

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 673 186**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/02** (2008.01)

**H04W 88/08** (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.12.2008 PCT/EP2008/011138**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.07.2010 WO10075864**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.12.2008 E 08875131 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.04.2018 EP 2374219**

54 Título: **Un procedimiento para comunicaciones móviles distribuidas, sistema correspondiente y producto de programa informático**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**20.06.2018**

73 Titular/es:

**TELECOM ITALIA S.P.A. (100.0%)  
Via Gaetano Negri, 1  
20123 Milano, IT**

72 Inventor/es:

**BOLDI, MAURO;  
GIANOLA, PAOLO;  
MELIS, BRUNO y  
RUSCITTO, ALFREDO**

74 Agente/Representante:

**SALVA FERRER, Joan**

ES 2 673 186 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

Un procedimiento para comunicaciones móviles distribuidas, sistema correspondiente y producto de programa informático

5

Campo de la invención

**[0001]** Esta divulgación se refiere a técnicas para proporcionar acceso por radio en la comunicación móvil.

10 **[0002]** Más específicamente, esta divulgación ha sido desarrollada prestando atención a su posible uso en redes que emplean sistema de antena distribuidos (DAS).

Descripción de la técnica relacionada

15 **[0003]** Un sistema DAS incluye una o más unidades centrales (CU) conectadas preferiblemente por medio de un enlace de fibra a una pluralidad de unidades remotas (RU). La o cada unidad central está conectada a la red del operador de telecomunicaciones.

20 **[0004]** La figura 1 muestra una arquitectura DAS convencional donde una unidad central CU recibe los datos a través de una interfaz IF. La unidad central CU realiza las operaciones de procesamiento de señal de un equipo estación base (BS). Incluye un bloque 10 para aplicar los protocolos de capa más alta (L2/L3), como Control de Recurso de Radio (RRC), Control de Enlace de Radio (RLC) y Control de Acceso al Medio (MAC), y un bloque 12 para realizar las operaciones de procesamiento de la señal de capa física (L1) hasta la generación de una señal digital de banda base compuesta CDS.

25

**[0005]** La señal digital de banda base compuesta luego se convierte de eléctrica a óptica (E/O) por medio de un bloque 14 y se transmite sobre un enlace de fibra 16 a las unidades remotas RU.

30 **[0006]** Cada unidad remota RU recibe la señal de banda base compuesta CDS que se convierte primero de óptica a eléctrica (O/E) por medio del bloque 18.

**[0007]** La señal luego se filtra por un bloque delantero 20, se convierte de digital a analógica (D/A) en un bloque 22, se convierte ascendentemente de banda base a radiofrecuencia (RF) y se amplifica mediante un amplificador de potencia en el bloque 24, y se radia mediante las antenas TX.

35

**[0008]** La figura 1 muestra una unidad remota RU equipada con antenas  $K_m$  TX (donde  $K_m > 1$ ). Tal unidad remota RU permite aplicar un sistema de antena reconfigurable en el cual el diagrama de radiación de la serie de antenas de la RU se controla remotamente en base a celdas por medio de comandos de operación y mantenimiento (O&M). Por ejemplo, el diagrama de radiación de la serie de antenas de las unidades remotas RU puede modificarse por medio de un bloque 26 que aplica una operación de ponderación de celdas en la que un conjunto de  $K_m$  cargas de formación de haz complejas se aplica al nivel digital en las señales de banda base compuestas CDS para ser radiadas desde las antenas TX. Las cargas de formación de haz se calculan mediante un sistema de administración de red y se proporcionan a las unidades remotas RU en forma de parámetros de configuración semiestáticos. Estas cargas de formación de haz pueden adaptarse a largo plazo según las variaciones de tráfico o los cambios en la configuración de la red. Una descripción de dicha arquitectura DAS reconfigurable se describe en el documento WO 2006/102919.

50 **[0009]** Las etapas de procesamiento de señal anteriores se refieren a la transmisión de enlace de bajada. En la transmisión de enlace de subida pueden realizarse las operaciones inversas ambas en las unidades remotas RU y en la unidad central CU, y la señal transmitida sobre la fibra óptica sigue siendo una señal digital de banda base compuesta CDS formada por la suma de las señales de los usuarios diferentes.

**[0010]** Específicamente, la figura 2 muestra una arquitectura de recepción DAS que comprende una unidad central CU y unidades remotas RU.

55

**[0011]** En la arquitectura DAS ejemplar ilustrada, cada unidad remota RU recibe datos en antenas  $K_m$  RX. Los datos recibidos se convierten descendentemente de radiofrecuencia a banda base en los bloques 44 y se convierte de analógicos a digitales (A/D) en los bloques 42, antes de poder filtrar las señales por los delanteros 40.

**[0012]** De nuevo, el diagrama de radiación de la serie de antenas de la RU puede modificarse por medio de un bloque 46 que aplica una operación de ponderación de celdas. Las señales de banda base digitales compuestas CDS pesadas luego se convierten de eléctrica a óptica por medio de un bloque 38, antes de transmitir las señales sobre un enlace de fibra 36 a la unidad central CU.

5

**[0013]** Las señales de banda base compuestas pesadas se convierten de nuevo de ópticas a eléctricas en un bloque 34, antes de procesar las señales mediante un bloque 32, que realiza las operaciones de procesamiento de señal de capa física (L1), y un bloque 30, que aplica los protocolos de capas más altos (L2/L3). Los datos recibidos están entonces disponibles a través de una interfaz IF.

10

**[0014]** Las señales digitales de banda base compuestas CDS comprendidas por la suma de varias señales de usuario, se transmiten sobre los enlaces de fibra 16 y 36 usando formatos de transmisión estándar definidos por el consorcio internacional como la Interfaz de Radio Pública Común (CPRI) o la Iniciativa de Arquitectura Abierta para Estaciones de Radio (OBSAI).

15

**[0015]** En el caso de la tecnología de acceso por radio basada en el Acceso Múltiple por División de Código (CDMA), la señal compuesta transmitida sobre el enlace de fibra es una señal a nivel de *chip* formada por la suma de varias señales de usuario. Las diferentes señales de usuario se separan en el dominio de código asignando a cada usuario una secuencia de difusión diferente.

20

**[0016]** Ejemplos de tecnología de acceso por radio que utilizan CDMA son el Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) y la evolución correspondiente denotada como High Speed Packet Access (HSPA). Por ejemplo, la señal de enlace de bajada de un operador UMTS/HSPA, transmitida desde la unidad central CU a las unidades remotas RU sobre el enlace de fibra 16, es una señal de banda base compleja a nivel de chip

$$f_s^{(DL)} = 3.84$$

25

muestreada a MHz y cuantizada sobre un número adecuado de bits (por ejemplo,  $N_b=20$  bits). Esta señal compuesta está formada por la suma de los canales físicos dedicados y comunes cada uno propagados con una secuencia de código diferente.

**[0017]** En el caso de una tecnología de acceso por radio basada en acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales (OFDMA), la señal de dominio de tiempo se envía sobre el enlace de fibra 16 tras la operación de transformación rápida de Fourier inversa (IFFT) en el transmisor. Además, en este caso, las diferentes señales de usuario se superponen en el dominio de tiempo. Ejemplos de tecnologías de acceso por radio que utilizan la técnica OFDMA son el sistema Interoperabilidad mundial para acceso por microondas (WiMAX) y la evolución del sistema UMTS denotada como Evolved UTRAN (E-UTRAN) o Long Term Evolution (LTE). En el caso del sistema LTE con un ancho de banda de canal de 20 MHz, la señal de enlace de bajada de un operador LTE, transmitida desde la unidad central CU a las unidades remotas RU, es una señal de banda base compleja tomada tras la operación IFFT con frecuencia de muestreo de 833,84 MHz = 30,72 MHz y cuantizada sobre un número adecuado de bits.

**[0018]** Ambas arquitecturas DAS mostradas en las figuras 1 y 2 dependen de algoritmos de procesamiento de señal que operan en cada señal de usuario por separado.

**[0019]** Un ejemplo de dichos algoritmos es la formación de haz adaptativa. La formación de haz adaptativa implica multiplicaciones de las señales de usuario en las diferentes ramificaciones de la antena con factores de ponderación complejos antes de transmitir las señales, o antes de que las señales recibidas desde las diferentes antenas se sinteticen en el caso del enlace de subida. Sin embargo, estos factores de ponderación son diferentes para cada usuario y pueden actualizarse continuamente para realizar un seguimiento del movimiento del usuario dentro de la celda y realizar un seguimiento de las posibles variaciones del canal.

**[0020]** Otro ejemplo de algoritmos, que operan a nivel de usuario, son los llamados algoritmos de "coordinación de red". Una descripción de los posibles algoritmos de coordinación de red que operan en el nivel de capa física se proporciona, por ejemplo, en el artículo de G. J. Foschini, "Network Coordination for spectrally efficient communications in cellular systems". IEEE Wireless Communications, agosto del 2006. Cuando se emplea la coordinación de red, las antenas de las diferentes estaciones base (BS) actúan juntas como una serie de antenas de red individual, y cada móvil puede recibir señales útiles de las BS cercanas. El concepto de coordinación de red podría aplicarse también en el caso de un sistema DAS entre diferentes unidades remotas.

55

**[0021]** El documento US2007072646 divulga una unidad central, y una unidad remota proporcionada con una serie de antenas y conectada a la unidad central mediante una fibra óptica, la unidad central produce a la fibra óptica una señal de transmisión en un estado de banda base antes del procesamiento en serie, la unidad remota realiza el procesamiento en serie de las señales de transmisión de acuerdo con las masas en serie y convierte las señales de transmisión a señales RF, para así localizar la compensación de las desviaciones de la señal de transmisión que se producen entre los elementos de la antena en el lado de la unidad remota.

**Objetivo y resumen de la invención**

10 **[0022]** La invención está definida por las reivindicaciones independientes adjuntas. Las reivindicaciones dependientes constituyen realizaciones de la invención. Los inventores han notado que la aplicación de los algoritmos mencionados anteriormente requiere que todas las operaciones de procesamiento de señal se realicen en la unidad central CU, donde las señales de los diferentes usuarios aún están disponibles por separado. Esta arquitectura carece de flexibilidad, porque cualquier cambio en los algoritmos usados puede implicar una  
15 modificación de *software* y/o *hardware* en la unidad central CU. Además, la escalabilidad en términos de número máximo de unidades remotas conectadas a una unidad central dada puede ser limitada.

