendo el al menos un vector de Eigen derivado basándose en la al menos una matriz de covarianza espacial.
9. El método de la Reivindicación 1, que combina dos o más secuencias moduladas directamente para
35 obtener una sola secuencia modulada directamente que es mapeada al conjunto de elementos del recurso de radio.
10. El método de la Reivindicación 1, que mapea una pluralidad de secuencias moduladas directamente sobre elementos de recurso disjuntos del conjunto de elementos del recurso de radio.
11. El método de la Reivindicación 1, que comprende también combinar la al menos una secuencia modulada directamente con al menos una secuencia modulada digitalmente para obtener una secuencia modulada compuesta
40 que es mapeada al conjunto de elementos del recurso de radio, donde la al menos una secuencia modulada digitalmente es el producto del al menos un símbolo de modulación digital y una secuencia de base correspondiente.
12. El método de la Reivindicación 1, que comprende también obtener el al menos un coeficiente transmitido de la información del estado del canal de al menos uno de los canales primero o segundo.
13. Una unidad de comunicación inalámbrica que comprende:

45 un transceptor;

un controlador acoplado al transceptor,

estando el controlador configurado para generar (870, 960) una forma de onda de transmisión,

siendo la forma de onda de transmisión generada basándose en un mapeo (860, 955) de al menos una secuencia modulada directamente a un conjunto de elementos del recurso de radio,

5 siendo la al menos una secuencia modulada directamente un producto del al menos un coeficiente transmitido y una secuencia de base correspondiente (830-850, 950), estando el al menos un coeficiente transmitido basado en un primer canal correspondiente a una primera antena de transmisión y a un segundo canal correspondiente a una segunda antena de transmisión, estando los citados canales representados por coeficientes de canal,

estando los canales primero y segundo basados en un canal medido en un primer conjunto de dos o más subportadoras correspondientes a una forma de onda recibida en la unidad de comunicación inalámbrica,

10 estando el transceptor configurado para transmitir la forma de onda de transmisión.

14. La unidad de la Reivindicación 15, estando el controlador configurado para obtener el al menos un coeficiente transmitido a partir de la al menos una matriz de covarianza espacial formada a partir de la al menos una correlación entre el primer canal y el segundo canal.

15 15. La unidad de la Reivindicación 13, estando el controlador configurado para combinar dos o más secuencias del conjunto de al menos una secuencia modulada directamente y al menos una secuencia modulada digitalmente para obtener una secuencia modulada compuesta que es mapeada al conjunto de elementos del recurso de radio, donde la al menos una secuencia modulada digitalmente es el producto del al menos un símbolo de modulación digital y una secuencia de base correspondiente.

