

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 465 220**

51 Int. Cl.:

**H04B 1/707** (2011.01)

**H04L 25/03** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.11.2007** **E 11009956 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.04.2014** **EP 2434654**

54 Título: **Detección multi-usuario sucesiva para comunicación inalámbrica**

30 Prioridad:

**15.11.2006 US 560206**

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

**05.06.2014**

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)**  
**5775 Morehouse Drive**  
**San Diego, CA 92121-1714, US**

72 Inventor/es:

**SHIM, BYONGHYO;**  
**KANG, INYUP;**  
**ABRISHAMKAR, FARROKH y**  
**SAMBHWANI, SHARAD DEEPAK**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 465 220 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

Detección multi-usuario sucesiva para comunicación inalámbrica

**Antecedentes****I. Campo**

- 5 La presente divulgación se refiere, en general, a las comunicaciones y, más específicamente, a técnicas para recuperar la transmisión en una comunicación inalámbrica.

**II. Antecedentes**

10 Un sistema de comunicaciones de acceso múltiple inalámbrico puede comunicar concurrentemente con múltiples dispositivos inalámbricos, por ejemplo, teléfonos móviles. Los ejemplos de tales sistemas de acceso múltiple incluyen sistemas de Acceso Múltiple por División de Código, sistemas de Acceso Múltiple por División del Tiempo (TDMA), sistemas de Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA) y sistemas de FDMA Ortogonal (OFDMA).

15 Un sistema de acceso múltiple inalámbrico típicamente incluye muchas estaciones base que proporcionan cobertura de comunicación para un área geográfica grande. Cada estación base puede transmitir datos a uno o más dispositivos inalámbricos localizados dentro de su área de cobertura. Un dispositivo inalámbrico dado puede recibir una transmisión deseada desde una estación base que da servicio así como transmisiones de interferencia desde estaciones base cercanas. Estas transmisiones de interferencia se desean para otros dispositivos inalámbricos localizados dentro de las áreas de cobertura de las estaciones base cercanas pero actúan como interferencia para este dispositivo inalámbrico dado. Las interferencias obstaculizan la capacidad del dispositivo inalámbrico para recuperar la transmisión deseada y tiene un gran impacto en el rendimiento.

20 Existe por lo tanto una necesidad en este campo de técnicas para recuperar una transmisión deseada en la presencia de transmisiones de interferencia en un sistema de comunicación inalámbrico.

25 También, se llama la atención al documento WO 2004/079975 A que describe una pluralidad de señales que se reciben en un espectro compartido. Se producen muestras de las señales de usuario recibidas como un vector recibido. El vector recibido está segmentado en una pluralidad de segmentos. Para cada segmento, se determinan sucesivamente símbolos para cada usuario o grupo de señales (el grupo de señales que tienen potencia recibida similar) determinando símbolos para un usuario/grupo y eliminando una contribución de ese un usuario/grupo del vector recibido. Los símbolos determinados que corresponden a cada segmento se ensamblan en un vector de datos.

30 Otro documento US 2004/013171 A1 describe la transmisión de Datos de una pluralidad de comunicaciones en un sistema de comunicación de acceso múltiple por división de código. Las comunicaciones transmitidas se reciben. Se determinan los factores de ganancia para al menos una de las comunicaciones recibidas. Se detectan los datos de las comunicaciones recibidas usando un factor de escalado de los valores de ganancia determinados.

35 El documento US 2002/018454 A1 describe un sistema de comunicación dúplex por división en el tiempo que usa un acceso múltiple por división de código que transmite una pluralidad de señales de datos sobre un espectro compartido en un intervalo de tiempo. Se recibe una señal combinada sobre el espectro compartido en el intervalo de tiempo. La pluralidad de señales de datos están agrupadas en una pluralidad de grupos. La señal combinada está filtrada adaptada basándose en parte en respuestas de símbolos asociadas con las señales de datos de uno de los grupos. Los datos de cada señal de datos en un grupo están detectados de manera conjunta. Una señal de interferencia se construye basándose en parte del un grupo de datos detectado. La señal de interferencia construida se resta de la señal combinada. Los datos de los otros grupos se detectan por procesamiento de la señal restada.

40 El documento US 2004/141565 A1 describe la recepción de una pluralidad de señales de datos sobre un conjunto de antenas que tiene una pluralidad de elementos de antena. Las señales de datos se transmiten sobre un espectro compartido en un sistema de comunicación inalámbrico. Una señal que tiene cada una de las señales de datos se recibe sobre cada elemento de antena. La pluralidad de señales de datos se agrupan en una pluralidad de grupos. Las señales recibidas de los elementos de antena están filtradas adaptadas para un primer grupo de la pluralidad de grupos, produciendo un resultado de filtrado adaptado. Los datos se detectan de manera conjunta del primer grupo usando el resultado de filtrado adaptado. Se construye una señal de corrección de interferencia usando los datos detectados para cada elemento de antena. El resultado de cancelación de interferencia se resta de la señal recibida de cada elemento de antena, produciendo un resultado de cancelación de interferencia para cada elemento de antena. Los datos se detectan sucesivamente para los grupos restantes usando el resultado de cancelación de interferencia para cada elemento de antena.

También, se llama la atención al documento TSAI C-H Y COL.: "MMSE HÍBRIDO Y SIC PARA DETECCIÓN MULTIUSUARIO" IEEE VTS 53RD. CONFERENCIA DE TECNOLOGÍA VEHICULAR, vol. CONF. 53, 6 de mayo de 2001 (06-05-2001), páginas 1779-1783, XP001082449 NUEVA YORK, NY, US ISBN: 978-0-7803-6728-9.

**Sumario**

De acuerdo con la presente invención, se proporcionan un procedimiento y un aparato como se expone en las reivindicaciones independientes. Las realizaciones de la invención se reivindican en las reivindicaciones dependientes.

5 Se describen en el presente documento las técnicas para recuperar una transmisión deseada en presencia de transmisiones de interferencia. En un ejemplo, que se refiere a una ecualización sucesiva y cancelación (SEC), la ecualización se realiza en una señal recibida para obtener una señal ecualizada para un primer conjunto de canales de codificación. El primer conjunto puede incluir todos los canales de codificación para un sector, un subconjunto de todos los canales de codificación para un sector, múltiples canales de codificación para múltiples sectores, etc. La  
10 detección de datos se realiza a continuación en la señal ecualizada para obtener una señal detectada para el primer conjunto de canales de codificación. Una señal para el primer conjunto de canales de codificación se reconstruye basándose en la señal detectada. La señal reconstruida para el primer conjunto de canales de codificación se cancela a continuación a partir de la señal recibida. La ecualización, detección de datos, reconstrucción y cancelación se realizan para al menos un conjunto adicional de canales de codificación de una manera similar. El  
15 procesamiento se realiza para un conjunto de canales de codificación a la vez, por ejemplo, comenzando con el conjunto más fuerte para el sector más fuerte.

En una realización, que se refiere a una mini detección de multiusuario sucesiva (SMM), la detección de datos se realiza en una señal recibida para obtener una señal detectada para un primer conjunto de canales de codificación. Una señal para el primer conjunto de canales de codificación se reconstruye basándose en la señal detectada. La  
20 señal reconstruida para el primer conjunto de canales de codificación se cancela a continuación a partir de la señal recibida. La detección de datos, reconstrucción y cancelación se realizan para al menos un conjunto adicional de canales de codificación de una manera similar. La detección de datos se realiza de manera diferente para SEC y SMM, como se describe a continuación.

Se describen diversos aspectos y realizaciones de la divulgación en más detalle a continuación.

**Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 muestra un sistema CDMA.  
La Figura 2 muestra un diagrama de bloques de una estación base y un dispositivo inalámbrico.  
La Figura 3 muestra un diagrama de bloques de un modulador CDMA.  
La Figura 4 muestra ecualización y cancelación sucesiva.  
30 La Figura 5 muestra un diagrama de bloques de una unidad de estimación de ganancia de canal de codificación.  
La Figura 6 muestra un procedimiento para realizar ecualización y cancelación sucesiva.  
La Figura 7 muestra mini-MUD sucesiva.  
La Figura 8 muestra un procedimiento para realizar mini-MUD sucesiva.

**Descripción detallada**

Las técnicas descritas en el presente documento se pueden usar para diversos sistemas de comunicación tales como sistemas CDMA, TDMA, FDMA, OFDMA y FDMA de Portadora Única (SC-FDMA). Un sistema CDMA puede implementar una tecnología de radio tal como cdma2000, CDMA de banda ancha (W-CDMA) y así sucesivamente. cdma2000 cubre los estándares IS-2000, IS-856 e IS-95. Un sistema TDMA puede implementar una tecnología de radio tal como el Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM). Se conocen en la técnica estas diversas tecnologías de radio y estándares. W-CDMA y GSM se describen en documentos de una organización llamada "Proyecto Asociación de 3ª Generación" (3GPP). cdma2000 se describe en documentos de una organización llamada "Proyecto Asociación de 3ª Generación2" (3GPP2). Los documentos 3GPP y 3GPP2 están disponibles públicamente. Un sistema OFDMA utiliza OFDM para transmitir símbolos en el dominio de frecuencia en subportadoras de frecuencia ortogonales. Un sistema SC-FDMA transmite símbolos en el dominio temporal en subportadoras de frecuencia ortogonales. Por claridad, las técnicas se describen a continuación para un sistema CDMA, que puede ser un sistema cdma2000 o un sistema W-CDMA.

Las técnicas también pueden usarse para transmisiones de una única entrada-una única salida (SISO), una única entrada-múltiples salidas (SIMO), múltiples entradas-una única salida (MISO) y múltiples entradas-múltiples salidas (MIMO). Una única entrada se refiere a una antena transmisora y múltiples entradas se refiere a múltiples antenas transmisoras para transmisión de datos. Una única salida se refiere a una antena receptora y múltiples salidas se refiere a múltiples antenas receptoras para recepción de datos. Por claridad, muchas de las descripciones a continuación son para transmisión SISO.

La **Figura 1** muestra un sistema 100 CDMA con múltiples estaciones base 110 y múltiples dispositivos 120 inalámbricos. Una estación base es generalmente una estación fija que se comunica con los dispositivos inalámbricos y se puede llamar también Nodo B, un punto de acceso o alguna otra terminología. Cada estación base 110 proporciona cobertura de comunicación para un área 102 geográfica particular. El término "célula" puede referirse a una estación base y/o su área de cobertura dependiendo de en el contexto en el que se usa el término.

Para mejorar la capacidad del sistema, un área de cobertura de la estación base se puede dividir en múltiples áreas más pequeñas, por ejemplo, tres áreas más pequeñas 104a, 104b y 104c. Cada área más pequeña está servida por un subsistema transceptor base (BTS). El término "sector" puede referirse a un BTS y/o a su área de cobertura dependiendo de en el contexto en el que se usa el término. Para una célula sectorizada, los BTS para todos los sectores de esa célula están típicamente co-localizados dentro de la estación base para la célula. Un controlador 130 de sistema se acopla a las estaciones base 110 y proporciona coordinación y control para estas estaciones base.

Las técnicas descritas en el presente documento se pueden usar para sistemas con células sectorizadas así como sistemas con células no sectorizadas. En la siguiente descripción, el término "sector" se puede referir a (1) un BTS y/o su área de cobertura para un sistema con células sectorizadas (por ejemplo, en 3GPP2) y (2) una estación base y/o su área de cobertura para un sistema con células no sectorizadas (por ejemplo, en 3GPP). En la siguiente descripción, los términos "sector" y "estación base" se usan de forma intercambiable.

Los dispositivos 120 inalámbricos están típicamente dispersados a través del sistema, y cada dispositivo inalámbrico puede ser fijo o móvil. Un dispositivo inalámbrico también puede llamarse una estación móvil, un equipo de usuario, un terminal, una estación, una unidad subscriptora o alguna otra terminología. Un dispositivo inalámbrico puede ser un teléfono móvil, un asistente digital personal (PDA), una tarjeta modem inalámbrica, un dispositivo de mano, un ordenador portátil y así sucesivamente. Un dispositivo inalámbrico se puede comunicar con cero, una o múltiples estaciones base en los enlaces directo e inverso en cualquier momento dado. El enlace directo (o enlace descendente) se refiere al enlace de comunicaciones desde las estaciones base a los terminales, y el enlace inverso (o enlace ascendente) se refiere al enlace de comunicaciones desde los terminales a las estaciones base. Por simplicidad, la Figura 1 muestra únicamente transmisiones en el enlace directo.

La **Figura 2** muestra un diagrama de bloques de una estación base 110 y un dispositivo 120 inalámbrico, que puede ser una de las estaciones bases y uno de los dispositivos inalámbricos mostrados en la Figura 1. Por simplicidad, la Figura 2 muestra una estación base 110 que tiene una antena transmisora y un dispositivo 120 inalámbrico que tiene una antena receptora. En general, la estación base 110 y el dispositivo 120 inalámbrico pueden cada uno estar equipado con cualquier número de antenas. Por simplicidad, la Figura 2 muestra únicamente las unidades de procesamiento para transmisión de datos en el enlace directo.