**[0023]** Otra desventaja se representa por la velocidad de transmisión de datos sobre los enlaces de fibra 16 y 36 en las figuras 1 y 2 requerida para transmitir una señal digital de banda base compuesta CDS para cada antena  
20 TX de transmisión de cada unidad remota RU o para cada antena RX de recepción de cada unidad remota RU cuando se considera el enlace de subida. A medida que el número de unidades remotas RU conectadas a una unidad central CU dada aumenta, la capacidad de transmisión disponible de los enlaces de fibra 16 y 36 se convierte rápidamente en un embotellamiento.

25 **[0024]** Se siente por tanto la necesidad de una arquitectura que permita el procesamiento de la señal a nivel de usuario también en las unidades remotas para permitir una aplicación eficiente de estos algoritmos en un sistema DAS.

**[0025]** El objetivo de la invención es, por tanto, proporcionar una respuesta satisfactoria a esa necesidad.

30 **[0026]** De acuerdo con la presente invención, ese objetivo se consigue por medio de un procedimiento que tiene las características indicadas en las reivindicaciones que siguen. La invención también se refiere a un sistema correspondiente, además de a un producto de programa informático, cargable en la memoria de al menos un ordenador y que incluye porciones de código de *software* para realizar las etapas del procedimiento de la invención  
35 cuando el producto se ejecuta en un ordenador. Como se utiliza en el presente documento, la referencia a dicho producto de programa informático tiene la intención de ser equivalente a la referencia a un medio legible por ordenador que contiene las instrucciones para controlar un sistema informático para coordinar la ejecución del procedimiento de la invención. La referencia a "al menos un ordenador" tiene la intención de destacar la posibilidad de que la presente invención se aplique de una forma distribuida/modular.

40 **[0027]** Las reivindicaciones son una parte integral de la divulgación de la invención proporcionada en el presente documento.

**[0028]** En una realización, la disposición descrita en el presente documento es una arquitectura de un  
45 sistema de antena distribuido (DAS), que proporciona un alto nivel de flexibilidad y escalabilidad.

**[0029]** En una realización, el procesamiento de la señal a nivel de usuario dentro de una unidad remota RU dada o en forma cooperativa implicando múltiples unidades remotas se permite definiendo una partición concreta de las funcionalidades de la capa física (L1) entre la unidad central CU y las unidades remotas RU como será evidente  
50 mediante la siguiente descripción y las reivindicaciones adjuntas.

**[0030]** Las realizaciones de la arquitectura DAS divulgadas en el presente documento también proporcionan una reducción del volumen de las señales transmitidas sobre la fibra con respecto a la arquitectura DAS de la técnica anterior mostrada en las figuras 1 y 2. Una reducción del volumen puede ser particularmente importante  
55 considerando que los sistemas de comunicación inalámbrica por banda ancha como, por ejemplo, LTE y WiMAX, son capaces de proporcionar volumen conjunto por celda de cientos de Mbits por segundo. La utilización más eficiente de los recursos de transmisión entre la unidad central CU y las unidades remotas RU puede por tanto permitir aumentar el número máximo de unidades remotas que pueden conectarse, por ejemplo, a un anillo de fibra concreto. Tal reducción del volumen puede también permitir usar unidades centrales y unidades remotas que

pertenecen a diferentes estándares de comunicación en la misma fibra. Por ejemplo, puede ser posible operar con unidades remotas en un único anillo de fibra, que admita un sistema de comunicación basado en CDMA y un sistema de comunicación basado en OFDM.

5 Breve descripción de las vistas adjuntas

**[0031]** La invención se describirá ahora, solo a modo de ejemplo, con referencia a las vistas adjuntas, donde:

- las figuras 1 y 2 ya han sido descritas anteriormente;
- 10 - la figura 3 es un diagrama de bloque de un módem de banda base de enlace de bajada típico que da soporte a tecnología de acceso por radio basada en OFDM;
- la figura 4 es un diagrama de bloque de un módem de banda base de enlace de subida típico que da soporte a tecnología de acceso por radio basada en OFDM;
- la figura 5 es un diagrama de bloque de una primera realización de la parte de enlace de bajada de un sistema
- 15 DAS que da soporte a tecnología de acceso por radio basada en OFDM;
- la figura 6 es un diagrama de bloque de una primera realización de la parte de enlace de subida de un sistema DAS que da soporte a tecnología de acceso por radio basada en OFDM;
- la figura 7 es un diagrama de bloque de una segunda realización de la parte de enlace de bajada de un sistema DAS que da soporte a tecnología de acceso por radio basada en OFDM;
- 20 - la figura 8 es un diagrama de bloque de una segunda realización de la parte de enlace de subida de un sistema DAS que da soporte a tecnología de acceso por radio basada en OFDM;
- la figura 9 es un diagrama de bloque de un módem de banda base de enlace de bajada típico que da soporte a tecnología de acceso por radio basada en CDMA;
- la figura 10 es un diagrama de bloque de una realización ejemplar de la parte de enlace de bajada de un sistema
- 25 DAS que da soporte a tecnología de acceso por radio basada en CDMA; y
- la figura 11 es un diagrama de bloque de una realización ejemplar de la parte de enlace de subida de un sistema DAS que da soporte a tecnología de acceso por radio basada en CDMA.

Descripción detallada de las realizaciones

30 **[0032]** En la siguiente descripción, se proporcionan numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión exhaustiva de las realizaciones. Las realizaciones pueden practicarse sin uno o más de los detalles específicos, o con otros procedimientos, componentes, materiales, etc. En otros casos, estructuras, materiales u operaciones bien conocidas no se muestran o describen con detalle para evitar ocultar aspectos de las realizaciones.

40 **[0033]** La referencia durante esta especificación a "una realización" significa que una función, característica o estructura particular descrita en conexión con la realización se incluye en al menos una realización. Así, la aparición de la frase "en una realización" en varios lugares a lo largo de esta especificación no se refiere necesariamente a la misma realización. Además, las funciones, estructuras o características pueden combinarse de cualquier forma adecuada en una o más realizaciones.

45 **[0034]** Los encabezados proporcionados en el presente documento son por conveniencia y no interpretan el alcance o significado de las realizaciones.

50 **[0035]** La siguiente es una descripción detallada de posibles realizaciones de un sistema de comunicación móvil donde las señales se "intercambian" (es decir, se transmiten y/o reciben) entre terminales de usuario y al menos una estación base que incluye una unidad central y una pluralidad de unidades remotas. Como se indica, dicha disposición de estación base se denomina actualmente como Sistema de Antenas Distribuido o DAS.

**[0036]** Más específicamente, a continuación, se describen arquitecturas ejemplares de sistemas DAS que permiten la aplicación de algoritmos de procesamiento de señal a nivel de usuario en las unidades remotas.

55 **[0037]** Las arquitecturas propuestas son aplicables a varias redes de radio como redes basadas en técnicas de acceso OFDMA y CDMA.

**[0038]** En una realización, se utiliza una tecnología de acceso por radio OFDMA, como LTE o WiMAX.

**[0039]** El módem de banda base (módem BB) de un sistema basado en OFDMA está formado por una

secuencia de bloques que realizan una serie de operaciones, que son sustancialmente similares para los sistemas LTE y WiMAX.

**[0040]** La figura 3 muestra una estructura ejemplar de un módem de banda base 12 con enlace de bajada típico que aplica la capa física (L1) que se procesa en un sistema de comunicaciones inalámbrico basado en la técnica de acceso por radio OFDMA.

**[0041]** El módem de banda base 12 recibe en la entrada los bloques de transporte (T) de la capa Control de Acceso al Medio (MAC) para un conjunto de diferentes usuarios y puede proporcionar en la salida una señal digital de banda base compuesta CDS formada por la suma de los diferentes canales de datos del usuario  $U_1, U_2, \dots U_N$ , y por ejemplo canales de control 120, un canal piloto 122, y un canal de sincronización 124.

**[0042]** Los canales de datos de usuario  $U_1, U_2, \dots U_N$ , y los canales de control 120 se procesan mediante bloques de codificación de canal 126 que pueden realizar operaciones como inserción de código de redundancia cíclica (CRC), segmentación, codificación de canal y adaptación de velocidad (es decir, perforación/repetición).

**[0043]** Los bits codificados de los canales de datos de usuario  $U_1, U_2, \dots U_N$ , se proporcionan al bloque solicitud de repetición híbrida-automática (H-ARQ) 128 que administra la retransmisión en el nivel de capa física usando técnicas como combinación chase o redundancia incremental.

**[0044]** Las secuencias de bit del usuario se someten luego a intercalado en los bloques 130, modulación en los bloques 132 y posiblemente a procesamiento Entrada Múltiple Salida Múltiples (MIMO) en los bloques 134.

**[0045]** En el caso de un sistema de transmisión multi antena que adopta las técnicas MIMO, los símbolos modulados se elaboran por los bloques de procesamiento 134 que se proporcionan a las secuencias de datos  $N_s \leq 1$ . Dichas técnicas MIMO pueden incluir multiplexación espacial, codificación espacio-tiempo, etc.

**[0046]** Tras el procesamiento MIMO, los símbolos complejos se asignan sobre el sub-operador OFDM por un bloque de asignación de recursos 136 y luego se convierten del dominio de frecuencia al de tiempo por medio de una operación IFFT en el bloque 138. Tras la operación IFFT, pueden insertarse un Prefijo Cíclico (CP) en el bloque 140, por ejemplo, para reducir la interferencia entre símbolos a lo largo de símbolos OFDM consecutivos cuando la transmisión se produce en un canal multi ruta.

**[0047]** La figura 3 muestra que el bloque de asignación de recursos 136 recibe en la entrada también los canales de control 120 con información de la señal para todos los usuarios en la celda. Dichos canales de control 120 pueden portar información crítica y por tanto se transmiten normalmente usando esquemas de codificación de canal robustos. Los procedimientos H-ARQ no se utilizan para los canales de control, mientras que se realizan las otras operaciones en los bloques 130 a 134.

**[0048]** El bloque de asignación de recursos 136 luego realiza una multiplexación de los datos y los canales de control con la información de control de la capa 1, como los canales pilotos 122 y los canales de sincronización 124.

**[0049]** El bloque de asignación de recursos 136 realiza la asignación de los diferentes canales en la Red de recursos (RG) tiempo-frecuencia (t-f) bajo el control de la función de programación residente en la capa MAC: La red de recursos puede considerarse como una matriz que contiene el conjunto completo de recursos de transmisiones disponibles en el dominio de tiempo y frecuencia. Por ejemplo, cada elemento de la matriz RG puede representar un sub-operador OFDMA y el valor almacenado correspondiente puede ser un símbolo modulado. En ese caso, el número de columnas de la RG es igual al número de símbolos OFDMA en una estructura de tiempo, mientras que el número de filas de la RG es igual al número de sub-operadores OFDMA usados para la transmisión. Por ejemplo, el número de suboperadores usados para la transmisión puede ser igual al tamaño de la IFFT menos los suboperadores nulos ubicados en los bordes del espectro, que proporcionan una guarda de espectro versus los operadores adyacentes.

