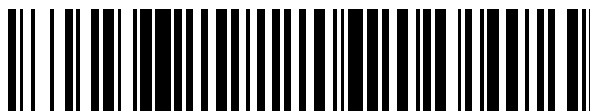


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 182**

51 Int. Cl.:

H04L 5/00 (2006.01)

H04L 5/02 (2006.01)

H04L 27/26 (2006.01)

H04L 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.07.2001 E 10009631 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2018 EP 2271041**

54 Título: **Procedimiento y aparato para generar señales piloto en un sistema MIMO**

30 Prioridad:

12.07.2000 US 614970

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.02.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**JALALI, AHMAD;
WALTON, JAY, R. y
WALLACE, MARK**

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 701 182 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

Procedimiento y aparato para generar señales piloto en un sistema MIMO

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

I. Campo de la invención

10 **[0001]** La presente invención se refiere a la comunicación de datos. Más particularmente, la presente invención se refiere a un sistema de comunicación novedoso y mejorado que emplea modulación de múltiples portadoras y que tiene alta eficiencia, rendimiento mejorado y flexibilidad mejorada.

II. Descripción de la técnica relacionada

15 **[0002]** Se requiere un sistema de comunicación moderno para soportar una variedad de aplicaciones. Un sistema de comunicación de este tipo es un sistema de múltiples accesos por división del código (CDMA) que es conforme a la "Norma TIA/EIA/IS-95 de compatibilidad entre estación móvil y estación base para un sistema celular de espectro de dispersión de banda ancha y modo doble", denominado en lo sucesivo en el presente documento la norma IS-95. El sistema de CDMA soporta comunicación de voz y de datos entre usuarios, por un enlace terrestre. El uso de técnicas
20 CDMA en un sistema de comunicación de múltiples accesos se divulga en la Patente de Estados Unidos n.º 4 901 307, titulada "SPREAD SPECTRUM MULTIPLE ACCESS COMMUNICATION SYSTEM USING SATELLITE OR TERRESTRIAL REPEATERS [SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE MÚLTIPLES ACCESOS DE ESPECTRO DE DISPERSIÓN QUE UTILIZA REPETIDORES POR SATELITE O TERRESTRES]", y en la Patente de Estados Unidos n.º 5,103,459, titulada "SYSTEM AND METHOD FOR GENERATING WAVEFORMS IN A CDMA CELLULAR
25 TELEPHONE SYSTEM [SISTEMA Y PROCEDIMIENTO PARA GENERAR FORMAS DE ONDA EN UN SISTEMA DE TELÉFONO CELULAR CDMA]", ambos asignados al cesionario de la presente invención.

[0003] Un sistema CDMA compatible con IS-95 es capaz de soportar servicios de voz y datos a través de los enlaces de comunicaciones hacia adelante y hacia atrás. Típicamente, a cada llamada de voz o cada transmisión de datos de tráfico se le asigna un canal dedicado que tiene una velocidad de datos variable pero limitada. De acuerdo con la norma IS-95, el tráfico o los datos de voz se dividen en tramas de canal de código que tienen una duración de 20 ms con velocidades de datos de hasta 14,4 Kbps. Las tramas se transmiten a continuación a través del canal asignado. Un procedimiento para transmitir datos de tráfico en tramas de canal de código de tamaño fijo se describe en la Patente de Estados Unidos n.º 5,504,773, titulada "METHOD AND APPARATUS FOR THE FORMATTING OF DATA FOR
35 TRANSMISSION [PROCEDIMIENTO Y APARATO PARA EL FORMATEADO DE DATOS PARA LA TRANSMISIÓN]", asignada al cesionario de la presente invención.

[0004] Existen varias diferencias significativas entre las características y los requisitos de los servicios de voz y datos. Una de esas diferencias es el hecho de que los servicios de voz imponen requisitos de retardo estrictos y fijos, mientras que los servicios de datos habitualmente pueden tolerar cantidades variables de retardo. El retardo unidireccional total de las tramas de voz típicamente se requiere que sea inferior a 100 ms. En contraste, el retardo de las tramas de datos suele ser un parámetro variable que puede usarse ventajosamente para optimizar la eficiencia total del sistema de comunicación de datos.

45 **[0005]** La mayor tolerancia al retardo permite que los datos de tráfico se agreguen y transmitan en ráfagas, lo cual puede proporcionar un mayor nivel de eficiencia y rendimiento. Por ejemplo, las tramas de datos pueden emplear técnicas de codificación de corrección de errores más eficientes que requieren retardos mayores que las tramas de voz no pueden tolerar. En contraste, las tramas de voz pueden limitarse al uso de técnicas de codificación menos eficientes que tienen retardos más cortos.

50 **[0006]** Otra diferencia significativa entre los servicios de voz y de datos es que el primero en general requiere un grado de servicio fijo y común (GOS) para todos los usuarios, que en general no es necesario ni implementado para el segundo. Para los sistemas de comunicación digitales que proporcionan servicios de voz, esto típicamente se traduce en una velocidad de transmisión fija e igual para todos los usuarios y un valor máximo tolerable para la tasa de errores de las tramas de voz. En contraste, para los servicios de datos, el GOS puede ser diferente de un usuario a otro y también es típicamente un parámetro que puede optimizarse ventajosamente para aumentar la eficiencia global del sistema. El GOS de un sistema de comunicación de datos se define típicamente como el retardo total incurrido en la transferencia de una cantidad particular de datos.

60 **[0007]** Otra diferencia significativa entre los servicios de voz y datos es que los primeros requieren un enlace de comunicaciones fiable que, en un sistema CDMA, se proporciona mediante una transferencia suave. El traspaso suave da como resultado transmisiones redundantes desde dos o más estaciones base para mejorar la fiabilidad. Sin embargo, esta fiabilidad adicional puede no ser necesaria para la transmisión de datos debido a que las tramas de datos recibidas por error pueden retransmitirse. Para los servicios de datos, la potencia de transmisión necesaria para soportar la transferencia suave se puede utilizar de manera más eficiente para transmitir datos adicionales.
65

[0008] Debido a las diferencias significativas que se mencionaron anteriormente, es un desafío diseñar un sistema de comunicación capaz de soportar eficientemente los servicios de voz y datos. El sistema CDMA IS-95 está diseñado para transmitir datos de voz de manera eficiente y también es capaz de transmitir datos de tráfico. El diseño de la estructura del canal y el formato de trama de datos de acuerdo con IS-95 se han optimizado para datos de voz. Un sistema de comunicación basado en IS-95 mejorado para servicios de datos se divulga en la patente de Estados Unidos n.º 6,574,211, titulada "METHOD AND APPARATUS FOR HIGH RATE PACKET DATA TRANSMISSION [PROCEDIMIENTO Y APARATO PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS DE PAQUETES DE ALTA VELOCIDAD]", presentada el 3 de noviembre de 1997, asignada al cesionario de la presente invención.

[0009] Dada la creciente demanda de comunicaciones inalámbricas de voz y datos, sin embargo, es deseable un sistema de comunicación inalámbrica de mayor eficiencia y mayor rendimiento con capacidad para soportar servicios de voz y datos.

[0010] Se llama la atención sobre el documento WO 01/76110 A2 que se relaciona con la información de estado del canal (CSI) que un sistema de comunicación puede utilizar para precondicionar las transmisiones entre las unidades transmisoras y receptoras. Los conjuntos de subcanales disjuntos se asignan a las antenas transmisoras ubicadas en una unidad transmisora. Los símbolos piloto se generan y transmiten en un subconjunto de los subcanales disjuntos. Al recibir los símbolos piloto transmitidos, las unidades receptoras determinan el CSI para los subcanales separados que llevan símbolos piloto. Se informa sobre estos valores de CSI a la unidad transmisora, que utilizará estos valores de CSI para generar estimaciones de CSI para los subcanales separados que no llevaban símbolos piloto. La cantidad de información necesaria para informar sobre CSI en el enlace inverso se puede minimizar aún más mediante técnicas de compresión y técnicas de asignación de recursos.

[0011] Además, se llama la atención sobre el documento US5943361 que divulga un sistema y un procedimiento para generar formas de onda de señal en un sistema de teléfono celular CDMA.

SUMARIO DE LA INVENCIÓN

[0012] De acuerdo con la presente invención, se proporciona un procedimiento para generar flujos de datos en un sistema de comunicación inalámbrica de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO, que tiene una pluralidad de usuarios, como se establece en la reivindicación 1, y un aparato de comunicación inalámbrica en un sistema de comunicación inalámbrica de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO, que tiene una pluralidad de usuarios, como se establece en la reivindicación 4. Otros modos de realización se reivindican en las reivindicaciones dependientes.

[0013] La presente invención proporciona un nuevo y mejorado sistema de comunicación capaz de soportar múltiples tipos de servicios que tienen diferentes requisitos de retardo. Entre tales tipos de servicios pueden incluirse, por ejemplo, servicios de "tiempo real dúplex completo" (FDRT) que requieren un retardo corto de una vía (p. ej., voz), servicios de "semi-dúplex en tiempo real" (HDRT) que pueden tolerar un retardo más largo de una vía, siempre que el retardo no varíe en una gran cantidad (por ejemplo, vídeo, audio), servicios de "tiempo no real" (NRT) que no sean tan sensibles a los retardos (por ejemplo, datos de paquetes), y otros. Los datos para estos diferentes tipos de servicios se pueden transmitir de manera eficiente utilizando varios mecanismos, algunos de los cuales se describen a continuación.

[0014] Un modo de realización proporciona una unidad transmisora para uso en un sistema de comunicación de múltiples portadoras (por ejemplo, OFDM) y configurable para soportar múltiples tipos de servicios. La unidad transmisora incluye uno o más codificadores, un elemento de asignación de símbolos y un modulador. Cada codificador recibe y codifica un flujo de datos de canal respectivo para generar un flujo de datos codificado correspondiente. El elemento de asignación de símbolos recibe y asigna datos de los flujos de datos codificados para generar vectores de símbolos de modulación, y cada vector de símbolos de modulación incluye un conjunto de valores de datos utilizados para modular un conjunto de tonos para generar un símbolo OFDM. Los datos de cada flujo de datos codificados se asignan a un conjunto respectivo de uno o más "circuitos", y cada circuito incluye un conjunto particular de uno o más tonos. El modulador modula los vectores de símbolos de modulación para proporcionar una señal modulada adecuada para la transmisión. La unidad transmisora puede incluir además un conjunto de elementos de escalado que escalan los flujos de datos codificados con un conjunto de factores de escalado para proporcionar ajuste de potencia.

[0015] El modulador puede incluir una transformada inversa de Fourier, un generador de prefijo cíclico y un convertidor ascendente o aumentador de frecuencia [upconverter]. La transformada inversa de Fourier recibe los vectores de símbolos de modulación y genera una representación en el dominio del tiempo de cada vector de símbolos de modulación para proporcionar el símbolo OFDM correspondiente. El generador de prefijos cíclicos repite una parte de cada símbolo OFDM para generar un símbolo de transmisión correspondiente, y el convertidor ascendente modula los símbolos de transmisión para generar la señal modulada.

[0016] Cada circuito se puede definir para incluir un número de tonos a partir de una cantidad de símbolos OFDM (para proporcionar diversidad temporal y de frecuencia), una cantidad de tonos a partir de un solo símbolo OFDM,

todos los tonos a partir de uno o más símbolos OFDM, o alguna otra combinación de tonos. Los circuitos pueden tener igual tamaño o diferentes tamaños.

[0017] Los datos para cada flujo de datos de canal se pueden transmitir en paquetes. Cada paquete se puede definir para incluir varios campos, dependiendo de la implementación en particular. En una implementación, cada paquete incluye un identificador de tipo de paquete indicativo de un cambio en el circuito que se usará para transmitir el siguiente paquete, un identificador de circuito indicativo de un circuito particular que se usará para transmitir el siguiente paquete, y un campo de datos para la carga útil. En otra implementación, cada paquete incluye un identificador de usuario indicativo de un destinatario del paquete y un campo de datos para la carga útil.

[0018] Los flujos de datos del canal se pueden transmitir a través de ranuras, con cada ranura que incluye una cantidad de símbolos OFDM. Cada ranura se puede dividir en dos o más particiones, con cada partición que incluye uno o más símbolos OFDM y se usa para soportar uno o más tipos de servicio. Por ejemplo, una partición de cada ranura se puede usar para soportar servicios de dúplex completo en tiempo real que tienen pocos requisitos de retardo y otra partición de cada ranura se puede usar para soportar servicios de semi-dúplex en tiempo real y/o no real que tienen unos requisitos de retardo más moderados.

[0019] Para la eficiencia mejorada, los datos de velocidad máxima para un flujo de datos de canal particular pueden transmitirse a través de un primer circuito y los datos de velocidad más baja pueden transmitirse a través de un segundo circuito. El segundo circuito se puede transmitir cada X número de ranuras ($X > 1$) o puede ser un circuito de menor capacidad. Se puede enviar una indicación para usar un nuevo circuito en un campo del paquete transmitido en el circuito actual o se puede enviar a través de un canal de control. El nuevo circuito puede utilizarse después de recibir una confirmación de la recepción de dicha indicación para utilizar el nuevo circuito.

[0020] En otra implementación específica, la unidad transmisora incluye uno o más elementos de cubierta acoplados a los respectivos codificadores. Cada elemento de cubierta recibe y cubre un flujo de datos codificado respectivo con una secuencia de Walsh particular asignada a ese flujo de datos codificados para generar un flujo de datos cubierto correspondiente. A continuación, los elementos de escalado escalan los flujos de datos cubiertos con los factores de escalado respectivos para generar flujos de datos escalados. Un sumador recibe y suma los flujos de datos escalados para proporcionar un flujo de datos combinado que a continuación se proporciona al modulador. Cada secuencia de Walsh se puede transmitir a través de múltiples tonos de cada uno de los símbolos OFDM utilizados para la secuencia de Walsh. Además, la longitud de la secuencia de Walsh puede coincidir con el número de tonos en cada símbolo OFDM. Por ejemplo, las secuencias de Walsh de longitud 128 se pueden usar para los símbolos OFDM que tienen 128 tonos, y los 128 chips de cada secuencia de Walsh se pueden transmitir en los 128 tonos de un símbolo OFDM.

[0021] Otro modo de realización proporciona un procedimiento para generar y transmitir una señal modulada capaz de soportar múltiples tipos de servicios. De acuerdo con el procedimiento, se reciben uno o más flujos de datos de canal, y cada flujo de datos de canal se codifica con un esquema de codificación particular para generar un flujo de datos codificado correspondiente. Los datos de los flujos de datos codificados se asignan para generar vectores de símbolos de modulación, y cada vector de símbolos de modulación incluye una serie de valores de datos utilizados para modular una cantidad de tonos para generar un símbolo OFDM. Los datos de cada flujo de datos codificados se asignan a un conjunto respectivo de uno o más circuitos, con cada circuito que incluye un conjunto respectivo de uno o más tonos. Los flujos de datos codificados se pueden escalar con factores de escalado respectivos para proporcionar ajuste de potencia. A continuación, los vectores de símbolos de modulación se modulan para proporcionar una señal modulada adecuada para la transmisión.

[0022] Para realizar la modulación de múltiples portadoras, cada vector de símbolo de modulación se transforma primero en una representación en el dominio del tiempo para proporcionar un símbolo OFDM correspondiente. A continuación, una parte de cada símbolo OFDM se repite para generar un símbolo de transmisión correspondiente, y los símbolos de transmisión se procesan además para generar la señal modulada.

[0023] Además, se proporciona una unidad receptora que puede recibir y procesar la señal modulada generada de la manera descrita anteriormente.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0024] Las características, la naturaleza y las ventajas de la presente invención resultarán más evidentes a partir de la descripción detallada expuesta a continuación cuando se consideren junto con los dibujos, en los que los mismos caracteres de referencia identifican de manera correspondiente en toda su extensión, y en los que:

la FIG. 1 es un diagrama de un sistema de comunicación de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO);

la FIG. 2 es un diagrama que ilustra gráficamente un ejemplo específico de una transmisión desde una antena transmisora en una unidad transmisora;

la FIG. 3 es un diagrama de bloques de un modo de realización de un procesador de datos y un modulador del sistema de comunicación mostrado en la FIG. 1;

las FIGs. 4A y 4B son diagramas en bloques de dos modos de realización de un procesador de datos de canal que puede usarse para procesar un flujo de datos de canal, tal como datos de control, radiodifusión, voz o tráfico;

las FIGs. 5A a 5C son diagramas de bloques de un modo de realización de las unidades de procesamiento que pueden usarse para generar la señal de transmisión mostrada en la FIG. 2;

la FIG. 6 es un diagrama de bloques de un modo de realización de una unidad receptora, que tiene múltiples antenas receptoras, que puede utilizarse para recibir uno o más flujos de datos de canal;

la FIG. 7 muestra gráficos que ilustran la eficiencia espectral alcanzable con algunos de los modos operativos de un sistema de comunicaciones, de acuerdo con un modo de realización;

la FIG. 8A es un diagrama de un modo de realización de una estructura que se puede usar para transmitir varios tipos de servicios;

las FIGs. 8B y 8C son diagramas de un modo de realización específico de dos estructuras de paquetes que pueden usarse para transmitir datos;

la FIG. 9 es un diagrama de bloques de un modo de realización de un procesador de datos y un modulador que se puede usar para multiplexar múltiples usuarios en tonos OFDM ortogonales; y

la FIG. 10 es un diagrama de bloques de un modo de realización de un procesador de datos y un modulador que se puede usar para multiplexar múltiples usuarios en los mismos tonos OFDM utilizando códigos ortogonales (por ejemplo, Walsh).

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS MODOS DE REALIZACIÓN ESPECÍFICOS

[0025] La FIG. 1 es un diagrama de un sistema de comunicación de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) 100 capaz de implementar algunos modos de realización de la invención. El sistema de comunicación 100 puede estar operativo para proporcionar una combinación de diversidad de antenas, de frecuencias y temporal, para aumentar la eficiencia espectral, mejorar el rendimiento y potenciar la flexibilidad. La eficiencia espectral aumentada se caracteriza por la capacidad de transmitir más bits por segundo por Hertz (bps/Hz), cuando y donde sea posible, para utilizar mejor el ancho de banda del sistema disponible. Las técnicas para obtener una mayor eficiencia espectral se describen en mayor detalle más adelante. El rendimiento mejorado puede cuantificarse, por ejemplo, por una menor tasa de errores de bit (BER) o una menor tasa de errores de trama (FER) para la relación entre portadora y ruido más interferencia (C/I) de un enlace dado. Y la flexibilidad mejorada se caracteriza por la capacidad de alojar a múltiples usuarios con requisitos distintos y típicamente dispares. Estos objetivos pueden lograrse, en parte, empleando la modulación de múltiples portadoras, la multiplexación por división del tiempo (TDM), múltiples antenas transmisoras y/o receptoras, y otras técnicas. Las características, aspectos y ventajas de la invención se describen en más detalle a continuación.

[0026] Como se muestra en la FIG. 1, el sistema de comunicación 100 incluye un primer sistema 110 en comunicación con un segundo sistema 120. El sistema 110 incluye un procesador de datos (de transmisión) 112 que (1) recibe o genera datos, (2) procesa los datos para proporcionar una diversidad de antenas, de frecuencias, o una combinación de las mismas, y (3) proporciona símbolos de modulación procesados a un cierto número de moduladores (MOD) 114a a 114t. Cada modulador 114 procesa adicionalmente los símbolos de modulación y genera una señal modulada de RF, adecuada para la transmisión. Las señales moduladas de RF provenientes de los moduladores 114a a 114t se transmiten después desde las respectivas antenas 116a a 116t por los enlaces de comunicaciones 118 al sistema 120.

[0027] En el modo de realización mostrado en la FIG. 1, el sistema 120 incluye varias antenas receptoras 122a a 122r que reciben las señales transmitidas y proporcionan las señales recibidas a los desmoduladores respectivos (DEMOD) 124a a 124r. Como se muestra en la FIG. 1, cada antena receptora 122 puede recibir señales desde una o más antenas transmisoras 116, dependiendo de un cierto número de factores, tal como, por ejemplo, el modo operativo usado en el sistema 110, la orientabilidad de las antenas transmisoras y receptoras, las características de los enlaces de comunicación, y otros. Cada desmodulador 124 desmodula la respectiva señal recibida, usando un esquema de desmodulación que es complementario al esquema de modulación usado en el transmisor. Los símbolos desmodulados de los desmoduladores 124a a 124r se proporcionan después a un procesador de datos (de recepción) 126 que procesa adicionalmente los símbolos para proporcionar los datos de salida. El procesamiento de datos en las unidades transmisoras y receptoras se describe en más detalle más adelante.

[0028] La FIG. 1 muestra solamente la transmisión del enlace directo desde el sistema 110 al sistema 120. Esta configuración puede usarse para la radiodifusión de datos y otras aplicaciones de transmisión unidireccional de datos.

En un sistema de comunicación bidireccional, también se proporciona un enlace inverso del sistema 120 al sistema 110, aunque no se muestra en la FIG. 1 por simplicidad. Para el sistema bidireccional de comunicaciones, cada uno de los sistemas 110 y 120 puede funcionar como una unidad transmisora o una unidad receptora, o ambas, de forma concurrente, dependiendo de si los datos se transmiten desde, o se reciben en, la unidad.

[0029] Para simplificar, se muestra el sistema de comunicación 100 incluyendo una unidad transmisora (es decir, el sistema 110) y una unidad receptora (es decir, el sistema 120). Sin embargo, son posibles otras variaciones y configuraciones del sistema de comunicación. Por ejemplo, en un sistema de comunicación de múltiples accesos y múltiples usuarios, se puede utilizar una sola unidad transmisora para transmitir simultáneamente datos a varias unidades receptoras. Además, de una manera similar a la transferencia suave en un sistema CDMA IS-95, una unidad receptora puede recibir simultáneamente transmisiones de varias unidades transmisoras. El sistema de comunicación de la invención puede incluir cualquier número de unidades transmisoras y de unidades receptoras.