En la estación base 110, un procesador 210 de datos de transmisión (TX) recibe datos de tráfico para los dispositivos inalámbricos estando atendidos, procesa (por ejemplo, codificaciones, intercalaciones y mapas de símbolos) los datos de tráfico para generar símbolos de datos y proporciona los símbolos de datos a un modulador 220 CDMA. Como se usa en el presente documento, un símbolo de datos es un símbolo de modulación para datos, un símbolo piloto es un símbolo de modulación para pilotos, un símbolo de modulación es un valor complejo para un punto en una constelación de la señal (por ejemplo, para M-PSK o M-QAM), un símbolo es generalmente un valor complejo, y piloto son datos conocidos *a priori* tanto por las estaciones base como los dispositivos inalámbricos. El modulador 220 CDMA procesa los símbolos de datos y los símbolos piloto como se describe a continuación y proporciona segmentos de salida. Un transmisor 230 (TMTR) procesa (por ejemplo, convierte a analógico, amplifica, filtra y convierte de forma ascendente frecuencia) el flujo de segmentos de salida y genera una señal de enlace directo que se transmite desde una antena 232.

En el dispositivo 120 inalámbrico, una antena 252 recibe las señales de enlace directo desde la estación base 110 así como de otras estaciones base y proporciona una señal recibida. Un receptor 254 (RCVR) procesa (por ejemplo, filtra, amplifica, convierte de forma descendente y digitaliza) la señal recibida y proporciona muestras recibidas a un procesador 260. El procesador 260 puede realizar ecualización y cancelación sucesiva (SEC) y/o mini detección de multiusuario sucesiva (SMM), como se describe a continuación. La antena 252 puede recibir la señal de enlace directo de la estación base 110 mediante una o más rutas de señales y la señal recibida puede incluir uno o más instancias de señal (o multirutas) para la estación base 110. El receptor 270 rake se puede usar para procesar todas las multirutas de interés. El procesador 260 o el receptor 270 rake proporcionan estimaciones de símbolos de datos, que son estimaciones de los símbolos de datos enviados por la estación base 110 al dispositivo 120 inalámbrico. Un procesador 280 de datos de recepción (RX) procesa (por ejemplo, anti-mapea símbolos, desintercala y decodifica) las estimaciones de símbolos de datos y proporciona datos decodificados. En general, el procesamiento por el procesador 260/receptor 270 rake y procesador 280 de datos RX es complementario al procesamiento por el modulador 220 CDMA y el procesador 210 de datos TX, respectivamente, en la estación base 110.

Los controladores/procesadores 240 y 290 dirigen el funcionamiento en la estación base 110 y el dispositivo 120 inalámbrico, respectivamente. Las memorias 242 y 292 almacenan códigos de datos y programas para la estación base 110 y el dispositivo 120 inalámbrico, respectivamente.

En CDMA, se pueden obtener múltiples canales de codificación ortogonales con diferentes codificaciones ortogonales. Los canales de codificación se pueden denominar también como canales de tráfico, canales físicos, canales de datos, y así sucesivamente. Por ejemplo, se obtienen múltiples canales de tráfico ortogonales con diferentes códigos de Walsh en cdma2000, y se obtienen múltiples canales físicos ortogonales con diferentes codificaciones de factor de dispersión variable ortogonal (OVSF) en W-CDMA. Los canales de codificación se pueden usar para enviar diferentes tipos de datos (por ejemplo, datos de tráfico, datos de difusión, datos de control,

piloto, y así sucesivamente) y/o datos de tráfico para diferentes usuarios. Los datos para los canales de codificación están escalados, combinados y espectralmente dispersos a través del ancho de banda del sistema completo. La dispersión espectral se realiza con un código de dispersión, que es un código de número pseudo-aleatorio (PN) en cdma2000 y un código de aleatorización en W-CDMA. En cdma2000, la canalización con códigos de Walsh se llama “cobertura”, y la dispersión espectral se llama “dispersión”. En W-CDMA, la canalización con códigos OVFS se llama “dispersión”, y la dispersión espectral se llama “aleatorización”. Por claridad, se usa la terminología cdma2000 (por ejemplo, cobertura, dispersión, códigos de Walsh y código PN) en la siguiente descripción.

La **Figura 3** muestra un diagrama de bloques del modulador 220 CDMA dentro de la estación base 110. Por simplicidad, la siguiente descripción asume que están disponibles N canales de codificación para cada sector, y a cada canal de codificación está asignado un código de Walsh diferente de N longitud, donde N puede ser igual a 16, 32, 64, 128, 256 o algún otro valor. En general, se pueden usar códigos ortogonales de diferentes longitudes para los canales de codificación, y N puede corresponder a la longitud de la codificación ortogonal más larga. Por simplicidad, la siguiente descripción asume que los N canales de codificación son para N usuarios, y la expresión “canales de codificación” y el término “usuarios” se usan de manera intercambiable. En la actualidad, algunos canales de codificación se usan para encabezado, por ejemplo, piloto, datos de control, datos de difusión, etc.

El modulador 220 CDMA incluye N procesadores 310a a 310n de canal de codificación para los N canales de codificación. Dentro de cada procesador 310 de canal de codificación, un multiplicador 312 recibe y escala los datos o los símbolos piloto para el canal de codificación  $n$  del sector  $k$  con una ganancia de  $g_{k,n}$  y proporciona símbolos escalados. La ganancia  $g_{k,n}$  puede establecerse a cero si el canal de codificación  $n$  no se usa por el sector  $k$ . Una unidad 314 de cobertura Walsh canaliza los símbolos escalados con un código de Walsh  $w_n$  para el canal de codificación  $n$ . La unidad 314 realiza cobertura repitiendo cada símbolo escalado para generar N símbolos replicados y multiplicando los N símbolos replicados con los N segmentos del código Walsh  $w_n$  para generar N segmentos de datos para estos símbolos escalados. Un combinador 320 recibe y añade los segmentos de datos para todos los N canales de codificación. Un dispersor 322 PN multiplica los segmentos de datos combinados con un código PN  $c_k$  asignado al sector  $k$  y genera segmentos de salida.

Los segmentos de salida para el sector  $k$  en un periodo de símbolo, con muestreo de frecuencia de segmento, se pueden expresar en forma de matriz como sigue:

$$\underline{\mathbf{s}}_k = \underline{\mathbf{C}}_k \underline{\mathbf{W}} \underline{\mathbf{G}}_k \underline{\mathbf{d}}_k = \underline{\mathbf{A}}_k \underline{\mathbf{d}}_k , \quad \text{Ec (1)}$$

en la que  $\underline{\mathbf{d}}_k$  es un vector de  $N \times 1$  de símbolos de datos enviados en los N canales de codificación del sector  $k$ ,  $\underline{\mathbf{G}}_k$  es una matriz diagonal de  $N \times N$  ganancias para los N canales de codificación del sector  $k$ ,  $\underline{\mathbf{W}}$  es una matriz de Hadamard  $N \times N$  que contiene N códigos de Walsh en N columnas,  $\underline{\mathbf{C}}_k$  es una matriz diagonal  $N \times N$  que contiene N segmentos del código PN para el sector  $k$ ,  $\underline{\mathbf{A}}_k$  es una matriz de procesamiento  $N \times N$  para vectores de datos  $\underline{\mathbf{d}}_k$ , y  $\underline{\mathbf{s}}_k$  es un vector de  $N \times 1$  segmentos de salida para el sector  $k$ .

Por claridad, los vectores están denotados con negrita y texto en minúsculas subrayado (por ejemplo,  $\underline{\mathbf{d}}$ ), y las matrices están denotadas con negrita y texto en mayúsculas subrayado (por ejemplo,  $\underline{\mathbf{G}}$ ). Una matriz diagonal contiene valores no cero posibles a lo largo de la diagonal y ceros en cualquier lugar.

El vector  $\underline{\mathbf{d}}_k$  contiene N símbolos de datos para ser enviados simultáneamente en los N canales de codificación en un periodo de símbolo. La matriz  $\underline{\mathbf{G}}_k$  contiene N ganancias para los N canales de codificación a lo largo de la diagonal y ceros en cualquier lugar. Las N ganancias determinan la cantidad de potencia de transmisión usada para los N canales de codificación. La matriz  $\underline{\mathbf{W}}$  contiene N códigos de Walsh para los N canales de codificación en N columnas. Si los canales de codificación tienen diferentes longitudes de código de Walsh, entonces N es igual a la longitud de código de Walsh más larga para todos los canales de codificación, y cada código de Walsh más corto se repite en la matriz  $\underline{\mathbf{W}}$ . Puesto que se usa la misma matriz de Walsh  $\underline{\mathbf{W}}$  para todos los sectores, el subscriptor  $k$  no se usa para  $\underline{\mathbf{W}}$ . La matriz  $\underline{\mathbf{C}}_k$  contiene N segmentos PN a lo largo de la diagonal y ceros en cualquier lugar. Estos segmentos PN están a partir del código PN para el sector  $k$  para un periodo de símbolo. El vector  $\underline{\mathbf{s}}_k$  contiene N segmentos de salida transmitidos por el sector  $k$  para todos los N canales de codificación en un periodo de símbolo.

La matriz  $\underline{\mathbf{A}}_k$  representa todos los procesamientos observados por el vector de datos  $\underline{\mathbf{d}}_k$  y puede expresarse como:

$$\underline{\mathbf{A}}_k = \underline{\mathbf{C}}_k \underline{\mathbf{W}} \underline{\mathbf{G}}_k . \quad \text{Ec (2)}$$

Las columnas de  $\underline{\mathbf{A}}_k$  representan usuarios/canales de codificación, y las filas de  $\underline{\mathbf{A}}_k$  representan el tiempo.

El dispositivo 120 inalámbrico recibe las señales del enlace directo desde K sectores, que incluye el sector que da servicio así como sectores de interferencia. En general,  $k$  puede ser cualquier valor. La señal recibida para cada

sector  $k$ , sin ruido, puede expresarse como:

$$\underline{\mathbf{x}}_k = \underline{\mathbf{H}}_k \underline{\mathbf{C}}_k \underline{\mathbf{W}} \underline{\mathbf{G}}_k \underline{\mathbf{d}}_k = \underline{\mathbf{H}}_k \underline{\mathbf{A}}_k \underline{\mathbf{d}}_k , \quad \text{Ec (3)}$$

en la que  $\underline{\mathbf{H}}_k$  es una matriz  $(N + \Delta) \times N$  de respuesta de canal para el sector  $k$ , y  $\underline{\mathbf{x}}_k$  es un vector  $(N + \Delta) \times 1$  de las muestras recibidas para el sector  $k$ .

- 5  $\Delta$  es la dispersión de retardo del canal inalámbrico, en unidades de segmentos. La matriz  $\underline{\mathbf{H}}_k$  contiene ganancias de canal complejas para el sector  $k$ . El vector  $\underline{\mathbf{x}}_k$  contiene  $N+A$  muestras recibidas para el sector  $k$  para un periodo de símbolo, en la ausencia de ruido. Por simplicidad, la descripción en el presente documento es para el caso en que  $\underline{\mathbf{d}}_k$  cubra un periodo de símbolo. En general,  $\underline{\mathbf{d}}_k$  puede cubrir múltiples periodos de símbolo (por ejemplo, el anterior, actual y siguiente periodos de símbolo) para tener en cuenta la interferencia entre símbolos (ISI). En este caso, las dimensiones de las otras matrices incrementarían correspondientemente.

Las muestras recibidas en el dispositivo 120 inalámbrico para todos los sectores  $K$  se pueden expresar como:

$$\underline{\mathbf{y}} = \sum_{k=1}^K \underline{\mathbf{x}}_k + \underline{\mathbf{n}} = \sum_{k=1}^K \underline{\mathbf{H}}_k \underline{\mathbf{A}}_k \underline{\mathbf{d}}_k + \underline{\mathbf{n}} , \quad \text{Ec (4)}$$

en la que  $\underline{\mathbf{y}}$  es un vector  $(N + \Delta) \times 1$  de las muestras recibidas en el dispositivo 120 inalámbrico, y  $\underline{\mathbf{n}}$  es un vector  $(N + \Delta) \times 1$  del ruido en el dispositivo 120 inalámbrico.

- 15 En general,  $\underline{\mathbf{y}}$  puede representar muestras de frecuencia de segmentos de una antena receptora (como se ha descrito anteriormente), datos sobre-muestreados (por ejemplo, muestras a dos veces la frecuencia de segmento, o segmento $\times 2$ ), muestras de frecuencia de segmento de múltiples antenas receptoras o datos sobre-muestreados de las múltiples antenas receptoras. Por simplicidad, el ruido se puede asumir para ser ruido blanco gaussiano aditivo (AWGN) con un vector de media cero y una matriz de covarianza de  $\sigma_n^2 \underline{\mathbf{I}}$ , donde  $\sigma_n^2$  es la varianza del ruido, e  $\underline{\mathbf{I}}$  es la matriz de identidad con unos a lo largo de la diagonal y ceros en cualquier lugar.

- 20 El dispositivo 120 inalámbrico puede recuperar una o más transmisiones de uno o más sectores usando diversas técnicas de recuperación de señales incluyendo ecualización sucesiva y cancelación (SEC), y mini-MUD sucesiva (SMM). Estas técnicas se pueden aplicar en un (1) en base a un sector para estimar y cancelar la señal de un sector a la vez o (2) en base a un grupo para estimar y cancelar la señal para un grupo de usuarios/canales de codificación a la vez. Por claridad, se describen a continuación ecualización y cancelación sucesiva basada en sectores y mini-MUD basada en grupos.