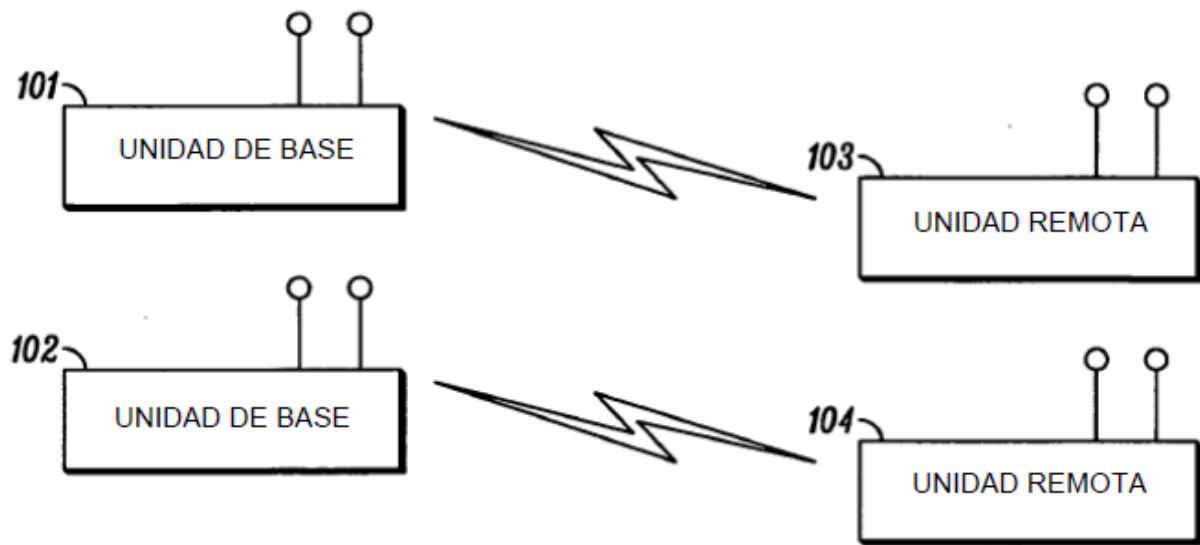


FIG. 1

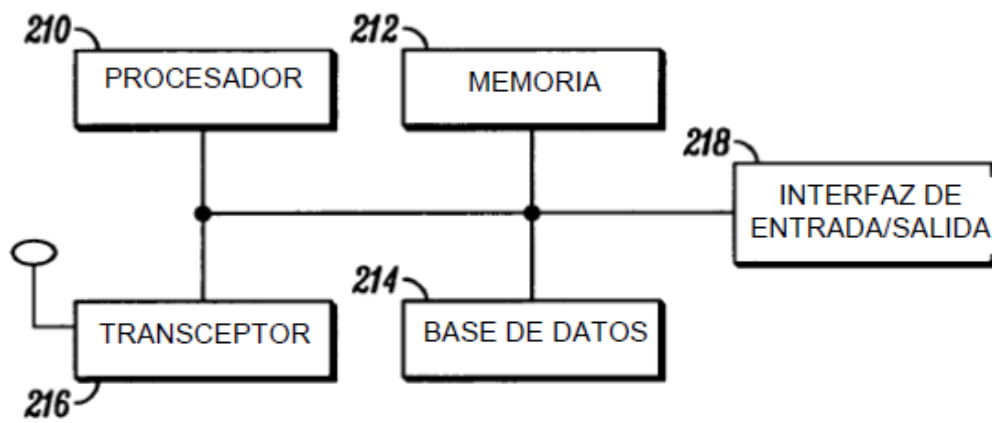
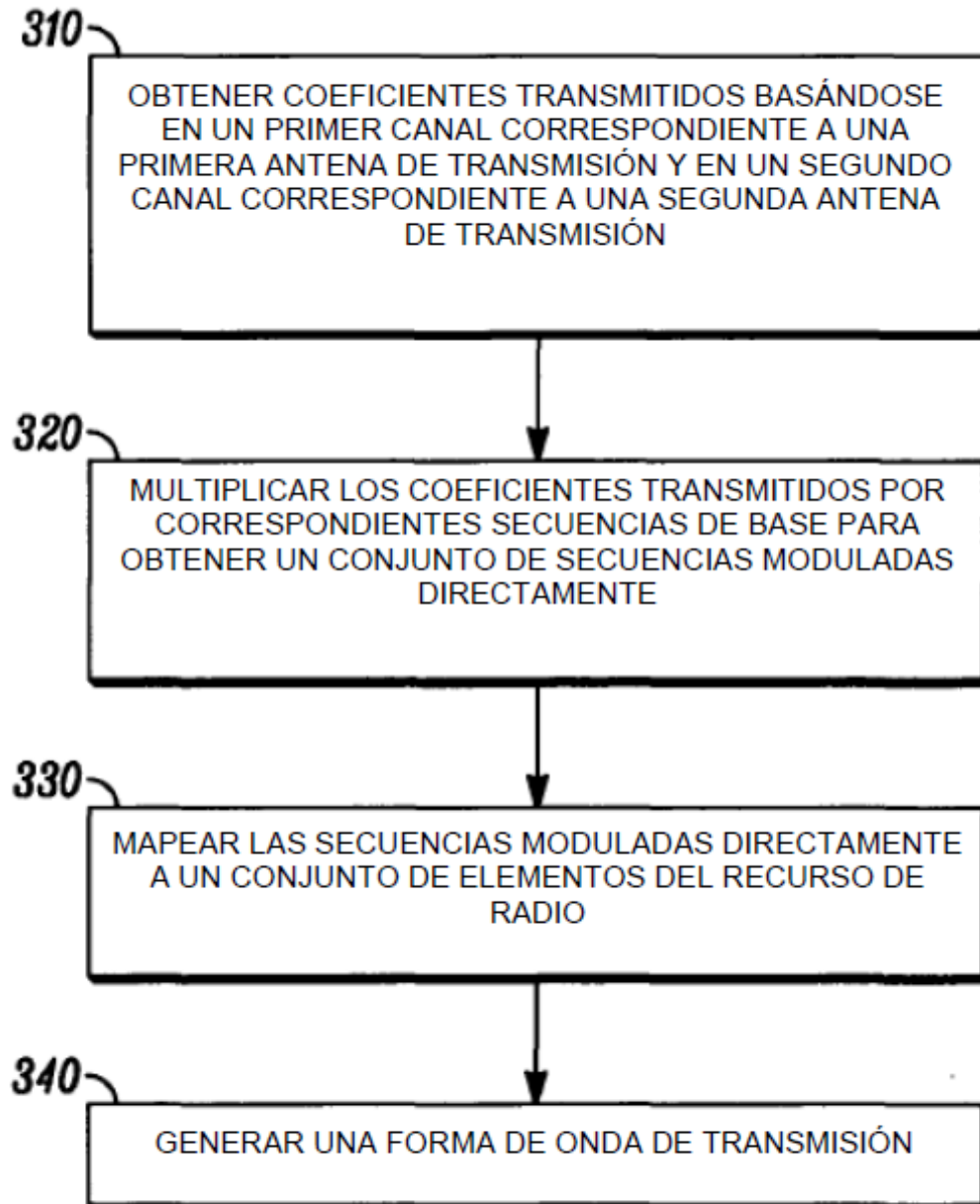