[0030] Cada unidad transmisora puede incluir una única antena transmisora o un cierto número de antenas transmisoras, tal como lo mostrado en la FIG. 1. De manera similar, cada unidad receptora puede incluir una única antena receptora o un cierto número de antenas receptoras, de nuevo tal como lo mostrado en la FIG. 1. Por ejemplo, el sistema de comunicación puede incluir un sistema central (es decir, similar a una estación base en el sistema de CDMA del estándar IS-95) que tiene un cierto número de antenas que transmiten datos a, y reciben datos de, un cierto número de sistemas remotos (es decir, unidades de abonado, similares a las estaciones remotas en el sistema de CDMA), algunos de los cuales pueden incluir una antena, y otros de ellos pueden incluir múltiples antenas. En general, a medida que aumenta el número de antenas transmisoras y receptoras, aumenta la diversidad de antenas y mejora el rendimiento, como se describe a continuación.

[0031] Como se usa en el presente documento, una antena se refiere a una colección de uno o más elementos de antena que están distribuidos en el espacio. Los elementos de antena pueden estar físicamente situados en un único sitio, o distribuidos en múltiples sitios. Los elementos de antena físicamente co-situados en un único sitio pueden operarse como una red de antenas (por ejemplo, tal como para una estación base de CDMA). Una red de antenas consiste en una colección de formaciones o elementos de antena que están físicamente separados (por ejemplo, varias estaciones base de CDMA). Una formación de antenas o una red de antenas puede diseñarse con la capacidad de formar haces y de transmitir múltiples haces desde la formación o red de antenas. Por ejemplo, una estación base de CDMA puede diseñarse con la capacidad de transmitir hasta tres haces a tres secciones distintas de un área (o sectores) de cobertura desde la misma formación de antenas. Por lo tanto, los tres haces pueden verse como tres transmisiones desde tres antenas.

[0032] El sistema de comunicación de la invención puede diseñarse para proporcionar un esquema de comunicaciones de múltiples usuarios y múltiple acceso, capaz de soportar a unidades de abonado con distintos requisitos, así como capacidades. El esquema permite que el ancho de banda operativo total del sistema, W (por ejemplo, de 1,2288 MHz), se comparta eficazmente entre distintos tipos de servicios que pueden tener requisitos sumamente dispares de velocidad de datos, de retardo y de calidad de servicio (QoS).

[0033] Los ejemplos de dichos tipos dispares de servicios incluyen servicios de voz y servicios de datos. Los servicios de voz se caracterizan típicamente por una baja velocidad de datos (por ejemplo, entre 8 kbps y 32 kbps), un breve retardo de procesamiento (por ejemplo, un retardo unidireccional global entre 3 ms y 100 ms), y un uso sostenido de un canal de comunicaciones durante un periodo extenso de tiempo. Los breves requisitos de retardo impuestos por los servicios de voz requieren típicamente una pequeña fracción de los recursos del sistema a dedicar a cada llamada de voz durante la llamada. En cambio, los servicios de datos se caracterizan por tráficos de "ráfagas" en los que se envían cantidades variables de datos en momentos esporádicos. La cantidad de datos puede variar significativamente entre ráfaga y ráfaga, y entre usuario y usuario. Para una alta eficiencia, el sistema de comunicación de la invención puede diseñarse con la capacidad de asignar una parte de los recursos disponibles a servicios de voz, según se requiera, y los recursos restantes a los servicios de datos. En algunos modos de realización de la invención, una fracción de los recursos de sistema disponibles también puede dedicarse a ciertos servicios de datos o ciertos tipos de servicios de datos.

[0034] La distribución de las velocidades de datos alcanzables por cada unidad de abonado puede variar ampliamente entre algunos valores instantáneos mínimos y máximos (por ejemplo, entre 200 kbps y más de 20 Mbps). La velocidad de datos alcanzable para una unidad específica de abonado en cualquier momento dado puede estar influida por un cierto número de factores, tales como la cantidad de potencia de transmisión disponible, la calidad del enlace de comunicaciones (es decir, la relación C/I), el esquema de codificación, y otros. El requisito de la velocidad de datos de cada unidad de abonado también puede variar ampliamente entre un valor mínimo (por ejemplo, 8 kbps, para una llamada de voz) hasta el extremo de la máxima velocidad instantánea que dispone de soporte (por ejemplo, 20 Mbps para servicios de datos con numerosas ráfagas).

[0035] El porcentaje del tráfico de voz y de datos es típicamente una variable aleatoria que cambia a lo largo del tiempo. De acuerdo con ciertos aspectos de la invención, para soportar eficazmente a ambos tipos de servicios de forma concurrente, el sistema de comunicación de la invención se diseña con la capacidad de asignar dinámicamente los recursos disponibles basándose en la cantidad del tráfico de voz y de datos. Se describe más adelante un esquema

para asignar recursos dinámicamente. Otro esquema para asignar recursos se describe en la Solicitud de Patente de Estados Unidos n.º de Serie 08/963,386 mencionada anteriormente.

[0036] El sistema de comunicación de la invención proporciona las características y ventajas que se han descrito anteriormente, y es capaz de soportar a distintos tipos de servicios con requisitos dispares. Las características se alcanzan empleando la diversidad de antenas, de frecuencias, o temporal, o una combinación de las mismas. En algunos modos de realización de la invención, la antena, la frecuencia o la diversidad temporal pueden lograrse independientemente y seleccionarse dinámicamente.

[0037] Como se usa en el presente documento, la diversidad de antenas se refiere a la transmisión y/o recepción de datos por más de una antena, la diversidad de frecuencias se refiere a la transmisión de datos por más de una subbanda, y la diversidad temporal se refiere a la transmisión de datos durante más de un periodo temporal. La diversidad de antenas, de frecuencia y temporal pueden incluir subcategorías. Por ejemplo, la diversidad de transmisión se refiere al uso de más de una antena transmisora a fin de mejorar la fiabilidad del enlace de comunicaciones, la diversidad de recepción se refiere al uso de más de una antena receptora a fin de mejorar la fiabilidad del enlace de comunicaciones, y la diversidad espacial se refiere al uso de múltiples antenas transmisoras y receptoras para mejorar la fiabilidad y/o para aumentar la capacidad del enlace de comunicaciones. La diversidad de transmisión y de recepción también puede usarse en combinación para mejorar la fiabilidad del enlace de comunicaciones, sin aumentar la capacidad del enlace. Pueden lograrse así diversas combinaciones de diversidad de antenas, de frecuencias y temporal, y están dentro del alcance de la presente invención.

[0038] La diversidad de frecuencias puede proporcionarse mediante el uso de un esquema de modulación de múltiples portadoras, tal como multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM), que permite la transmisión de datos por diversas subbandas del ancho de banda operativo. La diversidad temporal se consigue transmitiendo los datos en distintos momentos, lo que puede lograrse más fácilmente con el uso de la multiplexación por división del tiempo (TDM). Estos diversos aspectos del sistema de comunicación de la invención se describen en mayor detalle más adelante.

[0039] De acuerdo con un aspecto de la invención, la diversidad de antenas se consigue empleando un número de (N_T) antenas transmisoras en la unidad transmisora o un número de (N_R) antenas receptoras en la unidad receptora, o bien múltiples antenas en las unidades tanto transmisoras como receptoras. En un sistema de comunicación terrestre (por ejemplo, un sistema celular, un sistema de radiodifusión, un sistema MMDS y otros), una señal modulada de RF desde una unidad transmisora puede llegar a la unidad receptora a través de un cierto número de trayectorias de transmisión. Las características de las trayectorias de transmisión varían típicamente a lo largo del tiempo, basándose en varios factores. Si se usa más de una antena transmisora o receptora, y si las trayectorias de transmisión entre las antenas transmisoras y receptoras son independientes (es decir, no correlacionadas), lo que es en general cierto al menos en cierta medida, entonces la probabilidad de recibir correctamente la señal transmitida aumenta según aumenta el número de antenas. En general, según aumenta el número de antenas transmisoras y receptoras, aumenta la diversidad y mejoran el rendimiento.

[0040] . En algunos modos de realización de la invención, la diversidad de antenas se proporciona dinámicamente basándose en las características del enlace de comunicaciones para proporcionar el rendimiento requerido. Por ejemplo, un mayor grado de diversidad de antenas puede proporcionarse para algunos tipos de comunicación (por ejemplo, la señalización), para algunos tipos de servicios (por ejemplo, la voz), para algunas características del enlace de comunicaciones (por ejemplo, una baja relación C/I) o para algunas otras condiciones o consideraciones.

[0041] Como se usa en el presente documento, la diversidad de antenas incluye la diversidad transmisora y la diversidad receptora. Para la diversidad transmisora, los datos se transmiten por múltiples antenas transmisoras. Típicamente, el procesamiento adicional se realiza sobre los datos transmitidos desde las antenas transmisoras para lograr la diversidad deseada. Por ejemplo, los datos transmitidos desde distintas antenas transmisoras pueden retardarse o reordenarse en el tiempo, o codificarse e intercalarse entre las antenas transmisoras disponibles. Además, la diversidad de frecuencias y la temporal pueden usarse conjuntamente con las distintas antenas transmisoras. Para la diversidad receptora, las señales moduladas se reciben por múltiples antenas receptoras, y la diversidad se logra recibiendo sencillamente las señales a través de distintas trayectorias de transmisión.

[0042] De acuerdo con otro aspecto de la invención, la diversidad de frecuencias puede lograrse empleando un esquema de modulación de múltiples portadoras. Un esquema de este tipo, que tiene numerosas ventajas, es el OFDM. Con la modulación por OFDM, el canal de transmisión global se divide esencialmente en un cierto número de (L) subcanales paralelos que se usan para transmitir los mismos o diferentes datos. El canal de transmisión global ocupa el ancho de banda operativo total de W , y cada uno de los subcanales ocupa una subbanda con un ancho de banda de W/L , y se centra en una frecuencia central distinta. Cada subcanal tiene un ancho de banda que es una parte del ancho de banda operativo total. Cada uno de los subcanales también puede considerarse un canal independiente de transmisión de datos, que puede asociarse a un esquema específico (y posiblemente único) de procesamiento, codificación y modulación, como se describe más adelante.

[0043] Los datos pueden dividirse y transmitirse por cualquier conjunto definido de dos o más subbandas, para proporcionar diversidad de frecuencias. Por ejemplo, la transmisión a una unidad específica de abonado puede producirse por el subcanal 1 en la ranura de tiempo 1, el subcanal 5 en la ranura de tiempo 2, el subcanal 2 en la ranura de tiempo 3, etc. Como otro ejemplo, los datos para una unidad específica de abonado pueden transmitirse por los subcanales 1 y 2 en la ranura de tiempo 1 (por ejemplo, transmitiéndose los mismos datos por ambos subcanales), los subcanales 4 y 6 en la ranura de tiempo 2, solo el subcanal 2 en la ranura de tiempo 3, etc. La transmisión de datos por distintos subcanales a lo largo del tiempo puede mejorar el rendimiento de un sistema de comunicación que experimente atenuación selectivo de frecuencia y distorsión de canal. Otras ventajas de la modulación por OFDM se describen más adelante.

[0044] De acuerdo con otro aspecto más de la invención, la diversidad temporal se logra transmitiendo datos en distintos momentos, lo que puede lograrse más fácilmente usando multiplexación por división del tiempo (TDM). Para los servicios de datos (y posiblemente para los servicios de voz), la transmisión de datos se produce durante ranuras de tiempo que pueden seleccionarse para brindar inmunidad a la degradación dependiente del tiempo en el enlace de comunicaciones. La diversidad temporal también puede lograrse a través del uso de la intercalación.

[0045] Por ejemplo, la transmisión a una unidad específica de abonado puede ocurrir durante las ranuras de tiempo 1 a x, o durante un subconjunto de las posibles ranuras de tiempo de 1 a x (por ejemplo, las ranuras de tiempo 1, 5, 8, etc.). La cantidad de datos transmitidos en cada ranura de tiempo puede ser variable o fija. La transmisión durante múltiples ranuras de tiempo mejora la probabilidad de la correcta recepción de los datos debido, por ejemplo, al ruido de impulso y a la interferencia.

[0046] La combinación de la diversidad de antenas, de frecuencias y temporal permite al sistema de comunicación de la invención proporcionar un gran rendimiento. La diversidad de antenas, de frecuencias y/o temporal mejora la probabilidad de la recepción correcta de al menos algunos de los datos transmitidos, que pueden usarse entonces (por ejemplo, mediante la descodificación) para corregir algunos errores que puedan haber ocurrido en las otras transmisiones. La combinación de la diversidad de antenas, de frecuencias y temporal también permite al sistema de comunicación asimilar de manera concurrente distintos tipos de servicios que tienen requisitos dispares de velocidad de datos, retardo de procesamiento y calidad de servicio.

[0047] El sistema de comunicación de la invención puede diseñarse y operarse en un cierto número de distintos modos de comunicaciones, empleando cada modo de comunicaciones la diversidad de antenas, de frecuencias o temporal, o una combinación de las mismas. Los modos de comunicaciones incluyen, por ejemplo, un modo de comunicaciones de diversidad y un modo de comunicaciones de MIMO. Las diversas combinaciones de los modos de comunicaciones de diversidad y de MIMO también pueden soportarse por parte del sistema de comunicación. Además, pueden implementarse otros modos de comunicaciones y están dentro del alcance de la presente invención.

[0048] El modo de comunicaciones de diversidad emplea la diversidad transmisora y/o receptora, la de frecuencias, o la temporal, o una combinación de las mismas, y se usa en general para mejorar la fiabilidad del enlace de comunicaciones. En una implementación del modo de comunicaciones de diversidad, la unidad transmisora selecciona un esquema de modulación y codificación (por ejemplo, la configuración) entre un conjunto finito de posibles configuraciones, que son conocidas por las unidades receptoras. Por ejemplo, cada canal de sobrecarga, y cada canal común, puede asociarse a una configuración específica que sea conocida para todas las unidades receptores. Al usar el modo de comunicaciones de diversidad para un usuario específico (por ejemplo, para una llamada de voz o una transmisión de datos), el modo y/o la configuración pueden ser conocidos a priori (por ejemplo, de una configuración anterior) o ser negociados (por ejemplo, mediante un canal común) por la unidad receptora.

[0049] En el modo de comunicaciones de diversidad, los datos se transmiten por uno o más subcanales, desde una o más antenas y en uno o más periodos temporales. Los subcanales asignados pueden asociarse a la misma antena, o pueden ser subcanales asociados a distintas antenas. En una aplicación común del modo de comunicaciones de diversidad, que también se denomina un modo "puro" de comunicaciones de diversidad, los datos se transmiten desde todas las antenas transmisoras disponibles a la unidad receptora de destino. El modo puro de comunicaciones de diversidad puede usarse en los casos en que los requisitos de velocidad de datos son bajos, o cuando la relación C/I es baja, o cuando los dos hechos son ciertos.

[0050] El modo de comunicaciones de MIMO emplea la diversidad de antenas en ambos extremos del enlace de comunicación y se usa en general tanto para mejorar la fiabilidad como para aumentar la capacidad del enlace de comunicaciones. El modo de comunicaciones de MIMO puede emplear adicionalmente diversidad de frecuencias y/o temporal en combinación con la diversidad de antenas. El modo de comunicaciones de MIMO, que también puede denominarse en el presente documento el modo espacial de comunicaciones, emplea uno o más modos de procesamiento, que se describirán más adelante.

[0051] El modo de comunicaciones de diversidad, en general, tiene una menor eficacia espectral que el modo de comunicaciones de MIMO, especialmente a altos niveles de la relación C/I. Sin embargo, en valores entre bajos y moderados de la relación C/I, el modo de comunicaciones de diversidad logra una eficiencia comparable y puede ser más sencillo de implementar. En general, el uso del modo de comunicaciones de MIMO proporciona una mayor

eficiencia espectral cuando se usa, especialmente en valores entre moderados y altos de la relación C/I. El modo de comunicaciones de MIMO puede, por lo tanto, usarse ventajosamente cuando los requisitos de velocidad de datos están entre moderados y altos.

[0052] El sistema de comunicación puede diseñarse para soportar de forma concurrente a los modos de comunicaciones, tanto de diversidad como de MIMO. Los modos de comunicaciones pueden aplicarse de diversas maneras y, para una mayor flexibilidad, pueden aplicarse independientemente con respecto a los subcanales. El modo de comunicaciones de MIMO se aplica típicamente a usuarios específicos. Sin embargo, cada modo de comunicaciones puede aplicarse independientemente en cada subcanal, entre un subconjunto de subcanales, entre todos los subcanales, o con algún otro criterio. Por ejemplo, el uso del modo de comunicaciones de MIMO puede aplicarse a un usuario específico (por ejemplo, un usuario de datos) y, concurrentemente, el uso del modo de comunicaciones de diversidad puede aplicarse a otro usuario específico (por ejemplo, un usuario de voz) por un subcanal distinto. El modo de comunicaciones de diversidad puede también aplicarse, por ejemplo, en subcanales que experimentan una mayor pérdida de trayecto.

[0053] El sistema de comunicación de la invención también puede diseñarse para soportar varios modos de procesamiento. Cuando la unidad transmisora está provista de información que indica las condiciones (es decir, el "estado") de los enlaces de comunicaciones, puede realizarse un procesamiento adicional en la unidad transmisora para mejorar adicionalmente el rendimiento y para aumentar la eficiencia. La información de estado de canal (CSI) completa, o la CSI parcial, puede estar disponible para la unidad transmisora. La CSI completa incluye una caracterización suficiente del trayecto de propagación (es decir, la amplitud y la fase) entre todos los pares de antenas transmisoras y receptoras para cada subbanda. La CSI completa también incluye la relación C/I para cada subbanda. La CSI completa puede realizarse en un conjunto de matrices de valores complejos de ganancia que describen las condiciones de los trayectos de transmisión desde las antenas transmisoras hasta las antenas receptoras, como se describe más adelante. La CSI parcial puede incluir, por ejemplo, la relación C/I de la subbanda. Con CSI completa o CSI parcial, la unidad transmisora precondiciona los datos antes de la transmisión a la unidad receptora.

[0054] En una implementación específica del modo de procesamiento CSI completo, la unidad transmisora precondiciona las señales presentadas a las antenas transmisoras de una manera que es única para una unidad receptora específica (por ejemplo, el precondicionamiento se realiza para cada subbanda asignada a esa unidad receptora). Mientras el canal no cambie de manera apreciable desde el momento en que es medido por la unidad receptora, y enviado posteriormente de vuelta al transmisor y usado para precondicionar la transmisión, la unidad receptora de destino puede desmodular la transmisión. En esta implementación, una comunicación de MIMO basada en la CSI completa solo puede ser desmodulada por la unidad receptora asociada a la CSI usada para precondicionar las señales transmitidas.

[0055] En una implementación específica de los modos de procesamiento parcial-CSI o no-CSI, la unidad transmisora emplea un esquema de modulación y codificación común (por ejemplo, en cada transmisión de canal de datos), que a continuación puede ser (en teoría) desmodulado por todas las unidades receptoras. En una implementación del modo de procesamiento de CSI parcial, una sola unidad receptora puede especificar su C/I, y la modulación empleada en todas las antenas puede seleccionarse en consecuencia (por ejemplo, para una transmisión fiable) para esa unidad receptora. Otras unidades receptoras pueden intentar desmodular la transmisión y, si tienen la relación C/I adecuada, pueden ser capaces de recuperar con éxito la transmisión. Un canal común (por ejemplo, de radiodifusión) puede usar un modo de procesamiento sin CSI para llegar a todos los usuarios.

[0056] El procesamiento completo de CSI se describe brevemente a continuación. Cuando la CSI está disponible en la unidad transmisora, un enfoque sencillo es descomponer el canal de múltiples entradas y múltiples salidas en un conjunto de canales independientes. Dada la función de transferencia de canal en los transmisores, los autovectores izquierdos pueden usarse para transmitir distintos flujos de datos. El alfabeto de modulación usado con cada autovector está determinado por la relación C/I disponible de ese modo, dada por los autovalores. Si H es la matriz $N_R \times N_T$ que da la respuesta del canal para los N_T elementos de antena transmisora y los N_R elementos de antena receptora en un momento específico, y $\underline{x}$ es el vector N_T de entradas al canal, entonces la señal recibida puede expresarse como:

$$\underline{y} = H\underline{x} + \underline{n} ,$$

donde $\underline{n}$ es un vector N_R que representa el ruido más la interferencia. La descomposición en autovectores de la matriz Hermitiana formada por el producto de la matriz de canal con su traspuesta conjugada puede expresarse como:

$$H^*H = E\Lambda E^* ,$$

donde el símbolo * indica la traspuesta conjugada, E es la matriz de autovectores y Λ es una matriz diagonal de autovalores, ambas de dimensión $N_T \times N_T$. El transmisor convierte un conjunto de N_T símbolos de modulación $\underline{b}$ utilizando la matriz E de autovectores. Los símbolos de modulación transmitidos desde la N_T antenas transmisoras pueden expresarse así:

$$\underline{\mathbf{x}} = \mathbf{E}\underline{\mathbf{b}}.$$

Para todas las antenas, el preacondicionamiento puede lograrse de esta manera por una operación de multiplicación de matrices, expresada como:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{N_T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1N_T} \\ e_{21} & e_{22} & \dots & e_{2N_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{N_T 1} & e_{N_T 2} & \dots & e_{N_T N_T} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_{N_T} \end{bmatrix} \quad \text{Ec. 1}$$

donde $b_1, b_2, \dots$ y b_{N_T} son respectivamente los símbolos de modulación para un subcanal particular en las antenas transmisoras 1, 2, ..., N_T , donde cada símbolo de modulación se puede generar utilizando, por ejemplo, M-PSK, M-QAM, etc., como se describe a continuación;

$\mathbf{E}$ = es la matriz de autovectores relacionada con la pérdida de transmisión desde las antenas transmisoras hasta las antenas receptoras; y

$x_1, x_2, \dots, x_{N_T}$ son los símbolos de modulación preacondicionados, que pueden expresarse como:

$$x_1 = b_1 \cdot e_{11} + b_2 \cdot e_{12} + \dots + b_{N_T} \cdot e_{1N_T},$$

$$x_2 = b_1 \cdot e_{21} + b_2 \cdot e_{22} + \dots + b_{N_T} \cdot e_{2N_T},$$

y

$$x_{N_T} = b_1 \cdot e_{N_T 1} + b_2 \cdot e_{N_T 2} + \dots + b_{N_T} \cdot e_{N_T N_T}.$$

Dado que $\mathbf{H}^* \mathbf{H}$ es Hermitiana, la matriz de autovectores es unitaria. Por lo tanto, si los elementos de $\underline{\mathbf{b}}$ tienen igual potencia, los elementos de $\underline{\mathbf{x}}$ también tienen igual potencia. La señal recibida puede expresarse entonces como:

$$\underline{\mathbf{y}} = \mathbf{H}\mathbf{E}\underline{\mathbf{b}} + \underline{\mathbf{n}}.$$

[0057] El receptor realiza una operación de filtrado coincidente con canal, seguida de la multiplicación por los autovectores derechos. El resultado de la operación de filtrado coincidente con canal es el vector $\underline{\mathbf{z}}$, que puede expresarse como:

$$\underline{\mathbf{z}} = \mathbf{E}^* \mathbf{H}^* \mathbf{H} \mathbf{E} \underline{\mathbf{b}} + \mathbf{E}^* \mathbf{H}^* \underline{\mathbf{n}} = \underline{\Lambda} \underline{\mathbf{b}} + \underline{\hat{\mathbf{n}}}, \quad \text{Ec. 2}$$

donde el nuevo término de ruido tiene una covarianza que puede expresarse como:

$$E(\underline{\hat{\mathbf{n}}} \underline{\hat{\mathbf{n}}}^*) = E(\mathbf{E}^* \mathbf{H}^* \underline{\mathbf{m}} \mathbf{H} \mathbf{E}) = \mathbf{E}^* \mathbf{H}^* \mathbf{H} \mathbf{E} = \underline{\Lambda},$$

es decir, los componentes de ruido son independientes, con varianza dada por los autovalores. La C/I del componente i -ésimo de $\underline{\mathbf{z}}$ es λ_i , el elemento diagonal i -ésimo de $\underline{\Lambda}$.