**[0050]** Por ejemplo, en una realización de un sistema LTE con un ancho de banda de canal de 10 MHz el tamaño de IFFT es igual a 1024 puntos y el número de suboperadores usados es igual a 601 (incluyendo el suboperador DC).

**[0051]** En una realización, el número de suboperadores nulos a la izquierda y a la derecha del espectro es

igual a 212 y 211 respectivamente.

- [0052]** En una realización, el número de símbolos OFDMA en una estructura de 10 ms es igual a 140, considerando el caso de prefijo cíclico normal y estructura de Tipo 1. En este caso la matriz RG tendría 601 filas y 140 columnas y cada elemento de esta matriz contiene un símbolo complejo modulado de un cierto canal físico. En el caso de un sistema MIMO con  $N_S$  secuencias transmitidas habrá una matriz RF para cada secuencia.
- [0053]** En sistemas como LTE y WiMAX, los suboperadores OFDMA se agrupan en unidades de transmisión mínima que pueden asignarse por el programador a un usuario específico. Las unidades de transmisión mínima tienen diferentes tamaños y denominaciones dependiendo del sistema de transmisión considerado. Por ejemplo, en caso de un sistema LTE, la unidad de transmisión elemental se denota como bloque de recursos (RB) y se forma por 12 suboperadores adyacentes en el dominio de frecuencia y 6 o 7 símbolos consecutivos OFDMA en el dominio de tiempo.
- [0054]** En el caso del sistema WiMAX, la unidad de transmisión mínima se denota como ranura y tiene diferentes tamaños dependiendo del esquema de permutación usado para la transmisión. Por ejemplo, en el caso de una asignación distribuida de uso parcial de subcanales (PUSC) en el enlace de bajada, la ranura tiene una extensión de dos símbolos OFDMA en el dominio de tiempo y 14 suboperadores adyacentes en el dominio de frecuencia.
- [0055]** La asignación de los símbolos sobre los recursos de transmisión (es decir, los suboperadores OFDM) para los diferentes datos y los canales de control pueden definirse a través de una relación matemática, una fórmula o una tabla de búsqueda dinámica que asigna los símbolos modulados a las entradas en el bloque IFFT.
- [0056]** En una realización, la función de asignación se proporciona por la unidad central CU a las unidades remotas RU en la forma de información de control. Esta información puede actualizarse estructura a estructura o con una velocidad de actualización que se corresponda al periodo de programación.
- [0057]** La figura 4 muestra el diagrama de bloque de un módem de banda base 32 posible en el lado del receptor. Como se ilustra, el módem de banda base 32 está compuesto por la cascada de los bloques funcionales que realizan la inversa de las operaciones de procesamiento ejecutadas en el lado del transmisor.
- [0058]** Las  $K_m$  señales recibidas a nivel de banda base CDS se someten primero a una operación de eliminación de CP en el bloque 326. Las señales se convierten entonces del dominio de tiempo al dominio de frecuencia por medio de una operación FFT en el bloque 328. Un bloque de deasignación de recursos 330 puede entonces demultiplexarse en los diferentes canales de datos para los usuarios  $U_1, U_2, \dots, U_N$  y los canales de control 320, que pueden procesarse de forma independiente.
- [0059]** En una realización, dicho procesamiento implica un procesamiento MIMO en los bloques 332, demodulación en los bloques 334, desintercalado en los bloques 336, procesamiento H-ARQ en los bloques 338 y decodificación de canal en los bloques 340.
- [0060]** La principal diferencia con respecto a la parte de transmisor es un bloque de estimación de canal 342 que extrae los símbolos pilotos 322 para determinar la respuesta de frecuencia (es decir, coeficientes de canal) en correspondencia con los suboperadores de datos. Dicha estimación de canales puede realizarse, por ejemplo, por medio de técnicas de interpolación. El coeficiente del canal puede ser usado, por ejemplo, por los bloques 332 de una forma conocida *per se*.
- [0061]** En una realización, dicho módem de banda base en el lado del receptor 32 incluye una unidad de sincronización 344 para sincronizar la operación del sistema completo de acuerdo con un canal de sincronización 324.
- [0062]** Como se ha mencionado anteriormente, la disposición descrita en el presente documento permite el procesamiento de la señal en la base de usuario en las unidades remotas RU definiendo una partición concreta del módem de las funcionalidades del módem de banda base entre la unidad central CU y las unidades remotas RU.
- [0063]** En una primera realización, la señal transmitida sobre la fibra es la señal en la salida del bloque de asignación de recursos 136 donde los usuarios aún se separan en el dominio de frecuencia.

**[0064]** Esta primera arquitectura se muestra en la figura 5 para la parte del transmisor de un sistema DAS basado en OFDM, que recibe datos, por ejemplo, a través de una interfaz S1 convencional. Específicamente, las funcionalidades de banda base se dividen entre una unidad central CU<sub>OFDM</sub> y unidades remotas RU<sub>OFDM</sub>.

5 **[0065]** En esta realización, la unidad central CU<sub>OFDM</sub> aún realiza la operación del bloque de asignación de recursos 136, y todas las operaciones anteriores, como la codificación del canal, H-ARQ, intercalado, modulación y procesamiento MIMO, en el bloque 12a (es decir, las operaciones de los bloques 126 a 134 en la figura 3).

10 **[0066]** En la realización ejemplar ilustrada, las  $N_s$  redes de recursos RG en la salida del bloque de asignación de recursos 136 se transmite, por ejemplo, columna por columna sobre el enlace de fibra 16. Como se ha mencionado anteriormente, los datos en la salida del bloque de asignación de recursos 136 puede organizarse en  $N_s$  redes de recursos RG, que se completan con los símbolos de modulación de los diferentes canales de datos y control. Por ejemplo, cada columna de la RG se corresponde con un símbolo OFDMA. El llenado de la red de recursos con los datos de usuario puede controlarse, por ejemplo, mediante la función residente en la capa de protocolo MAC.

20 **[0067]** Una primera ventaja de esta arquitectura es que las operaciones de procesamiento de señal basadas en usuario, como por ejemplo la formación de haz adaptativa, pueden realizarse en la RU<sub>OFDM</sub> para cada usuario por separado. Esto es posible, porque las señales de usuario aún están separadas en el dominio de frecuencia cuando se intercambian con (es decir, transmitida a y/o recibida en) las unidades remotas RU<sub>OFDM</sub>. La operación de ponderación de usuario se realiza entonces en cada unidad remota RU<sub>OFDM</sub> y consiste, por ejemplo, en la multiplicación de los datos de usuario con un conjunto completo de masas complejas, que puede ser diferente para cada usuario.

25 **[0068]** En una realización, las unidades remotas pueden así realizar la operación de ponderación en un bloque 150, antes de que se procesen las señales por los bloques restantes del módem de banda base mostrado en la figura 3, por ejemplo, una IFFT en un bloque 138 para devolver las señales al dominio de tiempo y una inserción CP en el bloque 140.

30 **[0069]** La señal resultante puede entonces filtrarse mediante un delantero 20, convertida de digital a analógica (D/A) mediante un bloque 22, se convierte ascendientemente desde banda base a radiofrecuencia (RF) y se amplifica mediante un amplificador de potencia en el bloque 24 y se radia mediante las  $K_m$  antenas TX a las terminales de usuario.

35 **[0070]** En una realización, las masas complejas se calculan localmente en cada unidad remota RU<sub>OFDM</sub> por medio de cualquier procedimiento adecuado.

40 **[0071]** En una realización, las masas complejas se calculan en la unidad central CU<sub>OFDM</sub> y se transmiten a las unidades remotas RU<sub>OFDM</sub> en forma de información de control. El cálculo de los coeficientes de ponderación en la unidad central CU<sub>OFDM</sub> puede realizarse conjuntamente para diferentes unidades remotas RU por ejemplo para realizar los algoritmos de coordinación de red.

45 **[0072]** La siguiente descripción se refiere a una posible realización, donde dichas operaciones de ponderación de usuario se realizan en el bloque 150 de las unidades remotas RU<sub>OFDM</sub>.

**[0073]** Los símbolos de las  $N_s$  redes de recursos RG pueden apilarse en un vector de columnas  $\underline{\mathbf{x}}^{(i)}$ :

$$\underline{\mathbf{x}}^{(i)} = [\mathbf{x}_1^{(i)}, \mathbf{x}_2^{(i)}, \dots, \mathbf{x}_{N_s}^{(i)}]^T \quad (1)$$

50 donde  $\mathbf{x}_k^{(i)}$  denota un símbolo modulado del usuario i-th asignado en un suboperador OFDMA genérico de la red de recursos RG k-th (con  $1 < k < N_s$ ).

55 **[0074]** En una realización, la RU<sub>OFDM</sub> aplica una matriz de ponderación  $\underline{\mathbf{W}}^{(i)}$  a los símbolos de modulación del usuario i-th, y así la matriz de ponderación tiene un tamaño  $K_M \times N_s$  y cada elemento  $w_{i,j}$  de la matriz es una masa compleja adecuada. Por ejemplo, las masas complejas pueden calcularse para realizar diferentes tareas, incluyendo la formación de haz adaptativa.



[0075] El vector de señal  $\mathbf{y}^{(i)} = [y_1^{(i)}, y_2^{(i)}, \dots, y_{K_M}^{(i)}]^T$  del usuario i-th tras la ponderación puede calcularse a:

$$\mathbf{y}^{(i)} = \mathbf{W}^{(i)} \mathbf{x}^{(i)} \quad (2)$$

5

[0076] En una realización, la matriz de ponderación  $\mathbf{W}^{(i)}$  para un usuario dado, no es fija, sino que puede variar como función del suboperador OFDM considerado y también sobre diferentes símbolos OFDM. En general, la matriz de ponderación puede cambiar con tiempo (t) y frecuencia (f), por ejemplo, para compensar la variabilidad de tiempo y la selectividad de frecuencia del canal de propagación.

10

[0077] La figura 6 muestra una realización de una parte de recepción (es decir, el enlace de subida) de un sistema OFDM DAS que comprende una unidad central CU<sub>OFDM</sub> y unidades remotas RU<sub>OFDM</sub>.

15

[0078] Básicamente la arquitectura DAS para la parte receptora es complementaria a la arquitectura del transmisor.