### 1. Ecualización y cancelación sucesiva (SEC)

- La ecualización y cancelación sucesiva basada en sectores procesa los  $K$  sectores en un orden secuencial, un sector a la vez, comenzando típicamente con el sector más fuerte y concluyendo con el sector más débil. El procesamiento para cada sector incluye ecualización, a continuación detección de datos y a continuación reconstrucción de señal y cancelación. El procesamiento para un sector  $s$  puede realizarse como sigue.

La ecualización se realiza inicialmente usando un error cuadrático medio mínimo (MMSE), mínimos cuadrados (LS) o alguna otra técnica de ecualización. Una matriz de ecualización  $\underline{\mathbf{M}}_{mmse,s}$  se puede derivar para el sector  $s$  basándose en la técnica MMSE como sigue

$$\underline{\mathbf{M}}_{mmse,s} = [\underline{\mathbf{H}}_s^H \underline{\mathbf{H}}_s + \sigma_{v,s}^2 \underline{\mathbf{I}}]^{-1} \underline{\mathbf{H}}_s^H , \quad \text{Ec (5)}$$

en la que  $\underline{\mathbf{H}}_s$  es una matriz de respuesta de canal para el sector  $s$ ,  $\sigma_n^2$  es la varianza de la interferencia y ruido total para el sector  $s$ , “ $H$ ” denota un conjugado transpuesto.

- 40  $\underline{\mathbf{H}}_s$  se puede estimar basándose en el piloto recibido del sector  $s$ .

Una matriz de ecualización  $\underline{\mathbf{M}}_{ls,s}$  también se puede derivar para el sector  $s$  basándose en la técnica de los mínimos cuadrados, como sigue:

$$\underline{\mathbf{M}}_{ls,s} = [\underline{\mathbf{H}}_s^H \underline{\mathbf{H}}_s]^{-1} \underline{\mathbf{H}}_s^H . \quad \text{Ec (6)}$$

La ecualización se puede realizar para el sector  $s$  como sigue:

$$\begin{aligned}
 \hat{\underline{s}}_s &= \underline{\mathbf{M}}_s \underline{\mathbf{y}} \\
 &= \underline{\mathbf{M}}_s \left( \sum_{k=1}^K \underline{\mathbf{H}}_k \underline{\mathbf{A}}_k \underline{\mathbf{d}}_k + \underline{\mathbf{n}} \right) \\
 &= \underline{\mathbf{M}}_s \left( \underline{\mathbf{H}}_s \underline{\mathbf{A}}_s \underline{\mathbf{d}}_s + \sum_{k=1, k \neq s}^K \underline{\mathbf{H}}_k \underline{\mathbf{A}}_k \underline{\mathbf{d}}_k + \underline{\mathbf{n}} \right) \\
 &= \underline{\mathbf{M}}_s \underline{\mathbf{H}}_s \underline{\mathbf{A}}_s \underline{\mathbf{d}}_s + \underline{\mathbf{V}}_s
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

5 en la que  $\underline{\mathbf{M}}_s$  es una matriz de ecualización para el sector  $s$ ,  
 $\underline{\mathbf{V}}_s$  es una matriz de la interferencia y ruido total para el sector  $s$ , y  
 $\hat{\underline{s}}_s$  es un vector ecualizado para el sector  $s$ , que es una estimación de  $\underline{s}_s$ .

La matriz de ecualización  $\underline{\mathbf{M}}_s$  se puede derivar usando la técnica de MMSE o de mínimos cuadrados.

La ecuación (7) puede ser aproximadamente como sigue:

$$\hat{\underline{s}}_s \approx \underline{\mathbf{A}}_s \underline{\mathbf{d}}_s + \underline{\mathbf{V}}_s
 \tag{8}$$

La matriz de interferencia y ruido total  $\underline{\mathbf{V}}_s$  se puede expresar como:

$$\underline{\mathbf{V}}_s = \underline{\mathbf{M}}_s \sum_{k=1, k \neq s}^K \underline{\mathbf{H}}_k \underline{\mathbf{A}}_k \underline{\mathbf{d}}_k + \underline{\mathbf{n}}
 \tag{9}$$

10 La ecuación (9) indica que  $\underline{\mathbf{V}}_s$  está coloreada por  $\underline{\mathbf{M}}_s$ ,  $\underline{\mathbf{H}}_k$  y  $\underline{\mathbf{A}}_k$ .

El vector de datos  $\underline{\mathbf{d}}_s$  para el sector  $s$  se puede estimar basándose en el vector ecualizado  $\hat{\underline{s}}_s$  usando MMSE, mínimos cuadrados o alguna otra técnica de detección de datos. La detección de datos se puede realizar para el sector  $s$  basándose en la técnica MMSE como sigue:

$$\begin{aligned}
 \hat{\underline{\mathbf{d}}}_s &= (\underline{\mathbf{A}}_s^H \underline{\mathbf{A}}_s + \underline{\mathbf{R}}_{vv,s})^{-1} \underline{\mathbf{A}}_s^H \hat{\underline{\mathbf{s}}}_s \\
 &= (\underline{\mathbf{G}}_s^H \underline{\mathbf{W}}^H \underline{\mathbf{C}}_s^H \underline{\mathbf{C}}_s \underline{\mathbf{W}} \underline{\mathbf{G}}_s + \underline{\mathbf{R}}_{vv,s})^{-1} \underline{\mathbf{A}}_s^H \hat{\underline{\mathbf{s}}}_s \\
 &= (\underline{\mathbf{N}} \underline{\mathbf{G}}_s^H \underline{\mathbf{G}}_s + \underline{\mathbf{R}}_{vv,s})^{-1} \underline{\mathbf{A}}_s^H \hat{\underline{\mathbf{s}}}_s
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

15 en la que  $\underline{\mathbf{R}}_{vv,s}$  es una matriz de covarianza para la matriz de interferencia y ruido total  $\underline{\mathbf{V}}_s$ , y  
 $\hat{\underline{\mathbf{d}}}_s$  es un vector de datos detectado para el sector  $s$ , que es una estimación de  $\underline{\mathbf{d}}_s$ .

La matriz de ganancia  $\underline{\mathbf{G}}_s$  y la matriz de covarianza  $\underline{\mathbf{R}}_{vv,s}$  se pueden determinar como se describe a continuación.

20 La matriz de interferencia y ruido total  $\underline{\mathbf{V}}_s$  puede aproximarse como blanco. El vector de datos  $\underline{\mathbf{d}}_s$  se puede estimar a continuación como sigue:

$$\begin{aligned}
 \hat{\underline{\mathbf{d}}}_s &= (\underline{\mathbf{N}} \underline{\mathbf{G}}_s^H \underline{\mathbf{G}}_s + \text{diag}(\underline{\mathbf{R}}_{vv,s}))^{-1} \underline{\mathbf{A}}_s^H \hat{\underline{\mathbf{s}}}_s \\
 &= \underline{\mathbf{Z}}_{mmse,s} \hat{\underline{\mathbf{s}}}_s
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

en la que  $\underline{\mathbf{Z}}_{mmse,s} = (\underline{\mathbf{N}} \underline{\mathbf{G}}_s^H \underline{\mathbf{G}}_s + \text{diag}(\underline{\mathbf{R}}_{vv,s}))^{-1} \underline{\mathbf{A}}_s^H$  es un filtro de detección de datos MMSE para el sector  $s$

con la aproximación de  $\underline{\mathbf{v}}_s$  como blanco. Puesto que  $(N \underline{\mathbf{G}}_m^H \underline{\mathbf{G}}_m + \text{diag}(\underline{\mathbf{R}}_{vv,i,m}))$  es una matriz diagonal, la operación inversa se hace una inversión escalar simple.

La detección de datos se puede realizar también para el sector  $s$  basándose en la técnica de los mínimos cuadrados como sigue:

$$\hat{\underline{\mathbf{d}}}_s = (\underline{\mathbf{A}}_s^H \underline{\mathbf{A}}_s)^{-1} \underline{\mathbf{A}}_s^H \hat{\underline{\mathbf{s}}}_s, \quad \text{Ec (12)}$$

en la que  $(\underline{\mathbf{A}}_s^H \underline{\mathbf{A}}_s)^{-1} \underline{\mathbf{A}}_s^H$  es un filtro de detección de datos de mínimos cuadrados para el sector  $s$ .

La detección de datos se puede realizar también para el sector  $s$  basándose en la técnica de filtro adaptado como sigue:

$$\hat{\underline{\mathbf{d}}}_s = \underline{\mathbf{A}}_s^H \hat{\underline{\mathbf{s}}}_s, \quad \text{Ec (13)}$$

en la que  $\underline{\mathbf{A}}_s^H$  es un filtro de detección de datos adaptado para el sector  $s$ .

La señal para el sector  $s$  se puede reconstruir como sigue:

$$\hat{\underline{\mathbf{x}}}_s = \underline{\mathbf{H}}_s \underline{\mathbf{A}}_s \hat{\underline{\mathbf{d}}}_s, \quad \text{Ec (14)}$$

en la que  $\hat{\underline{\mathbf{x}}}_s$  es un vector de señal reconstruida para el sector  $s$ , que es una estimación de  $\underline{\mathbf{x}}_s$ .

El vector de señal reconstruida  $\hat{\underline{\mathbf{x}}}_s$  se puede restar del vector recibido  $\underline{\mathbf{y}}$  para obtener un vector recibido para el siguiente sector, como sigue:

$$\underline{\mathbf{y}}_s = \underline{\mathbf{y}} - \hat{\underline{\mathbf{x}}}_s, \quad \text{Ec (15)}$$

donde  $\underline{\mathbf{y}}_s$  es un vector recibido con la señal del sector  $s$  eliminado.

La descripción anterior para las ecuaciones (5) a (15) es para la ecualización y cancelación para un sector  $s$ . El mismo procesamiento se puede realizar sucesivamente para  $K$  sectores. La potencia recibida para cada sector se puede estimar, por ejemplo, basándose en el piloto recibido del sector. Los  $K$  sectores se pueden ordenar del sector más fuerte al sector más débil. La ecualización y cancelación sucesiva se puede a continuación realizar para un sector a la vez, comenzando con el sector más fuerte.

La **Figura 4** muestra un diagrama de bloques de un procesador 260a para ecualización y cancelación sucesiva, que es un ejemplo del procesador 260 en la Figura 2. Un primer sector  $s_1$  a procesar en la primera etapa puede ser el sector recibido más fuerte. Un bloque 410a realiza ecualización en el vector recibido  $\underline{\mathbf{y}}$  con una matriz de ecualización  $\underline{\mathbf{M}}_{s_1}$  para el sector  $s_1$  y proporciona un vector ecualizado  $\hat{\underline{\mathbf{s}}}_{s_1}$  para el sector  $s_1$ , por ejemplo, como se muestra en la ecuación (7). Un bloque 412a realiza detección de datos en el vector ecualizado  $\hat{\underline{\mathbf{s}}}_{s_1}$  con una matriz de detección de datos  $\underline{\mathbf{Z}}_{s_1}$  para el sector  $s_1$  y proporciona un vector de datos detectados  $\hat{\underline{\mathbf{d}}}_{s_1}$  para el sector  $s_1$ , por ejemplo, como se muestra en la ecuación (11), (12) o (13). Un bloque 414a reconstruye la señal para el sector  $s_1$  basándose en  $\hat{\underline{\mathbf{d}}}_{s_1}$  y proporciona un vector de señal reconstruida  $\hat{\underline{\mathbf{x}}}_{s_1}$  para los sectores  $s_1$ , por ejemplo como se muestra en la ecuación (14). Un sumador 416a resta el vector de señal  $\hat{\underline{\mathbf{x}}}_{s_1}$  del vector recibido  $\underline{\mathbf{y}}$  como se muestra en la ecuación (15) y proporciona un vector recibido modificado  $\underline{\mathbf{y}}_{s_1}$  para la siguiente etapa.

Un segundo sector  $s_2$  a procesar en la segunda etapa puede ser el segundo sector recibido más fuerte. Un bloque 410b realiza ecualización en el vector recibido modificado  $\underline{\mathbf{y}}_{s_1}$  con un matriz de ecualización  $\underline{\mathbf{M}}_{s_2}$  para el sector  $s_2$  y proporciona un vector ecualizado  $\hat{\underline{\mathbf{s}}}_{s_2}$ . Un bloque 412b realiza detección de datos en el vector ecualizado  $\hat{\underline{\mathbf{s}}}_{s_2}$  con una matriz de detección de datos  $\underline{\mathbf{Z}}_{s_2}$  para el sector  $s_2$  y proporciona un vector de datos detectados  $\hat{\underline{\mathbf{d}}}_{s_2}$ . Un bloque 414b reconstruye la señal para el vector  $s_2$  basándose en  $\hat{\underline{\mathbf{d}}}_{s_2}$  y proporciona un vector de señal reconstruida  $\hat{\underline{\mathbf{x}}}_{s_2}$ . Un sumador 416b resta el vector de señal reconstruido  $\hat{\underline{\mathbf{x}}}_{s_2}$  del vector recibido modificado  $\underline{\mathbf{y}}_{s_1}$  y proporciona un vector recibido modificado  $\underline{\mathbf{y}}_{s_2}$  para la siguiente etapa. El procesamiento para cada sector posterior se puede

proceder de una manera similar.