[0058] Por lo tanto, la unidad transmisora puede seleccionar un alfabeto de modulación (es decir, una constelación de señales) para cada uno de los autovectores basándose en la relación C/I que se da por el autovalor. Siempre que las condiciones de canal no cambien apreciablemente en el intervalo entre el momento en que se mide la CSI en el receptor, y el momento en que se notifica y se usa para preacondicionar la transmisión en el transmisor, el rendimiento del sistema de comunicación será entonces equivalente al de un conjunto de canales independientes de AWGN con C/I conocidas.

[0059] Como ejemplo, se supone que el modo de comunicaciones de MIMO se aplica a un flujo de datos de canal que se transmite por un subcanal específico desde cuatro antenas transmisoras. El flujo de datos de canal se desmultiplexa en cuatro subflujos de datos, un subflujo de datos por cada antena transmisora. Cada subflujo de datos se modula después usando un esquema específico de modulación (por ejemplo, M-PSK, M-QAM u otro), seleccionado basándose en la CSI para esa subbanda y para esa antena transmisora. Se generan así cuatro subflujos de modulación para los cuatro subflujos de datos, incluyendo cada subflujo de modulación un flujo de símbolos de modulación. A continuación, Los cuatro subflujos de modulación se preacondicionan usando la matriz de autovectores, según se expresa anteriormente en la ecuación (1), para generar símbolos de modulación preacondicionados. Los cuatro flujos de símbolos de modulación preacondicionados se proporcionan, respectivamente, a los cuatro combinadores de las cuatro antenas transmisoras. Cada combinador combina los símbolos de modulación

preacondicionados recibidos con los símbolos de modulación para los otros subcanales, a fin de generar un flujo de vectores de símbolos de modulación para la antena transmisora asociada.

[0060] El procesamiento basado en la CSI completa se emplea típicamente en el modo de comunicaciones de MIMO, donde se transmiten flujos paralelos de datos a un usuario específico en cada uno de los automodos de canal para cada uno de los subcanales asignados. Un procesamiento similar, basado en la CSI completa, puede realizarse cuando solamente un subconjunto de los automodos disponibles está alojado en cada uno de los subcanales asignados (por ejemplo, para implementar la dirección de los haces). Debido al coste asociado al procesamiento de CSI completa (por ejemplo, complejidad aumentada en las unidades transmisoras y receptoras, sobrecarga aumentada para la transmisión de la CSI desde la unidad receptora a la unidad transmisora, etc.), el procesamiento de CSI completa puede aplicarse en ciertos casos en el modo de comunicaciones de MIMO, cuando el aumento adicional en el rendimiento y la eficiencia está justificado.

[0061] En los casos en que no se dispone de la CSI completa, puede estar disponible información menos descriptiva sobre el trayecto de transmisión (o la CSI parcial), y puede usarse para preacondicionar los datos antes de la transmisión. Por ejemplo, la relación C/I de cada uno de los subcanales puede estar disponible. La información de C/I puede usarse entonces para controlar la transmisión desde diversas antenas transmisoras, a fin de proporcionar el rendimiento requerido en los subcanales de interés y de aumentar la capacidad del sistema.

[0062] Como se usa en el presente documento, los modos de procesamiento basados en la CSI completa indican modos de procesamiento que usan la CSI completa, y los modos de procesamiento basados en la CSI parcial indican modos de procesamiento que usan la CSI parcial. Los modos de procesamiento basados en la CSI completa incluyen, por ejemplo, el modo de MIMO de CSI completa, que utiliza el procesamiento basado en la CSI completa en el modo de comunicaciones de MIMO. Los modos basados en la CSI parcial incluyen, por ejemplo, el modo de MIMO de CSI parcial que utiliza el procesamiento basado en la CSI parcial en el modo de comunicaciones de MIMO.

[0063] En los casos en que se emplea el procesamiento de CSI completo o de CSI parcial para permitir a la unidad transmisora preacondicionar los datos usando la información disponible del estado del canal (por ejemplo, los automodos o la relación C/I), se requiere la información de retroalimentación desde la unidad receptora, que usa una parte de la capacidad del enlace inverso. Por lo tanto, hay un coste asociado a los modos de procesamiento basados en la CSI completa y en la CSI parcial. El coste debería incluirse como factor en la elección de qué modo de procesamiento se ha de emplear. El modo de procesamiento basado en la CSI parcial requiere menos sobrecarga y puede ser más eficiente en algunos casos. El modo de procesamiento basado en la falta de CSI no requiere ninguna sobrecarga y también puede ser más eficiente que el modo de procesamiento basado en la CSI completa o el modo de procesamiento basado en la CSI parcial, en algunas otras circunstancias.

[0064] Si la unidad transmisora tiene CSI y utiliza los automodos representativos de las características de los enlaces de comunicaciones para transmitir flujos de datos de canales independientes, entonces los subcanales asignados en este caso se asignan de forma única a un solo usuario. Por otra parte, si el esquema de modulación y codificación empleado es común para todos los usuarios (es decir, el CSI empleado en el transmisor no es específico del usuario), entonces es posible que la información transmitida en este modo de procesamiento pueda ser recibida y descodificada por más de un usuario, dependiendo de su C/I.

[0065] La FIG. 2 es un diagrama que ilustra gráficamente al menos algunos de los aspectos del sistema de comunicación de la invención. La FIG. 2 muestra un ejemplo específico de una transmisión desde una de las N_t antenas transmisoras en una unidad transmisora. En la FIG. 2, el eje horizontal es el tiempo y el eje vertical es la frecuencia. En este ejemplo, el canal de transmisión incluye 16 subcanales y se usa para transmitir una secuencia de símbolos OFDM, con cada símbolo OFDM cubriendo los 16 subcanales (un símbolo OFDM se indica en la parte superior de la FIG. 2 e incluye las 16 subbandas). También se ilustra una estructura de TDM en la que la transmisión de datos se divide en ranuras de tiempo, teniendo cada ranura de tiempo la duración, por ejemplo, de la longitud de un símbolo de modulación (es decir, cada símbolo de modulación se usa como el intervalo de TDM).

[0066] Los subcanales disponibles pueden usarse para transmitir señalización, voz, datos de tráfico y otros. En el ejemplo mostrado en la FIG. 2, el símbolo de modulación en la ranura de tiempo 1 corresponde a los datos piloto, que se transmiten periódicamente para ayudar a las unidades receptoras a sincronizar y realizar la estimación del canal. También pueden usarse otras técnicas para distribuir datos piloto con respecto al tiempo y a la frecuencia, y están dentro del alcance de la presente invención. Además, puede ser ventajoso utilizar un esquema específico de modulación durante el intervalo piloto si se emplean todos los subcanales (por ejemplo, un código de PN con una duración de segmento de aproximadamente $1/W$). La transmisión del símbolo piloto de modulación se produce típicamente a una velocidad de tramas específica, que se selecciona habitualmente para que sea lo bastante rápida a fin de permitir el rastreo preciso de las variaciones en el enlace de comunicaciones.

[0067] las ranuras de tiempo no usados para las transmisiones piloto pueden usarse después para transmitir diversos tipos de datos. Por ejemplo, los subcanales 1 y 2 pueden reservarse para la transmisión de datos de control y de radiodifusión a las unidades receptoras. Los datos en estos subcanales están en general concebidos para ser

recibidos por todas las unidades receptoras. Sin embargo, algunos de los mensajes por el canal de control pueden ser específicos del usuario, y pueden codificarse en consecuencia.

[0068] Los datos de voz y los datos de tráfico pueden transmitirse en los subcanales restantes. Para el ejemplo mostrado en la FIG. 2, el subcanal 3 en las ranuras de tiempo 2 a 9 se usa para la llamada de voz 1, el subcanal 4 en las ranuras de tiempo 2 a 9 se usa para la llamada de voz 2, el subcanal 5 en las ranuras de tiempo 5 a 9 se usa para la llamada de voz 3 y el subcanal 6 en las ranuras de tiempo 7 a 9 se usan para la llamada de voz 5.

[0069] Los subcanales y ranuras de tiempo disponibles restantes pueden usarse para transmisiones de datos de tráfico. En el ejemplo mostrado en la FIG. 2, la transmisión de datos 1 usa los subcanales 5 a 16 en la ranura de tiempo 2 y los subcanales 7 a 16 en la ranura de tiempo 7, la transmisión de datos 2 usa los subcanales 5 a 16 en las ranuras de tiempo 3 y 4 y los subcanales 6 a 16 en las ranuras de tiempo 5, la transmisión de datos 3 usa los subcanales 6 a 16 en la ranura de tiempo 6, la transmisión de datos 4 usa los subcanales 7 a 16 en la ranura de tiempo 8, la transmisión de datos 5 usa los subcanales 7 a 11 en la ranura de tiempo 9, y la transmisión de datos 6 usa los subcanales 12 a 16 en la ranura de tiempo 9. Las transmisiones de datos 1 a 6 pueden representar transmisiones de datos de tráfico a una o más unidades receptoras.

[0070] El sistema de comunicación de la invención soporta flexiblemente las transmisiones de datos de tráfico. Como es muestra en la FIG. 2, una transmisión de datos particular (por ejemplo, datos 2) puede producirse por múltiples subcanales y/o múltiples ranuras de tiempo, y múltiples transmisiones de datos (por ejemplo, datos 5 y 6) pueden producirse en una ranura de tiempo. Una transmisión de datos (por ejemplo, datos 1) puede también producirse durante ranuras de tiempo no contiguas. El sistema puede también diseñarse para soportar múltiples transmisiones de datos por un subcanal. Por ejemplo, los datos de voz pueden multiplexarse con datos de tráfico y transmitirse por un único subcanal.

[0071] La multiplexación de las transmisiones de datos puede cambiar potencialmente entre un símbolo de OFDM a otro. Además, el modo de comunicaciones puede ser distinto entre un usuario y otro (por ejemplo, entre una transmisión de voz o datos a otra). Por ejemplo, los usuarios de voz pueden usar el modo de comunicaciones de diversidad, y los usuarios de datos pueden usar los modos de comunicaciones de MIMO. El concepto de estas características se puede extender al nivel de subcanal. Por ejemplo, un usuario de datos puede usar el modo de comunicaciones de MIMO en subcanales que tengan una suficiente relación C/I, y el modo de comunicaciones de diversidad en los restantes subcanales.

[0072] La diversidad de antenas, de frecuencia y temporal puede conseguirse, respectivamente, transmitiendo datos desde múltiples antenas, por múltiples subcanales en distintas subbandas, y durante múltiples ranuras de tiempo. Por ejemplo, la diversidad de antenas para una transmisión específica (por ejemplo, la llamada de voz 1) puede lograrse transmitiendo los datos (de voz) por un subcanal específico (por ejemplo, el subcanal 1) por dos o más antenas. La diversidad de frecuencias para una transmisión específica (por ejemplo, la llamada de voz 1) puede lograrse transmitiendo los datos por dos o más subcanales en distintas subbandas (por ejemplo, los subcanales 1 y 2). Puede obtenerse una combinación de diversidad de antenas y de frecuencias transmitiendo datos desde dos o más antenas y por dos o más subcanales. La diversidad temporal puede lograrse transmitiendo datos durante múltiples ranuras de tiempo. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 2, la transmisión de datos 1 en la ranura de tiempo 7 es una parte (por ejemplo, nueva o repetida) de la transmisión de datos 1 en la ranura de tiempo 2.

[0073] Los mismos, o distintos, datos pueden transmitirse desde múltiples antenas y/o por múltiples subbandas, a fin de obtener la diversidad deseada. Por ejemplo, los datos pueden transmitirse por: (1) un subcanal desde una antena, (2) un subcanal (por ejemplo, el subcanal 1) desde múltiples antenas, (3) un subcanal desde las NT antenas, (4) un conjunto de subcanales (por ejemplo, los subcanales 1 y 2) desde una antena, (5) un conjunto de subcanales desde múltiples antenas, (6) un conjunto de subcanales desde las N_T antenas o (7) un conjunto de canales desde un conjunto de antenas (por ejemplo, el subcanal 1 desde las antenas 1 y 2 en una ranura de tiempo, los subcanales 1 y 2 desde la antena 2 en otra ranura de tiempo, etc.). Por lo tanto, puede usarse cualquier combinación de subcanales y antenas para proporcionar la diversidad de antenas y de frecuencias.

[0074] De acuerdo ciertos modos de realización de la invención que proporcionan la máxima flexibilidad y que son capaces de lograr alto rendimiento y eficacia, cada subcanal en cada ranura de tiempo para cada antena transmisora puede verse como una unidad transmisora independiente (es decir, un símbolo de modulación) que puede usarse para transmitir cualquier tipo de datos, tales como datos piloto, de señalización, de radiodifusión, de voz, de tráfico, y otros, o una combinación de los mismos (por ejemplo, datos multiplexados de voz y tráfico). En tal diseño, a una llamada de voz se le pueden asignar dinámicamente distintos subcanales a lo largo del tiempo.

[0075] Se logran adicionalmente flexibilidad, rendimientos y eficacia permitiendo la independencia entre los símbolos de modulación, como se describe más adelante. Por ejemplo, cada símbolo de modulación puede generarse a partir de un esquema de modulación (por ejemplo, M-PSK, M-QAM y otros) que dé como resultado el mejor uso del recurso en ese momento, frecuencia y espacio particulares.

[0076] Puede establecerse un cierto número de restricciones para simplificar el diseño y la implementación de las unidades transmisoras y receptoras. Por ejemplo, una llamada de voz puede asignarse a un subcanal específico por la duración de la llamada, o hasta el momento en que se realice una reasignación de subcanal. Además, los datos de señalización y/o radiodifusión pueden designarse a algunos subcanales fijos (por ejemplo, subcanal 1 para datos de control y subcanal 2 para datos de radiodifusión, como se muestra en la FIG. 2) para que las unidades receptoras sepan a priori, qué subcanales desmodular para recibir los datos.

[0077] Además, cada canal o subcanal de transmisión de datos puede restringirse a un esquema de modulación específico (por ejemplo, M-PSK, M-QAM) por la duración de la transmisión, o hasta el momento en que se asigne un nuevo esquema de modulación. Por ejemplo, en la FIG. 2, la llamada de voz 1 por el subcanal 3 puede usar QPSK, la llamada de voz 2 por el subcanal 4 puede usar 16-QAM, la transmisión de datos 1 en la ranura de tiempo 2 puede usar 8-PSK, la transmisión de datos 2 en las ranuras de tiempo 3 a 5 puede usar 16-QAM, etc.

[0078] El uso de TDM permite mayor flexibilidad en la transmisión de datos de voz y datos de tráfico, y pueden contemplarse diversas asignaciones de recursos. Por ejemplo, puede asignarse a un usuario un subcanal para cada ranura de tiempo o, equivalentemente, cuatro subcanales cada cuarta ranura de tiempo, o algunas otras asignaciones. El TDM permite que los datos se agreguen y se transmitan en la(s) ranura(s) de tiempo designada(s), para una eficiencia mejorada.

[0079] Si la actividad de voz se implementa en el transmisor, entonces, en los intervalos donde no se está transmitiendo ninguna voz, el transmisor puede asignar otros usuarios al subcanal, de modo que se maximice la eficacia del subcanal. En caso de que no se disponga de ningún dato para transmitir durante los períodos ociosos de voz, el transmisor puede disminuir (o apagar) la potencia transmitida en el subcanal, reduciendo los niveles de interferencia presentados a otros usuarios en el sistema que estén usando el mismo subcanal en otra célula en la red. La misma característica puede extenderse también a los canales de sobrecarga, control, datos y otros canales.

[0080] La asignación de una pequeña parte de los recursos disponibles durante un periodo temporal continuo da típicamente como resultado menores retardos, y puede ser más adecuada para servicios sensibles al retardo, tales como la voz. La transmisión usando TDM puede proporcionar una mayor eficiencia, al precio de posibles retardos adicionales. El sistema de comunicación de la invención puede asignar recursos para satisfacer los requisitos del usuario y lograr alta eficiencia y rendimiento.

[0081] La FIG. 3 es un diagrama de bloques de un modo de realización del procesador de datos 112 y el modulador 114 del sistema 110 en la FIG. 1. El flujo compuesto de datos de entrada, que incluye todos los datos a transmitir por el sistema 110, se proporciona a un desmultiplexor (DEMUX) 310 dentro del procesador de datos 112. El desmultiplexor 310 desmultiplexa el flujo de datos de entrada en un cierto número (K) de flujos de datos de canal, S_1 a S_K . Cada flujo de datos de canal puede corresponder, por ejemplo, a un canal de señalización, un canal de radiodifusión, una llamada de voz o una transmisión de datos de tráfico. Cada flujo de datos de canal se proporciona a un respectivo codificador 312 que codifica los datos usando un esquema de codificación particular.

[0082] La codificación puede incluir codificación de corrección de errores o codificación de detección de errores, o ambas, usadas para aumentar la fiabilidad del enlace. Más específicamente, tal codificación puede incluir, por ejemplo, la intercalación, la codificación convolutiva, la codificación Turbo, la codificación de Trellis, la codificación en bloque (por ejemplo, la codificación de Reed-Solomon), la codificación del control de redundancia cíclica (CRC) y otras. La codificación turbo se describe con más detalle en la solicitud de patente de Estados Unidos con número de serie 09/205,511, presentada el 4 de diciembre de 1998 titulada "Intercalador de códigos turbo utilizando secuencias lineales congruentes" y en un documento titulado "La presentación del candidato cdma2000 ITU-R RTT", a continuación denominado la norma IS-2000.

[0083] La codificación puede realizarse canal por canal, es decir, en cada flujo de datos de canal, como se muestra en la FIG. 3. Sin embargo, la codificación también puede realizarse sobre el flujo compuesto de datos de entrada, sobre varios flujos de datos de canal, en una parte de un flujo de datos de canal, entre un conjunto de antenas, entre un conjunto de subcanales, entre un conjunto de subcanales y antenas, entre cada subcanal, en cada símbolo de modulación, o en alguna otra unidad de tiempo, espacio y frecuencia. Los datos codificados de los codificadores 312a a 312k se proporcionan después a un procesador de datos 320 que procesa los datos para generar símbolos de modulación.

[0084] En una implementación, el procesador de datos 320 asigna cada flujo de datos de canal a uno o más subcanales, a una o más ranuras de tiempo y sobre una o más antenas. Por ejemplo, para un flujo de datos de canal correspondiente a una llamada de voz, el procesador de datos 320 puede asignar un subcanal en una antena (si no se usa la diversidad transmisora) o múltiples antenas (si se usa la diversidad transmisora) durante tantas ranuras de tiempo como se necesiten para esa llamada. Para un flujo de datos de canal correspondiente a un canal de señalización o radiodifusión, el procesador de datos 320 puede asignar el subcanal, o subcanales, designados en una o más antenas, de nuevo dependiendo de si se usa o no la diversidad transmisora. El procesador de datos 320 asigna después los restantes recursos disponibles para los flujos de datos de canal correspondientes a transmisiones de datos. Debido a la naturaleza de ráfagas de las transmisiones de datos y a la mayor tolerancia a los retardos, el

procesador de datos 320 puede asignar los recursos disponibles de tal forma que se logren los objetivos del sistema de alto rendimiento y alta eficiencia. Las transmisiones de datos se "planifican" así para conseguir los objetivos del sistema.

[0085] Después de asignar cada flujo de datos de canal a su(s) respectiva(s) ranura(s) temporal(es), subcanal(es) y antena(s), los datos en el flujo de datos de canal se modulan usando la modulación de múltiples portadoras. En un modo de realización, la modulación OFDM se usa para proporcionar numerosas ventajas. En una implementación de la modulación de OFDM, los datos en cada flujo de datos de canal se agrupan en bloques, teniendo cada bloque un número particular de bits de datos. Los bits de datos en cada bloque se asignan después a uno o más subcanales asociados a ese flujo de datos de canal.

[0086] Los bits en cada bloque se desmultiplexan entonces en subcanales distintos, llevando cada uno de los subcanales un número potencialmente distinto de bits (es decir, basándose en la relación C/I del subcanal y a si se emplea el procesamiento de MIMO). Para cada uno de estos subcanales, los bits se agrupan en símbolos de modulación usando un esquema de modulación específico (por ejemplo, M-PSK o M-QAM) asociado a ese subcanal. Por ejemplo, con 16-QAM, la constelación de señales se compone de 16 puntos en un plano complejo (es decir, $a + j*b$), llevando cada punto en el plano complejo 4 bits de información. En el modo de procesamiento de MIMO, cada símbolo de modulación en el subcanal representa una combinación lineal de símbolos de modulación, cada uno de los cuales puede seleccionarse de una constelación distinta.