20

[0079] En la realización ilustrada, las unidades remotas RU<sub>OFDM</sub> reciben datos en  $K_m$  antenas RX desde los terminales de usuario. Los datos recibidos luego se convierten descendentemente de radiofrecuencia a banda base en los bloques 44 y se convierte de analógicos a digitales (A/D) en los bloques 42 antes de que los delanteros 40 filtren las señales.

[0080] En esta realización, también las unidades remotas RU<sub>OFDM</sub> pueden procesar las señales recibidas para el distinto usuario.

25

[0081] En la realización ilustrada, las masas del usuario se aplican en cada unidad remota RU<sub>OFDM</sub> a los datos recibidos en el bloque 350. Para este fin, las  $K_m$  señales recibidas a nivel de banda base están primero sujetas a una operación de eliminación CP en el bloque 326 y las señales se convierten desde el dominio de tiempo al dominio de frecuencia por medio de una operación FFT en el bloque 328.

30

[0082] Las señales de banda base ponderadas en el dominio de tiempo luego se convierten de eléctricas a ópticas en el bloque 38, antes de transmitir las señales sobre el enlace de fibra 36 a la unidad central CU<sub>OFDM</sub>.

35

[0083] En esta realización, las operaciones de los bloques 330 a 340 del módem de banda base mostradas en la figura 3 entonces se realiza en la unidad central CU<sub>OFDM</sub>. Específicamente, las señales de banda base ponderadas primero se convierten de nuevo de ópticas a eléctricas en el bloque 34, antes de que se procesen las señales por el bloque de deasignación de recursos 330 y un bloque 32a, que aplica las operaciones de los bloques 332 a 340, es decir, procesamiento MIMO, demodulación, desintercalado, procesamiento H-ARQ y decodificación.

40

[0084] Los datos decodificados pueden entonces pasarse al bloque 30, que aplica los protocolos de capa más alta (L2/L3) y que se conectan, por ejemplo, a una interfaz convencional S1.

[0085] En una realización, la operación ponderada para el enlace de subida en el bloque 350 se realiza aplicando masas al

$$\mathbf{r}^{(i)} = [x_1^{(i)}, x_2^{(i)}, \dots, x_{K_M}^{(i)}]^T$$

vector de símbolo recibido del usuario i-th para cada suboperador OFDMA de interés. En este caso, la matriz de ponderación respectiva  $\mathbf{Z}^{(i)}$  tiene un tamaño  $N_s \times K_M$ .

45

[0086] El vector de símbolo de usuario tras la operación de ponderación

$$\mathbf{q}^{(i)} = [q_1^{(i)}, q_2^{(i)}, \dots, q_{N_s}^{(i)}]^T$$

puede calcularse a

$$\mathbf{q}^{(i)} = \mathbf{Z}^{(i)} \mathbf{r}^{(i)} \quad (3)$$

50

**[0087]** En una realización, cada elemento calculado  $q_k^{(i)}$  luego se escribe a la red de recursos  $k$ -th en la posición ocupada por el suboperador respectivo.

**[0088]** De nuevo, los datos recibidos pueden transmitirse a la unidad central CU<sub>OFDM</sub> sobre el enlace de fibra 36 en la forma de  $N_S$  redes de recursos RG, cuando han sido completados con los datos recibidos respectivos.

**[0089]** Las unidades centrales y remotas pueden aplicar la transmisión y la parte de recepción y el enlace de fibra 16 para la transmisión y el enlace de fibra 36 para la recepción puede transmitirse también sobre una fibra común. Más concretamente, cualquier enlace de comunicación cableada o incluso inalámbrica que garantice suficiente producción de datos puede usarse en vez de los enlaces de fibra 16 y 36.

**[0090]** Las realizaciones descritas en lo anterior proporcionan una reducción de la producción sobre los enlaces de fibra 16 y 36 con respecto a la arquitectura DAS de la técnica anterior mostrada en las figuras 1 y 2. A continuación, un sistema de comunicación convencional LTE se considerará que muestra la reducción de producción. De cualquier forma, consideraciones similares pueden mantenerse para otros sistemas de comunicación basados en la técnica de acceso OFDMA.

**[0091]** Los requisitos de transporte sobre el enlace de fibra pueden calcularse en términos de producción por Operador de antena (AxC). De acuerdo con la especificación CPRI, un operador de antena es la cantidad de datos de banda base digital (I/Q) necesarios para la recepción o transmisión de solo un operador en un elemento de antena independiente. Los siguientes parámetros se definen para la estimación de la producción:

- $F_s$  es la frecuencia de muestreo de la señal OFDMA en el dominio de tiempo;
- $N_{bit}$  es el número de bits de cuantización para cada componente (I o Q) de la señal OFDMA en el dominio de tiempo;
- $N_{sub}$  es el número máximo de suboperadores usados en un símbolo OFDMA;
- $MOD$  es el número de bits transportados por el esquema de modulación (por ejemplo,  $MOD = 6$  por 64-QAM); y
- $T_{sym}$  es el periodo del símbolo OFDM, por ejemplo,  $66,7 \mu s$  (sin el CP).

**[0092]** En el caso de la arquitectura DAS clásica mostrada en la figura 1 y de conformidad con los estándares CPRI/OBSAI, la producción del enlace de fibra 16 para la transmisión de una señal OFDM del compuesto de dominio de tiempo puede calcularse con la siguiente fórmula (sin considerar ninguna codificación de transmisión o sobre carga de señalización) donde

$$T_{data, RU} = 2 \cdot F_s \cdot N_{bit} \quad (4)$$

el factor 2 en la ecuación (4) se relaciona a la transmisión de dos componentes de señal (I/Q).

**[0093]** En cambio, en el caso de la arquitectura DAS divulgada en el presente documento con ponderación basada en el usuario, el requisito de producción sobre el enlace de fibra para la transmisión de los datos de una red de recursos puede calcularse de acuerdo con

$$T_{data, RU} = \frac{N_{sub} \cdot MOD}{T_{sym}} \quad (5)$$

**[0094]** El estándar CPRI/OBSAI también prevé la posibilidad de proteger la información transmitida sobre la fibra usando códigos específicos que pueden introducir un aumento moderado de la producción con respecto a los cálculos de las ecuaciones (4) y (5).

**[0095]** Por ejemplo, asumiendo una modulación de 64-QAM y 10 bits para cada señal compuesta OFDMA cuantizada en el dominio de tiempo (es decir,  $N_{bit}$ ), la arquitectura propuesta puede requerir menos del 20 % de la producción de la disposición de la técnica anterior mostrada con respecto a la figura 1.

- 5 **[0096]** La transmisión de la señal compuesta OFDMA en el dominio de tiempo es menos eficiente, por ejemplo, debido a los suboperadores nulos y el prefijo cíclico que se transmiten sobre el enlace de fibra, aunque representen solo información redundante.
- 10 **[0097]** La arquitectura mostrada en las figuras 5 y 6 puede no cumplir con la versión actual de las aplicaciones OBSAI o CPRI, en las que la señal compuesta de banda base del dominio de tiempo en la salida del equipo BS se toma como referencia para la transmisión sobre los enlaces de fibra.
- 15 **[0098]** Una segunda realización tiene lo anterior en cuenta proporcionando el mismo nivel de flexibilidad en términos de procesamiento basado en usuario en las unidades remotas RU, pero al mismo tiempo conservando la compatibilidad con los estándares OBSAI y CPRI. La compatibilidad con los estándares OBSAI/CPRI se contrarresta por el hecho de que la producción sobre los enlaces de fibra permanece sustancialmente igual que en la arquitectura DAS de la técnica anterior mostrada en las figuras 1 y 2.
- 20 **[0099]** Esta realización se muestra en la figura 7 para la parte de transmisión de enlace de bajada. Sustancialmente, esta realización se basa en la arquitectura DAS mostrada con respecto a la figura 1.
- 25 **[0100]** Una unidad central CU<sub>OFDM</sub> incluye un bloque 10 que aplica los protocolos de la capa más alta (L2/L3), y un bloque 12, que realiza las operaciones de procesamiento de señal en la capa física (L1) hasta la generación de la señal digital de banda base CDS compuesta. La señal digital de banda base compuesta luego se convierte de eléctrica a óptica en un bloque 14 y se transmite sobre el enlace de fibra 16 a las unidades remotas RU<sub>OFDM</sub>.
- 30 **[0101]** Cada unidad remota RU<sub>OFDM</sub> recibe la señal de banda base compuesta CDS que primero se convierte de óptica a eléctrica en el bloque 18.
- 35 **[0102]** En esta realización, los usuarios se separan en la RU<sub>OFDM</sub> realizando un procesamiento inverso en el nivel de la capa física. Las operaciones inversas ejecutadas en la RU<sub>OFDM</sub> pueden incluir: eliminación de CP en el bloque 152 y un FFT en el bloque 154 que lleve la señal de vuelta al dominio de frecuencia.
- 40 **[0103]** Posteriormente los datos pueden ser procesados como ya se ha descrito con respecto a la figura 5, es decir, las señales del usuario independientes pueden estar sujetas a las operaciones de ponderación en el bloque 150 y luego las señales se procesan para devolverlas al dominio de tiempo con una IFFT en el bloque 138 y a una inserción CP en el bloque 140.
- 45 **[0104]** La señal resultante puede entonces filtrarse mediante un delantero 20 desde digital a analógica (D/A) mediante un bloque 22, convertida ascendentemente de banda base a radiofrecuencia (RF) y amplificarse mediante un amplificador de potencia en el bloque 24 y radiarse mediante las  $K_m$  antenas TX.
- 50 **[0105]** La figura 8 muestra la parte de enlace de subida respectiva de una arquitectura DAS, que cumple con OBSAI/CPRI. Además, en este caso la arquitectura es complementaria a la arquitectura de transmisión mostrada con respecto a la figura 7.
- 55 **[0106]** En esta realización, las unidades remotas RU<sub>OFDM</sub> reciben datos en  $K_m$  antenas RX. Los datos recibidos luego se convierten descendentemente desde radiofrecuencia a banda base en los bloques 44, y se convierten de analógicos a digitales (A/D) en los bloques 42 antes de que las señales sean filtradas por los delanteros 40.
- [0107]** Posteriormente, puede realizarse una operación de eliminación de CP en el bloque 326, las señales pueden convertirse desde el dominio de tiempo al dominio de frecuencia en el bloque 328 y las masas del usuario pueden aplicarse en el bloque 350.
- [0108]** Para proporcionar cumplimiento con OBSAI/CPRI, las señales luego se procesan para devolverlas al dominio de tiempo con una IFFT en el bloque 352 y a una inserción CP en el bloque 354.
- [0109]** Las señales ponderadas se convierten luego de eléctricas a ópticas en el bloque 38, antes de que las señales se transmitan sobre el enlace de fibra 36 a la unidad central CU<sub>OFDM</sub>, que pueden cumplir con OBSAI/CPRI y que ya han sido descritas anteriormente, por ejemplo, con respecto a la figura 2.