5 Los sectores se pueden procesar secuencialmente desde el sector más fuerte hasta el sector más débil. Esto puede mejorar el rendimiento de detección para cada sector puesto que las señales de los sectores más fuertes (si los hubiera) han sido canceladas. Los sectores también pueden procesarse en otros órdenes. En general, el procesamiento secuencial de los sectores puede dar como resultado la mejora progresiva de la calidad de señal recibida para cada sector procesado posteriormente, puesto que las señales de interferencia de los sectores procesados anteriormente han sido eliminadas.

10 El dispositivo inalámbrico puede desear recuperar una señal de un sector único. En un ejemplo, este sector se procesa en la última etapa después de cancelar las señales de otros sectores. En otro ejemplo, los K sectores se procesan desde el más fuerte al más débil, como se ha descrito anteriormente. Si el sector deseado no es el último sector que se procesa, a continuación el vector de señal reconstruida  $\hat{\mathbf{x}}_s$  para el sector deseado puede restituirse al vector recibido modificado  $\mathbf{y}_{sK}$  de la última etapa, o  $\tilde{\mathbf{y}}_s = \mathbf{y}_{sK} + \hat{\mathbf{x}}_s$ . El vector  $\tilde{\mathbf{y}}_s$  contendría entonces la señal del sector deseado y tendría las señales de todos los otros sectores eliminadas. El vector  $\tilde{\mathbf{y}}_s$  se puede a continuación procesar para detectar la señal deseada.

15 El dispositivo inalámbrico puede desear recuperar señales de múltiples sectores, por ejemplo, para transferencia de llamadas. En un ejemplo, estos sectores se procesan en las últimas pocas etapas después de cancelar las señales de otros sectores. En otro ejemplo, los K sectores se procesan desde el más fuerte al más débil, como se ha descrito anteriormente. Para cada sector deseado, el vector de señal reconstruida para ese vector puede restituirse para modificar el vector recibido  $\mathbf{y}_{sK}$  de la última etapa, y el vector resultante se puede procesar para recuperar la señal de ese vector.

20 En la ecuación (11), la matriz de covarianza  $\mathbf{R}_{v,v,s}$  se puede estimar como sigue. La ecuación (7) se puede describir como:

$$\hat{\mathbf{s}}_s = \mathbf{B}_s + \mathbf{V}_s, \quad \text{Ec (16)}$$

en la que  $\mathbf{B}_s = \mathbf{M}_s \mathbf{H}_s \mathbf{A}_s \mathbf{d}_s$ . La covarianza de  $\tilde{\mathbf{s}}_s, \mathbf{B}_s$  y  $\mathbf{V}_s$  se puede expresar como:

$$\mathbf{R}_{ss} = \mathbf{R}_{bb,s} + \mathbf{R}_{v,v,s}. \quad \text{Ec (17)}$$

La covarianza de  $\hat{\mathbf{s}}_s$  se puede expresar como:

$$\mathbf{R}_{ss} = E \{ \hat{\mathbf{s}}_s \hat{\mathbf{s}}_s^H \}, \quad \text{Ec (18)}$$

en la que  $E\{ \}$  denota una operación de valor esperado.  $\mathbf{R}_{ss}$  se puede estimar calculando el producto externo de  $\hat{\mathbf{s}}_s$  y con un promedio de múltiple periodos de símbolo.

30 La covarianza de  $\mathbf{B}_s$  se puede estimar como:

$$\mathbf{R}_{bb,s} = E \{ \mathbf{M}_s \mathbf{H}_s \mathbf{A}_s \mathbf{A}_s^H \mathbf{H}_s^H \mathbf{M}_s^H \}. \quad \text{Ec (19)}$$

$\mathbf{A}_s, \mathbf{H}_s$  y  $\mathbf{M}_s$  se pueden estimar y usar para derivar  $\mathbf{R}_{bb,s}$ .

La covarianza de  $\mathbf{V}_s$  a continuación puede expresarse como:

$$\mathbf{R}_{v,v,s} = E \{ \mathbf{V}_s \mathbf{V}_s^H \} = \mathbf{R}_{ss} - \mathbf{R}_{bb,s}. \quad \text{Ec (20)}$$

35 La matriz de ganancia  $\mathbf{G}_s$  se puede estimar realizando adaptación de filtro de canal seguido de dealeatorización y procedimiento de recuperación de la dispersión de Walsh como sigue.

$$\begin{aligned}
 \underline{\mathbf{q}}_s &= \underline{\mathbf{W}}^H \underline{\mathbf{C}}_s^H \underline{\mathbf{H}}_s^H \mathbf{y} \\
 &= \underline{\mathbf{W}}^H \underline{\mathbf{C}}_s^H \underline{\mathbf{H}}_s^H \left( \underline{\mathbf{H}}_s \underline{\mathbf{C}}_s \underline{\mathbf{W}} \underline{\mathbf{G}}_s \underline{\mathbf{d}}_s + \sum_{k=1, k \neq s}^K \underline{\mathbf{H}}_k \underline{\mathbf{C}}_k \underline{\mathbf{W}} \underline{\mathbf{G}}_k \underline{\mathbf{d}}_k + \mathbf{n} \right) \\
 &= \underline{\mathbf{\Omega}}_s \underline{\mathbf{G}}_s \underline{\mathbf{d}}_s + \underline{\mathbf{v}}_s
 \end{aligned} \tag{21}$$

en la que  $\underline{\mathbf{\Omega}}_s = \underline{\mathbf{W}}^H \underline{\mathbf{C}}_s^H \underline{\mathbf{H}}_s^H \underline{\mathbf{H}}_s \underline{\mathbf{C}}_s \underline{\mathbf{W}}$ ,

$\underline{\mathbf{v}}_s$  es un vector de la interferencia y ruido para el sector  $s$ , y  
 $\underline{\mathbf{d}}_s$  es un vector de los símbolos descubiertos para el sector  $s$ .

5 La varianza de los elementos de  $\underline{\mathbf{q}}_s$  se puede expresar como:

$$E\{|q_{s,n}|^2\} = |\alpha_{s,n}|^2 g_{s,n}^2 + \sigma_{v,s}^2, \tag{22}$$

en la que  $q_{s,n}$  es el  $n$ -ésimo elemento de  $\underline{\mathbf{q}}_s$ ,

$\alpha_{s,n}^2$  y  $g_{s,n}$  son los  $n$ -ésimos elementos diagonales de  $\underline{\mathbf{\Omega}}_s$  y  $\underline{\mathbf{G}}_s$ , respectivamente, y  
 $\sigma_{v,s}^2$  es la varianza de  $\underline{\mathbf{v}}_s$ .

10 La operación de media cuadrática en la ecuación (22) elimina los símbolos de datos en  $\underline{\mathbf{d}}_s$ , que se asumen para ser no correlativos.

La varianza de interferencia y ruido  $\sigma_{v,s}^2$  se puede estimar tomando la diferencia de  $e_{s,0}$  para el canal piloto para periodos de símbolos consecutivos, calculando la magnitud cuadrada de la diferencia, y reduciendo la magnitud cuadrada para obtener la estimación de  $\sigma_{v,s}^2$ . La  $\sigma_{v,s}^2$  estimada a continuación se puede restar de  $E\{|q_{s,n}|^2\}$  para obtener una estimación de

$|\alpha_{s,n}|^2 g_{s,n}^2$ , como sigue:

$$G_{s,n} = E\{|q_{s,n}|^2\} - \sigma_{v,s}^2 = |\alpha_{s,n}|^2 g_{s,n}^2, \tag{23}$$

en la que  $G_{s,n}$  es una ganancia de potencia escalada para el canal de codificación  $n$ .

Las ganancias escaladas para los canales de codificación a continuación se pueden derivar como sigue:

$$\frac{g_{s,n}}{g_{s,piloto}} = \sqrt{\frac{G_{s,n}}{G_{s,piloto}}}, \tag{24}$$

en la que  $g_{s,piloto}$  y  $G_{s,piloto}$  son la ganancia y la potencia de ganancia, respectivamente, del canal piloto para el sector  $s$ .

En la ecuación (24), las ganancias de los canales de codificación se dan relativas a la ganancia  $g_{s,piloto}$  del canal piloto. Esto es una forma deseada puesto que la matriz de respuesta de canal  $\underline{\mathbf{H}}_s$  está también derivada basándose en el piloto e incluye la ganancia  $g_{s,piloto}$  del canal piloto, que sería cancelada por las ganancias escalas de la ecuación (24).

La **Figura 5** muestra un diagrama de bloques de una unidad 500 de estimación de ganancia de canal de codificación. La Figura 5 muestra el procesamiento para estimar las ganancias de los  $N$  canales de codificación para un sector  $s$ . Dentro de la unidad 500 de estimación de ganancia, una unidad 510 realiza adaptación de filtro de canal y multiplica las muestras recibidas en  $\mathbf{y}$  con los complejos conjugados de las ganancias de los canales en  $\underline{\mathbf{H}}_s$  para el sector  $s$ . Un multiplicador 512 multiplica la salida de la unidad 510 con el segmento PN complejo conjugado para el sector  $s$  y proporciona muestras del procedimiento de recuperación de la dispersión. Una unidad 514 realiza una transformación de Hadamard rápida de  $N$ -puntos (FHT) en las  $N$  muestras del procedimiento de recuperación de la dispersión para cada periodo de símbolo y proporciona  $N$  símbolos descubiertos para  $N$  canales de codificación, que

son los N elementos de  $\underline{g}_s$ . La unidad 514 realiza eficientemente descubrimiento de Walsh para todos los N canales de codificación.

Una unidad 520a calcula la magnitud cuadrada de los símbolos descubiertos para cada canal de codificación. Un filtro 522a filtra la salida de la unidad 520a para cada canal de codificación. La salida del filtro 522a es una estimación del valor esperado en la ecuación (22).

La varianza de la interferencia y ruido se estima basándose en los símbolos descubiertos para el canal piloto. Una unidad 516 proporciona un periodo de símbolo del retardo para cada símbolo descubierto para el canal piloto. Un sumador 518 resta el símbolo descubierto retardado del símbolo actual descubierto y proporciona la diferencia. Puesto que el símbolo piloto es constante, tomando la diferencia elimina la modulación del piloto mientras captura la interferencia y ruido, que se asume que son aleatorios desde periodo de símbolo hasta periodo de símbolo. Una unidad 502b calcula la magnitud cuadrada de la diferencia del sumador 518 y divide adicionalmente el resultado por dos para tener en cuenta operación de diferencia por el sumador 518. Un filtro 522b filtra la salida de la unidad 502b y proporciona la varianza de interferencia y ruido estimada  $\sigma_{v,s}^2$ .

Una unidad 524 resta la varianza de interferencia y ruido de la salida del filtro 522a y proporciona la ganancia de potencia escalada  $G_{s,n}$  para cada canal de codificación. Una unidad 526 determina un factor de escalado  $1 / G_{s,piloto}$  basándose en la ganancia de potencia escalada  $C_{s,piloto}$  para el canal piloto. Un multiplicador 528 multiplica la ganancia de potencia escalada para cada canal de codificación con el factor de escalado y proporciona  $C_{s,n} / C_{s,piloto}$  para cada canal de codificación. Una unidad 530 calcula la raíz cuadrada de  $C_{s,n} / C_{s,piloto}$  para cada canal de codificación y proporciona la ganancia escalada  $g_{s,n} / g_{s,piloto}$  para ese canal de codificación.

La potencia recibida para cada canal de codificación se puede determinar basándose en la ganancia escalada  $g_{s,n}$  para ese canal de codificación y la potencia recibida para el sector s, como sigue:

$$P_{s,n} = \left( \frac{g_{s,n}}{g_{s,piloto}} \right)^2 P_{s,piloto}, \quad \text{Ec (25)}$$

en la que  $P_{s,piloto}$  es la potencia piloto recibida para el sector s, y  $P_{s,n}$  es la potencia recibida para el n canal de codificación del sector s.

Las potencias recibidas para los canales de codificación se pueden usar para ordenar usuarios en grupos, como se describe a continuación.

La **Figura 6** muestra una realización de un procedimiento 600 para realizar ecualización y cancelación sucesiva. La ecualización se realiza en una señal recibida (por ejemplo,  $y$ ) para obtener una señal ecualizada (por ejemplo,  $\hat{S}_s$ ) para un primer conjunto de canales de codificación (bloque 612). El primer conjunto puede incluir todos los canales de codificación para un sector, un subconjunto de todos los canales de codificación para un sector, múltiples canales de codificación para múltiples sectores, etc. La detección de datos se realiza a continuación en la señal ecualizada para el primer conjunto de canales de codificación para obtener una señal detectada (por ejemplo,  $\hat{d}_s$ ) para el primer conjunto de canales de codificación (bloque 614). Una señal para el primer conjunto de canales de codificación se reconstruye basándose en la señal detectada (bloque 616). La señal reconstruida (por ejemplo,  $\hat{x}_s$ ) para el primer conjunto de canales de codificación se cancela a partir de la señal recibida (bloque 618). Cada señal puede comprender muestras, símbolos, segmentos, etc.