[0087] La colección de L símbolos de modulación forma un vector V de símbolos de modulación de dimensión L. Cada elemento del vector V de símbolos de modulación está asociado a un subcanal específico con una única frecuencia o tono, por el que se transportan los símbolos de modulación. La colección de estos L símbolos de modulación son todos ortogonales entre sí. En cada ranura de tiempo y para cada antena, los L símbolos de modulación correspondientes a los L subcanales se combinan en un símbolo de OFDM usando una transformada rápida inversa de Fourier (IFFT). Cada símbolo de OFDM incluye datos de los flujos de datos de canal asignados a los L subcanales.

[0088] La modulación de OFDM se describe en mayor detalle en un artículo titulado "Multicarrier Modulation for Data Transmission: An Idea Whose Time Has Come [Modulación de múltiples portadoras para transmisión de datos: Una idea para la cual ya ha llegado la hora]", de John A.C. Bingham, IEEE Communications Magazine, mayo de 1990, que se incorpora aquí como referencia.

[0089] El procesador de datos 320 recibe y procesa de esta manera los datos codificados correspondientes a K flujos de datos de canal para proporcionar N_T vectores de símbolos de modulación, V_1 a V_{N_T} , un vector de símbolos de modulación para cada antena transmisora. En algunas implementaciones, algunos de los vectores de símbolos de modulación pueden tener información duplicada sobre subcanales específicos concebidos para distintas antenas transmisoras. Los vectores de símbolos de modulación V_1 a V_{N_T} se proporcionan, respectivamente, a los moduladores 114a a 114t.

[0090] En el modo de realización mostrado en la FIG. 3, cada modulador 114 incluye una IFFT 330, un generador de prefijo de ciclo 332 y un convertidor ascendente 334. La IFFT 330 convierte los vectores de símbolos de modulación recibidos en sus representaciones del dominio temporal, llamados símbolos de OFDM. La IFFT 330 puede diseñarse para realizar la IFFT sobre cualquier número de subcanales (por ejemplo, 8, 16, 32, etc.). En un modo de realización, para cada vector de símbolos de modulación convertido en un símbolo de OFDM, el generador de prefijo cíclico 332 repite una parte de la representación del dominio temporal del símbolo de OFDM para formar el símbolo de transmisión para la antena específica. El prefijo cíclico garantiza que el símbolo de transmisión retiene sus propiedades ortogonales en presencia de la dispersión de retardo de multitrayecto, mejorando así el rendimiento frente a los efectos nocivos de trayecto, como se describe más adelante. La implementación de la IFFT 330 y de cada generador de prefijo cíclico 332 se conoce en la técnica y no se describe en detalle en el presente documento.

[0091] A continuación, las representaciones del dominio temporal de cada generador de prefijo cíclico 332 (es decir, los símbolos de transmisión para cada antena) son procesadas por el aumentador de frecuencia 334, convertidas en una señal analógica, moduladas a una frecuencia de radio y acondicionadas (por ejemplo, amplificadas y filtradas) para generar una señal modulada RF que a continuación se transmite desde la antena respectiva 116.

[0092] La FIG. 3 también muestra un diagrama de bloques de un modo de realización del procesador de datos 320. Los datos codificados para cada flujo de datos de canal (es decir, el flujo de datos codificados, X) se proporcionan a un respectivo procesador de datos de canal 322. Si el flujo de datos del canal tiene que transmitirse por múltiples subcanales y/o múltiples antenas (sin duplicación en al menos algunas de las transmisiones), el procesador de datos del canal 322 desmultiplexa el flujo de datos del canal en un número de (hasta $L \cdot N_T$) subflujos de datos. Cada subflujo de datos corresponde a una transmisión por un subcanal específico en una antena particular. En las implementaciones típicas, el número de subflujos de datos es menor que $L \cdot N_T$ ya que algunos de los subcanales se usan para señalización, voz y otros tipos de datos. Los subflujos de datos se procesan entonces para generar los correspondientes subflujos para cada uno de los subcanales asignados, que se proporcionan después a los combinadores 324. Los combinadores 324 combinan los símbolos de modulación designados para cada antena en

vectores de símbolos de modulación que se proporcionan después como un flujo de vectores de símbolos de modulación. A continuación, los N_T flujos de vectores de símbolos de modulación para las N_T antenas se proporcionan a los siguientes bloques de procesamiento (es decir, los moduladores 114).

[0093] En un diseño que brinda la mayor flexibilidad, el mejor rendimiento y la más alta eficacia, el símbolo de modulación a transmitir en cada ranura de tiempo, por cada subcanal, puede seleccionarse individual e independientemente. Esta característica permite el mejor uso del recurso disponible en las tres dimensiones: tiempo, frecuencia y espacio. Por lo tanto, el número de bits de datos transmitidos por cada símbolo de modulación puede diferir.

[0094] La FIG. 4A es un diagrama de bloques de un modo de realización de un procesador de datos de canal 400 que puede usarse para procesar un valor de datos de canal. El procesador de datos de canal 400 puede usarse para implementar un procesador de datos de canal 322 en la FIG. 3. La transmisión de un flujo de datos de canal puede ocurrir en múltiples subcanales (por ejemplo, como para los datos 1 en la FIG. 2) y también puede ocurrir desde múltiples antenas. La transmisión en cada subcanal y desde cada antena puede representar datos no duplicados.

[0095] Dentro del procesador de datos de canal 400, un desmultiplexor 420 recibe y desmultiplexa el flujo de datos codificados, X_i , en un cierto número de flujos de datos de subcanal, $X_{i,1}$ a $X_{i,M}$, un flujo de datos de subcanal para cada subcanal usado para transmitir datos. La desmultiplexación de datos puede ser uniforme o no uniforme. Por ejemplo, si se conoce alguna información acerca de los trayectos de transmisión (es decir, se conoce la CSI completa o la CSI parcial), el desmultiplexor 420 puede dirigir más bits de datos a los subcanales capaces de transmitir más bps/Hz. Sin embargo, si no se conoce ninguna CSI, el desmultiplexor 420 puede dirigir uniformemente un número aproximadamente igual de bits a cada uno de los subcanales asignados.

[0096] Cada flujo de datos de subcanal se proporciona entonces a un respectivo procesador de división espacial 430. Cada procesador de división espacial 430 puede desmultiplexar adicionalmente el flujo recibido de datos de subcanal en un cierto número (hasta N_T) de subflujos de datos, un subflujo de datos para cada antena usada para transmitir los datos. Así, después del desmultiplexor 420 y el procesador de división espacial 430, el flujo X_i de datos codificados puede desmultiplexarse en hasta $L \cdot N_T$ subflujos de datos a transmitir por hasta L subcanales desde hasta N_T antenas.

[0097] En cualquier ranura de tiempo particular, pueden generarse hasta N_T símbolos de modulación mediante el procesador de división espacial 430, y proporcionarse a los N_T combinadores 440a a 440t. Por ejemplo, el procesador de división espacial 430a asignado al subcanal 1 puede proporcionar hasta N_T símbolos de modulación para el subcanal 1 de las antenas 1 a N_T . De manera similar, el procesador de división espacial 430k asignado al subcanal k puede proporcionar hasta N_T símbolos para el subcanal k de las antenas 1 a N_T . Cada combinador 440 recibe los símbolos de modulación para los L subcanales, combina los símbolos para cada ranura de tiempo en un vector de símbolos de modulación, y proporciona los vectores de símbolos de modulación como un flujo de vectores de símbolos de modulación, V , a la siguiente etapa de procesamiento (por ejemplo, el modulador 114).

[0098] El procesador de datos de canal 400 también puede diseñarse para proporcionar el procesamiento necesario para implementar los modos de procesamiento de CSI completa o de CSI parcial, que se han descrito anteriormente. El procesamiento de la CSI puede realizarse basándose en la información de CSI disponible y en los flujos de datos de canal, subcanales, antenas, etc., seleccionados. El procesamiento de la CSI también puede habilitarse e inhabilitarse selectiva y dinámicamente. Por ejemplo, el procesamiento de la CSI puede habilitarse para una transmisión específica e inhabilitarse para algunas otras transmisiones. El procesamiento de la CSI puede habilitarse en ciertas condiciones, por ejemplo, cuando el enlace de transmisión tiene una relación C/I adecuada.

[0099] El procesador de datos de canal 400 en la FIG. 4A proporciona un alto nivel de flexibilidad. Sin embargo, tal flexibilidad no es típicamente necesaria para todos los flujos de datos de canal. Por ejemplo, los datos para una llamada de voz se transmiten típicamente por un subcanal durante la duración de una llamada, o hasta un momento en el que se asigne de nuevo el subcanal. El diseño del procesador de datos de canal puede simplificarse en gran medida para estos flujos de datos de canal.

[0100] La FIG. 4B es un diagrama de bloques del procesamiento que puede emplearse para un flujo de datos de canal tal como los datos de sobrecarga, señalización, voz o tráfico. Se puede usar un procesador de división espacial 450 para implementar un procesador de datos de un canal 322 en la FIG. 3 y se puede utilizar para soportar un flujo de datos de canal como, por ejemplo, una llamada de voz. Típicamente, una llamada de voz se asigna a un subcanal para múltiples ranuras de tiempo (por ejemplo, voz 1 en la FIG. 2) y puede transmitirse desde múltiples antenas. El flujo de datos codificados, X_i , se proporciona al procesador de división espacial 450 que agrupa los datos en bloques, teniendo cada bloque un número específico de bits que se usan para generar un símbolo de modulación. Los símbolos de modulación desde el procesador de división espacial 450 se proporcionan entonces a uno o más combinadores 440 asociados a la antena o antenas usadas para transmitir el flujo de datos de canal.

[0101] Ahora se describe una implementación específica de una unidad transmisora capaz de generar la señal de transmisión mostrada en la FIG. 2 para una mejor comprensión de la invención. En la ranura de tiempo 2 en la FIG. 2,

los datos de control se transmiten en el subcanal 1, los datos de radiodifusión se transmiten en el subcanal 2, las llamadas de voz 1 y 2 se asignan a los subcanales 3 y 4, respectivamente, y los datos de tráfico se transmiten en los subcanales 5 a 16. En este ejemplo, se supone que la unidad transmisora incluye cuatro antenas transmisoras (es decir, $N_T = 4$) y cuatro señales de transmisión (es decir, cuatro señales moduladas RF) se generan para las cuatro antenas.

[0102] La FIG. 5A es un diagrama de bloques de una parte de las unidades de procesamiento que pueden usarse para generar la señal de transmisión para la ranura de tiempo 2 en la FIG. 2. El flujo de datos de entrada se proporciona a un desmultiplexor (DEMUX) 510 que desmultiplexa el flujo en cinco flujos de datos de canal, S_1 a S_5 , correspondientes al control, la radiodifusión, la voz 1, la voz 2 y los datos 1 en la FIG. 2. Cada flujo de datos de canal se proporciona a un respectivo codificador 512 que codifica los datos usando un esquema de codificación seleccionado para ese flujo.

[0103] En este ejemplo, los flujos de datos de canal S_1 a S_3 se transmiten usando diversidad transmisora. Por lo tanto, cada uno de los flujos de datos codificados X_1 a X_3 se proporciona a un respectivo procesador de datos de canal 532 que genera los símbolos de modulación para ese flujo. Los símbolos de modulación de cada uno de los procesadores de datos de canal 532a a 532c se proporcionan después a los cuatro combinadores 540a a 540d. Cada combinador 540 recibe los símbolos de modulación para los 16 subcanales designados para la antena asociada al combinador, combina los símbolos en cada subcanal en cada ranura de tiempo para generar un vector de símbolos de modulación y proporciona los vectores de símbolos de modulación como un flujo de vectores de símbolos de modulación, V , a un modulador asociado 114. Como se indica en la FIG. 5A, el flujo de datos de canal S_1 se transmite por el subcanal 1 desde las cuatro antenas, el flujo de datos de canal S_2 se transmite por el subcanal 2 desde las cuatro antenas, y el flujo de datos de canal S_3 se transmite por el subcanal 3 desde las cuatro antenas.

[0104] La FIG. 5B es un diagrama de bloques de una parte de las unidades de procesamiento usadas para procesar los datos codificados para el flujo de datos de canal S_4 . En este ejemplo, el flujo de datos de canal S_4 se transmite usando diversidad espacial (y no diversidad transmisora como la usada para los flujos de datos de canal S_1 a S_3). Con la diversidad espacial, los datos se desmultiplexan y se transmiten (concurrentemente en cada uno de los subcanales asignados o sobre distintas ranuras de tiempo) por múltiples antenas. El flujo de datos codificado X_4 se proporciona a un procesador de datos de canal 532d que genera los símbolos de modulación para ese flujo. Los símbolos de modulación en este caso son combinaciones lineales de símbolos de modulación seleccionados entre alfabetos de símbolos que corresponden a cada una de los automodos del canal. En este ejemplo, hay cuatro automodos distintos, cada una de las cuales es capaz de llevar una cantidad distinta de información. Como ejemplo, se supone que el automodo 1 tiene una relación C/I que permite que la 64-QAM (6 bits) se transmita de forma fiable, el automodo 2 permite la 16-QAM (4 bits), el automodo 3 permite la QPSK (2 bits) y el automodo 4 permite que se use la BPSK (1 bit). Por lo tanto, la combinación de las cuatro automodos permite que se transmita un total de 13 bits de información simultáneamente como un símbolo de modulación eficaz por las cuatro antenas en el mismo subcanal. El símbolo de modulación eficaz para el subcanal asignado en cada antena es una combinación lineal de los símbolos individuales asociados a cada automodo, como se describe por la multiplicación matricial en la ecuación (1) anterior.

[0105] La FIG. 5C es un diagrama de bloques de una parte de las unidades de procesamiento usadas para procesar el flujo de datos de canal S_5 . El flujo de datos codificados X_5 se proporciona a un desmultiplexor (DEMUX) 530 que desmultiplexa el flujo X_5 en doce flujos de datos de subcanal, $X_{5,11}$ a $X_{5,16}$, un flujo de datos de subcanal para cada uno de los subcanales asignados 5 a 16. Cada flujo de datos de subcanal se proporciona después a un respectivo procesador de datos de subcanal 536 que genera los símbolos de modulación para el flujo asociado de datos de subcanal. El flujo de símbolos de subcanal procedente de los procesadores de datos de subcanal 536a a 536i se proporciona después, respectivamente, a los desmultiplexores 538a a 538i. Cada desmultiplexor 538 desmultiplexa el flujo recibido de símbolos de subcanal en cuatro subflujos de símbolos, correspondiendo cada subflujo de símbolos a un subcanal particular en una antena específica. Los cuatro subflujos de símbolos de cada desmultiplexor 538 se proporcionan entonces a los cuatro combinadores 540a a 540d.

[0106] En el modo de realización descrito para la FIG. 5C, un flujo de datos de subcanal se procesa para generar un flujo de símbolos de subcanal que a continuación se desmultiplexa en cuatro subflujos de símbolos, un subflujo de símbolos para un subcanal particular de cada antena. Esta implementación es diferente a la descrita para la FIG. 4A. En el modo de realización descrito para la FIG. 4A, el flujo de datos del subcanal designado para un subcanal particular se desmultiplexa en varios subflujos de datos, un subflujo de datos para cada antena, y a continuación se procesa para generar los subflujos de símbolos correspondientes. La desmultiplexación en la FIG. 5C se realiza después de la modulación del símbolo, mientras que la desmultiplexación en la FIG. 4A se realiza antes de la modulación del símbolo. También pueden usarse otras implementaciones, y están dentro del alcance de la presente invención.

[0107] Cada combinación de procesador de datos de subcanal 536 y desmultiplexor 538 en la FIG. 5C se realiza de manera similar a la combinación del procesador de datos de subcanal 532d y el desmultiplexor 534d en la FIG. 5B. La velocidad de cada subflujo de símbolos desde cada desmultiplexor 538 es, en promedio, un cuarto de la velocidad del flujo de símbolos desde el procesador asociado de datos de canal 536.

[0108] La FIG. 6 es un diagrama de bloques de un modo de realización de una unidad receptora 600, que tiene múltiples antenas receptoras, que puede utilizarse para recibir uno o más flujos de datos de canal. Una o más señales transmitidas desde una o más antenas transmisoras pueden recibirse por cada una de las antenas 610a a 610r, y encaminarse a un respectivo procesador de interfaz frontal 612. Por ejemplo, la antena receptora 610a puede recibir varias señales transmitidas desde varias antenas transmisoras, y la antena receptora 610r puede recibir de manera similar múltiples señales transmitidas. Cada procesador de interfaz frontal 612 acondiciona (por ejemplo, filtra y amplifica) la señal recibida, reduce la frecuencia de la señal recibida a una frecuencia intermedia o banda base, y muestrea y cuantifica la señal con frecuencia reducida. Cada procesador de interfaz frontal 612 típicamente desmodula además las muestras asociadas a la antena específica con el piloto recibido, para generar muestras "coherentes" que se proporcionan después a un respectivo procesador de FFT 614, uno para cada antena receptora.

Cada procesador de FFT 614 genera representaciones transformadas de las muestras recibidas y proporciona un respectivo flujo de vectores de símbolos de modulación. Los flujos de vectores de símbolos de modulación de los procesadores de FFT 614a a 614r se proporcionan entonces al desmultiplexor y a los combinadores 620, que canalizan el flujo de vectores de símbolos de modulación desde cada procesador de FFT 614 en un cierto número (hasta L) de flujos de símbolos de subcanal. Los flujos de símbolos de subcanal de todos los procesadores de FFT 614 se procesan después, basándose en el modo de comunicaciones (por ejemplo, de diversidad o de MIMO) usado, antes de la desmodulación y la descodificación.

[0109] Para un flujo de datos de canal transmitido usando el modo de comunicaciones de diversidad, los flujos de símbolos de subcanal desde todas las antenas usadas para la transmisión del flujo de datos de canal se presentan a un combinador que combina la información redundante con respecto al tiempo, el espacio y la frecuencia. El flujo de símbolos de modulación combinados se proporciona entonces a un procesador de canal (de diversidad) 630 y se desmodula en consecuencia.

[0110] Para un flujo de datos de canal transmitido usando el modo de comunicaciones de MIMO, todos los flujos de símbolos de subcanal usados para la transmisión del flujo de datos de canal se presentan a un procesador de MIMO que ortogonaliza los símbolos de modulación recibidos en cada subcanal, en las distintos automodos. El procesador de MIMO realiza el procesamiento descrito por la ecuación (2) anterior y genera varios subflujos de símbolos independientes, correspondientes al número de automodos usado en la unidad transmisora. Por ejemplo, el procesador de MIMO puede realizar la multiplicación de los símbolos de modulación recibidos con los autovectores izquierdos, para generar símbolos de modulación pos-acondicionados, que corresponden a los símbolos de modulación anteriores al procesador de la CSI completa en la unidad transmisora. Después, los flujos de símbolos (pos-acondicionados) se proporcionan a un procesador de canal (de MIMO) 630 y se desmodulan en consecuencia. Por lo tanto, cada procesador de canal 630 recibe un flujo de símbolos de modulación (para el modo de comunicaciones de diversidad) o un cierto número de subflujos de símbolos (para el modo de comunicaciones de MIMO). Cada flujo o subflujo de símbolos de modulación se proporciona después a un respectivo desmodulador (DESMOD) que implementa un esquema de desmodulación (por ejemplo, M-PSK, M-QAM u otros) que es complementario al esquema de modulación usado en la unidad transmisora para el subcanal que se está procesando. Para el modo de comunicaciones de MIMO, los datos desmodulados de todos los desmoduladores asignados pueden descodificarse después independientemente, o multiplexarse en un flujo de datos de canal y descodificarse después, dependiendo del procedimiento de codificación y modulación empleado en la unidad transmisora. Para ambos modos de comunicaciones de diversidad y de MIMO, el flujo de datos de canal desde el procesador 630 de canal puede proporcionarse entonces a un respectivo descodificador 640 que implementa un esquema de descodificación complementario al usado en la unidad transmisora para el flujo de datos de canal. Los datos descodificados de cada descodificador 640 representan una estimación de los datos transmitidos para ese flujo de datos de canal.

[0111] La FIG. 6 representa un modo de realización de una unidad receptora. Pueden contemplarse otros diseños, y están dentro del alcance de la presente invención. Por ejemplo, una unidad receptora puede diseñarse con solo una antena receptora, o bien puede diseñarse capaz de procesar simultáneamente múltiples flujos de datos de canal (por ejemplo, voz, datos).

[0112] Como se ha indicado anteriormente, se usa la modulación de múltiples portadoras en el sistema de comunicación de la invención. En particular, puede emplearse la modulación de OFDM para proporcionar varias ventajas, incluyendo un rendimiento mejorado en un entorno de multitrayecto, complejidad de implementación reducida (en un cierto sentido, para el modo de MIMO de funcionamiento) y flexibilidad. Sin embargo, también pueden usarse otras variantes de la modulación de múltiples portadoras, y están dentro del alcance de la presente invención.

[0113] La modulación de OFDM puede mejorar el rendimiento del sistema, debido a la dispersión de retardos de multitrayecto o al retardo diferencial de trayecto introducido por el entorno de propagación entre la antena transmisora y la antena receptora. El enlace de comunicaciones (es decir, el canal de RF) tiene una dispersión de retardo que puede ser potencialmente mayor que la recíproca del ancho de banda operativo del sistema, W . Debido a esto, un sistema de comunicación que emplea un esquema de modulación que tiene una duración de símbolo de transmisión menor que la dispersión de retardo experimentará la interferencia entre símbolos (ISI). La ISI distorsiona el símbolo recibido y aumenta la probabilidad de detección incorrecta.

[0114] Con la modulación de OFDM, el canal de transmisión (o el ancho de banda operativo) se divide básicamente en un (gran) número de subcanales (o subbandas) paralelos que se usan para comunicar los datos. Debido a que cada uno de los subcanales tiene un ancho de banda que es típicamente mucho menor que el ancho de banda de coherencia del enlace de comunicaciones, la ISI debida a la dispersión de retardo en el enlace se reduce significativamente, o se elimina, usando la modulación de OFDM. Por el contrario, la mayoría de los esquemas convencionales de modulación (por ejemplo, QPSK) son sensibles a la ISI a menos que la velocidad de símbolos de transmisión sea pequeña en comparación con la dispersión de retardo del enlace de comunicaciones.

[0115] Como se ha indicado anteriormente, pueden usarse prefijos cíclicos para combatir los efectos nocivos del multitrayecto. Un prefijo cíclico es una parte de un símbolo de OFDM (habitualmente la parte frontal, después de la IFFT) que se envuelve alrededor del final del símbolo. El prefijo cíclico se usa para retener la ortogonalidad del símbolo de OFDM, que se destruye típicamente por el multitrayecto.