FIG. 2

*FIG. 3*

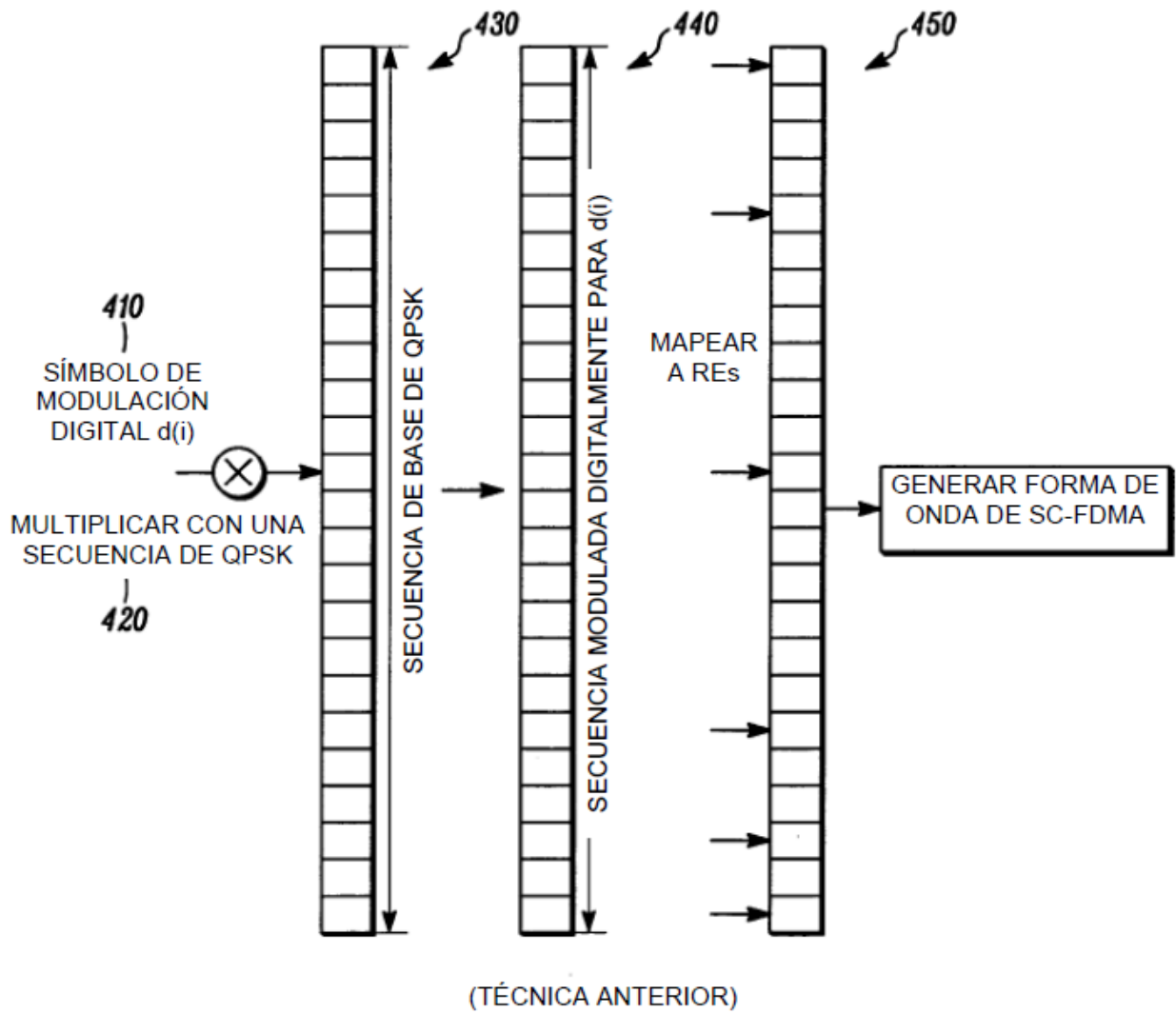