- [0110]** Como se ha mencionado anteriormente, la asignación de recursos puede definirse a través de una relación matemática o una tabla de búsqueda dinámica que asigna los símbolos de las modulaciones a las entradas en el bloque IFFT. Esta función de asignación de recursos puede ser proporcionada por la unidad central CUOFDM a las unidades remotas  $RU_{\text{OFDM}}$  en forma de información de control. Esta información puede también actualizarse a estructura a estructura o por ejemplo con una velocidad de actualización que se corresponda al periodo de programación.
- [0111]** Las realizaciones descritas con respecto a las figuras 5 y 6 pueden aplicarse también a un sistema MIMO. En este caso las redes de recursos  $N_s$  en la salida de los bloques de asignación de recursos puede transmitirse sobre los enlaces de fibra. Por ejemplo, en una realización, se utiliza una multiplexación (por ejemplo, TDMA) para transmitir estas secuencias sobre la fibra.
- [0112]** De forma similar, también las arquitecturas que cumplen con el estándar OBSAI/CPRI, descritas con respecto a las figuras 7 y 8, pueden ser usadas en el caso MIMO transmitiendo las señales de banda base  $N_s$  compuestas sobre la fibra.
- [0113]** Las arquitecturas descritas con respecto a las figuras 5 a 8 pueden aplicarse también a otros sistemas de comunicación, como sistemas de comunicación inalámbrica basados en la técnica de acceso CDMA incluyendo Wideband CDMA (WCDMA) y High Speed Packet Access (HSPA).
- [0114]** La figura 9 muestra en ese respecto un diagrama de bloque ejemplar de un módem de base banda CDMA 52 para la parte de transmisión del enlace de bajada, que tiene una arquitectura sustancialmente similar que el módem de banda base OFDM ya descrito con respecto a la figura 3.
- [0115]** El módem de banda base 52 recibe en la entrada los bloques de transporte TB desde la capa Control de Acceso al Medio (MAC) para un conjunto de diferentes usuarios y proporciona en la salida una señal digital de banda base compuesta CDS formada por la suma de los diferentes canales de datos de usuarios  $U_1, U_2, \dots, U_N$  y por los canales de control 520, canal piloto 522 y canal de sincronización 524.
- [0116]** Los canales de datos de usuario  $U_1, U_2, \dots, U_N$  se procesan mediante bloques de codificación de canal 526. En el caso de, por ejemplo, HSPA, los bits codificados de los canales de datos de usuario  $U_1, U_2, \dots, U_N$  pueden proporcionarse a un bloque Hybrid Automatic Repeat-reQuest (HARQ) 528 que administra la retransmisión en el nivel de capa física. Las secuencias de bit de usuario pueden entonces someterse a intercalado en el bloque 520, modulación en el bloque 532, y posiblemente a procesamiento MIMO en el bloque 534. En el caso de un sistema de transmisión multi antena que adopta las técnicas MIMO, los símbolos modulados se elaboran por el bloque 534 que proporciona en la salida  $N_s \leq 1$  secuencias de datos. Los símbolos complejos pueden entonces combinarse en el bloque 536.
- [0117]** El bloque 536 recibe en la entrada también los canales de control 520 que pueden portar información de señalización para todos los usuarios en la celda. Dichos canales de control pueden portar información crítica y por tanto se transmiten normalmente usando esquemas de codificación de canal robustos. Los procedimientos HARQ no se utilizan para los canales de control, mientras que se realizan las otras operaciones en los bloques 526 a 534.
- [0118]** La combinación de los diferentes canales en el bloque 535 puede realizarse aplicando códigos de propagación diferentes a los diferentes canales, proporcionando así en la salida la señal digital de banda base compuesta CDS a nivel de chip para las secuencias  $N_s$ MIMO.
- [0119]** El módem de banda base CDMA en el receptor está compuesto por la cascada de los bloques funcionales que realizan sustancialmente el procesamiento inverso de las operaciones realizadas por el transmisor.
- [0120]** En una realización, la operación de despropagación en el receptor se lleva a cabo por un receptor Rake que despropaga y recombina coherentemente las diferentes réplicas de la señal. Las varias réplicas de la señal pueden recombinarse a nivel de símbolo usando por ejemplo la técnica MRC (Relación Máxima de Combinación).
- [0121]** Una posible realización de una arquitectura DAS para un sistema basado en CDMA con procesamiento de la señal en la base de usuario se muestra en las figuras 10 y 11 para la parte transmisora de enlace de bajada y la parte receptora del enlace de subida, respectivamente.

**[0122]** En la realización mostrada, dicho sistema DAS comprende una unidad central CU<sub>CDMA</sub> y unidades remotas RU<sub>CDMA</sub>, y operan de forma sustancialmente similar que el sistema OFDM DAS ya descrito anteriormente con respecto a las figuras 5 y 6. La principal diferencia para la parte de transmisión de los sistemas CDMA es que la operación de propagación se realiza en las unidades remotas RU<sub>CDMA</sub>, mientras una IFFT ha sido realizada en las unidades remotas RU<sub>OFDM</sub>.

**[0123]** Específicamente, la unidad central CU<sub>CDMA</sub> se conecta al Controlador de Red de Radio (RNC) por medio de la interfaz Iub, y puede aplicarse en las capas de protocolo más alto del bloque 50, como el protocolo MAC-HS en el caso de un sistema HSPA.

**[0124]** En la realización ejemplar, mostrada, la unidad central CU<sub>CDMA</sub> aplica en un bloque 52a solo parte de las funcionalidades de la banda base, incluyendo por ejemplo codificación de canal, H-ARQ, intercalado, modulación y procesamiento MIMO. En este caso, la señal transmitida a las unidades remotas RU<sub>CDMA</sub> puede representarse mediante las secuencias de símbolos moduladas de los diferentes canales físicos. Específicamente, las secuencias de símbolo moduladas pueden primero convertirse de eléctricas a ópticas en el bloque 54 y transmitirse sobre un enlace de fibra 56 a las unidades remotas RU<sub>CDMA</sub>.

**[0125]** En una realización, los canales físicos se multiplican sobre la fibra usando algún protocolo de acceso múltiple por ejemplo acceso múltiple con división de tiempo (TDMA).

**[0126]** Cada unidad remota RU<sub>CDMA</sub> recibe las secuencias de símbolos moduladas que primero se convierten de óptica a eléctrica en el bloque 58. Los símbolos luego se someten a la ponderación del usuario en las unidades remotas RU<sub>CDMA</sub> en el bloque 550 y se procesan mediante un bloque 536 que realiza la operación de propagación.

**[0127]** La señal resultante puede entonces filtrarse mediante un delantero 60, convertirse de digital a analógica en el bloque 62, convertirse ascendentemente de banda base a radiofrecuencia y amplificarse mediante un amplificador de potencia en el bloque 64, y radiarse por  $K_m$  antenas TX.

**[0128]** La figura 11 muestra una parte respectiva de la parte de recepción (es decir, el enlace de subida) del sistema CDMA DAS.

**[0129]** Básicamente la arquitectura DAS para la parte receptora es complementaria a la arquitectura del transmisor.

**[0130]** En la realización mostrada, las unidades remotas RU<sub>OFDM</sub> reciben datos en  $K_m$  antenas RX. Los datos recibidos luego se convierten descendentemente desde radiofrecuencia a banda base en los bloques 84, y se convierten de analógicos a digitales en los bloques 82 antes de que la señales sean filtradas por los delanteros 80.

**[0131]** Posteriormente, la señal del usuario distinto puede procesarse en las unidades remotas RU<sub>CDMA</sub>. Por ejemplo, las masas de usuario pueden aplicarse en cada unidad remota RU<sub>CDMA</sub> a los datos recibidos en el bloque 750. Con ese fin, las  $K_m$  señales recibidas a nivel de banda base primero se someten a una operación de despropagación en el bloque 726. La operación de despropagación puede realizarse, por ejemplo, por medio de un receptor inclinado. Las operaciones de despropagación permiten la separación de los diferentes canales de usuario que luego se someten a la operación de ponderación. Las señales  $K_m$  recibidas tras la despropagación relacionadas con un canal de usuario específico se ponderan, como se muestra, por ejemplo, mediante la ecuación (3) y se suman en el bloque 750.

**[0132]** El alcance y los beneficios de esta divulgación se conservan si la operación de despropagación en el bloque 726 en la unidad remota RU<sub>CDMA</sub> está precedida por un ecualizador o si el receptor de las unidades remotas RU<sub>CDMA</sub> está equipado con técnicas de cancelación de transferencia como Cancelación de Interferencia En serie/Paralela (SIC/PIC).

**[0133]** Las señales ponderadas luego se convierten desde eléctricas a ópticas en el bloque 78, antes de que las señales se intercambien con (es decir, se transmitan o reciban en) las unidades centrales CU<sub>CDMA</sub> a través del enlace de fibra 76. Además, en este caso, los diferentes canales de usuario pueden multiplexarse sobre la fibra usando algún protocolo de acceso múltiple, por ejemplo, TDMA.

**[0134]** Las señales de banda base ponderadas pueden entonces convertirse de nuevo de ópticas a eléctricas

en el bloque 74 antes de que las señales se procesen por un bloque 72a, que aplica las operaciones restantes en la capa física, como procesamiento MIMO, demodulación, desintercalado, procesamiento H-ARQ y decodificación.

**[0135]** Los datos decodificados pueden entonces pasarse al bloque 70, que aplica los protocolos de capa más alta, como el protocolo MAC-E en caso de un sistema HSPA, y que pueden conectarse al RNC, por ejemplo, mediante una interfaz lub convencional.

**[0136]** En una realización, se proporciona un sistema CDMA DAS que retiene compatibilidad con los estándares OBSAI y CPRI. Dicha realización puede llevarse a cabo usando una unidad central CU<sub>CDMA</sub>, que aplica las operaciones de procesamiento de señal en protocolos de capa más alta y la capa física (L1), y los datos entre la unidad central CU<sub>CDMA</sub> y las unidades remotas RU<sub>CDMA</sub> se intercambian en forma de la señal digital de banda base compuesta CDS.

**[0137]** Para el enlace de bajada, cada unidad remota RU<sub>CDMA</sub> puede entonces separar las señales de usuario de nuevo realizando algún procesamiento inverso en el nivel de capa física, como una operación de despropagación, para aplicar posteriormente los pesos del usuario en el bloque 550.