[0116] Como ejemplo, se considera un sistema de comunicación en el que la dispersión de retardo del canal es menor de 10 μ s. Cada símbolo de OFDM tiene adosado al mismo un prefijo cíclico que garantiza que el símbolo global retiene sus propiedades ortogonales en presencia de la dispersión de retardo del multitrayecto. Dado que el prefijo cíclico no lleva ninguna información adicional, es básicamente sobrecarga. Para mantener una buena eficiencia, la duración del prefijo cíclico se selecciona para que sea una pequeña fracción de la duración global del símbolo de transmisión. Para el ejemplo anterior, usando una sobrecarga del 5 % para considerar el prefijo cíclico, una duración de símbolo de transmisión de 200 μ s es adecuada para una dispersión máxima de retardo de canal de 10 μ s. La duración de símbolo de transmisión de 200 μ s corresponde a un ancho de banda de 5 kHz para cada una de las subbandas. Si el ancho de banda global del sistema es de 1,2288 MHz, pueden proporcionarse 250 subcanales de aproximadamente 5 kHz. En la práctica, es conveniente que el número de subcanales sea una potencia de dos. Por lo tanto, si la duración del símbolo de transmisión se aumenta hasta 205 μ s y el ancho de banda del sistema se divide entre $M = 256$ subbandas, cada subcanal tendrá un ancho de banda de 4,88 kHz.

[0117] En ciertos modos de realización de la invención, la modulación de OFDM puede reducir la complejidad del sistema. Cuando el sistema de comunicación incorpora tecnología de MIMO, la complejidad asociada a la unidad receptora puede ser significativa, en particular cuando está presente el multitrayecto. El uso de la modulación de OFDM permite que cada uno de los subcanales sea tratado de manera independiente por el procesamiento de MIMO empleado. Por lo tanto, la modulación de OFDM puede simplificar significativamente el procesamiento de señales en la unidad receptora cuando se usa la tecnología de MIMO.

[0118] La modulación de OFDM también puede ofrecer flexibilidad añadida al compartir el ancho de banda del sistema, W , entre múltiples usuarios. Específicamente, el espacio de transmisión disponible para símbolos de OFDM puede compartirse entre un grupo de usuarios. Por ejemplo, puede asignarse a los usuarios de voz de baja velocidad un subcanal o una fracción de un subcanal en símbolos de OFDM, mientras que los restantes subcanales pueden asignarse a los usuarios de datos, basándose en la demanda compuesta. Además, los datos de sobrecarga, radiodifusión y control pueden llevarse en algunos de los subcanales disponibles o (posiblemente) en una parte de un subcanal.

[0119] Como se ha descrito anteriormente, cada subcanal en cada ranura de tiempo se asocia a un símbolo de modulación que se selecciona entre algún alfabeto, tal como M-PSK o M-QAM. En ciertos modos de realización, el símbolo de modulación en cada uno de los L subcanales puede seleccionarse de tal forma que se hace un uso más eficiente de ese subcanal. Por ejemplo, el subcanal 1 puede generarse usando QPSK, el subcanal 2 puede generarse usando BPSK, el subcanal 3 puede generarse usando 16-QAM, etc. Por lo tanto, para cada ranura de tiempo, se generan hasta L símbolos de modulación para los L subcanales y se combinan para generar el vector de símbolos de modulación para esa ranura de tiempo.

[0120] Uno o más subcanales pueden asignarse a uno o más usuarios. Por ejemplo, a cada usuario de voz se le puede asignar un único subcanal. Los subcanales restantes pueden asignarse dinámicamente a usuarios de datos. En este caso, los subcanales restantes pueden asignarse a un único usuario de datos, o dividirse entre múltiples usuarios de datos. Además, algunos subcanales pueden reservarse para transmitir datos de sobrecarga, radiodifusión y control. En ciertos modos de realización de la invención, puede ser deseable cambiar la asignación de subcanal de (posiblemente) un símbolo de modulación a otro de manera pseudoaleatoria, para aumentar la diversidad y proporcionar algún promedio de interferencia.

[0121] En un sistema de CDMA, la potencia transmisora en cada transmisión del enlace inverso se controla de tal forma que se alcanza la tasa de errores de trama (FER) requerida en la estación base con la mínima potencia transmisora, minimizando así la interferencia a otros usuarios en el sistema. En el enlace directo del sistema de CDMA, la potencia de transmisión también se ajusta para aumentar la capacidad del sistema.

[0122] En el sistema de comunicación de la invención, la potencia de transmisión en los enlaces directo e inverso puede controlarse para minimizar la interferencia y maximizar la capacidad del sistema. El control de potencia puede lograrse de varias maneras. Por ejemplo, el control de potencia puede realizarse sobre cada flujo de datos de canal, sobre cada subcanal, sobre cada antena, o sobre alguna otra unidad de medición. Cuando se opera en el modo de

comunicaciones de diversidad, si la pérdida de trayecto de una antena específica es grande, la transmisión desde esta antena puede reducirse o enmudecerse, ya que poco puede ganarse en la unidad receptora. De manera similar, si la transmisión se produce por múltiples subcanales, puede transmitirse menos potencia por el subcanal o subcanales que experimentan la mayor pérdida de trayecto.

[0123] En una implementación, el control de potencia puede lograrse con un mecanismo de retroalimentación similar al usado en el sistema de CDMA. La información de control de potencia puede enviarse periódica o autónomamente desde la unidad receptora a la unidad transmisora, para dirigir a la unidad transmisora a fin de aumentar o reducir su potencia de transmisión. Los bits de control de potencia pueden generarse en base, por ejemplo, a la BER o FER en la unidad receptora.

[0124] La FIG. 7 muestra gráficos que ilustran la eficiencia espectral asociada a algunos de los modos de comunicaciones del sistema de comunicación de la invención. En la FIG. 7, el número de bits por símbolo de modulación para una tasa dada de errores de bit se da como una función de la relación C/I para un cierto número de configuraciones de sistema. La notación $N_T \times N_R$ indica la dimensión de la configuración, con N_T = número de antenas transmisoras y N_R = número de antenas receptoras. Se simulan dos configuraciones de diversidad, concretamente 1x2 y 1x4, y cuatro configuraciones de MIMO, concretamente 2x2, 2x4, 4x4, y 8x4, y los resultados se proporcionan en la FIG. 7.

[0125] Como se muestra en los gráficos, el número de bits por símbolo para una BER dada oscila entre menos de 1 bps/Hz a casi 20 bps/Hz. A valores bajos de C/I, la eficiencia espectral del modo de comunicaciones de diversidad y del modo de comunicaciones de MIMO son similares, y la mejora en la eficiencia es menos apreciable. Sin embargo, a mayores valores de C/I, el aumento en la eficiencia espectral con el uso del modo de comunicaciones de MIMO se vuelve más drástico. En ciertas configuraciones de MIMO, y para ciertas condiciones, la mejora instantánea puede aumentar hasta 20 veces.

[0126] De estos gráficos puede observarse que la eficacia espectral aumenta en general según aumenta el número de antenas transmisoras y receptoras. La mejora también se limita en general al menor entre N_T y N_R . Por ejemplo, ambas configuraciones de diversidad, 1x2 y 1x4, alcanzan asintóticamente aproximadamente 6 bps/Hz.

[0127] Al examinar las diversas velocidades de transmisión de datos alcanzables, los valores de eficiencia espectral dados en la FIG. 7 se puede aplicar a los resultados en una base de subcanal para obtener el rango de velocidades de datos posibles para el subcanal. Como ejemplo, para una unidad de abonado que funciona con una relación C/I de 5 dB, la eficiencia espectral alcanzable para esta unidad de abonado está entre 1 bps/Hz y 2,25 bps/Hz, dependiendo del modo de comunicaciones empleado. Por lo tanto, en un subcanal de 5 kHz, esta unidad de abonado puede sostener una velocidad máxima de datos en el intervalo de 5 kbps y 10,5 kbps. Si la relación C/I es de 10 dB, la misma unidad de abonado puede sostener velocidades máximas de datos en el intervalo de 10,5 kbps y 25 kbps por subcanal. Con 256 subcanales disponibles, la máxima velocidad de datos sostenida para una unidad de abonado que funciona a una relación C/I de 10 dB es entonces de 6,4 Mbps. Por lo tanto, dados los requisitos de la velocidad de datos de la unidad de abonado y la relación C/I operativa para la unidad de abonado, el sistema puede asignar el número necesario de subcanales para satisfacer los requisitos. En el caso de servicios de datos, el número de subcanales asignados por ranura de tiempo puede variar dependiendo, por ejemplo, de otra carga de tráfico.

[0128] El enlace inverso del sistema de comunicación puede diseñarse similar en estructura al enlace directo. Sin embargo, en lugar de canales de radiodifusión y de control común, puede haber canales de acceso aleatorio definidos en subcanales específicos o en específicas posiciones de símbolos de modulación de la trama, o ambos. Estos pueden usarse por algunas de, o todas, las unidades de abonado para enviar solicitudes breves (por ejemplo, registro, solicitud de recursos, etc.) a la estación central. En los canales de acceso común, las unidades de abonado pueden emplear modulación y codificación comunes. Los canales restantes pueden asignarse a usuarios individuales como en el enlace directo. En un modo de realización, la asignación y la desasignación de recursos (tanto en el enlace directo como en el enlace inverso) están controladas por el sistema y se comunican por el canal de control en el enlace directo.

[0129] Una consideración de diseño para el enlace inverso es el máximo retardo de propagación diferencial entre la unidad de abonado más cercana y la unidad de abonado más alejada. En sistemas donde este retardo es pequeño con respecto a la duración del prefijo cíclico, puede no ser necesario realizar la corrección en la unidad transmisora. Sin embargo, en sistemas en los que el retardo es significativo, el prefijo cíclico puede extenderse para tener en cuenta el retardo incremental. En algunos casos, es posible hacer una estimación razonable del retardo de ida y vuelta y corregir el tiempo de transmisión para que el símbolo llegue a la estación central en el instante correcto. Habitualmente, hay algún error residual, por lo que el prefijo cíclico también puede extenderse para acomodar este error residual.

[0130] En el sistema de comunicación, algunas unidades de abonado en el área de cobertura pueden ser capaces de recibir señales desde más de una estación central. Si la información transmitida por múltiples estaciones centrales es redundante por dos o más subcanales y/o desde dos o más antenas, las señales recibidas pueden combinarse y desmodularse por la unidad de abonado usando un esquema de combinación de diversidad. Si el prefijo cíclico empleado es suficiente para abordar el retardo de propagación diferencial entre la llegada más temprana y la más

tardía, las señales pueden combinarse (óptimamente) en el receptor y desmodularse correctamente. Esta recepción de diversidad se conoce bien en las aplicaciones de radiodifusión de OFDM. Cuando los subcanales se asignan a unidades específicas de abonado, es posible que la misma información por un subcanal específico se transmita desde un cierto número de estaciones centrales a una unidad específica de abonado. Este concepto es similar al traspaso suave usado en los sistemas de CDMA.

[0131] El sistema de comunicación descrito anteriormente se puede utilizar para varias aplicaciones y para proporcionar diversos servicios. Tales servicios pueden incluir, por ejemplo, servicios en tiempo real, servicios en tiempo no real, o servicios tanto en tiempo real como en tiempo no real multiplexados juntos. Los servicios a ser soportados por el sistema de comunicación pueden definirse y clasificarse de varias maneras (por ejemplo, por la calidad de servicio (QoS) asociada con los servicios). Como ejemplo, los servicios soportados pueden clasificarse en tres tipos definidos de la siguiente manera:

- Servicios en tiempo real dúplex completo (FDRT): servicios que requieren un breve retardo unidireccional (por ejemplo, voz);
- Servicios en tiempo real semi-dúplex (HDRT): servicios que pueden tolerar un retardo unidireccional más largo, siempre que el retardo no varíe en una gran cantidad (por ejemplo, vídeo, audio); y
- Servicios en tiempo no real (NRT): servicios que no son tan sensibles al retardo (por ejemplo, datos de paquetes).

También se pueden soportar servicios adicionales y/o diferentes y están dentro del alcance de la invención. Por ejemplo, se pueden soportar servicios de radiodifusión, servicios de búsqueda y otros. De manera similar, también se pueden definir tipos de servicios adicionales y/o diferentes y están dentro del alcance de la invención.

[0132] Una vez que los servicios se han definido y clasificado, se pueden multiplexar de muchas maneras. Por ejemplo, los servicios HDRT y NRT pueden multiplexarse en una sola transmisión de datos, y los servicios HDRT tienen mayor prioridad. Los servicios FDRT también se pueden multiplexar con servicios HDRT y NRT, posiblemente utilizando un esquema de multiplexación diferente. Se pueden utilizar varios esquemas de multiplexación para transmitir los servicios soportados. Algunos de estos esquemas se describen con más detalle a continuación.

[0133] La FIG. 8A es un diagrama de un modo de realización de una estructura que puede utilizarse para transmitir varios tipos de servicios. En este modo de realización, los servicios soportados se multiplexan y se transmiten en ranuras (solo se muestra una ranura en la FIG. 8A por simplicidad). Cada ranura cubre N símbolos OFDM 810a a 810n, donde N puede definirse como cualquier entero. En un modo de realización, cada ranura se divide adicionalmente en varias particiones 802 (dos se muestran en la FIG. 8A por simplicidad). Cada partición 802 puede incluir cualquier número de símbolos OFDM y puede usarse para soportar cualquier tipo de servicios. Por ejemplo, la partición 802a se puede usar para soportar servicios FDRT (por ejemplo, voz) y la partición 802b se puede usar para soportar servicios HDRT y/o NRT (por ejemplo, datos de paquetes). Otras estructuras también pueden implementarse y están dentro del alcance de la invención.

[0134] La partición utilizada para soportar los servicios FDRT y la partición utilizada para soportar los servicios HDRT y NRT pueden ser compartidas por varios usuarios. La compartición de una partición se puede lograr mediante varios esquemas de multiplexación. Por ejemplo, el intercambio se puede lograr mediante:

- multiplexar usuarios múltiples en diferentes tonos OFDM (ortogonales);
- multiplexar usuarios múltiples en tonos OFDM comunes usando códigos Walsh;
- multiplexar usuarios múltiples en símbolos OFDM comunes utilizando conmutación de paquetes; y
- asignar múltiples usuarios a sus respectivos símbolos OFDM.

Estos esquemas de multiplexación se describen con más detalle a continuación. También se pueden definir otros esquemas de multiplexación y están dentro del alcance de la invención.

[0135] La FIG. 9 es un diagrama de bloques de un modo de realización de un procesador de datos 912 y un modulador 914 que puede usarse para multiplexar múltiples usuarios en tonos OFDM ortogonales. Los flujos de datos del canal S_1 a S_K se pueden usar para transportar datos para los usuarios 1 a K , respectivamente. Se pueden usar flujos de datos de canal adicionales (por ejemplo, S_1) para transportar datos para control, señalización, radiodifusión y otros canales generales. Cada flujo de datos de canal se proporciona a un codificador respectivo 922 que codifica los datos recibidos con un esquema de codificación particular seleccionado para ese canal. Por ejemplo, el esquema de codificación puede incluir codificación convolucional, codificación Turbo o ninguna codificación en absoluto. A continuación, los flujos de datos codificados X_1 a X_L de los codificadores 922a a 922l se proporcionan a los multiplicadores respectivos 924a a 924l, que también reciben los factores de escalado respectivos G_1 a G_L . Cada

multiplicador 924 escala el flujo de datos recibido con el factor de escalado recibido para proporcionar un ajuste de potencia para el flujo de datos.

[0136] A continuación, los flujos de datos escalados de los multiplicadores 924a a 924i se proporcionan a un convertidor paralelo a serie (P/S) 926 que multiplexa los flujos de datos recibidos en un flujo de datos combinado. A continuación, un elemento de asignación de símbolos 928 recibe el flujo de datos combinado e intercala (es decir, reordena) los datos en el flujo para proporcionar diversidad temporal. El elemento de asignación de símbolos 928 asigna además los datos en cada flujo de datos recibidos a los tonos asignados al flujo de datos, como se describe a continuación. La salida del elemento de asignación de símbolos 928 es un flujo de vectores de símbolos de modulación V, que se proporciona al modulador 914.

[0137] Dentro del modulador 914, una IFFT 930 recibe y convierte los vectores de símbolos de modulación V en sus representaciones en el dominio del tiempo denominadas símbolos OFDM. En un modo de realización, para cada vector de símbolo de modulación convertido en un símbolo OFDM, el generador de prefijo de ciclo 932 repite una parte de la representación en el dominio del tiempo del símbolo OFDM para formar un símbolo de transmisión. El prefijo cíclico garantiza que el símbolo de transmisión conserva sus propiedades ortogonales en presencia de la dispersión de retardo de multitrayecto, mejorando así el rendimiento frente a los efectos nocivos de trayecto, como se ha descrito anteriormente. A continuación, los símbolos de transmisión del generador de prefijo de ciclo 932 son procesados por el convertidor ascendente 934, se convierten en una señal analógica, se modulan a una frecuencia de RF y se acondicionan (por ejemplo, se amplifican y se filtran) para generar una señal modulada de RF que luego se transmite desde una antena 916.

[0138] En un modo de realización, el elemento de asignación de símbolos 928 asigna los símbolos para cada flujo de datos de canal (por ejemplo, cada usuario) a un conjunto de tonos que se asignan al canal. Con referencia de nuevo a la FIG. 8A, cada partición incluye una serie de símbolos OFDM y, refiriéndose de nuevo a la FIG. 1, cada símbolo OFDM incluye una cantidad de tonos transmitidos en una serie de subcanales. Por lo tanto, una cantidad de tonos en cada partición están disponibles para transmitir los flujos de datos del canal.

[0139] En un modo de realización, los tonos disponibles en cada partición de múltiples usuarios se agrupan en una serie de conjuntos de tonos. Cada conjunto de tonos se denomina "circuito" y se asigna a un canal en particular. De este modo, los flujos de datos del canal L pueden asignarse a los circuitos L. A un flujo de datos de canal particular también se le pueden asignar múltiples circuitos en una o más particiones (por ejemplo, uno o más circuitos en la partición 802a y uno o más circuitos en la partición 802b). Además, a un usuario se le pueden asignar múltiples flujos de datos de canal o un flujo de datos de canal puede compartirse entre múltiples usuarios. Los flujos de datos de múltiples canales también pueden compartir el mismo circuito.

[0140] Cada uno de los circuitos se puede definir para incluir cualquier número de tonos. Se pueden asignar más tonos a los circuitos de alta velocidad y se pueden asignar menos tonos a los circuitos de baja velocidad. Además, a cada circuito se le puede asignar cualquier tono de cualquier símbolo OFDM. De este modo, los tonos de cada símbolo OFDM se pueden asignar a uno o más circuitos. Para mejorar la frecuencia y la diversidad temporal, los tonos para cada circuito se pueden seleccionar de manera que se asignen diferentes tonos de diferentes símbolos OFDM al circuito. Por ejemplo, a un circuito en particular se le puede asignar el tono 1 del primer símbolo OFDM, el tono 2 del segundo símbolo OFDM, etc.

[0141] Se pueden definir y usar diferentes tipos de circuitos para diferentes tipos de servicios. Por ejemplo, se puede definir un primer tipo de circuito para incluir tonos diferentes de diferentes símbolos OFDM, y se puede definir un segundo tipo de circuito para incluir todos los tonos de uno o más símbolos OFDM. El primer tipo de circuito (por ejemplo, en la partición 802a) se puede usar para soportar servicios FDRT, y el segundo tipo de circuito (por ejemplo, en la partición 802b) se puede usar para soportar servicios HDRT y NRT. Con el segundo tipo de circuito, cada símbolo OFDM puede asignarse a un usuario HDRT o NRT en particular.

[0142] Los circuitos pueden definirse como conjuntos estáticos de tonos o pueden configurarse dinámicamente. Por ejemplo, el sistema de comunicación puede definir cada uno de los circuitos disponibles para asignación y, posteriormente, informar a cada terminal de usuario sobre el circuito asignado y su definición (por ejemplo, durante el inicio de la sesión). La definición dinámica de los circuitos permite la personalización de los circuitos para que coincidan con los servicios que se soportan, y puede dar como resultado una mejor utilización de los recursos disponibles.

[0143] Los circuitos pueden definirse como de igual tamaño, teniendo cada circuito la capacidad de transportar un número particular de bits. De forma alternativa, los circuitos pueden estar diseñados para tener diferentes tamaños. Los tamaños de los circuitos pueden basarse en las estadísticas de los usuarios en el sistema de comunicación o en otros criterios. Por ejemplo, se pueden definir más circuitos de baja velocidad si más usuarios utilizan servicios de baja velocidad. De forma alternativa o adicional, los circuitos pueden definirse basándose en los servicios particulares que se soportan y/o los requisitos del usuario. Los circuitos de alta velocidad con más tonos pueden asignarse a servicios de alta velocidad, y los circuitos de baja frecuencia con menos tonos (o transmitidos con menos frecuencia) pueden asignarse a servicios de baja velocidad.

[0144] Los circuitos se definen típicamente a priori, antes del procesamiento de una llamada (por ejemplo, el circuito # 0 incluye los tonos x, y, z, etc.). Se pueden asignar uno o más circuitos para una sesión de comunicaciones en particular, y los circuitos asignados se pueden proporcionar a un terminal de usuario, por ejemplo, a través de mensajes de parámetros del sistema del canal de control que describen cómo se configura el enlace directo.

[0145] La FIG. 8B es un diagrama de un modo de realización específico de una estructura de paquete 820, que puede usarse para transmitir datos en el sistema de comunicación. La estructura de paquete 820 incluye un campo de tipo de paquete 822, un campo de identificador de circuito 824 y un campo de datos 826. El campo de tipo de paquete 822 se utiliza para indicar si el circuito asignado a un terminal de usuario se cambiará para que el próximo paquete se transmita al terminal. El campo de tipo de paquete 822 también se puede utilizar para informar al terminal de usuario de un cambio en el esquema de transmisión. Por ejemplo, para el servicio de voz, el campo de tipo de paquete 822 se puede usar para señalar un cambio de actividad de voz a silencio y viceversa, cada uno de los cuales puede estar asociado con un esquema de transmisión diferente, como se describe a continuación. La Tabla 1 muestra una definición específica para el campo de tipo de paquete 822.