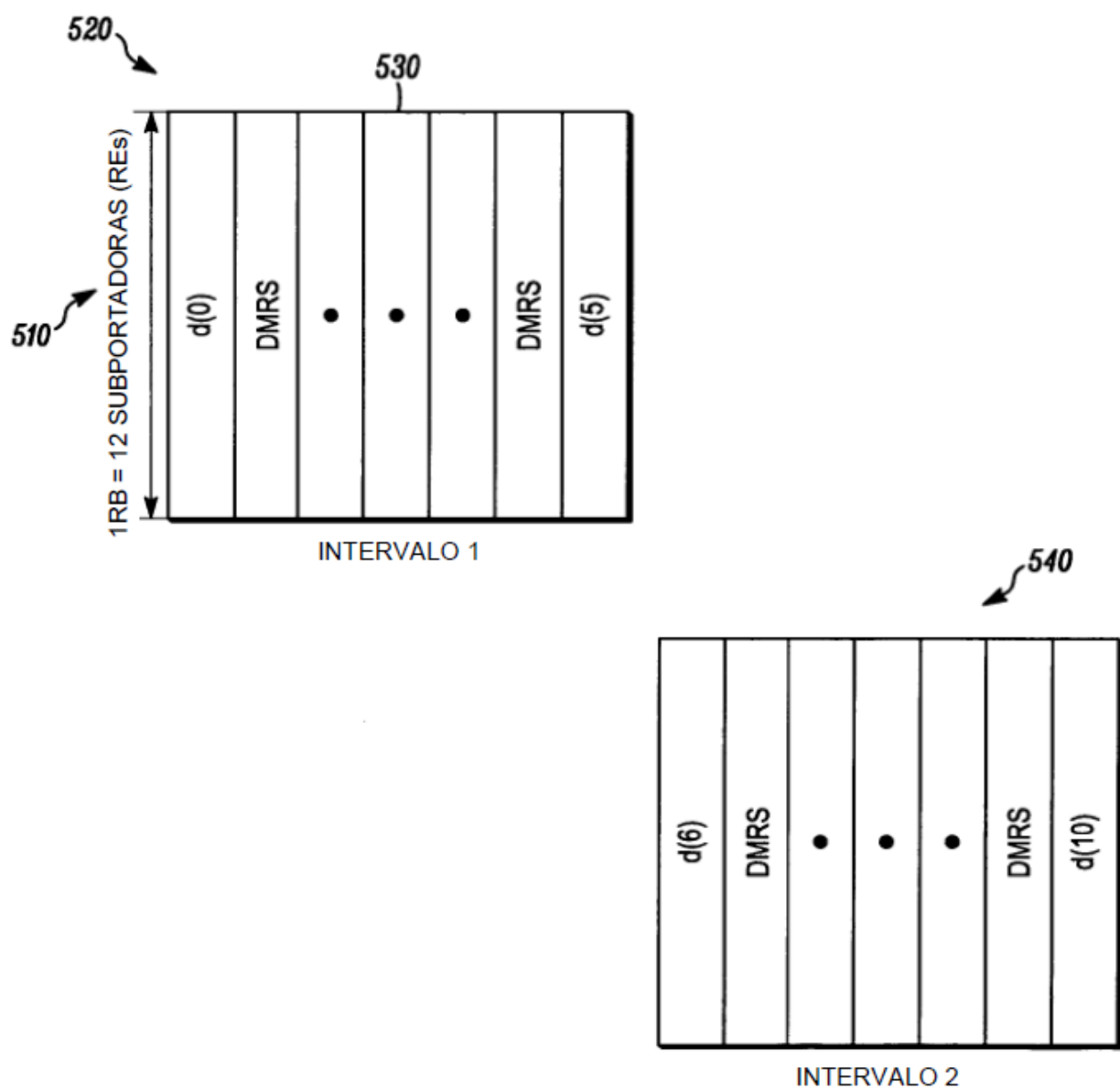