**[0138]** Similarmente, cada unidad remota RU<sub>CDMA</sub> puede recombinar las señales de usuario tras la operación de ponderación para el enlace de subida. Esto puede conseguirse, por ejemplo, realizando una operación de propagación sobre las señales de usuario ponderadas.

**[0139]** Sin perjuicio a los principios subyacentes de la invención, los detalles y las realizaciones pueden variar, incluso de forma apreciable, con respecto a lo descrito a modo de ejemplo únicamente, sin apartarse del alcance de la invención como se define mediante las reivindicaciones anexas.

25

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para disponer un intercambio de señales entre terminales de usuario ( $U_1, U_2, \dots U_N$ ) en un sistema de comunicación móvil y al menos una estación base que incluye una unidad central ( $CU_{OFDM}$ ;  $CU_{CDMA}$ ) y una pluralidad de unidades remotas ( $RU_{OFDM}$ ;  $RU_{CDMA}$ ), que comprende:
- realizar un primer procesamiento de banda base en dicha central unidad, el primer procesamiento de banda base incluye un cálculo de carga conjunta para al menos dos unidades remotas y señales de aplicación para diferentes terminales de usuario en los dominios de tiempo y frecuencia de acuerdo con una función de aplicación en dicha unidad central ( $CU_{OFDM}$ ;  $CU_{CDMA}$ );
- transmitir la función de aplicación, el resultado de dicha aplicación y dicho cálculo de carga desde dicha unidad central ( $CU_{OFDM}$ ;  $CU_{CDMA}$ ) a dichas unidades remotas ( $RU_{OFDM}$ ;  $RU_{CDMA}$ ) como una señal agregada para los terminales plurales de usuario en el dominio de frecuencia; y
- realizar un segundo procesamiento de banda base en dichas unidades remotas ( $RU_{OFDM}$ ;  $RU_{CDMA}$ ) en base al resultado de dicha aplicación recibida desde la unidad central ( $CU_{OFDM}$ ;  $CU_{CDMA}$ ), el segundo procesamiento de la banda base que incluye aplicar dichas cargas calculadas a distintas señales cada una asociada a uno respectivo de la pluralidad de dichos terminales de usuario ( $U_1, U_2, \dots U_N$ ).
2. El procedimiento según la reivindicación 1, donde realizar un segundo procesamiento de banda base en dichas unidades remotas ( $RU_{OFDM}$ ;  $RU_{CDMA}$ ) incluye aplicar cargas complejas (150; 350; 550; 750) a dichas señales cada una asociada a uno respectivo de la pluralidad de dichos terminales de usuario ( $U_1, U_2, \dots U_N$ ).
3. El procedimiento según la reivindicación 2, donde dichas cargas complejas se aplican (150; 350; 550; 750) para realizar una formación de haz adaptativa a nivel de usuario.
4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dichas señales son señales de acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal.
5. El procedimiento según la reivindicación 4, donde dicho procedimiento incluye realizar en dichas unidades remotas ( $RU_{OFDM}$ ):
- una transformación Fourier rápida invertida (138) sobre las señales de acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (150) para enviarlas (20-24) a dicha pluralidad de terminales de usuario ( $U_1, U_2, \dots U_N$ ) para convertir dichas señales de acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (150) desde el dominio frecuencia a tiempo, y
  - una transformación Fourier rápida (328) sobre las señales de acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal recibidas (40-44) de dicha pluralidad de terminales de usuario ( $U_1, U_2, \dots U_N$ ) para convertir dichas señales de acceso múltiple por división de frecuencia ortogonas recibidas (40-44) desde el dominio tiempo a frecuencia antes de que dichas señales se procesen (350) en dichas unidades remotas ( $RU_{OFDM}$ ) como señales distintas, cada una asociada con uno de dichas múltiples terminales de usuario ( $U_1, U_2, \dots U_N$ ).
6. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 4 o 5, donde dicha señal agregada para la pluralidad de terminales de usuario ( $U_1, U_2, \dots U_N$ ) que se intercambia (14-18; 34-38) entre dicha unidad central ( $CU_{OFDM}$ ) y dichas unidades remotas ( $RU_{OFDM}$ ) son señales de acceso múltiples por división de frecuencias ortogonales en el dominio de frecuencia (RG).
7. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde dichas señales son señales de Acceso Múltiple por División de Código.
8. El procedimiento según la reivindicación 6, donde dicho procedimiento incluye realizar en dichas unidades remotas ( $RU_{CDMA}$ ):
- una operación de propagación (536) sobre las señales de Acceso Múltiple por División de Código procesadas (550) para su envío (60-64) a dicha pluralidad de terminales de usuario ( $U_1, U_2, \dots U_N$ ) para convertir dichas señales de Acceso Múltiple por División de Código desde nivel de símbolo a nivel de *chip* antes de procesar dichas señales (750) en dichas unidades remotas ( $RU_{CDMA}$ ) como señales distintas cada una asociada con un usuario de la pluralidad de usuarios ( $U_1, U_2, \dots U_N$ ), y

- una operación de despropagación (726) sobre las señales de Acceso Múltiple por División de Código recibidas (80-84) desde dicha pluralidad de terminales de usuario (U1, U2, ... U<sub>N</sub>) para convertir dichas señales de Acceso Múltiple por División de Código recibidas (80-84) desde nivel de *chip* a nivel de símbolo.

5

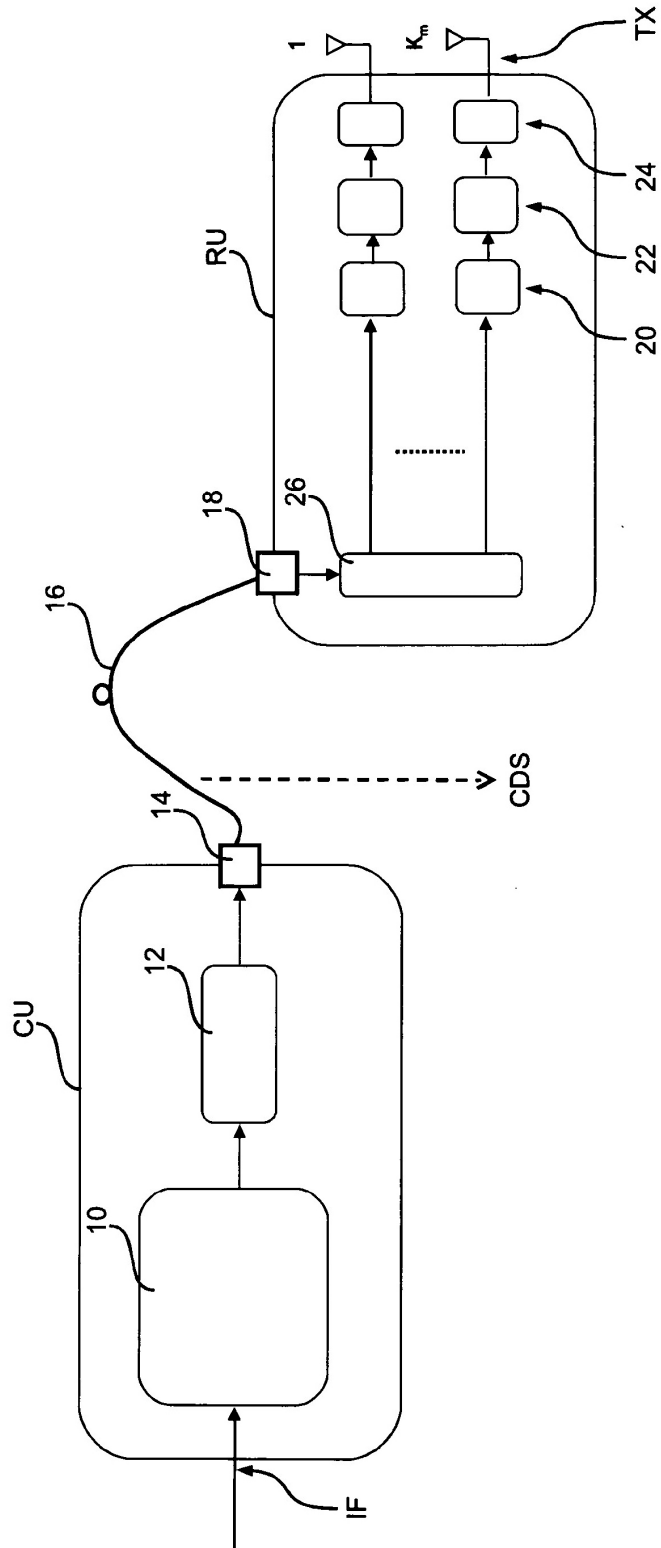
9. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 7 o 8, donde dicha señal agregada para la pluralidad usuarios que se intercambia (54-58; 74-78) entre dicha unidad central (CU<sub>CDMA</sub>) y dichas unidades remotas (RU<sub>CDMA</sub>) son señales de Acceso Múltiple por División de Código respectivas a nivel de símbolo.

10 10. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, donde dicha señal agregada para una pluralidad de terminales de usuario (U1, U2, ... U<sub>N</sub>) que es transmitida (54-58) desde dicha unidad central (CU<sub>CDMA</sub>) a dichas unidades remotas (RU<sub>CDMA</sub>) son las señales de Acceso Múltiple por División de Código a nivel de chip, y donde dicho procedimiento incluye realizar en dichas unidades remotas (RU<sub>CDMA</sub>) al menos una operación de despropagación para convertir dichas señales de Acceso Múltiple por División de Código recibidas (54-58) desde  
15 dichas unidades centrales (CU<sub>CDMA</sub>) desde nivel de *chip* a nivel de símbolo antes de procesar dichas señales (550) en dichas unidades remotas (RU<sub>CDMA</sub>) como señales distintas cada una de ellas asociadas a uno respectivo de dicha pluralidad de terminales de usuarios (U1, U2, ... U<sub>N</sub>).