La ecualización, detección de datos, reconstrucción y cancelación se realizan para al menos un conjunto adicional de canales de codificación de una manera similar. Se realiza una determinación cuando hay otro conjunto de canales de codificación para procesar (bloque 620). Si la respuesta es "Sí", a continuación el procedimiento vuelve al bloque 612 para procesar el siguiente conjunto de canales de codificación. De otra manera, la señal detectada para cada código deseado se procesa y decodifica (bloque 622). Aunque no se muestra en la Figura 6 por simplicidad, si el canal de codificación deseado está en un conjunto que ha sido cancelado (por ejemplo, el primer conjunto), a continuación la señal reconstruida para ese conjunto se puede restituir, y la ecualización y detección de datos se puede realizar de nuevo para obtener una señal detectada más fiable para el canal de codificación de deseado.

Se pueden determinar las potencias recibidas de los canales de codificación para todos los sectores a procesar. Se pueden formar múltiples conjuntos de canales de codificación basándose en las potencias recibidas. El primer conjunto puede incluir canales de codificación con las potencias recibidas más fuertes. Cada conjunto restante puede incluir canales de codificación con potencias recibidas inferiores de manera progresiva. La ecualización, detección de datos, reconstrucción y cancelación se puede realizar secuencialmente para los múltiples conjuntos de

canales de codificación, un conjunto a la vez, comenzando con el primer conjunto que tiene las potencias recibidas más fuertes.

Para la ecualización, una matriz de ecualización (por ejemplo,  $\mathbf{M}_s$ ) para un conjunto de canales de codificación se puede derivar de acuerdo con la técnica de MMSE o de mínimos cuadrados. La ecualización se puede realizar a continuación en la señal recibida con la matriz de ecualización. Para detección de datos, una matriz de ganancia (por ejemplo,  $\mathbf{G}_s$ ) y la covarianza de la interferencia y ruido (por ejemplo,  $\mathbf{R}_{v,s}$ ) para un conjunto de canales de codificación se puede estimar y usar para derivar un filtro de detección de datos (por ejemplo,  $\mathbf{Z}_s$ ). La detección de datos se puede realizar a continuación para el conjunto de canales de codificación con el filtro de detección de datos.

## 10 2. Mini-MUD sucesiva (SMM)

Para la mimi-MUD sucesiva, los usuarios en los K sectores (de los canales de codificación para los K sectores) están dispuestos en M grupos, donde M puede ser cualquier valor entero. Cada grupo puede contener un número predeterminado de usuarios, por ejemplo L usuarios, donde L puede ser cualquier valor entero. Los usuarios pueden estar dispuestos de diversas maneras.

15 En una realización, que se refiere a SMM basada en sector, cada grupo incluye todos los usuarios en un sector. En esta realización, se pueden formar M grupos de usuarios, con cada grupo conteniendo L usuarios en un sector, donde  $M = K$  y  $L = N$ . Los K sectores se pueden ordenar del más fuerte al más débil. El primer grupo puede contener todos los usuarios en el sector más fuerte, el segundo grupo puede contener todos los usuarios en el siguiente sector más fuerte, y así sucesivamente, y el último grupo puede contener todos los usuarios en el sector más débil.

20 En otra realización, a la que se hace referencia como un SMM global, se estiman las potencias recibidas para todos los usuarios en todos los sectores, por ejemplo, como se ha descrito anteriormente para las ecuaciones (21) a (25). Los usuarios se ordenan a continuación del más fuerte al más débil y se almacenan en una lista. El primer grupo puede contener los cuatro usuarios más fuertes, el segundo grupo puede contener los siguientes cuatro usuarios más fuertes, y así sucesivamente, y el último grupo puede contener los L usuarios más débiles en la lista. Como un ejemplo, puede haber 40 usuarios totales en tres sectores. Los usuarios pueden estar dispuestos en grupos de cuatro usuarios. El primer grupo puede contener los cuatro usuarios más fuertes, el segundo grupo puede contener los siguientes cuatro usuarios más fuertes, y así sucesivamente, y el décimo grupo puede contener los cuatro usuarios más débiles. En esta realización, un grupo dado puede contener usuarios en el mismo sector o en sectores diferentes.

30 En otra realización más, a la que se hace referencia como un SMM local, cada grupo contiene un subconjunto de los usuarios en un sector. Los usuarios se pueden ordenar basándose en sus potencias recibidas como se ha descrito anteriormente para SMM global. El primer grupo puede contener el L usuario más fuerte en la lista para el mismo sector, el segundo grupo puede contener los siguientes L usuarios restantes más fuertes en la lista para el mismo sector, y así sucesivamente. Como alternativa, los grupos se pueden gormar para un sector a la vez, comenzando con el sector más fuerte. El primer grupo puede contener los L usuarios más fuertes en el sector más fuerte, el segundo grupo puede contener los L siguientes usuarios más fuertes en el sector más fuerte, y así sucesivamente, y el último grupo puede contener los L usuarios más débiles en el sector más débil. Como un ejemplo, puede haber 40 usuarios totales en tres sectores, con el sector 1 más fuerte que incluye 20 usuarios, el siguiente sector 2 más fuerte que incluye 12 usuarios, y el sector 3 más débil que incluye 8 usuarios. Los usuarios pueden estar dispuestos en grupos de cuatro usuarios. El primer grupo puede contener los cuatro usuarios más fuertes en el sector 1, el segundo grupo puede contener los siguientes cuatro usuarios más fuertes en el sector 1, y así sucesivamente, y el décimo grupo puede contener los cuatro usuarios más débiles en el sector 3.

La señal recibida para el grupo de usuarios  $m$ , sin ruido, se puede expresar como:

$$\mathbf{x}_m = \mathbf{H}_m \mathbf{C}_m \mathbf{W}_m \mathbf{G}_m \mathbf{d}_m = \mathbf{T}_m \mathbf{d}_m , \quad \text{Ec (26)}$$

45 en la que  $\mathbf{d}_m$  es un vector  $L \times 1$  de datos para los L usuarios en el grupo  $m$ ,  
 $\mathbf{G}_m$  es una matriz  $L \times L$  de ganancia para los usuarios en el grupo  $m$ ,  
 $\mathbf{W}_m$  es una matriz  $N \times L$  de códigos de Walsh para los usuarios en el grupo  $m$ ,  
 $\mathbf{C}_m$  es una matriz  $N \times N$  PN para los usuarios en el grupo  $m$ ,  
 $\mathbf{H}_m$  es una matriz  $(N + \Delta) \times N$  de respuesta de canal para los usuarios en el grupo  $m$ ,  
50  $\mathbf{T}_m$  es un sistema de matrices  $(N + \Delta) \times L$  para el vector de datos  $\mathbf{d}_m$ , y  
 $\mathbf{x}_m$  es un vector  $(N + \Delta) \times 1$  de las muestras recibidas para el grupo de usuarios  $m$ ,

El vector  $\mathbf{d}_m$  y las matrices  $\mathbf{G}_m$  y  $\mathbf{W}_m$  contienen los símbolos de datos, las ganancias y los códigos de Walsh, respectivamente, para los usuarios en el grupo  $m$ . Estos usuarios pueden pertenecer al mismo sector o a sectores diferentes. La matriz  $\mathbf{W}_m$  puede contener columnas duplicadas si múltiples usuarios en el grupo  $m$  están asignados a

canales de codificación con el mismo código de Walsh.  $\underline{\mathbf{C}}_m$  contiene segmentos PN para todos los sectores que transmiten a los usuarios en el grupo  $m$ .  $\underline{\mathbf{H}}_m$  contiene ganancias de canal para los usuarios en el grupo  $m$ . Si los usuarios en el grupo  $m$  pertenecen a un sector, entonces  $\underline{\mathbf{C}}_m$  y  $\underline{\mathbf{H}}_m$  contienen segmentos PN y ganancias de canal para un sector. Si los usuarios en el grupo  $m$  pertenecen a múltiples sectores, entonces  $\underline{\mathbf{C}}_m$  y  $\underline{\mathbf{H}}_m$  son matrices diagonales por bloques que contienen segmentos PN y ganancias de canal para estos múltiples sectores, una matriz de ganancia de canal diagonal y una matriz PN diagonal para cada sector.  $\underline{\mathbf{x}}_m$  contiene las muestras recibidas para todos los usuarios en el grupo  $m$  en ausencia de ruido.

La matriz del sistema para el grupo de usuarios  $m$  se puede dar como:

$$\underline{\mathbf{T}}_m = \underline{\mathbf{H}}_m \underline{\mathbf{C}}_m \underline{\mathbf{W}}_m \underline{\mathbf{G}}_m , \quad \text{Ec (27)}$$

La matriz del sistema representa todo el procesamiento así como la respuesta de canal observada por el vector de datos  $\underline{\mathbf{d}}_m$ . La altura de  $\underline{\mathbf{T}}_m$  está relacionada con el tiempo (en número de segmentos), y la anchura de  $\underline{\mathbf{T}}_m$  se determina por el número de usuarios. Una matriz del sistema único  $\underline{\mathbf{T}}$  se puede definir para todos los  $M \cdot L$  usuarios en todos los  $K$  sectores. Sin embargo, el procesamiento para esta matriz del sistema grande única  $\underline{\mathbf{T}}$  sería intensivo en cuanto a cálculo.

Las muestras recibidas en el dispositivo 120 inalámbrico para los  $M$  grupos de usuarios se pueden expresar como:

$$\underline{\mathbf{y}} = \sum_{m=1}^M \underline{\mathbf{x}}_m + \underline{\mathbf{n}} = \sum_{m=1}^M \underline{\mathbf{T}}_m \underline{\mathbf{d}}_m + \underline{\mathbf{n}} . \quad \text{Ec (28)}$$

La mini-MUD sucesiva procesa los  $M$  grupos de usuario en un orden secuencial, un grupo a la vez, típicamente comenzando con el grupo más fuerte y concluyendo con el grupo más débil. El procesamiento para un grupo de usuarios se puede realizar como sigue. Para el grupo de usuarios  $g$ , la ecuación (28) se puede reescribir como sigue:

$$\underline{\mathbf{y}} = \underline{\mathbf{T}}_g \underline{\mathbf{d}}_g + \underline{\mathbf{v}}_g , \quad \text{Ec (29)}$$

20 y

$$\underline{\mathbf{v}}_g = \sum_{m=1, m \neq g}^M \underline{\mathbf{T}}_m \underline{\mathbf{d}}_m + \underline{\mathbf{n}} , \quad \text{Ec (30)}$$

en la que  $\underline{\mathbf{v}}_g$  es la interferencia y ruido total para el grupo de usuarios  $g$ .

El vector de datos  $\underline{\mathbf{d}}_g$  para grupo de usuarios  $g$  se puede estimar basándose en el vector recibido  $\underline{\mathbf{y}}$  y usando MMSE, mínimos cuadrados o alguna otra técnica de detección de datos. La detección de datos se puede realizar para el grupo de usuarios  $g$  basándose en la técnica MMSE, como sigue:

$$\hat{\underline{\mathbf{d}}}_g = \underline{\mathbf{R}}_{dd,g} \underline{\mathbf{T}}_g^H (\underline{\mathbf{T}}_g \underline{\mathbf{R}}_{dd,g} \underline{\mathbf{T}}_g^H + \underline{\mathbf{R}}_{vv,g})^{-1} \underline{\mathbf{y}} , \quad \text{Ec (31)}$$

en la que  $\underline{\mathbf{R}}_{dd,g} = E \{ \underline{\mathbf{d}}_g \underline{\mathbf{d}}_g^H \}$  es la covarianza del vector de datos  $\underline{\mathbf{d}}_g$  para el grupo de usuarios  $g$ , y

$\underline{\mathbf{R}}_{vv,g} = E \{ \underline{\mathbf{v}}_g \underline{\mathbf{v}}_g^H \}$  es la covarianza del vector de interferencia y ruido total  $\underline{\mathbf{v}}_g$ .

30  $\hat{\underline{\mathbf{d}}}_g$  es un vector de datos detectados para el grupo de usuarios  $g$ , que es una estimación de  $\underline{\mathbf{d}}_g$ . Los símbolos de datos en  $\underline{\mathbf{d}}_g$  se pueden asumir como no correlativos de modo que  $\underline{\mathbf{R}}_{dd,g} = \mathbf{I}$ . Se puede asumir que la interferencia y el ruido sean AWGN de modo que  $\underline{\mathbf{R}}_{vv,g} = \sigma_{v,g}^2 \mathbf{I}$ , donde  $\sigma_{v,g}^2$  es la varianza de la interferencia y ruido para el grupo de usuarios  $g$ , que se puede estimar como se ha descrito anteriormente para las ecuaciones (21) a (25).

La ecuación (31) se puede expresar a continuación como:

$$\begin{aligned}\hat{\underline{\mathbf{d}}}_g &= (\underline{\mathbf{T}}_g^H \underline{\mathbf{T}}_g + \sigma_{v,g}^2 \underline{\mathbf{I}})^{-1} \underline{\mathbf{T}}_g^H \underline{\mathbf{y}} \\ &= \underline{\mathbf{Z}}_{mmse,g} \underline{\mathbf{y}}\end{aligned}\tag{Ec (32)}$$

en las que  $\underline{\mathbf{Z}}_{mmse,g} = (\underline{\mathbf{T}}_g^H \underline{\mathbf{T}}_g + \sigma_{v,g}^2 \underline{\mathbf{I}})^{-1} \underline{\mathbf{T}}_g^H$  es un filtro de detección de datos MMSE para el grupo de usuarios  $g$ . La ecuación (32) se deduce de la ecuación (31) usando el lema de matriz inversa y las suposiciones para  $\underline{\mathbf{R}}_{dd,g}$  y  $\underline{\mathbf{R}}_v$  descritas anteriormente.