FIG. 4



(TÉCNICA ANTERIOR)

FIG. 5

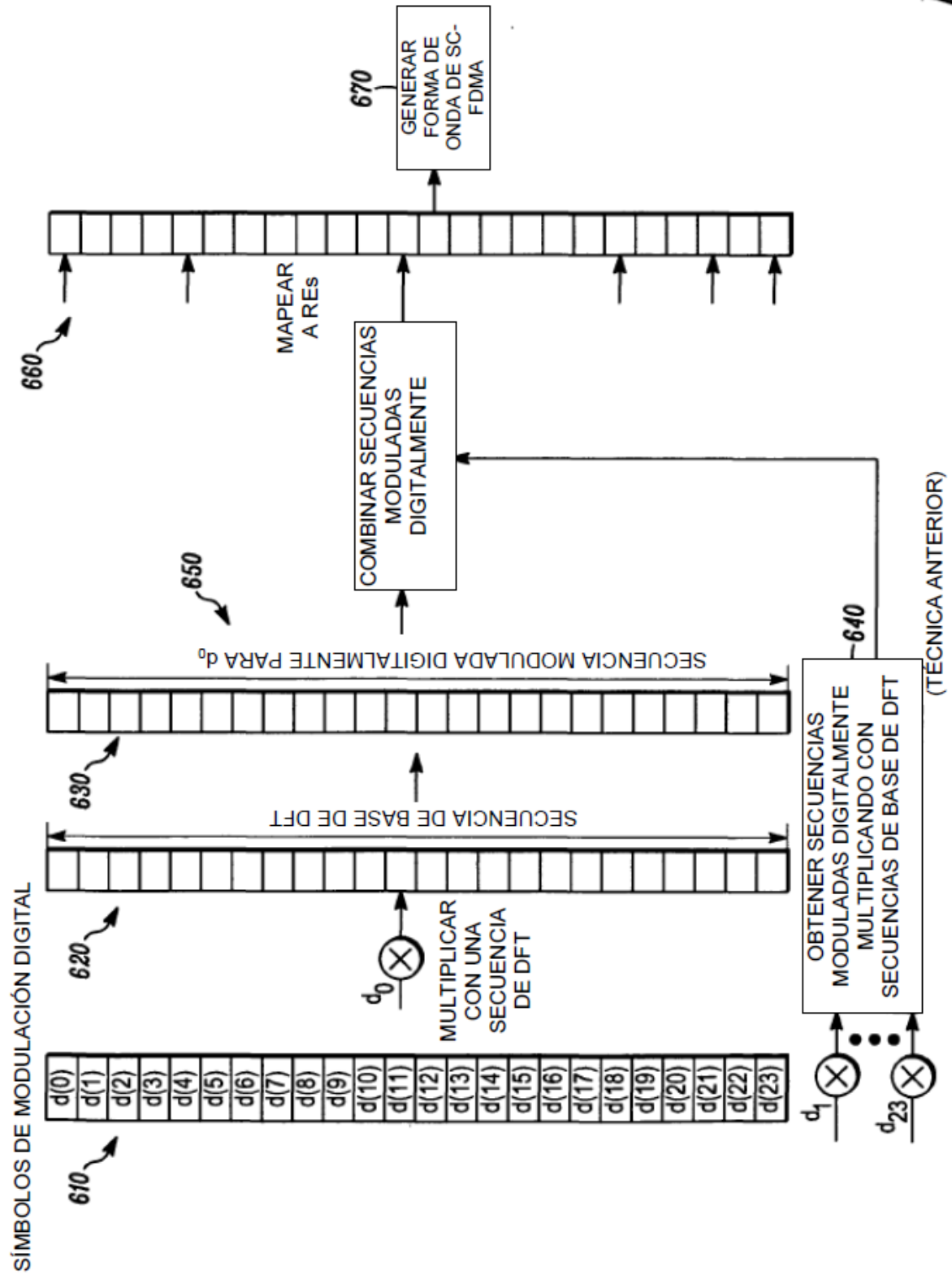
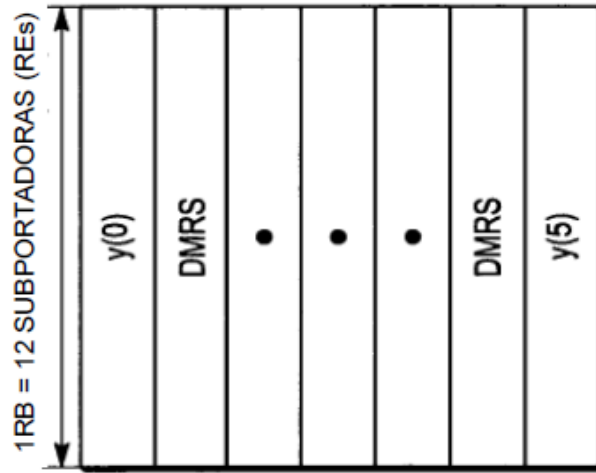
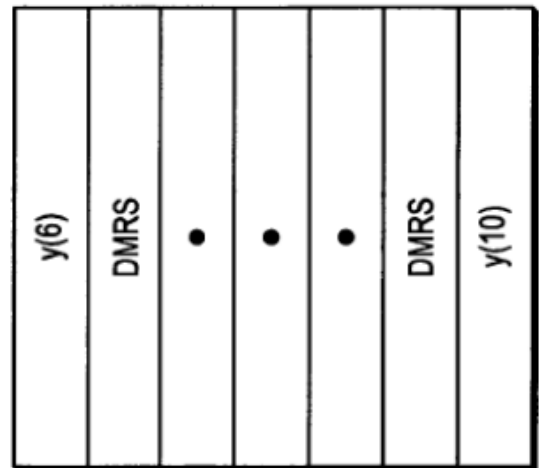