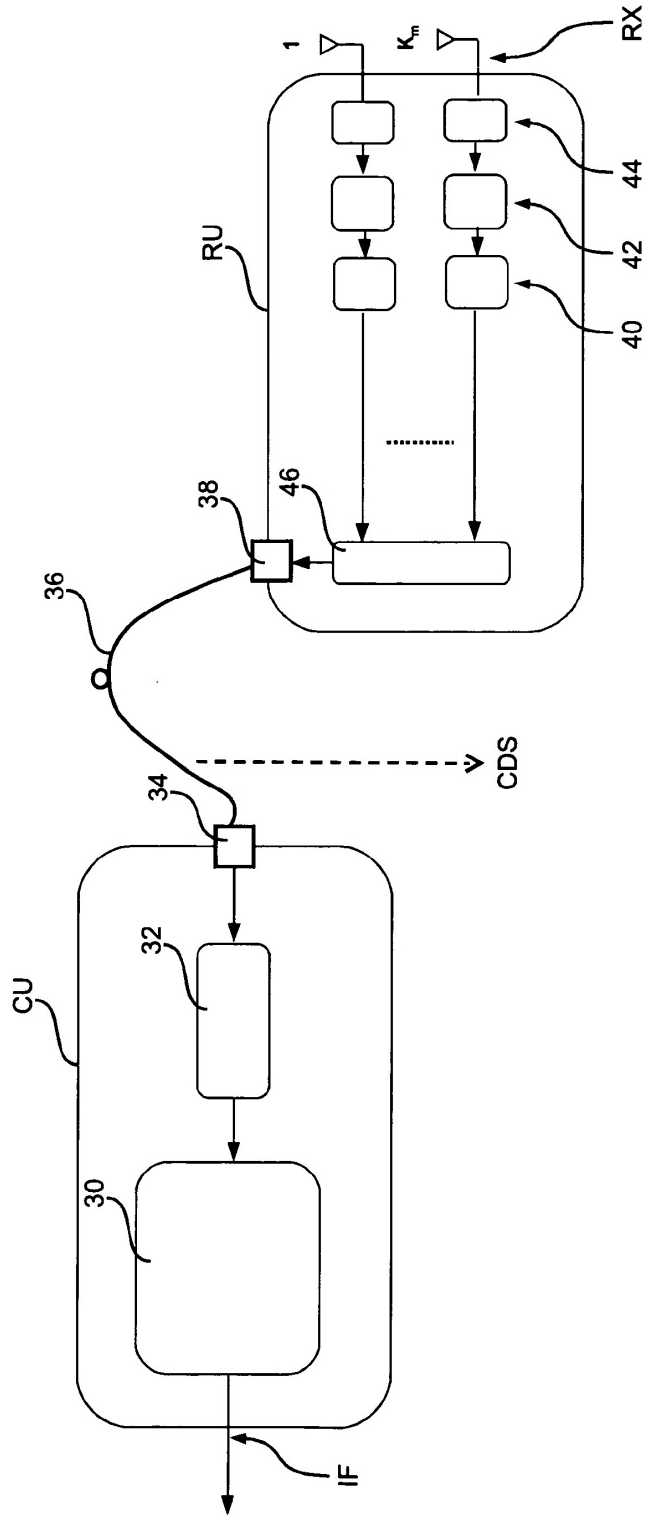
11. Una estación base para intercambiar señales con terminales de usuarios (U1, U2, ... U<sub>N</sub>) en un  
20 sistema de comunicación móvil, dicha estación base incluye una unidad central (CU<sub>OFDM</sub>; CU<sub>CDMA</sub>) y una pluralidad de unidades remotas (RU<sub>OFDM</sub>; RU<sub>CDMA</sub>), caracterizado porque dicha estación base se configura para realizar las etapas del procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

12. Un producto de programa informático, cargable en la memoria de al menos un ordenador y que incluye  
25 porciones de código de *software* para realizar las etapas del procedimiento de las reivindicaciones 1 a 10 cuando el producto se ejecuta en un ordenador.

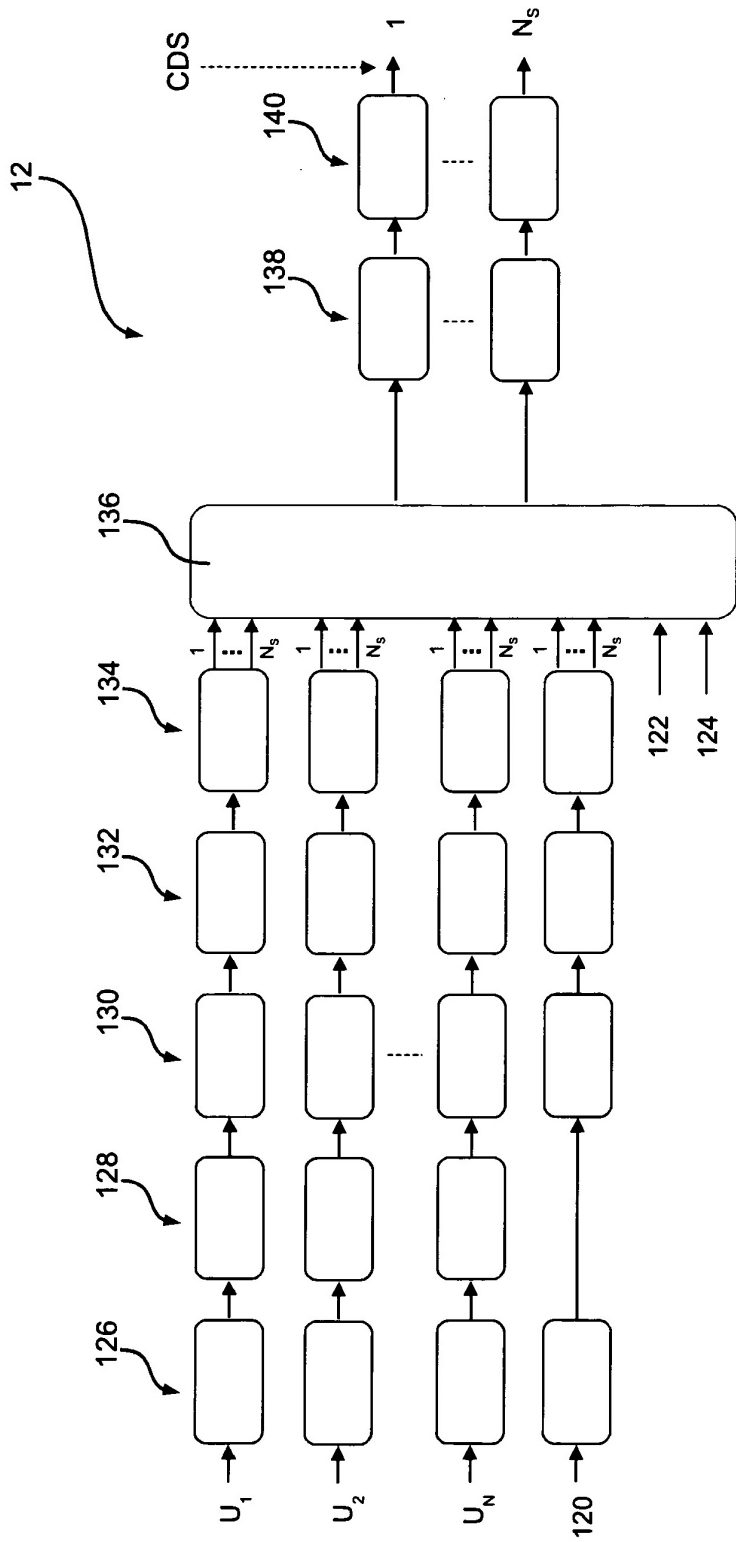




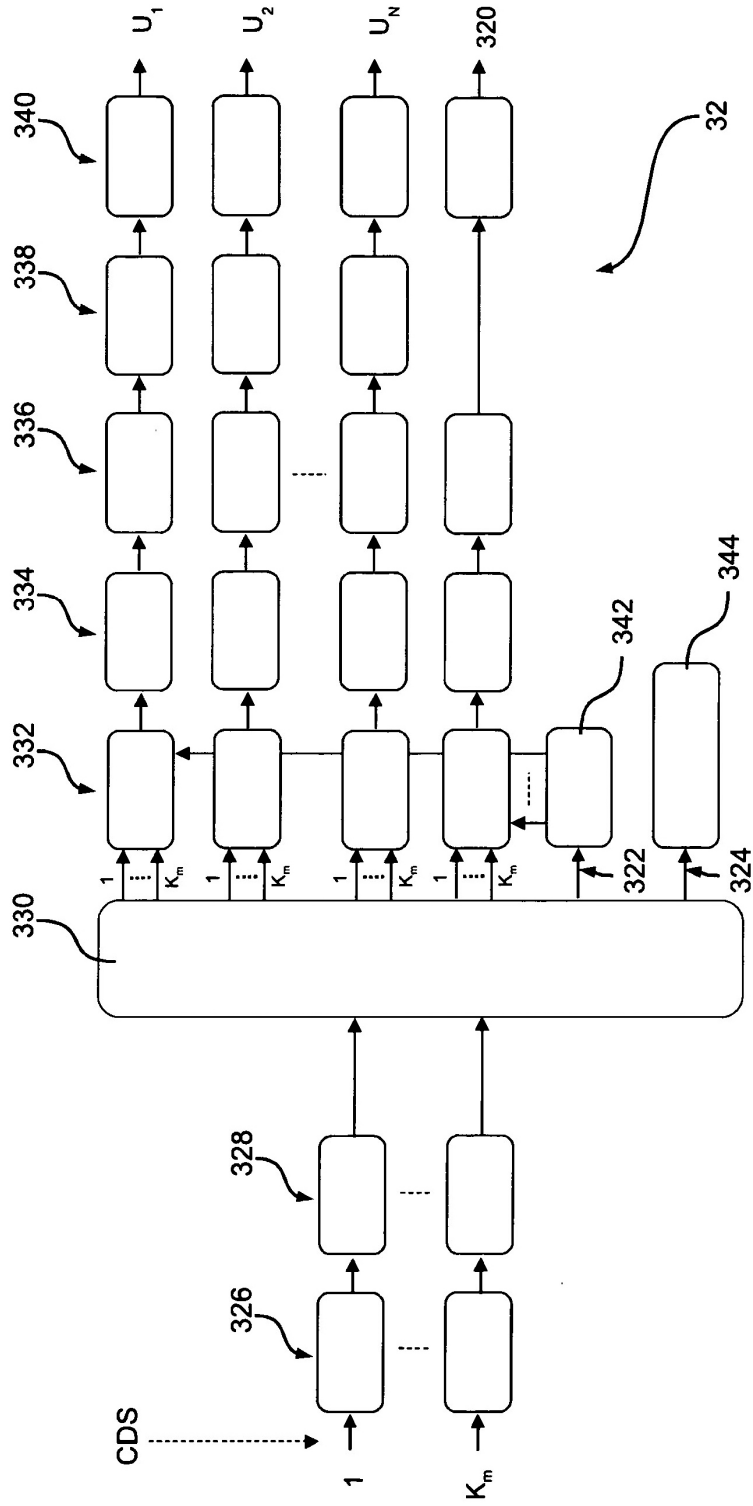
**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**