Tabla 1

Valor de tipo de paquete	Definición
00	No hay cambio en el circuito
01	Cambio a nuevo circuito
10	Transición al silencio
11	Transición a la actividad

[0146] Si el campo de tipo de paquete 822 indica que el circuito que se usará para el siguiente paquete será diferente, entonces el campo de identificador de circuito 824 se puede usar para identificar el circuito en particular que se usará para el siguiente paquete. El campo de identificador de circuito 824 puede proporcionar la identidad del nuevo circuito así como también otra información (por ejemplo, el esquema de transmisión), como se describe a continuación. El campo de identificador de circuito 824 se usa típicamente solo si hay información que enviar (por ejemplo, para un cambio en el circuito o el esquema de transmisión). De lo contrario, el campo de identificador de circuito 824 es un campo nulo.

[0147] El campo de datos 826 se puede usar para transportar la carga útil (por ejemplo, datos) para la transmisión. El campo de datos 826 también se puede usar para transportar otra información como, por ejemplo, datos de control, bits CRC, etc.

[0148] El campo de tipo de paquete 822 se puede implementar con pocos bits (por ejemplo, 2 bits), y el campo de identificador de circuito 824 se puede implementar con un pequeño número de bits (por ejemplo, 8-10 bits). Los bits restantes en cada paquete se pueden usar para el campo de datos 826. Esto da como resultado un formato de paquete eficiente en el que se requieren pocos bits de sobrecarga.

[0149] Cada paquete puede dimensionarse para encajar en un circuito en una ranura. Sin embargo, un paquete también puede ser segmentado y transmitido usando múltiples circuitos en una o más ranuras. El tamaño del paquete puede seleccionarse para una transmisión de datos eficiente. Para los servicios que pueden tolerar retardos de procesamiento más largos, las transmisiones de baja velocidad se pueden recopilar y ensamblar en un paquete más grande (por ejemplo, 20 ms o 40 ms de datos) que se pueden procesar y transmitir de manera más eficiente.

[0150] La estructura de paquete 820 soporta la señalización en banda de un cambio en la asignación del circuito y la identidad del nuevo circuito. Esta información también se puede proporcionar a través de un canal de control. El terminal de usuario procesaría entonces el canal de control para recibir cambios en la asignación del circuito. También se pueden usar otros esquemas de señalización para comunicar información de circuito al terminal de usuario y están dentro del alcance de la invención.

[0151] Para los datos de voz, se pueden usar varios esquemas de transmisión para reducir la cantidad de transmisión durante los períodos de silencio (por ejemplo, pausas) o actividad baja. Durante los períodos de silencio, el "ruido de confort" típicamente se envía al terminal de usuario. Este ruido se puede enviar a una velocidad inferior a la del habla completa. En un esquema de transmisión, durante los períodos de silencio, se envía un paquete de velocidad máxima cada X ranuras (por ejemplo, X puede ser 4, 8, 16 o algún otro valor). Este esquema permite que hasta X usuarios compartan el mismo circuito durante los períodos de silencio, y cada usuario se asigna a una de las X ranuras. En otro esquema de transmisión, se puede utilizar un circuito de baja velocidad que incluya menos tonos para enviar ruido de confort. Este circuito de baja velocidad puede enviarse a cada ranura, o cada pocas ranuras (pero típicamente es más frecuente que cada X ranuras). En otro esquema de transmisión, se puede enviar un circuito de velocidad máxima para ruido de confort pero a una velocidad más baja (por ejemplo, utilizando un código de velocidad baja). Este circuito de velocidad máxima es típicamente el mismo que el utilizado para la voz activa. La potencia de

transmisión se puede reducir para este circuito de velocidad máxima durante los períodos de silencio. También se pueden contemplar otros diversos esquemas de transmisión para enviar ruido de confort (u otros datos) a una velocidad de bits más baja y están dentro del alcance de la invención.

[0152] Los esquemas de transmisión descritos anteriormente para reducir la cantidad de transmisión durante los períodos de silencio también se pueden utilizar para cualquier dato que se envíe a una velocidad inferior a la completa. Por ejemplo, la actividad de voz que tiene contenido de baja frecuencia puede representarse utilizando menos bits y puede enviarse utilizando un circuito de baja velocidad o un circuito de velocidad máxima transmitido con menos frecuencia. Se puede informar al terminal de usuario cuando esté a punto de realizarse un cambio en el circuito y/o el esquema de transmisión.

[0153] El formato de paquete 820 soporta el uso de diferentes circuitos para la actividad de voz y el silencio. Cuando un usuario cambia de estado de actividad a silencio, el campo de tipo de paquete 822 para el paquete del usuario puede configurarse de manera apropiada para informar al terminal de usuario para que use el circuito identificado en el campo de identificador de circuito 824 para el siguiente paquete (por ejemplo, ruido). El campo de identificador de circuito 824 también puede identificar la ranura particular utilizada para transportar ruido de confort para este terminal de usuario. A partir de entonces, durante los períodos de silencio, el paquete de ruido puede enviarse cada X ranuras (en un esquema de transmisión) para actualizar el ruido de confort que se reproduce en el terminal. De esta manera, cada circuito utilizado para el silencio puede ser compartido por hasta X usuarios.

[0154] De manera complementaria, se solicita un circuito de velocidad máxima cuando un usuario cambia de estado de silencio a actividad. Un programador recibe la solicitud y asigna al usuario un circuito de velocidad máxima seleccionado a partir de un grupo de circuitos de velocidad máxima disponibles. La identidad del circuito asignado se envía al terminal de usuario en el siguiente paquete.

[0155] Si el conjunto de circuitos de velocidad máxima disponible está vacío, puede producirse recorte de voz hasta que haya un circuito disponible. La probabilidad de recorte de voz puede reducirse regulando adecuadamente el número de llamadas que están conectadas, que es un parámetro que puede ajustarse mediante una política de admisión de llamadas si se detecta el recorte de voz. Si un gran número de usuarios se multiplexan juntos, la ganancia de multiplexación estadística de la actividad de voz es mayor y se reduce la probabilidad de recorte de voz. Se puede diseñar un protocolo de asignación de canal y circuito para minimizar la probabilidad de recorte de voz sin reducir significativamente la ganancia de multiplexación estadística de la actividad de voz.

[0156] Se pueden usar varios esquemas de señalización para señalar al terminal de usuario que la actividad de voz ha cambiado de silencio a activa. En un esquema, la señalización se logra en banda utilizando, por ejemplo, el campo de tipo de paquete 822 en el paquete de ruido de confort. Como se indicó anteriormente, el paquete de ruido puede enviarse cada X-ésima ranuras para algunos esquemas de transmisión. Para reducir los retardos de señalización durante los períodos de silencio, se pueden enviar paquetes de ruido más pequeños a una velocidad mayor utilizando circuitos más pequeños. En otro esquema de señalización, se puede usar un canal de control para informar al terminal de usuario que se ha producido la transición a la voz de velocidad máxima y para enviar la identidad del circuito que se usará para el siguiente paquete de velocidad máxima. Para este esquema de señalización, los terminales que están en períodos de silencio supervisan el canal de control para recibir la información del circuito.

[0157] Se pueden implementar varios mecanismos para garantizar que los cambios a los nuevos circuitos se logren adecuadamente. En un mecanismo, el terminal de usuario envía una confirmación a la estación base cada vez que recibe un paquete que contiene un cambio de circuito. Para reducir la cantidad de gastos generales, el terminal puede enviar un solo bit a la estación base después de recibir un paquete de cambio de circuito. Este bit de confirmación informa a la estación base que el terminal ha descodificado con éxito el paquete anterior y está listo para recibir datos usando el nuevo circuito. La estación base puede continuar transmitiendo usando el circuito antiguo hasta que reciba la confirmación. Al recibir la confirmación, la estación base transmite utilizando el nuevo circuito, y el circuito antiguo se coloca nuevamente en el conjunto de circuitos disponibles.

[0158] Se pueden usar varios esquemas para manejar falsas confirmaciones de cambios de circuito que pueden aparecer por varias razones. Por ejemplo, una confirmación falsa puede aparecer como consecuencia de que un terminal de usuario descodifique el paquete por error y no envíe un bit de confirmación, sino que la estación base detecte falsamente una transmisión del bit de confirmación. En este caso, la estación base comienza a transmitir en el nuevo circuito mientras el terminal continúa descodificando el circuito antiguo. También puede producirse una confirmación falsa si el terminal de usuario descodifica correctamente el paquete y envía un bit de confirmación, pero la estación base no puede detectar la confirmación. En este caso, la estación base continúa transmitiendo en el circuito antiguo mientras el terminal comienza a descodificar el nuevo circuito.

[0159] La probabilidad de una confirmación falsa puede reducirse utilizando un protocolo de confirmación mejorada. Por ejemplo, el bit de confirmación puede codificarse de tal manera que el error de transmisión se pueda detectar y/o corregir. También se puede implementar un esquema de recuperación mediante el cual el terminal de usuario informa a la estación base cada vez que pierde el enlace directo (por ejemplo, como resultado de que el terminal descodifica el nuevo circuito mientras la estación base transmite en el circuito antiguo, o viceversa). Como parte del esquema de

recuperación, la estación base puede enviar un mensaje de asignación de circuito al terminal en un canal de control cada vez que recibe un mensaje de canal perdido. A continuación, el terminal puede reiniciarse utilizando la información incluida en el mensaje de asignación de circuitos. Se pueden diseñar otros mecanismos para garantizar que los cambios en los circuitos se implementen correctamente y que estén dentro del alcance de la invención.

[0160] Como se indicó anteriormente, una partición se puede compartir mediante la multiplexación de múltiples usuarios en los mismos símbolos OFDM utilizando la conmutación de paquetes. En este esquema de multiplexación, cada paquete incluye una identificación del usuario específico para el cual está destinado el paquete. Cada paquete se puede transmitir, por ejemplo, utilizando uno de los circuitos descritos anteriormente. Sin embargo, en este esquema, los circuitos no se asignan individualmente a los usuarios. En lugar de eso, cada terminal de usuario procesa todos los paquetes transmitidos, extrae la identificación del usuario en cada paquete, descodifica el paquete dirigido hacia el terminal e ignora los paquetes restantes. Se pueden definir y usar circuitos de diferentes tamaños para transmitir datos de manera eficiente.

[0161] La FIG. 8C es un diagrama de un modo de realización específico de una estructura de paquete 840, que puede usarse para transmitir datos dirigidos por el usuario. La estructura de paquete 840 incluye un campo de identificador de usuario (ID) 842 y un campo de datos 844. El campo de ID de usuario 842 incluye la identidad del usuario específico para el cual está destinado el paquete y el campo de datos 844 contiene la carga útil del paquete (por ejemplo, los datos). El ID de usuario se puede asignar a cada usuario, por ejemplo, durante el inicio de sesión.

[0162] El campo de ID de usuario 842 puede implementarse como un preámbulo utilizando un esquema de codificación que es diferente al utilizado para el campo de datos 844. Por ejemplo, la ID de usuario puede ser una secuencia de Walsh particular o un desviación de PN asignada al terminal de usuario. Esto permite que el terminal de usuario determine rápidamente si el paquete está destinado para el mismo. De forma alternativa, la ID de usuario puede implementarse como una secuencia codificada.

[0163] Un campo de ID de usuario de 8 bits 842 puede soportar hasta 256 usuarios. Para un paquete de velocidad máxima, la sobrecarga de ID de usuario no afecta significativamente a la eficiencia de la transmisión. Para paquetes de menor velocidad, la sobrecarga puede ser una parte más grande del paquete y la eficiencia puede verse comprometida. La sobrecarga para paquetes de velocidad más baja se puede reducir acumulando y transmitiendo datos de velocidad más baja en paquetes de velocidad máxima que pueden enviarse con menos frecuencia.

[0164] La FIG. 10 es un diagrama de bloques de un modo de realización de un procesador de datos 1012 y un modulador 1014 que puede usarse para multiplexar múltiples usuarios en los mismos tonos OFDM usando códigos ortogonales (por ejemplo, Walsh). De forma similar a la FIG. 9, los flujos de datos de canal S_1 a S_L se pueden usar para transportar datos para los usuarios y para control, señalización, radiodifusión y otros canales generales. Cada flujo de datos de canal se proporciona a un codificador respectivo 1022 que codifica los datos recibidos con un esquema de codificación particular seleccionado para ese canal. A continuación, los flujos de datos codificados X_1 a X_L de los codificadores 1022a a 1022l se proporcionan a los multiplicadores respectivos 1024a a 1024l, que también reciben los factores de escalado respectivos G_1 a G_L . Cada multiplicador 1024 escala el flujo de datos recibido con el factor de escalado recibido para proporcionar control de potencia para el flujo de datos.

[0165] Los flujos de datos de escalado de los multiplicadores 1024a a 1024l se proporcionan a continuación a los respectivos multiplicadores 1026a a 1026l, que también reciben las respectivas secuencias de Walsh W_1 a W_L . Cada multiplicador 1026 cubre el flujo de datos recibido con la secuencia de Walsh recibida para proporcionar un flujo de datos cubierto. Los flujos de datos cubiertos de los multiplicadores 1026a a 1026l se proporcionan y se combinan con un sumador 1027 para generar un flujo de datos combinado. Un elemento de asignación de símbolos 1028 recibe el flujo de datos combinado e intercala los datos en el flujo para proporcionar diversidad temporal. La salida del elemento de asignación de símbolos 1028 es un flujo de vectores de símbolos de modulación V , que a continuación se proporciona al modulador 1014.

[0166] El modulador 1014 incluye una IFFT 1030, un generador de prefijo cíclico 1032 y un convertidor ascendente 1034 que funcionan de manera similar a la IFFT 930, el generador de prefijo cíclico 932 y el convertidor ascendente 934, respectivamente, en la FIG. 9. El modulador 1014 genera una señal modulada de RF que se transmite desde una antena 1016.

[0167] En el modo de realización mostrado en la FIG. 10, los datos de cada usuario se cubren con una secuencia de Walsh respectiva y se transmiten a través de tonos comunes. Estos tonos llevan datos asociados con uno o más usuarios. Para múltiples usuarios, la ortogonalidad de los datos del usuario se mantiene mediante el uso de las secuencias de Walsh.

[0168] En un modo de realización específico, la longitud de las secuencias de Walsh se ajusta al número de tonos para cada símbolo OFDM. Por ejemplo, las secuencias de Walsh de longitud 128 se pueden usar para los símbolos OFDM que tienen 128 tonos. Los 128 chips de cada secuencia de Walsh se pueden transmitir en los 128 tonos de un símbolo OFDM. Sin embargo, también se pueden usar otras longitudes de secuencia de Walsh y están dentro del alcance de la invención. Además, cada secuencia de Walsh se puede asignar a múltiples símbolos OFDM o una parte

de un símbolo OFDM, y estas variaciones están dentro del alcance de la invención. Por ejemplo, si las secuencias de Walsh tienen una longitud de 64 y cada símbolo OFDM tiene 128 tonos, entonces se pueden asignar dos conjuntos de secuencias de Walsh a cada símbolo OFDM.

5 **[0169]** Se pueden usar varios esquemas de modulación para modular los símbolos OFDM que se han cubierto. Estos esquemas de modulación incluyen QPSK, QAM y otros.

10 **[0170]** En un terminal de usuario, los tonos se procesan y se descodifican con la secuencia de Walsh particular asignada a ese terminal. Dado que los datos para múltiples usuarios se han cubierto con secuencias de Walsh ortogonales, los datos que se cubrieron previamente con la secuencia de Walsh en particular se pueden recuperar mediante descodificación con la misma secuencia de Walsh. Los datos cubiertos anteriormente con otras secuencias de Walsh son ortogonales e (idealmente) suman cero en el proceso de recuperación.

15 **[0171]** Si los datos cubiertos de Walsh (es decir, las secuencias de Walsh) se transmiten a través de múltiples tonos del símbolo OFDM, la ortogonalidad de las secuencias de Walsh puede disminuir si los tonos se atenúan de forma independiente. Esto puede ocurrir, por ejemplo, con atenuación selectiva de frecuencia. Si la respuesta de frecuencia del canal de transmisión no es plana, se puede usar la ecualización del canal para recuperar la ortogonalidad. La ecualización se puede lograr determinando la ganancia del canal para cada tono en el símbolo OFDM y utilizando las ganancias del canal determinadas para igualar el canal y hacerlo aproximadamente plano. Por ejemplo, si un tono particular tiene una pérdida de canal de Y dB de un valor nominal, ese tono puede ser aumentado por Y dB por el terminal de usuario. De esta manera, la ortogonalidad se puede conservar en presencia de atenuación selectiva de frecuencia.

25 **[0172]** Dado que varios usuarios comparten los mismos tonos en este esquema de multiplexación, la potencia de transmisión de cada usuario puede controlarse para utilizar de manera eficiente el recurso disponible. La potencia de transmisión para los usuarios que tienen una mayores relaciones señal/ruido más interferencia (E_b/I_0) se puede reducir mientras se mantiene un nivel particular de rendimiento. A continuación, el ahorro en la potencia de transmisión se puede utilizar para algunos otros usuarios. El control de potencia se puede lograr, por ejemplo, utilizando un esquema similar al utilizado en el sistema CDMA IS-95, en el que un terminal de usuario envía un comando de control de potencia (por ejemplo, un bit de borrado de trama) a la estación base, que a continuación ajusta su potencia de transmisión a este terminal en consecuencia.

35 **[0173]** Los esquemas de multiplexación descritos anteriormente se pueden usar para varias aplicaciones. Por ejemplo, estos esquemas se pueden usar para aplicaciones móviles, fijas y otras.

40 **[0174]** Para una aplicación fija, se puede usar una antena direccional en la estación base para las transmisiones de enlace directo, y se pueden proporcionar dos antenas receptoras en el terminal del usuario para lograr la diversidad de recepción. Esta configuración puede proporcionar una alta relación portadora/interferencia (C/I), que da como resultado una gran capacidad (por ejemplo, se puede dar servicio a un centenar o más de usuarios de voz a 1,25 MHz en el enlace directo). Para el esquema de multiplexación de cobertura de Walsh, las estimaciones de canal pueden ser más precisas para aplicaciones fijas y donde se despliegan antenas direccionales. Esto permite una ecualización más precisa del canal de transmisión para mantener la ortogonalidad de los datos cubiertos por Walsh.

45 **[0175]** Para la aplicación móvil, la transferencia suave, como la empleada en los sistemas ISMA-95 CDMA, puede usarse para transferir un terminal de usuario móvil desde una estación base a otra. Para lograr una transferencia suave, un controlador de estación base puede solicitar que todas las estaciones base en transferencia suave envíen los paquetes del usuario en un circuito común o tonos OFDM comunes. Las estaciones base se pueden coordinar para lograr esto. De forma alternativa, las estaciones base en transferencia suave pueden transmitir paquetes en circuitos disponibles para ellos. El terminal de usuario puede digitalizar la señal recibida y procesar las muestras para recuperar los paquetes transmitidos por las estaciones base. El procesamiento de las transmisiones desde las estaciones base se puede realizar utilizando diferentes parámetros (por ejemplo, diferentes desviaciones de PN, diferentes circuitos). El terminal de usuario también puede combinar los resultados procesados (de forma similar a lo realizado por un receptor de espectro distribuido) para generar un resultado combinado que tenga un rendimiento mejorado.

55 **[0176]** Los esquemas de multiplexación, transmisión y señalización anteriores se han descrito para la transmisión de enlace directo desde la estación base al terminal de usuario. Al menos algunos de los conceptos descritos en el presente documento se pueden aplicar para la transmisión de enlace inverso desde el terminal de usuario a la estación base.

60 **[0177]** Como se ha mostrado anteriormente, la unidad transmisora y la unidad receptora están ambas implementadas con diversas unidades de procesamiento que incluyen diversos tipos de procesadores de datos, codificadores, IFFT, FFT, desmultiplexores, combinadores, etc. Estas unidades de procesamiento pueden implementarse de diversas maneras, tal como un circuito integrado específico para la aplicación (ASIC), un procesador de señales digitales, un microcontrolador, un microprocesador, u otros circuitos electrónicos diseñados para realizar las funciones descritas en el presente documento. Además, las unidades de procesamiento pueden implementarse

con un procesador de propósito general o un procesador especialmente diseñado, operado para ejecutar códigos de instrucción que logran las funciones descritas en el presente documento. Por lo tanto, las unidades de procesamiento descritas en el presente documento pueden implementarse usando hardware, software, o una combinación de ambos.