FIG. 6

710



INTERVALO 1



INTERVALO 2

FIG. 7

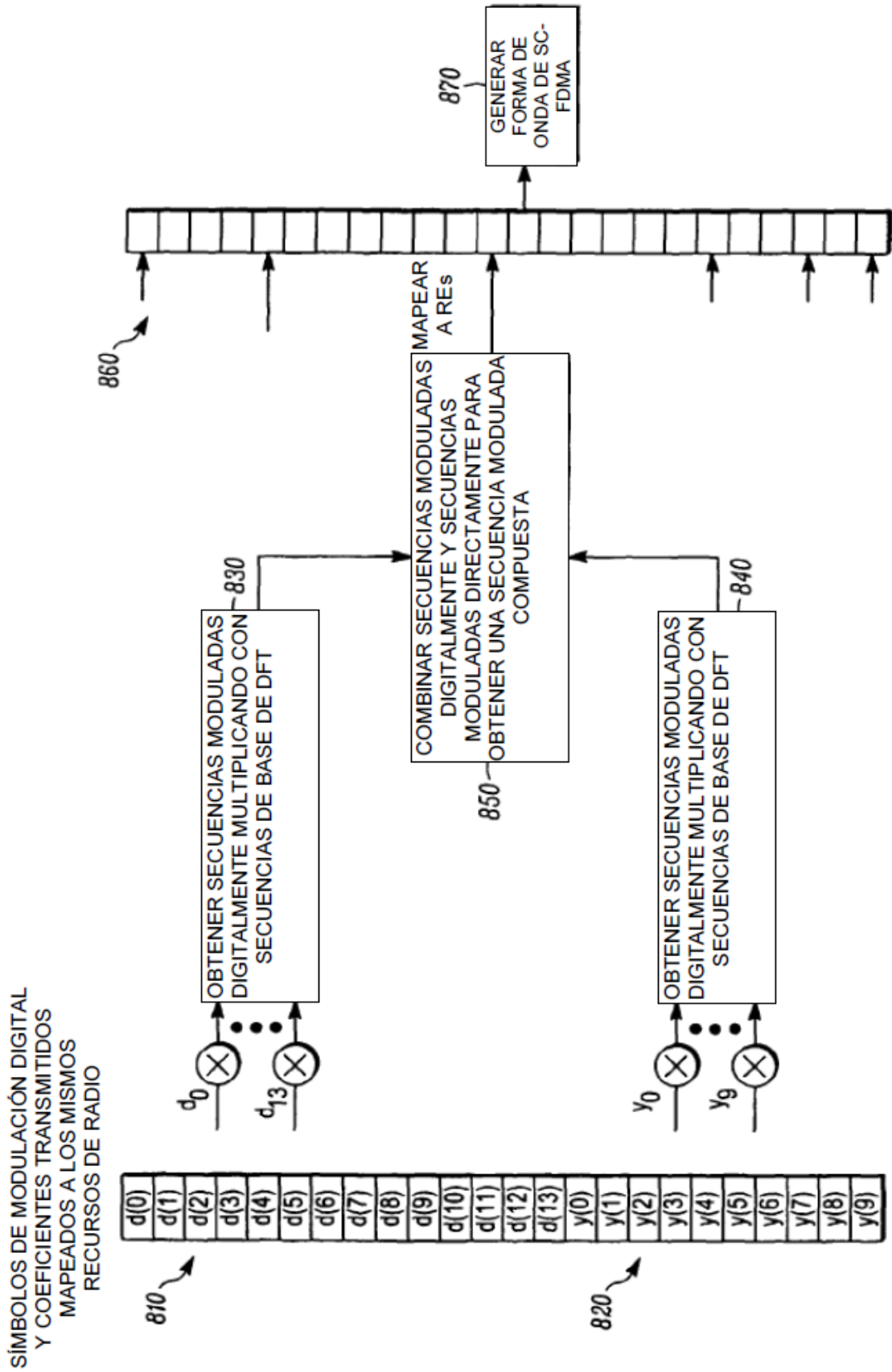


FIG. 8

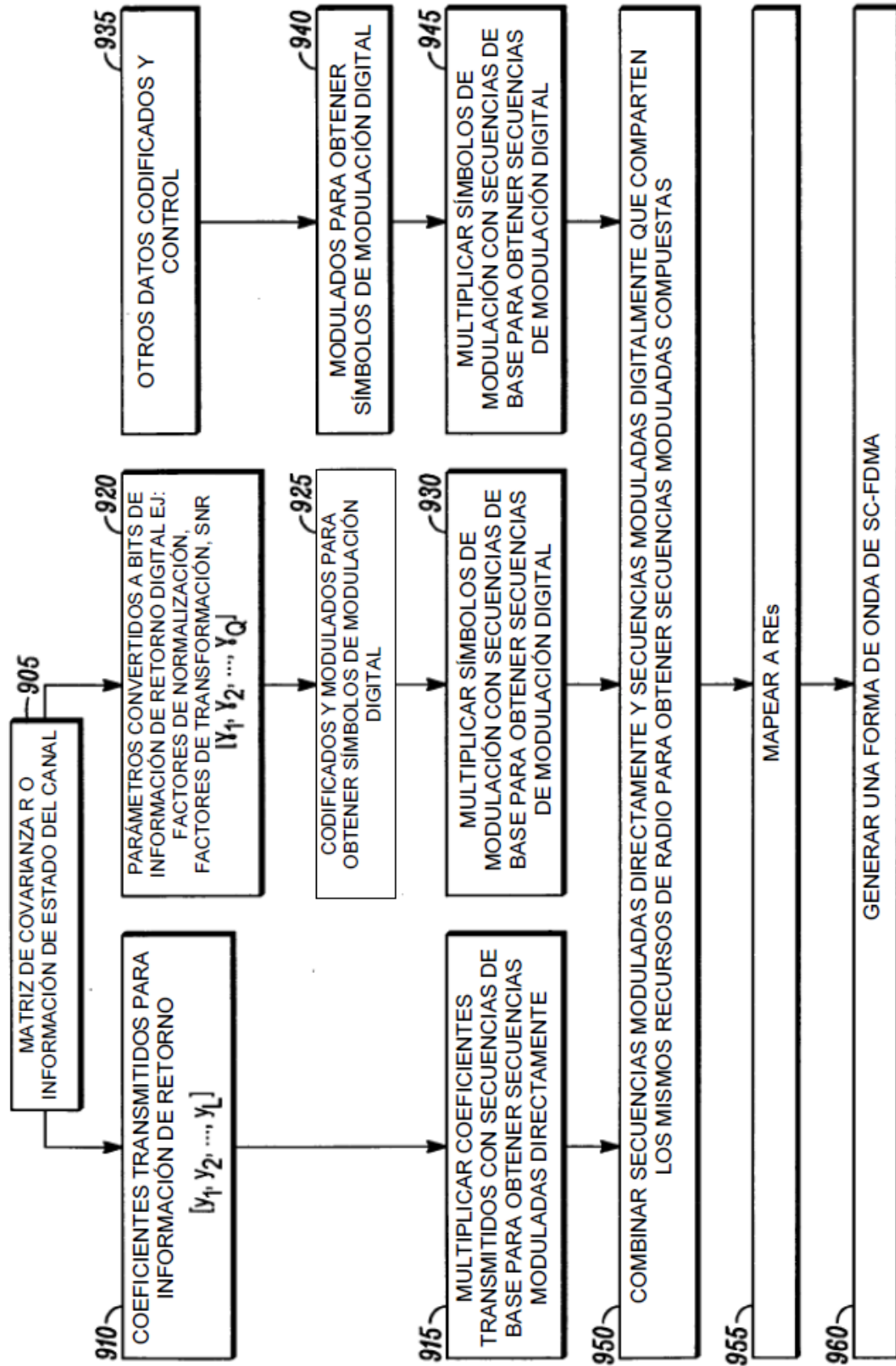