- 5 La detección de datos se puede realizar también para el grupo de usuarios  $g$  basándose en la técnica de mínimos cuadrados, como sigue:

$$\begin{aligned}\hat{\underline{\mathbf{d}}}_g &= (\underline{\mathbf{T}}_g^H \underline{\mathbf{T}}_g)^{-1} \underline{\mathbf{T}}_g^H \underline{\mathbf{y}} \\ &= \underline{\mathbf{Z}}_{ls,g} \underline{\mathbf{y}}\end{aligned}\tag{Ec (33)}$$

en la que  $\underline{\mathbf{Z}}_{ls,g} = (\underline{\mathbf{T}}_g^H \underline{\mathbf{T}}_g)^{-1} \underline{\mathbf{T}}_g^H$  es un filtro de detección de datos de mínimos cuadrados para el grupo de usuarios  $g$ .

- 10 La señal para el grupo de usuarios  $g$  se puede reconstruir como sigue:

$$\hat{\underline{\mathbf{x}}}_g = \underline{\mathbf{T}}_g \hat{\underline{\mathbf{d}}}_g ,\tag{Ec (34)}$$

en la que  $\hat{\underline{\mathbf{x}}}_g$  es un vector de señal reconstruida para el grupo de usuarios  $g$ , que es una estimación de  $\underline{\mathbf{x}}_g$ .

El vector de señal reconstruida  $\hat{\underline{\mathbf{x}}}_g$  se puede restar del vector recibido  $\underline{\mathbf{y}}$  para obtener un vector recibido modificado para el siguiente grupo de usuarios, como sigue:

$$\underline{\mathbf{y}}_g = \underline{\mathbf{y}} - \hat{\underline{\mathbf{x}}}_g ,\tag{Ec (35)}$$

- 15 en la que  $\underline{\mathbf{y}}_g$  es un vector recibido modificado con la señal del grupo de usuarios  $g$  cancelada.

La descripción anterior para las ecuaciones (29) a (35) es para un grupo de usuarios  $g$ . Se puede realizar el mismo procesamiento sucesivamente para los  $M$  grupos de usuarios, un grupo de usuarios a la vez, por ejemplo, comenzando con el grupo de usuarios más fuerte.

- 20 La **Figura 7** muestra un diagrama de bloques de un procesador 260b para mini-HUD sucesiva, que es otra realización de procesador 260 en la Figura 2. Un primer grupo de usuarios  $g_1$  a procesa en la primera etapa puede ser el grupo de usuarios más fuerte. Un bloque 712a realiza detección de datos en el vector recibido  $\underline{\mathbf{y}}$  con una

- 25 matriz de detección de datos  $\underline{\mathbf{Z}}_{g_1}$  para el grupo de usuarios  $g_1$  y proporciona un vector de datos detectados  $\hat{\underline{\mathbf{d}}}_{g_1}$  para el grupo de usuarios  $g_1$ . Una matriz de detección de datos  $\underline{\mathbf{Z}}_{g_1}$  se puede derivar basándose en la técnica MMSE como se muestra en la ecuación (32) o en la técnica de mínimos cuadrados como se muestra en la ecuación (33).

Un bloque 714a reconstruye la señal del grupo de usuarios  $g_1$  basándose en  $\hat{\underline{\mathbf{d}}}_{g_1}$  y proporciona un vector de señal reconstruida  $\hat{\underline{\mathbf{x}}}_{g_1}$  para el grupo de usuarios  $g_1$ , por ejemplo, como se muestra en la ecuación (34). Un sumador 716a resta el vector de señal reconstruida  $\hat{\underline{\mathbf{x}}}_{g_1}$  del vector recibido  $\underline{\mathbf{y}}$ , como se muestra en la ecuación (35), y proporciona un vector recibido modificado  $\underline{\mathbf{y}}_{g_1}$  para la siguiente etapa.

- 30 Un segundo grupo de usuarios  $g_2$  para procesarse en la segunda etapa puede ser el segundo grupo de usuarios más fuerte. Un bloque 712b realiza detección de datos en el vector recibido modificado  $\underline{\mathbf{y}}_{g_1}$  con una matriz de detección de datos  $\underline{\mathbf{Z}}_{g_2}$  para el grupo de usuarios  $g_2$  y proporciona un vector de datos detectado  $\hat{\underline{\mathbf{d}}}_{g_2}$ . Un bloque

714a reconstruye la señal para el grupo de usuarios  $g_1$  basándose en  $\hat{d}_{g^2}$  y proporciona un vector de señal reconstruida  $\hat{x}_{g^2}$ . Un sumador 716b resta el vector de señal reconstruida  $\hat{x}_{g^2}$  para del vector recibido modificado  $y_{g^1}$  y proporciona un vector recibido modificado  $y_{g^2}$  para la siguiente etapa. El procesamiento para cada grupo de usuarios posterior puede proceder de una manera similar.

5 Los M grupos de usuarios se pueden procesar secuencialmente del grupo de usuarios más fuerte al grupo de usuarios más débil. Esto puede mejorar el rendimiento de la detección para cada grupo de usuarios puesto que las señales de los grupos de usuarios más fuertes (si las hubiera) se han cancelado. Los grupos de usuario se pueden procesar también en otros órdenes. En general, el procesamiento secuencial de los grupos de usuario puede dar como resultado la mejora progresiva de la calidad de señal recibida para cada grupo de usuarios procesado posteriormente, puesto que las señales de interferencia de los grupos de usuarios procesados anteriormente han sido eliminadas.

10 El dispositivo inalámbrico puede desear recuperar una señal de un sector único. En una realización, el grupo de usuarios deseado para este sector se procesa en la última etapa después de cancelar las señales de otros grupos de usuarios. En otra realización, los M grupos de usuarios se procesan desde el más fuerte al más débil, como se ha descrito anteriormente. Si el grupo de usuarios deseado no es el último grupo de que se procesó, a continuación el vector de señal reconstruida  $\hat{x}_g$  para el grupo de usuarios deseado puede restituir al vector recibido modificado  $y_{gk}$  de la última etapa, o  $\tilde{y}_g = y_{gk} + \hat{x}_g$ . El vector contendría a continuación la señal del grupo de usuarios deseado y tendría las señales de todos los otros grupos de usuarios eliminadas. El vector  $\tilde{y}_g$  puede a continuación detectarse para obtener la señal deseada.

20 El dispositivo inalámbrico puede desear recuperar señales de múltiples sectores, por ejemplo, para transferencia de llamadas. En una realización, el grupo de usuarios deseado para estos sectores se procesa en las últimas pocas etapas después de cancelar las señales de otros grupos de usuarios. En otra realización, los M grupos de usuarios se procesan desde el más fuerte al más débil, como se ha descrito anteriormente. Para cada grupo deseado, el vector de señal reconstruida para ese grupo puede restituirse para el vector recibido modificado  $y_{gk}$  de la última etapa, y el vector resultante puede procesarse para recuperar la señal de ese grupo de usuarios.

25 La mini-MUD sucesiva realiza procesamiento para un grupo de usuarios a la vez, en vez de todos los usuarios. La mini-MUD sucesiva puede tener determinadas ventajas. En primer lugar, el tamaño de la matriz a invertir en la ecuación (32) puede ser mucho menor que el tamaño de la matriz a invertir si todos los usuarios se procesan concurrentemente para MUD completa. En segundo lugar, el procesamiento sucesivo de los M grupos de usuarios puede dar como resultado la mejora progresiva de la calidad de señal recibida para cada grupo de usuarios procesado posteriormente.

30 La **Figura 8** muestra una realización de un procedimiento 800 para realizar mini-MUD sucesiva. La detección de datos se realiza en la señal recibida (por ejemplo,  $y$ ) para obtener una señal detectada (por ejemplo,  $\hat{d}_g$ ) para un primer conjunto de canales de codificación (bloque 814). El primer conjunto puede incluir todos los canales de codificación para un sector, un subconjunto de todos los canales de código para un sector, múltiples canales de codificación para múltiples sectores, etc. Se reconstruye una señal para el primer conjunto de canales de codificación basándose en la señal detectada (bloque 816). La señal reconstruida (por ejemplo,  $\hat{x}_g$ ) para el primer conjunto de canales de codificación se cancela a partir de la señal recibida (bloque 818).

40 La detección, reconstrucción y cancelación de datos se realizan para al menos un conjunto adicional de canales de codificación de una manera similar. Se realiza una determinación cuando hay otro conjunto de canales de codificación para procesar (bloque 820). Si la respuesta es "Sí", a continuación el procedimiento vuelve al bloque 814 para procesar el siguiente conjunto de canales de codificación. De otra manera, la señal detectada para cada canal de codificación deseado se procesa y decodifica (bloque 822). Aunque no se muestra en la Figura 8 por simplicidad, si el canal de codificación deseado está en un conjunto que ha sido cancelado (por ejemplo, el primer conjunto), a continuación la señal reconstruida para ese conjunto puede restituirse, y la detección de datos se puede realizar de nuevo para obtener una señal detectada más fiable para el canal de codificación deseado.

45 Se pueden determinar las potencias recibidas de los canales de codificación para todos los sectores a procesar. Se pueden formar múltiples conjuntos de canales de codificación basándose en las potencias recibidas. El primer conjunto puede incluir canales de codificación con las potencias recibidas más fuertes. Cada conjunto restante puede incluir canales de codificación con potencias recibidas progresivamente menores. La detección de datos, reconstrucción y cancelación se pueden realizar secuencialmente para los múltiples conjuntos de canales de codificación, un conjunto a la vez, comenzando con el primer conjunto que tiene las potencias recibidas más fuertes.

Para la detección de datos, se puede estimar una matriz del sistema (por ejemplo,  $I_g$ ) y la varianza de interferencia

y ruido posible (por ejemplo,  $\sigma_{v,n}^2$ ) para un conjunto de canales de codificación. Un filtro de detección de datos (por ejemplo,  $\underline{z}_g$ ) puede estar derivado basándose en la matriz del sistema y en posiblemente la varianza de interferencia y ruido y de acuerdo con la técnica de MMSE o de mínimos cuadrados. La detección de datos se puede a continuación realizar para el conjunto de canales de codificación con el filtro de detección de datos.

- 5 Se pueden realizar una o más iteraciones tanto para la ecualización sucesiva como para la cancelación (SEC) y mini-MUD sucesiva. Cada iteración puede procesar secuencialmente todos los sectores o grupos de usuarios. El resultado del último sector o grupo de usuarios en una iteración se puede pasar a la siguiente iteración. Realizando ciclos en la cancelación de los sectores o grupos de usuarios múltiples veces puede mejorar la cancelación y proporcionar mejor rendimiento.
- 10 Las técnicas descritas en el presente documento se pueden implementar mediante diversos medios. Por ejemplo, estas técnicas se pueden implementar en hardware, firmware, software o una combinación de los mismos. Para una implementación de hardware, las unidades de procesamiento usadas para realizar el procesamiento descrito en el presente documento se pueden implementar dentro de uno o más circuitos integrados específicos de aplicación (ASIC), procesadores de señales digitales (DSP), dispositivos de procesamiento de señales digitales (DSPD), dispositivos lógicos programables (PLD), matrices de puertas programables por campos (FPGA), procesadores, controladores, micro-controladores, microprocesadores, dispositivos electrónicos, otras unidades electrónicas diseñadas para realizar las funciones descritas en el presente documento o una combinación de los mismos.

- 20 Para una implementación de firmware y/o software, las técnicas se pueden implementar con módulos (por ejemplo, procedimientos, funciones, y así sucesivamente) que realizan las funciones descritas en el presente documento. Los códigos de firmware y/o software se pueden almacenar en una memoria (por ejemplo, la memoria 292 en la Figura 2) y ejecutarse por un procesador (por ejemplo, el procesador 290). La memoria se puede implementar dentro del procesador o externa al procesador.

- 25 Los encabezamientos se incluyen en el presente documento por referencia y por ayudar en la localización de determinadas secciones. Estos encabezamientos no pretenden limitar el alcance de los conceptos descritos bajo los mismos, y estos conceptos pueden tener aplicabilidad en otras secciones a través de toda la memoria descriptiva.

- La descripción anterior de las realizaciones divulgadas se proporciona para posibilitar a cualquier experto en la materia hacer o usar la divulgación. Diversas modificaciones a estas realizaciones resultarán evidentes para los expertos en la materia, y los principios genéricos definidos en el presente documento se pueden aplicar a otras realizaciones sin alejarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

30

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento en un sistema de comunicaciones de acceso múltiple inalámbrico que comprende:

5 realizar detección (814) de datos en una señal recibida para obtener una señal detectada para un primer conjunto de canales de codificación para un sector de célula;  
 5 reconstruir una señal (816) para el primer conjunto de canales de codificación basándose en la señal detectada;  
 cancelar (818) la señal reconstruida para el primer conjunto de canales de codificación a partir de la señal recibida; y  
 10 realizar detección (814) de datos, reconstrucción (816) y cancelación (818) para al menos un conjunto adicional de canales de código para otro sector de célula;

2. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:

15 determinar potencias recibidas de una pluralidad de canales de codificación para al menos un sector de célula;  
 formar múltiples conjuntos de canales de codificación basándose en las potencias recibidas, comprendiendo los múltiples conjuntos el primer conjunto y el al menos un conjunto adicional, incluyendo el primer conjunto canales de codificación con las potencias recibidas más fuertes y  
 15 en el que la detección (814) de datos, reconstrucción (816) y cancelación (818) se realizan secuencialmente para los múltiples conjuntos de canales de codificación, un conjunto de canales de codificación a la vez, comenzando con el primer conjunto que tiene las potencias recibidas más fuertes.