- 5 **[0178]** La descripción anterior de los modos de realización preferentes se proporciona para permitir que cualquier experto en la técnica realice o use la presente invención. Diversas modificaciones de estos aspectos resultarán fácilmente evidentes a los expertos en la técnica, y los principios genéricos definidos en el presente documento pueden aplicarse a otros modos de realización sin el uso de la facultad inventiva. Por lo tanto, la presente invención no pretende limitarse a los modos de realización mostrados en el presente documento, sino que se le concede el alcance más
- 10 amplio compatible con los principios y características novedosas divulgados en el presente documento.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para generar flujos de datos en un sistema de comunicación inalámbrica de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO, que tiene una pluralidad de usuarios, que comprende:
5 obtener al menos un flujo de datos ($X_1 \dots X_K$) para cada usuario de la pluralidad de usuarios;

 obtener una secuencia ortogonal ($W_1 \dots W_K$) para cada usuario en la pluralidad de usuarios;
10 escalar el al menos un flujo de datos ($X_1 \dots X_K$) para cada usuario con un factor de escalado respectivo ($G_1 \dots G_K$) para proporcionar un ajuste de potencia para el al menos un flujo de datos ($X_1 \dots X_K$); y

 multiplicar el al menos un flujo de datos escalado ($X_1 \dots X_K$) para cada usuario con la secuencia ortogonal ($W_1 \dots W_K$) para que el usuario obtenga al menos un flujo de datos multiplicado para cada uno de la pluralidad
15 de usuarios;

 combinar el al menos un flujo de datos multiplicado para cada uno de la pluralidad de usuarios para generar un flujo de datos combinado; e

20 intercalar los datos en el flujo de datos combinado para proporcionar diversidad temporal.
2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que las secuencias ortogonales ($W_1 \dots W_K$) son secuencias de Walsh.
- 25 3. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además:

 transmitir el flujo de datos combinado a cada uno de la pluralidad de usuarios.
- 30 4. Un aparato de comunicación inalámbrica en un sistema de comunicación inalámbrica de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO, que tiene una pluralidad de usuarios, que comprende:

 medios para obtener (1022a...1022k) al menos un flujo de datos ($X_1 \dots X_K$) para cada usuario de la pluralidad de usuarios;

35 medios para obtener una secuencia ortogonal ($W_1 \dots W_K$) para cada usuario en la pluralidad de usuarios;

 medios para escalar (1024a...1024k) el al menos un flujo de datos ($X_1 \dots X_K$) para cada usuario con un factor de escalado respectivo ($G_1 \dots G_K$) para proporcionar un ajuste de potencia para el al menos un flujo de datos;
40 y

 medios para multiplicar (1026a...1026k) el al menos un flujo de datos escalado ($X_1 \dots X_K$) para cada usuario con una secuencia ortogonal ($W_1 \dots W_K$) para que el usuario obtenga al menos una flujo de datos multiplicado para cada uno de la pluralidad de usuarios;

45 medios (1027) para combinar el al menos un flujo de datos multiplicado para cada uno de la pluralidad de usuarios para generar un flujo de datos combinado; y

 medios (1028) para intercalar los datos en el flujo de datos combinado para proporcionar diversidad temporal.
50