FIG. 9

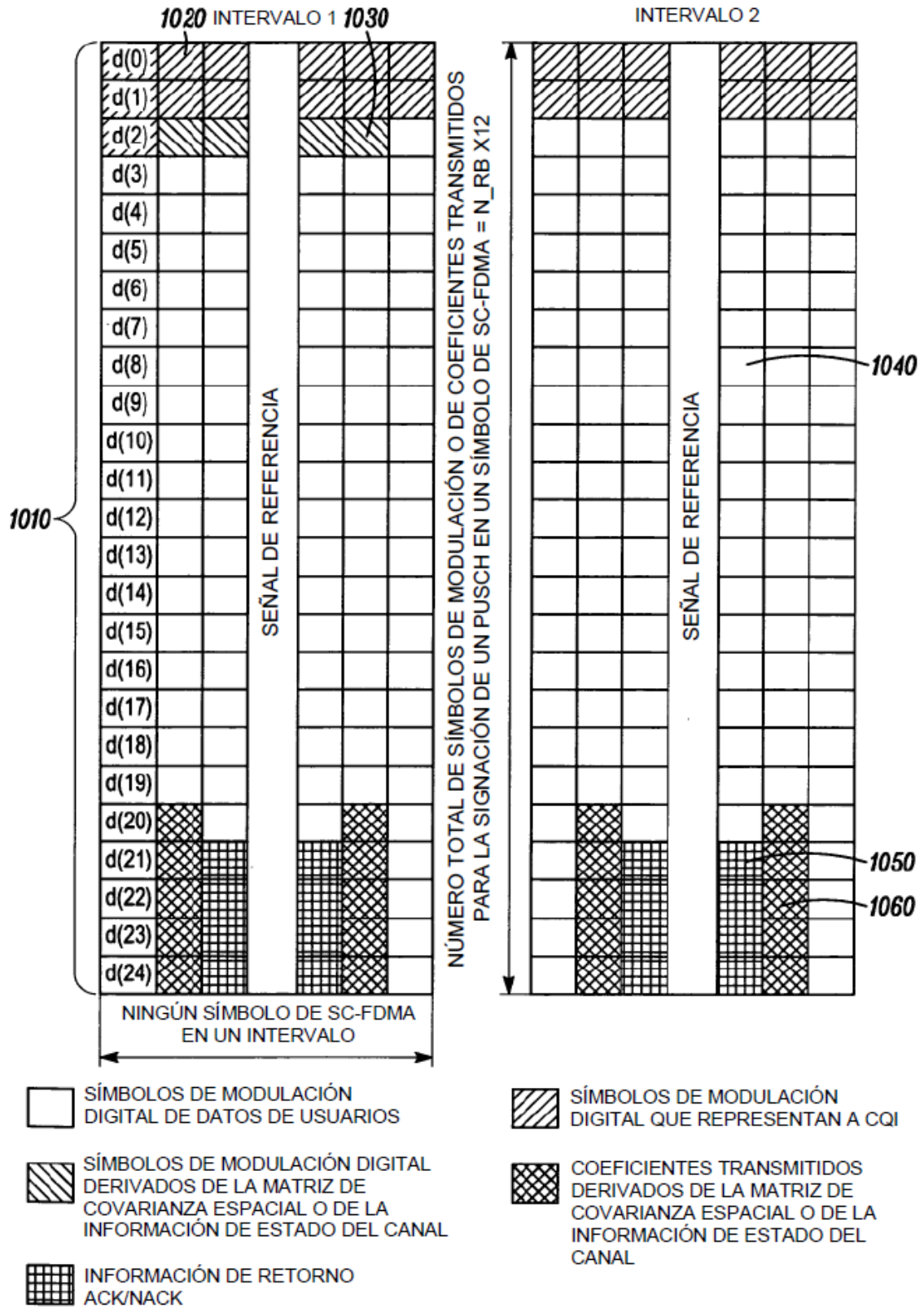


FIG. 10