3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que realizar la detección de datos comprende

20 determinar una matriz de sistema para el primer conjunto de canales de codificación,  
 derivar un filtro de detección de datos para el primer conjunto de canales de codificación en base a la matriz de sistema, y  
 20 y realizar detección (814) de datos en la señal recibida con el filtro de detección de datos.

4. Un aparato de uso en un sistema de comunicaciones de acceso múltiple inalámbrico que comprende:

25 medios para realizar detección (712a) de datos en una señal recibida para obtener una señal detectada para un primer conjunto de canales de codificación para un sector de célula;  
 medios para reconstruir (714a) una señal para el primer conjunto de canales de codificación basándose en la señal detectada;  
 30 medios para cancelar la señal reconstruida para el primer conjunto de canales de codificación a partir de la señal recibida, y  
 medios para realizar detección (710b) de datos, reconstrucción (714b) y cancelación para al menos un conjunto adicional de canales de codificación para otro sector de célula.

5. El aparato de la reivindicación 4, que comprende adicionalmente:

35 medios para determinar potencias recibidas de una pluralidad de canales de codificación para al menos un sector de célula;  
 medios para formar múltiples conjuntos de canales de código basándose en las potencias recibidas, los múltiples conjuntos que comprenden el primer conjunto y el al menos un conjunto adicional, el primer conjunto que incluye canales de codificación con las potencias recibidas más fuertes, y  
 40 en el que la detección de datos, reconstrucción y cancelación se realizan secuencialmente para los múltiples conjuntos de canales de codificación, un conjunto de canales de codificación a la vez, comenzando con el primer conjunto que tiene las potencias recibidas más fuertes.

6. El aparato de la reivindicación 4, en el que los medios para realizar la detección de datos comprenden

45 medios para determinar una matriz de sistema para el primer conjunto de canales de codificación,  
 medios para derivar un filtro de detección de datos para el primer conjunto de canales de codificación en base a la matriz de sistemas, y  
 medios para realizar detección (712a, 710b) de datos en la señal recibida con el filtro de detección de datos.

7. El aparato de la reivindicación 4, en el que los medios se realizan como:

50 al menos un procesador (260) configurado para realizar detección de datos en la señal recibida para obtener la señal detectada para el primer conjunto de canales de codificación para un sector de célula, para reconstruir la señal para el primer conjunto de canales de codificación en base a la señal detectada, para cancelar la señal reconstruida para el primer conjunto de canales de codificación desde la señal recibida, y para realizar detección de datos, reconstrucción y cancelación para el al menos un conjunto de canales de codificación adicional para otro sector de célula; y  
 una memoria (292) acoplada al al menos un procesador (260).

8. El aparato de la reivindicación 7, en el que el al menos un procesador (260) está configurado adicionalmente para formar múltiples conjuntos de canales de codificación que comprenden el primer conjunto y el al menos un conjunto adicional, y para realizar detección de datos, reconstrucción y cancelación secuencialmente para los múltiples conjuntos de canales de codificación, un conjunto de canales de codificación a la vez.
- 5 9. El aparato de la reivindicación 7, en el que el al menos un procesador (260) está configurado adicionalmente para determinar una matriz de sistema para el primer conjunto de canales de codificación, para derivar un filtro de detección de datos para el primer conjunto de canales de codificación en base a la matriz de sistema, y para realizar detección de datos en la señal recibida con el filtro de detección de datos.
- 10 10. El aparato de la reivindicación 9, en el que el al menos un procesador (260) está configurado adicionalmente para estimar la varianza del ruido e interferencia para el primer conjunto de canales de codificación y para derivar el filtro de detección de datos adicionalmente en base a la varianza del ruido e interferencia.
11. El aparato de la reivindicación 9, en el que el al menos un procesador está configurado adicionalmente para derivar el filtro de detección de datos de acuerdo con la técnica de error cuadrático medio mínimo, MMSE, o mínimos cuadrados, LS.
- 15 12. El aparato de la reivindicación 4 o 7, en el que el primer conjunto incluye un subconjunto de todos los canales de codificación para un sector de célula, o en el que el primer conjunto incluye todos los canales de codificación para un sector de célula.
13. Un aparato de uso en un sistema de comunicación de acceso múltiple inalámbrico que comprende:
- 20 al menos un procesador (260) configurado para determinar potencias recibidas de una pluralidad de usuarios en al menos un sector de célula, para ordenar la pluralidad de usuarios en base a las potencias recibidas, desde un usuario más fuerte hasta un usuario más débil, para formar múltiples grupos de usuarios en base a la pluralidad de usuarios ordenada, para realizar detección de datos en una señal recibida para obtener una señal detectada para un primer grupo de usuarios entre los múltiples grupos de usuarios, para reconstruir una señal para el primer grupo de usuarios en base a la señal detectada, para cancelar la señal reconstruida para el primer grupo
- 25 de usuarios desde la señal recibida y para realizar detección de datos, reconstrucción y cancelación para al menos un grupo de usuarios adicional entre los múltiples grupos de usuario en otro sector de célula; y una memoria (292) acoplada al al menos un procesador (260).
14. Un producto de programa informático, que comprende:
- 30 un medio legible por ordenador que comprende instrucciones que permiten que al menos un procesador (260) lleve a cabo las etapas de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3.