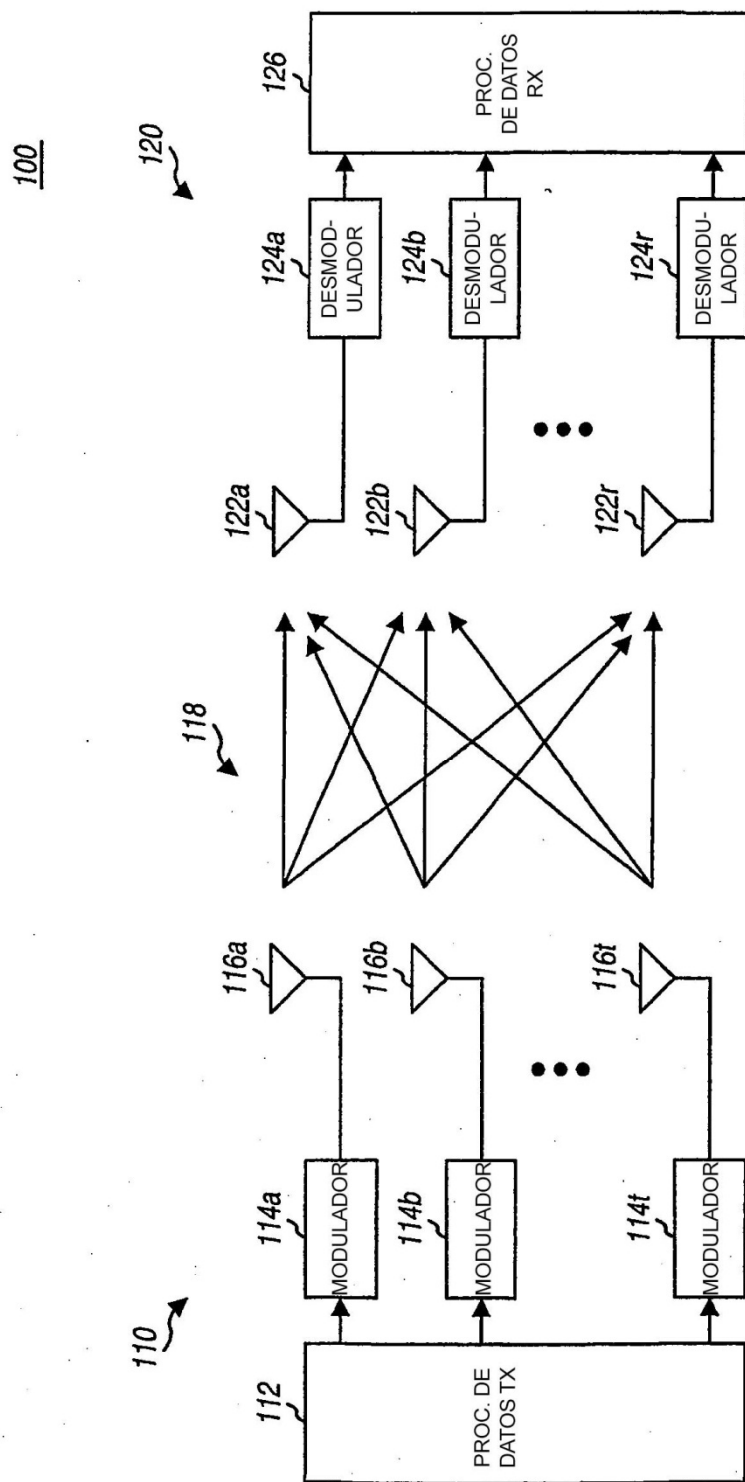


FIG. 1

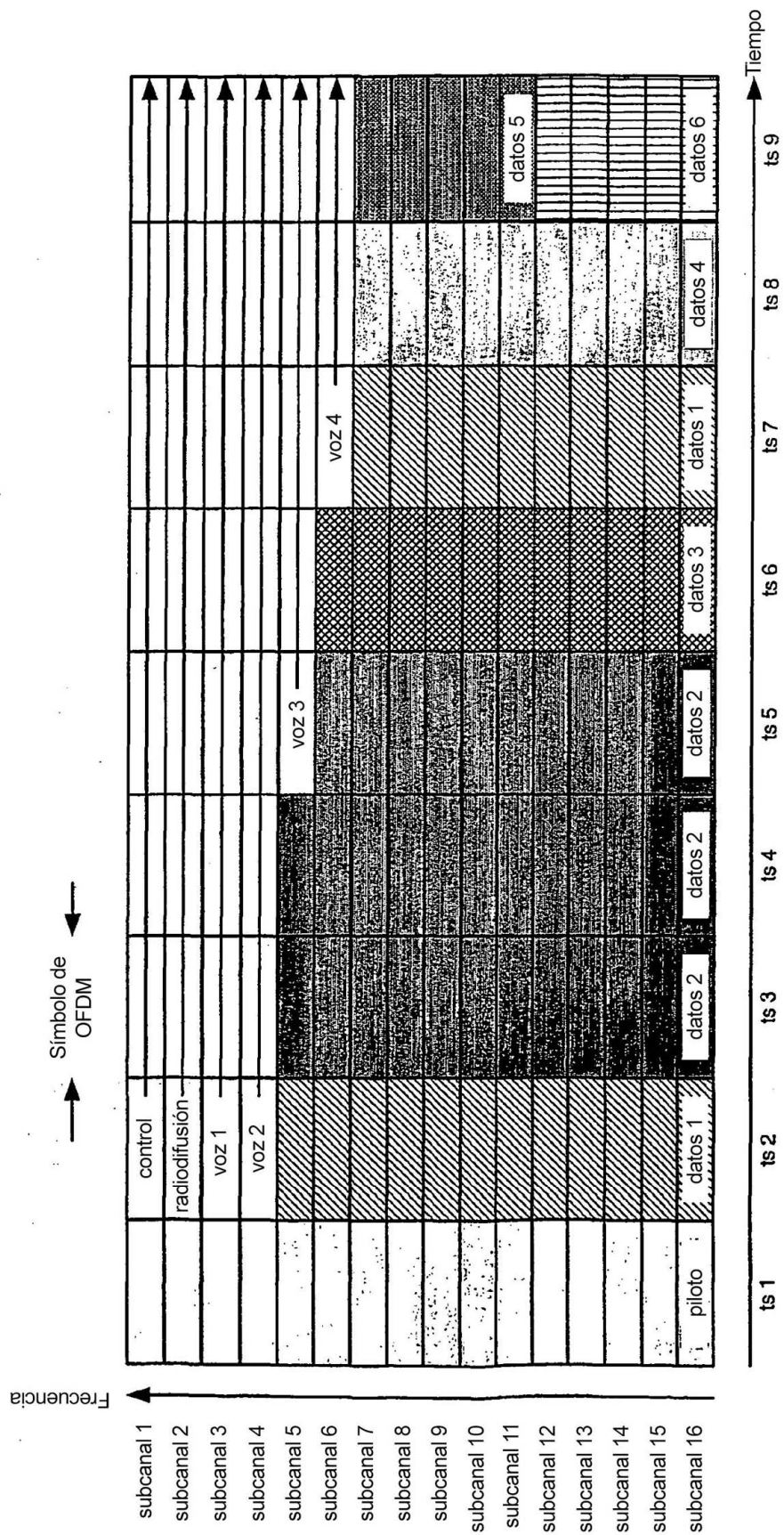


FIG. 2

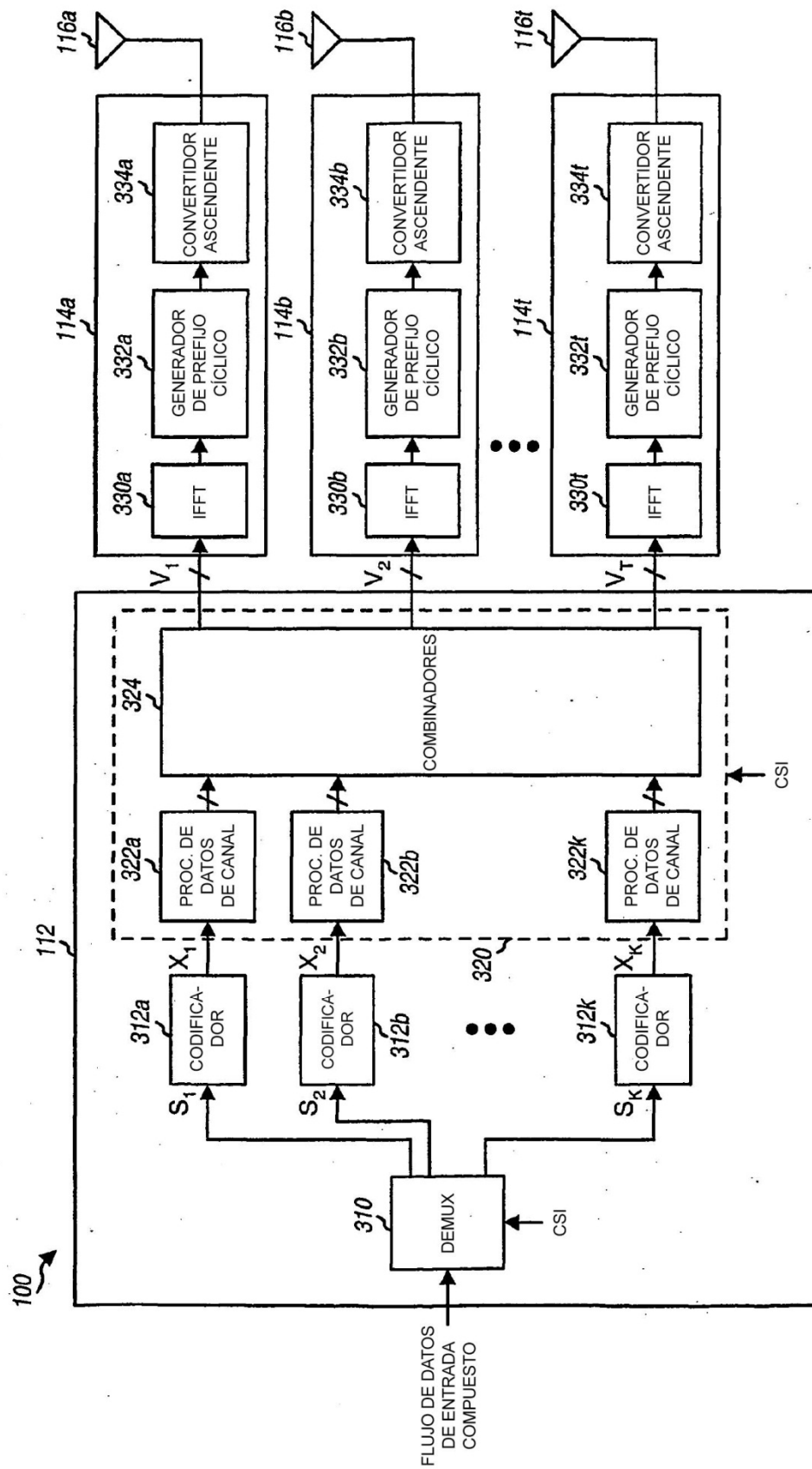


FIG. 3

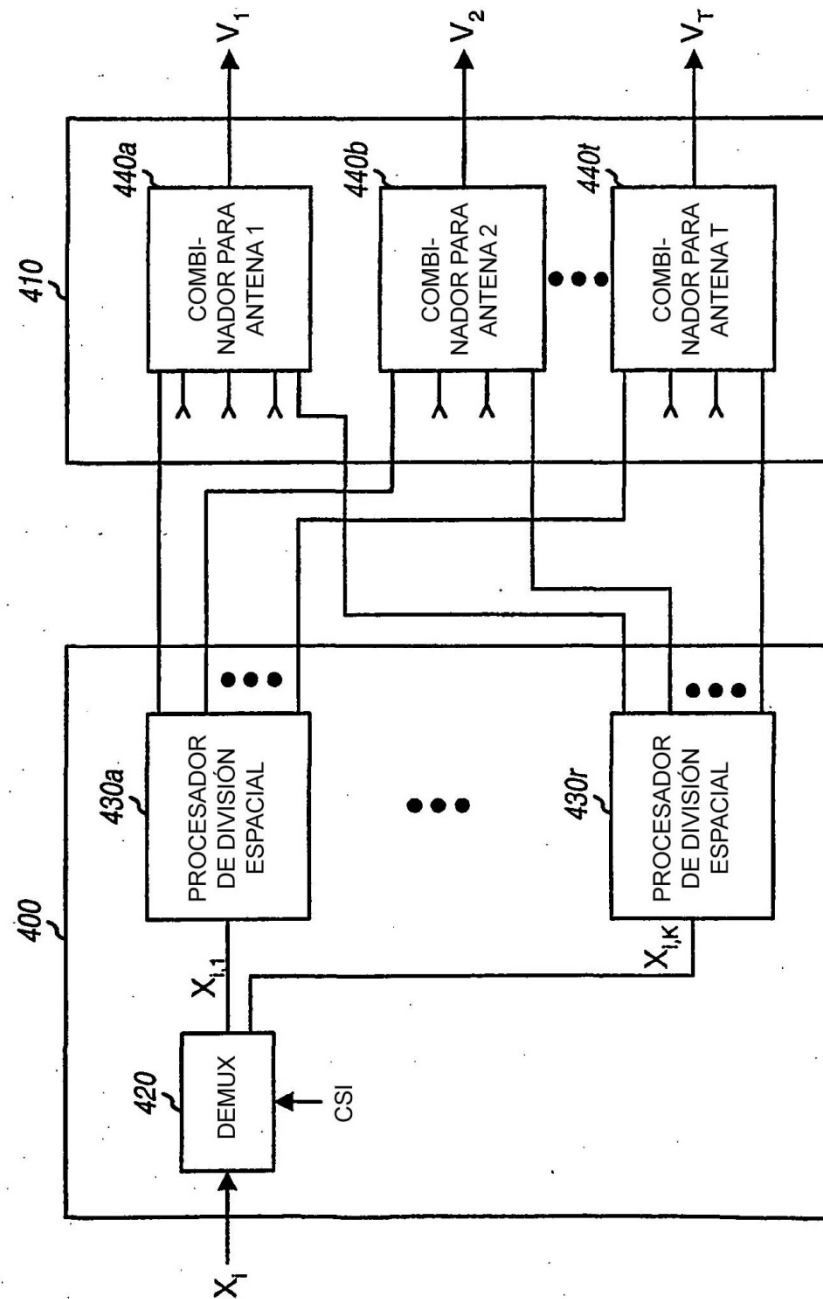


FIG. 4A

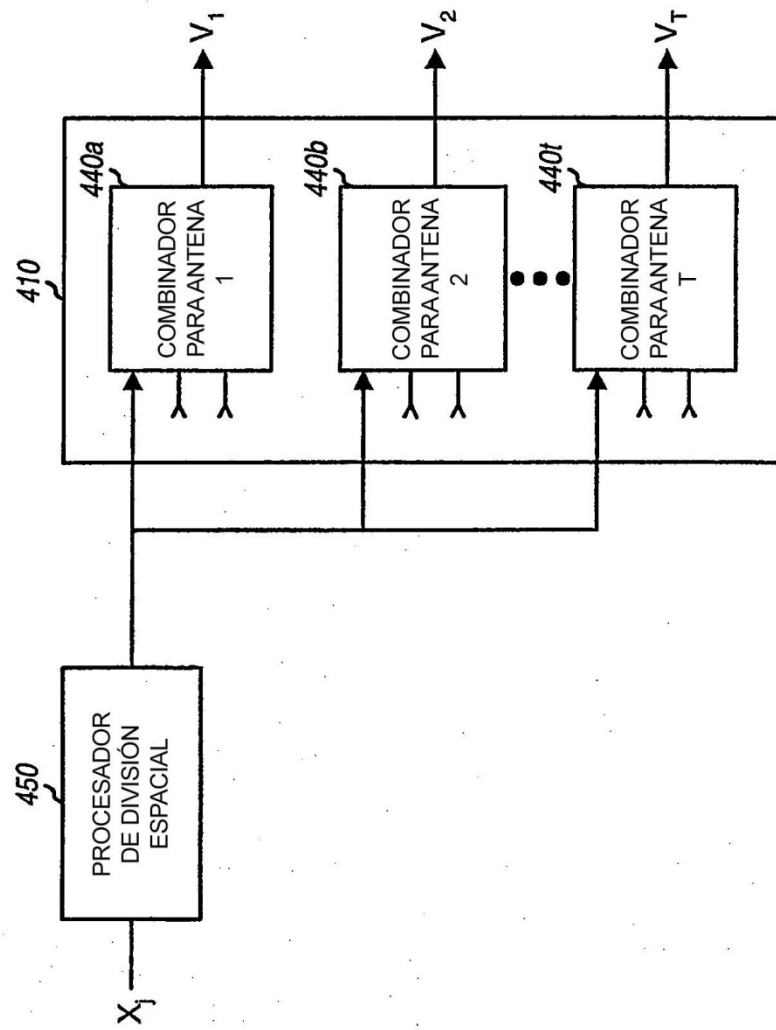


FIG. 4B

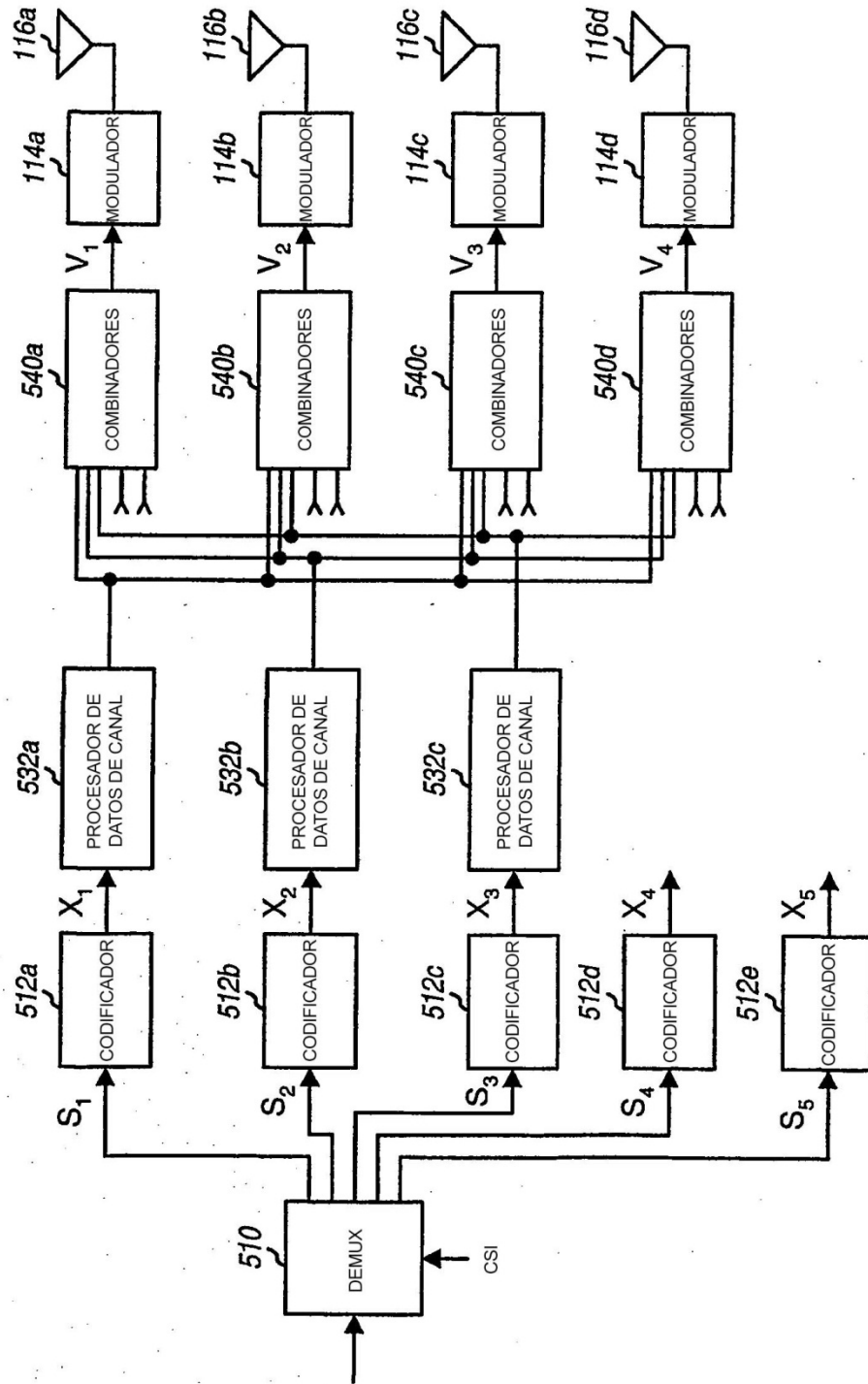


FIG. 5A

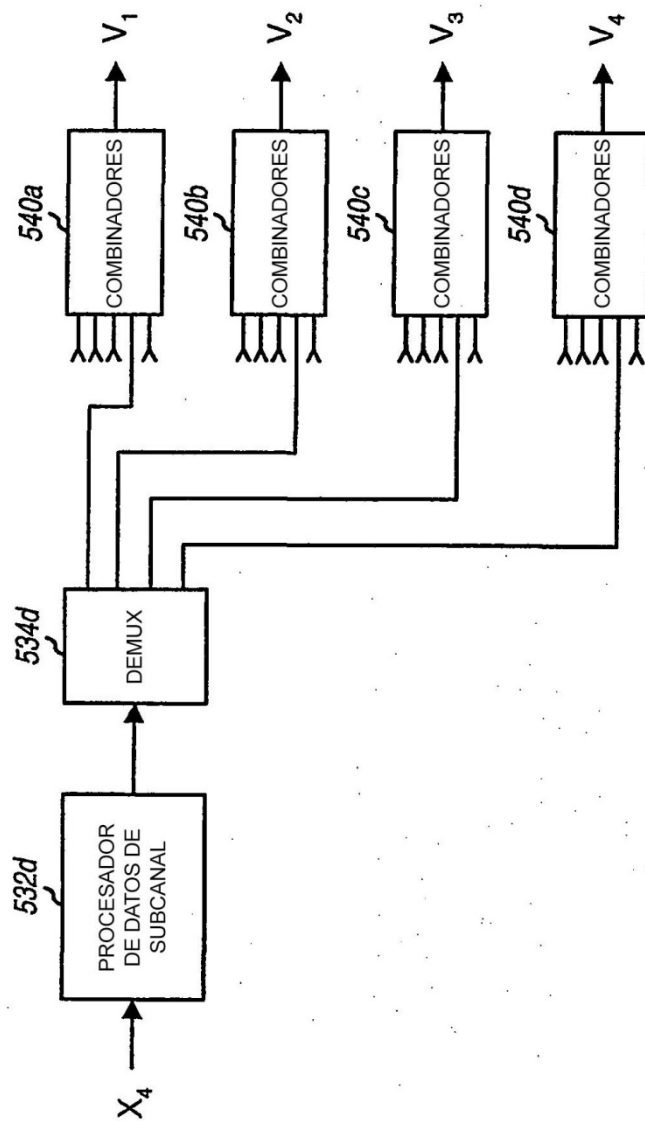


FIG. 5B

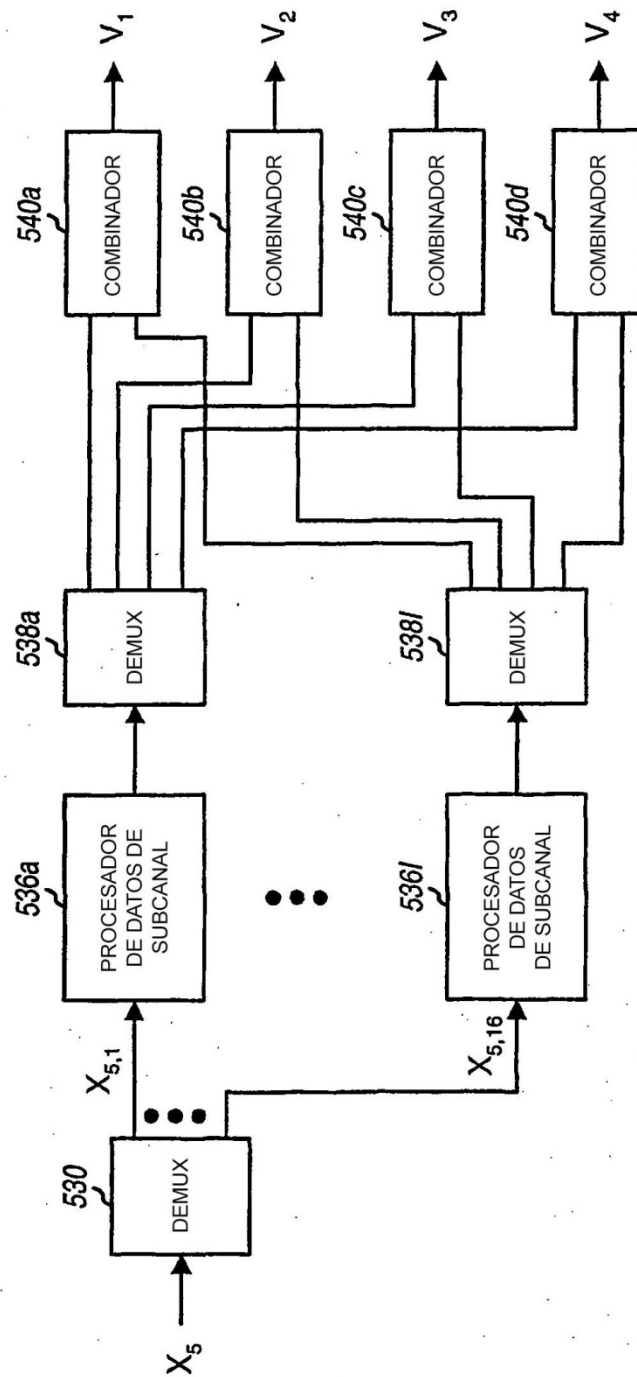


FIG. 5C

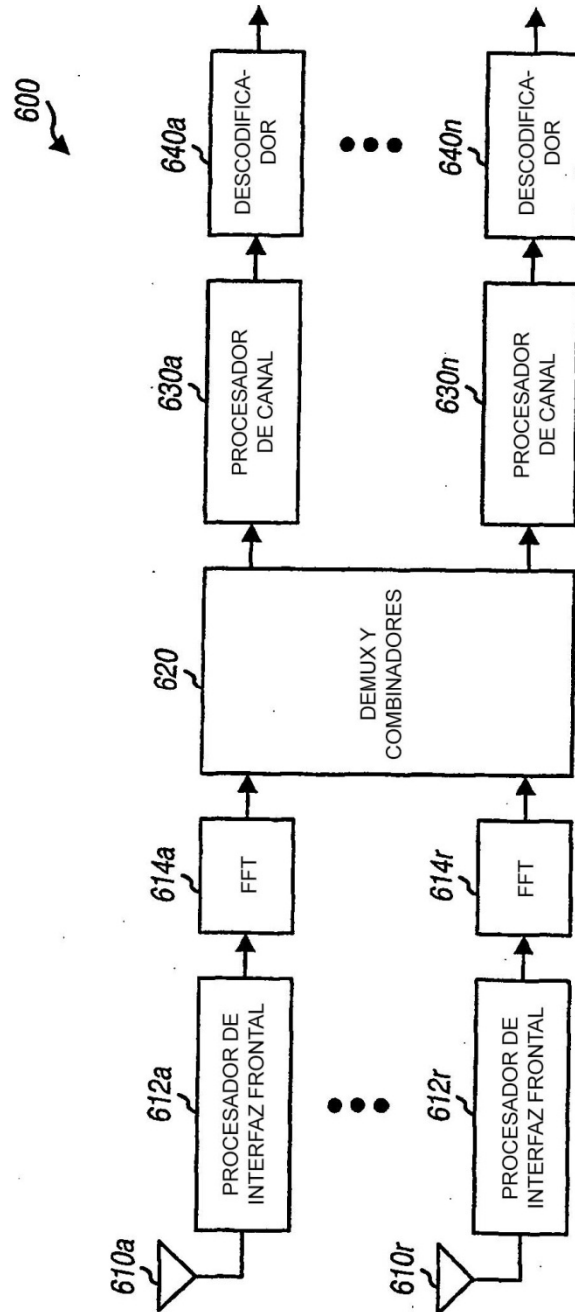


FIG. 6

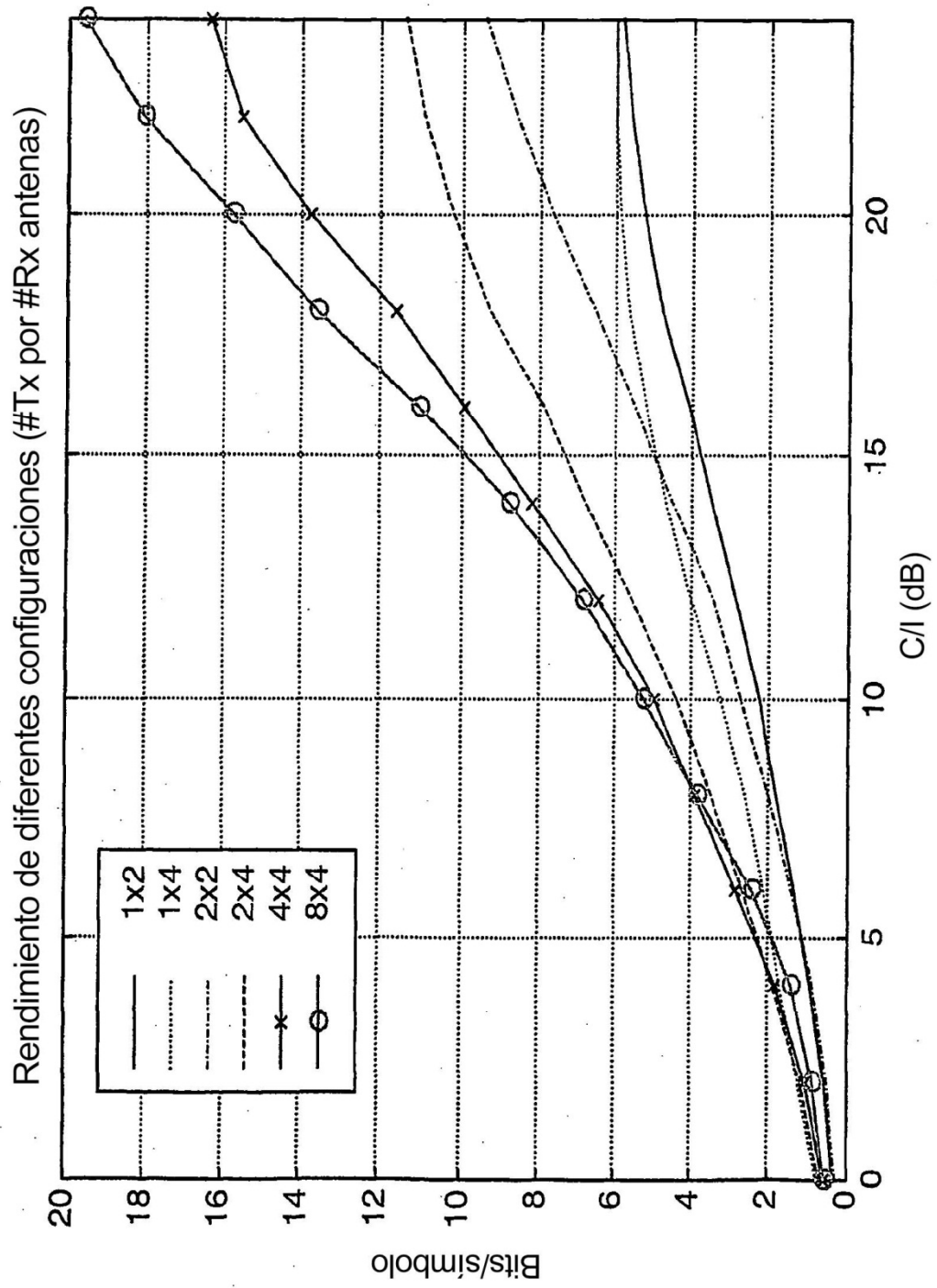


FIG. 7

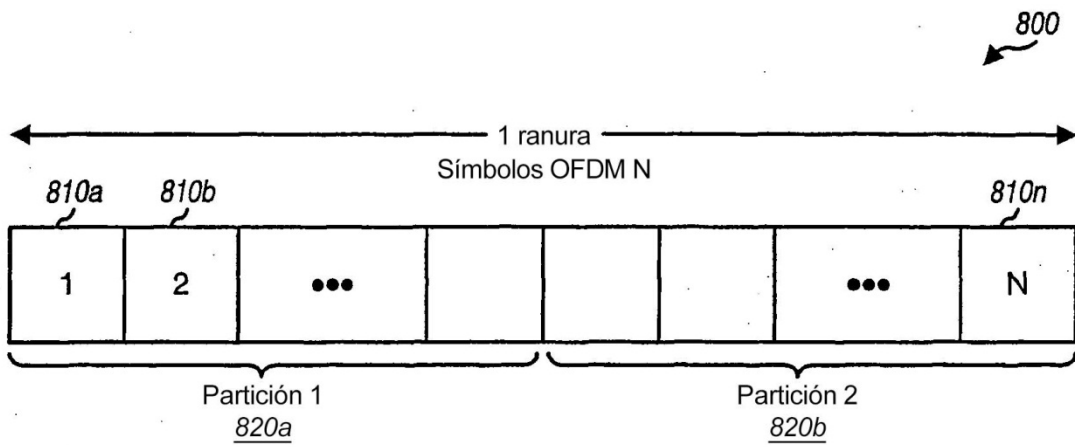


FIG. 8A

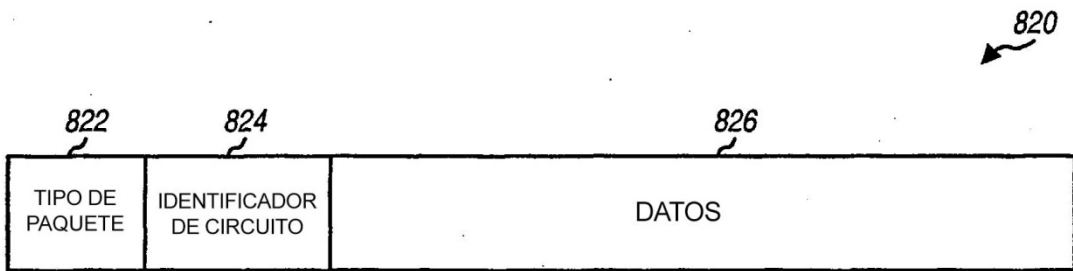


FIG. 8B

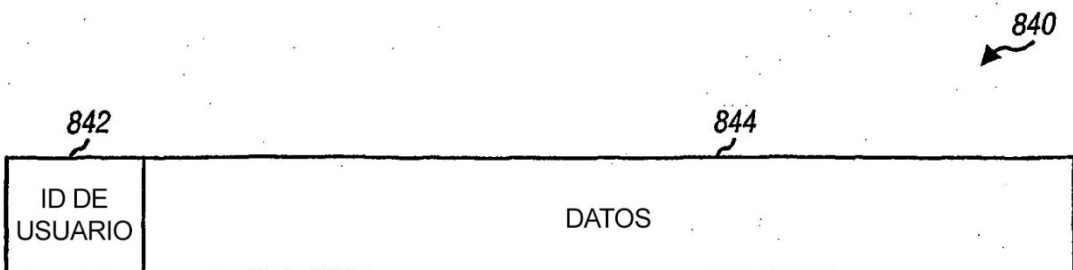


FIG. 8C

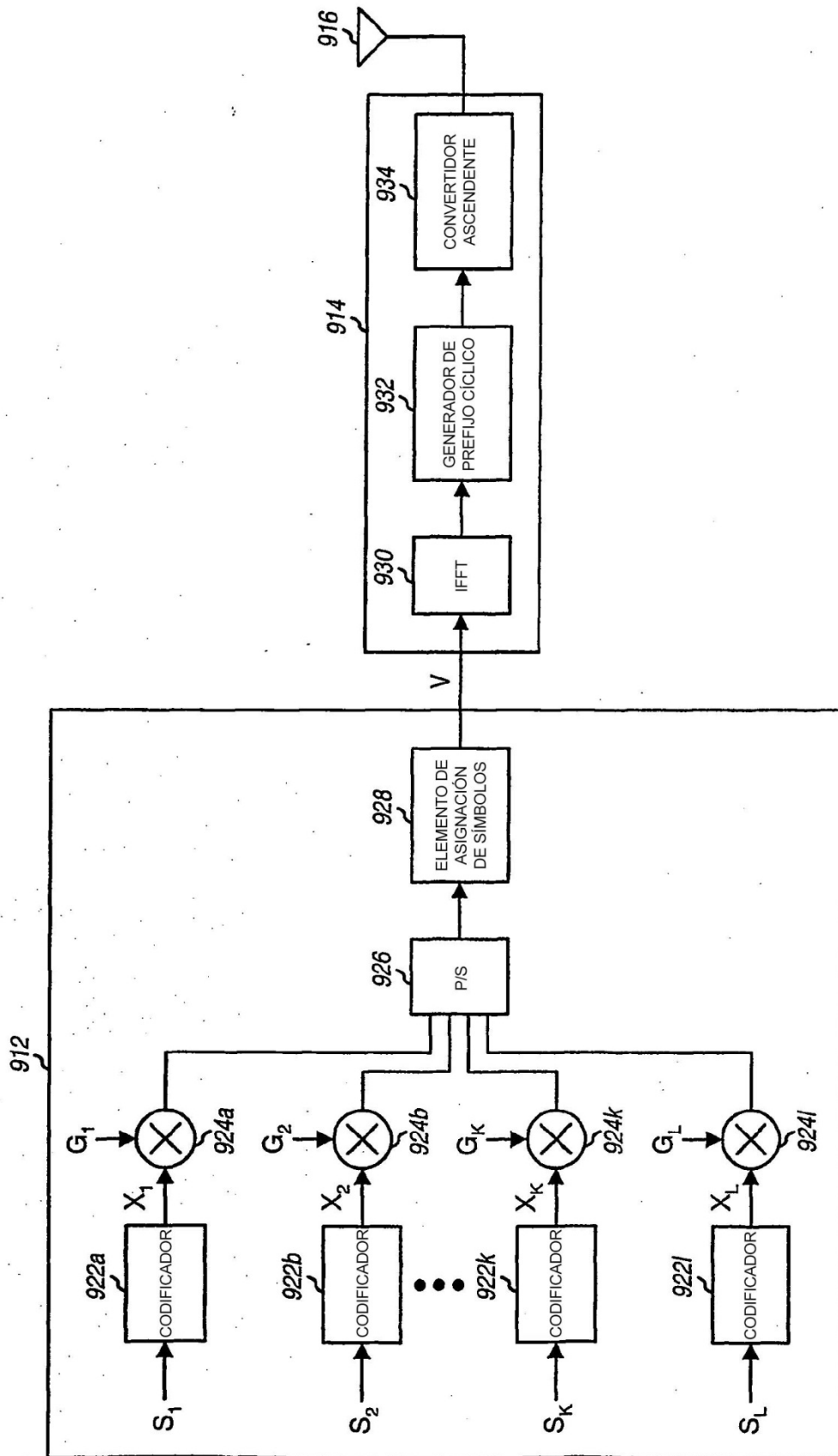


FIG. 9

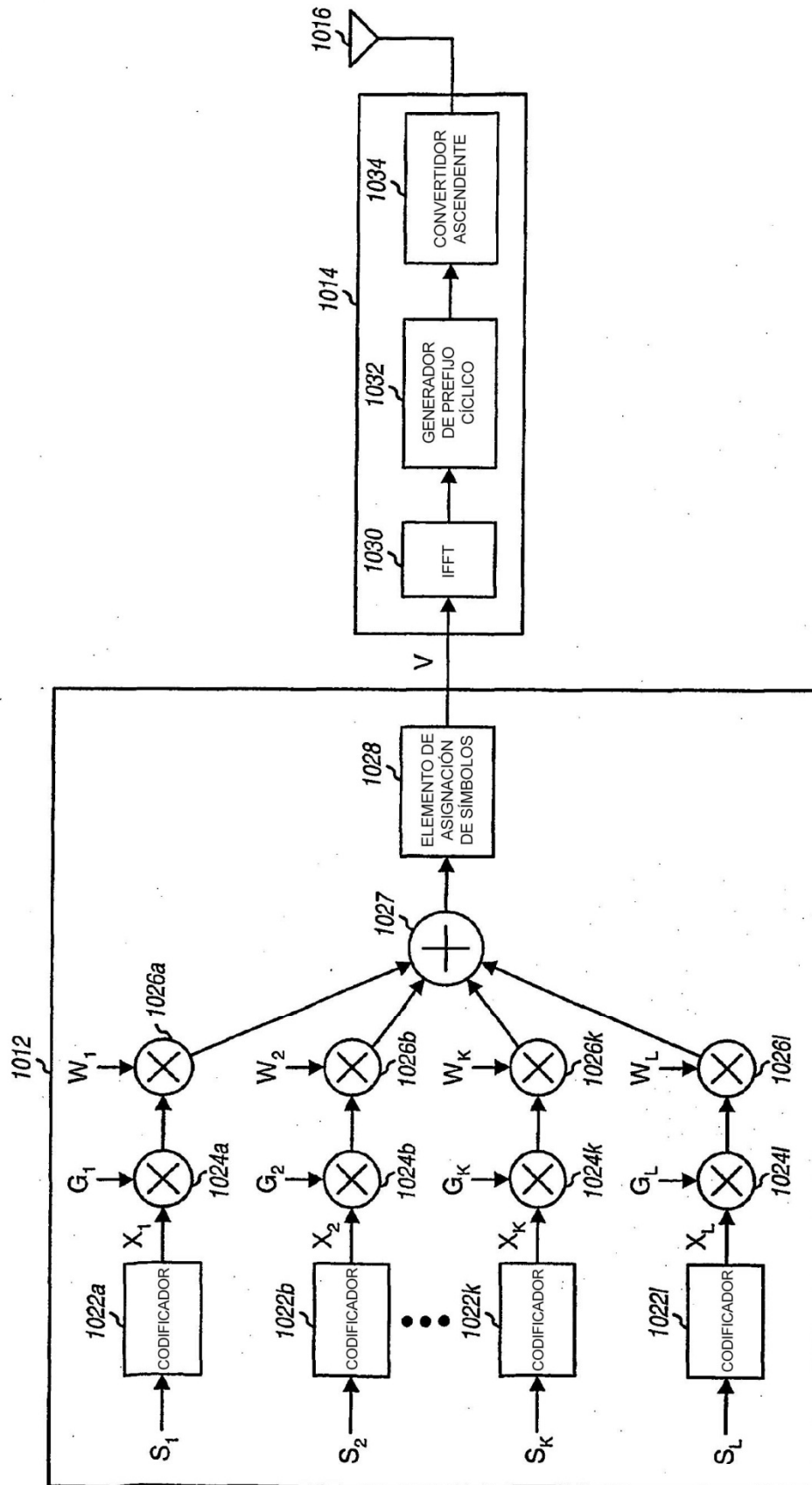


FIG. 10