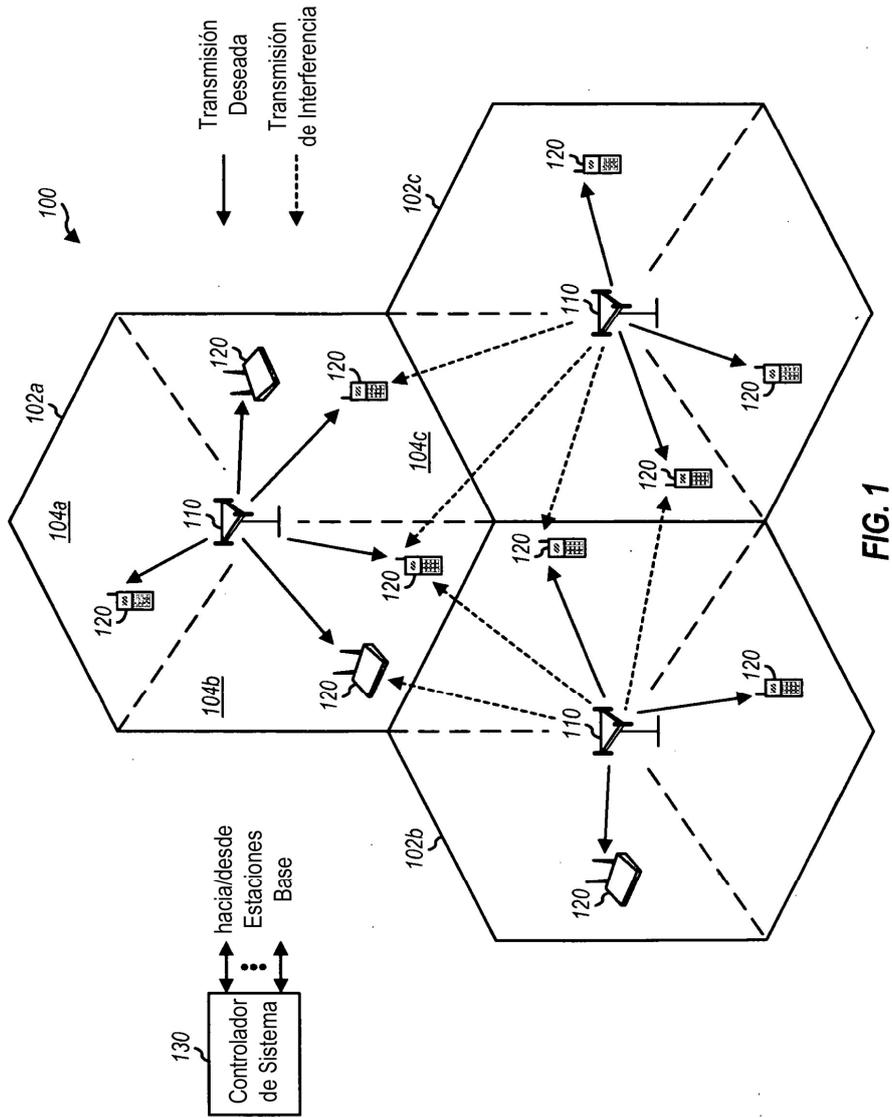


FIG. 1

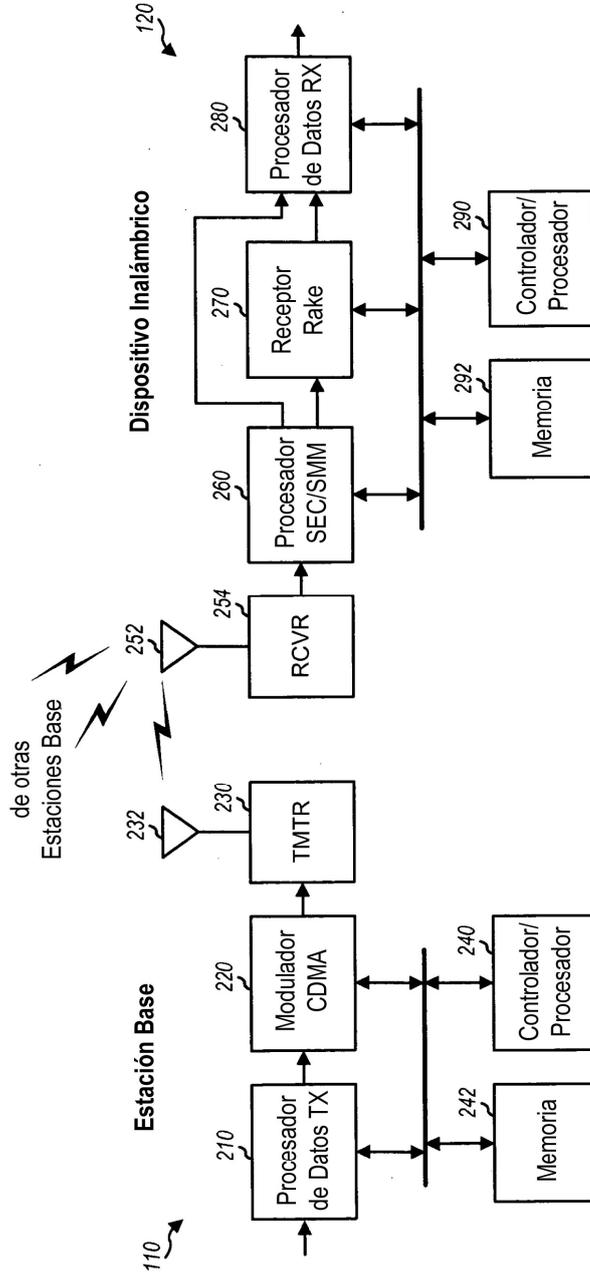


FIG. 2

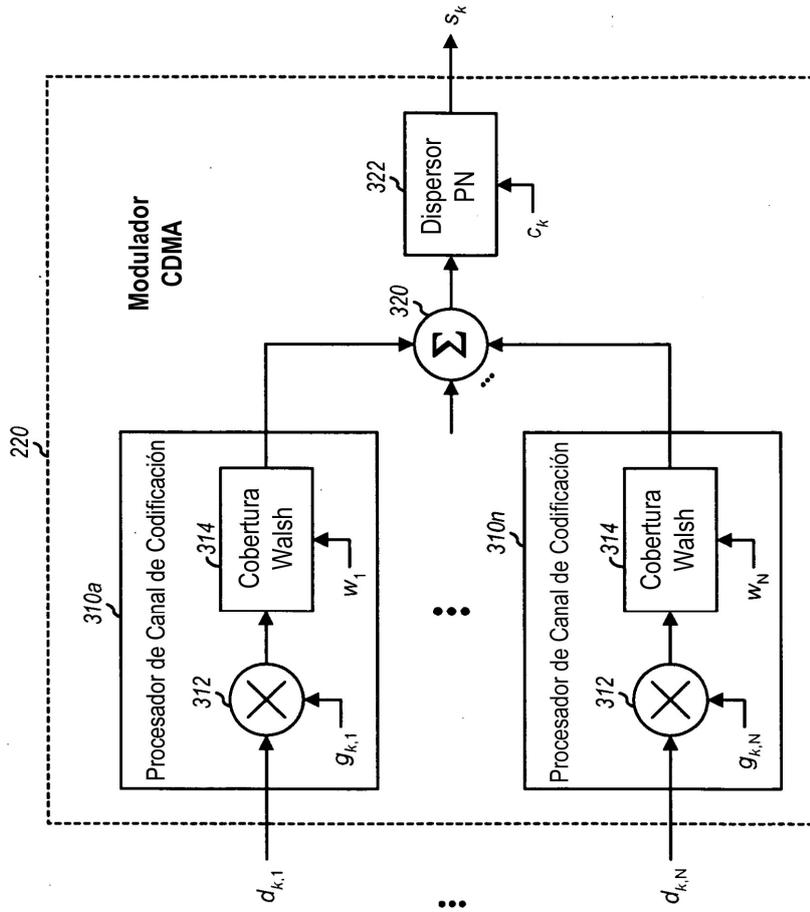


FIG. 3

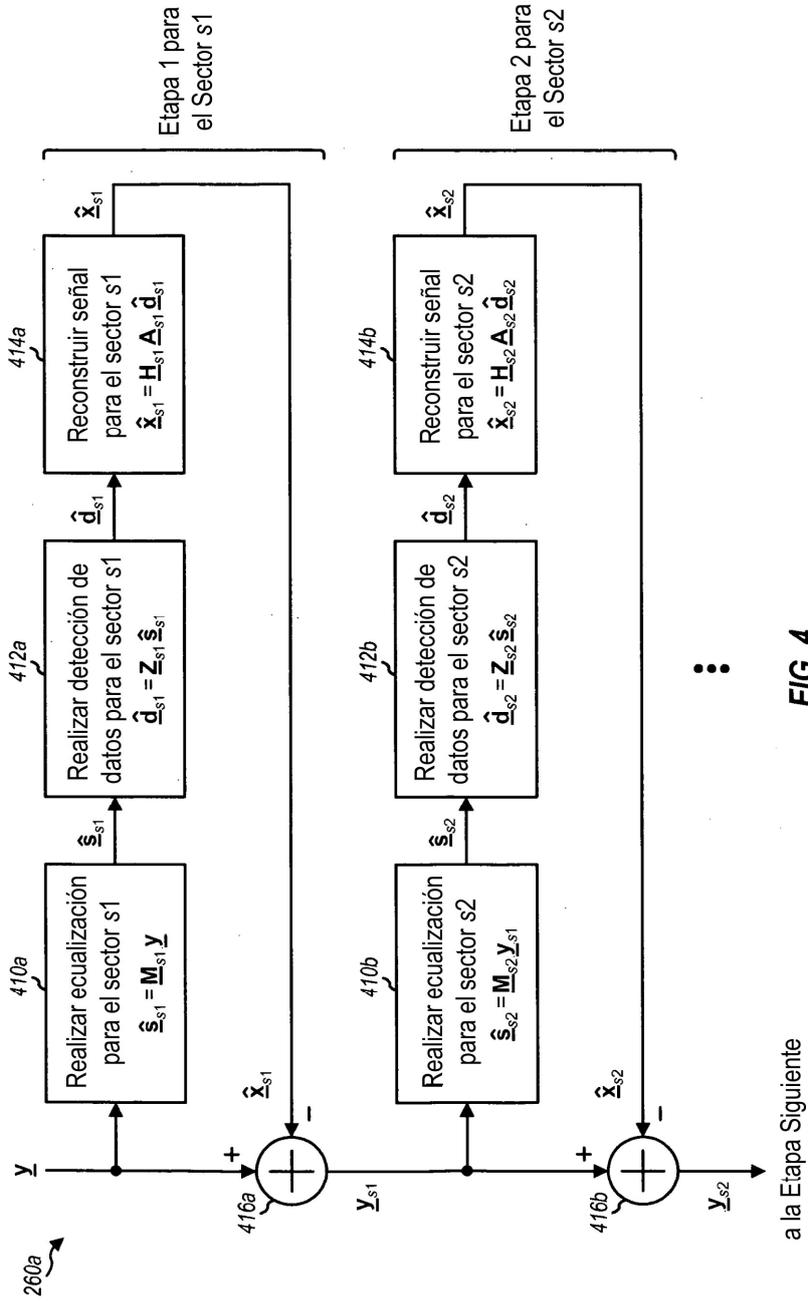


FIG. 4

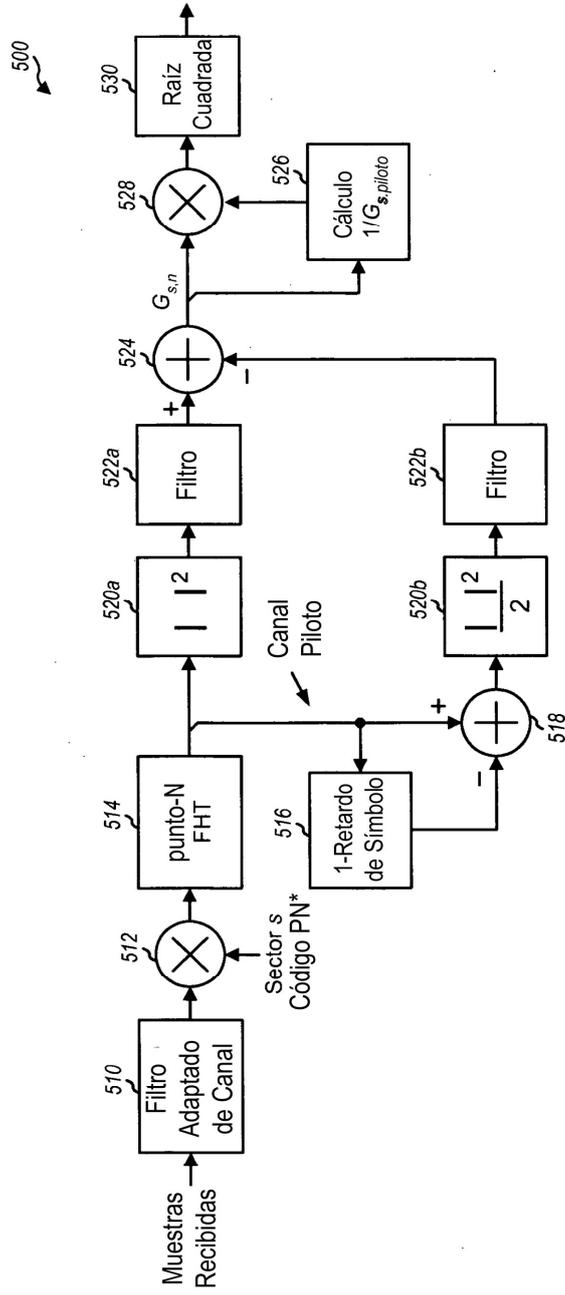


FIG. 5

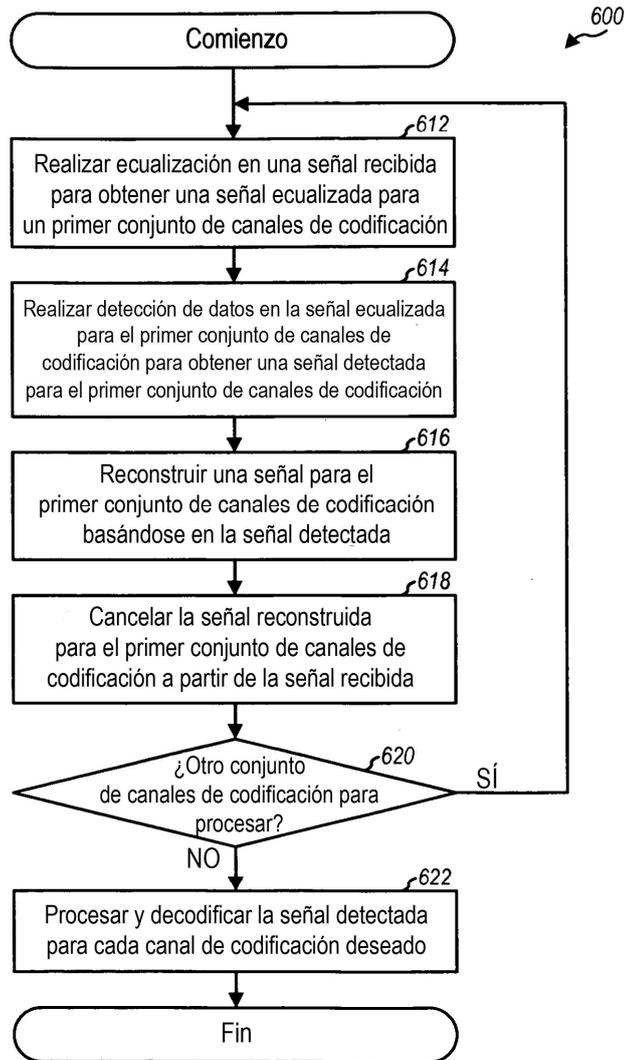


FIG. 6

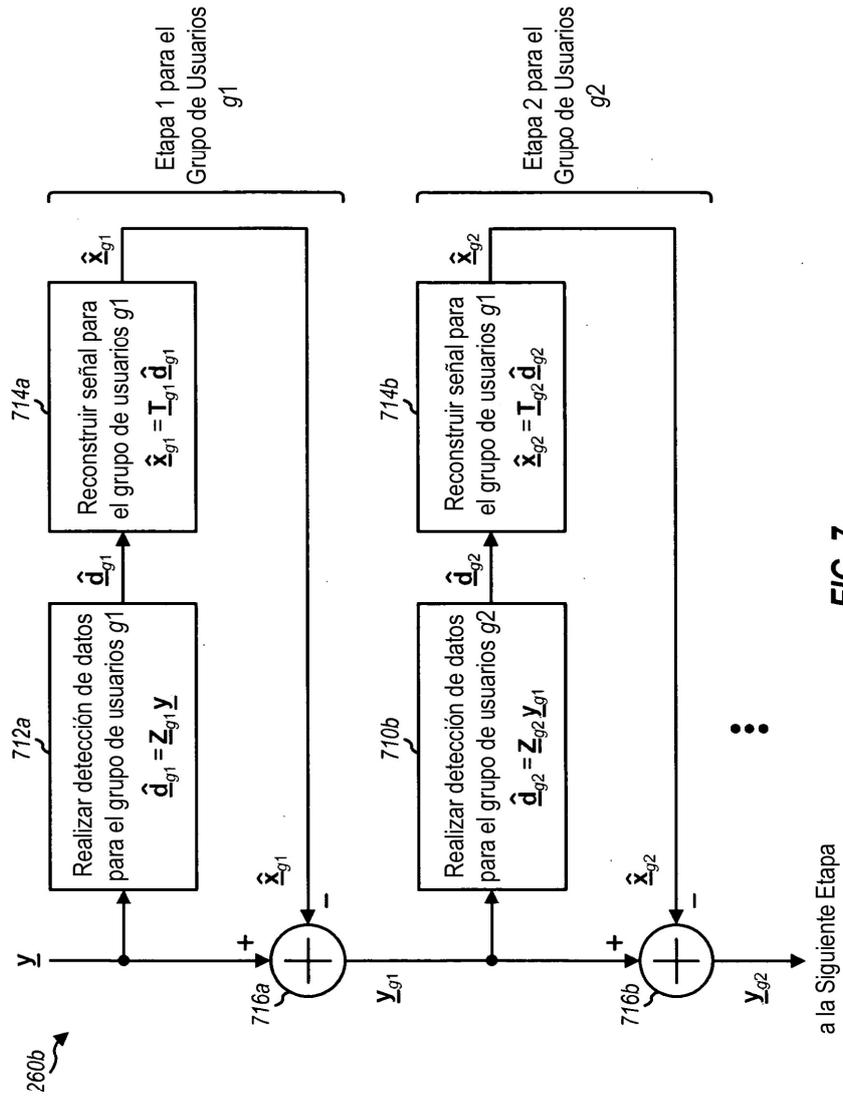


FIG. 7

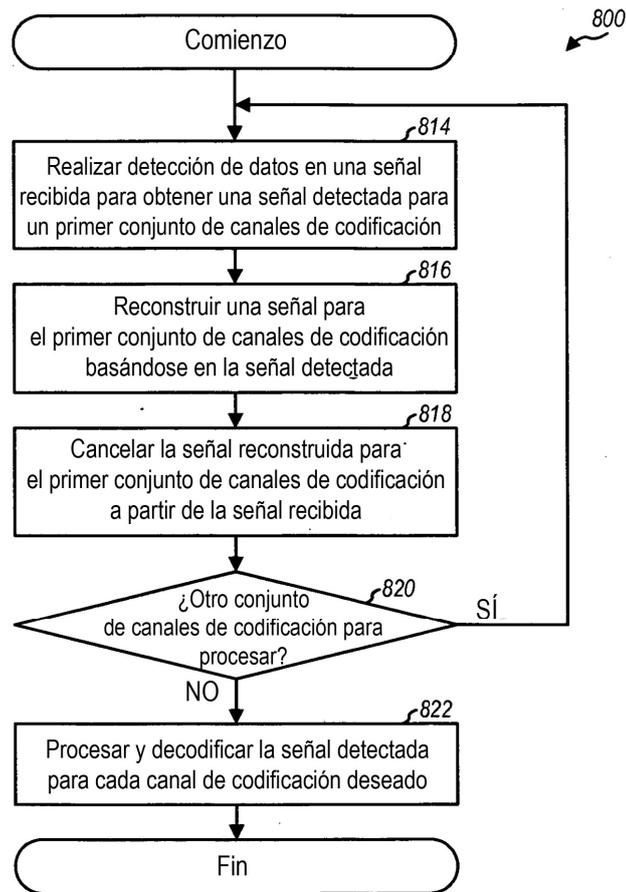


FIG. 8