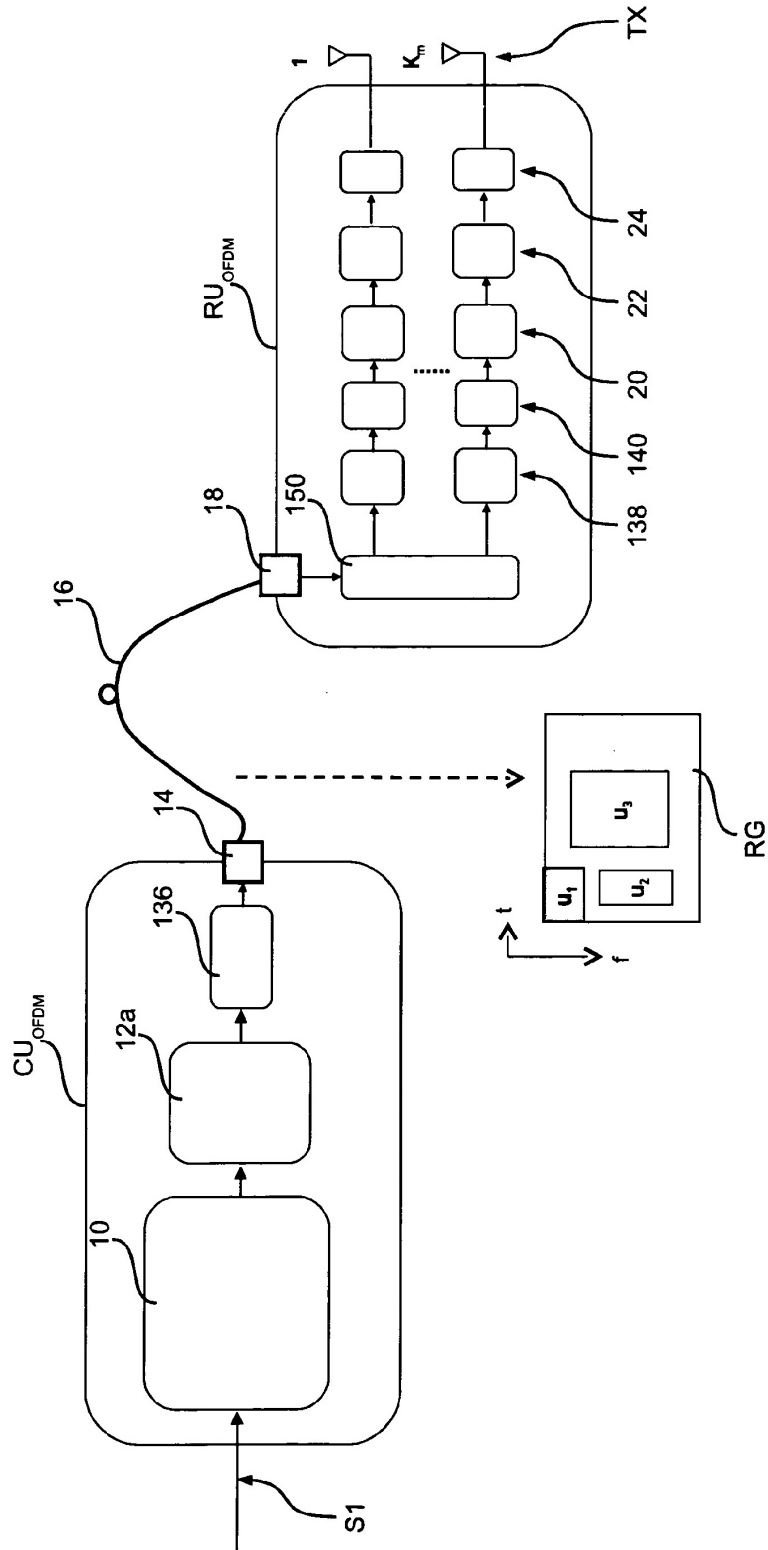
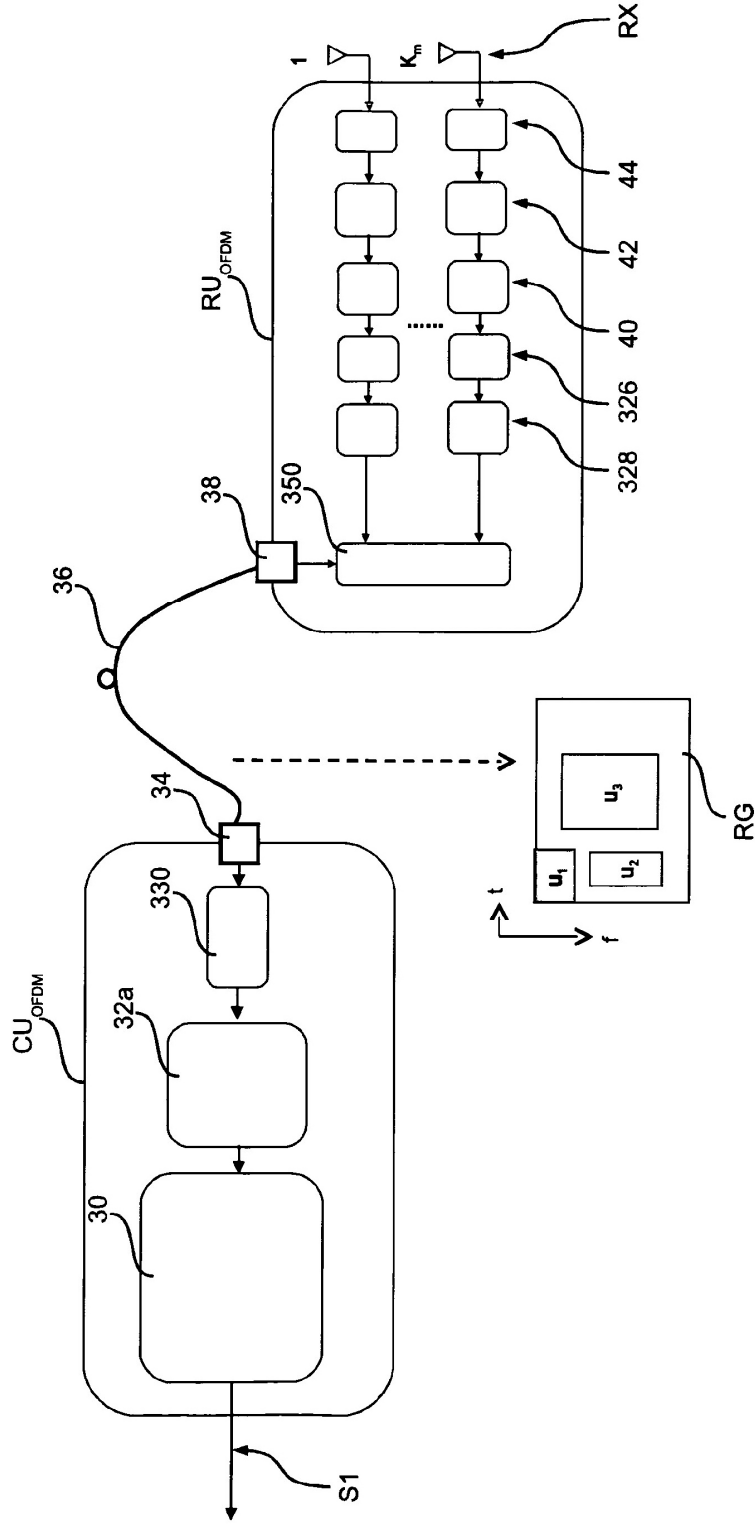
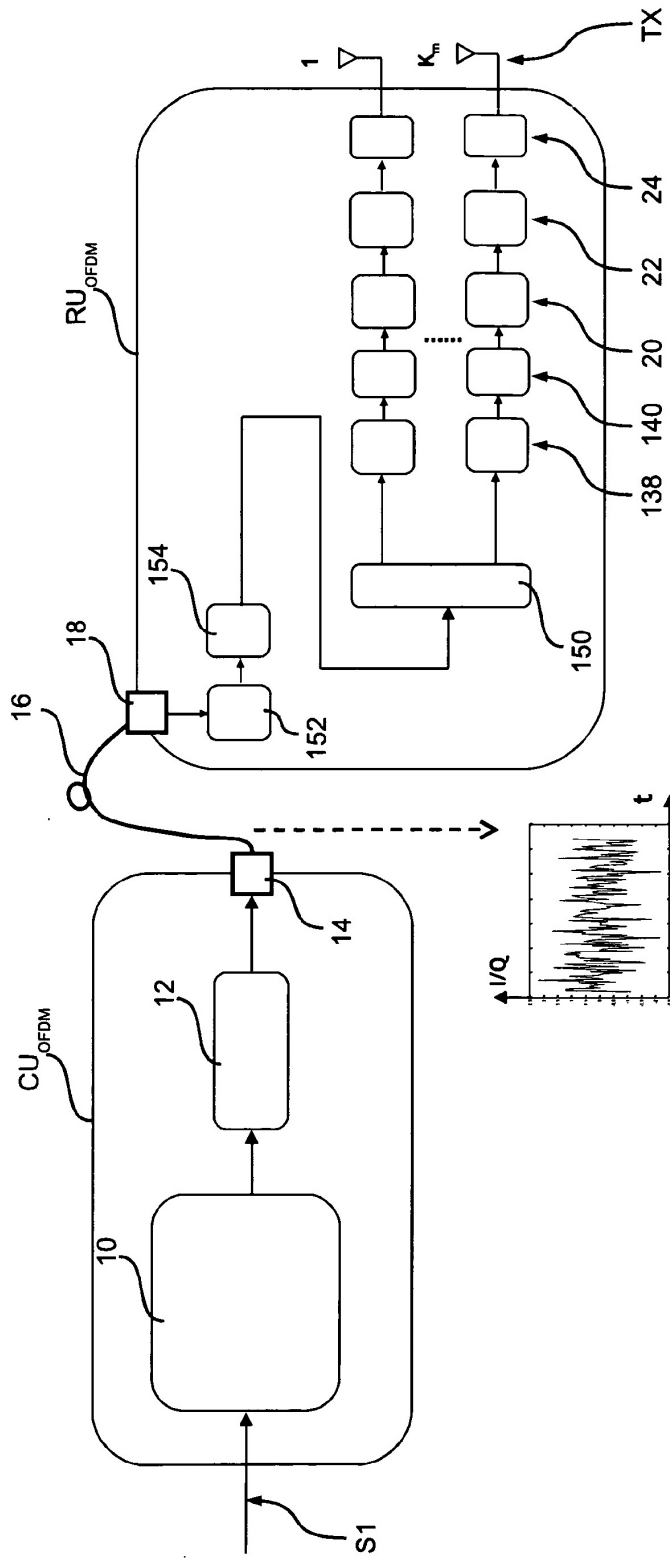


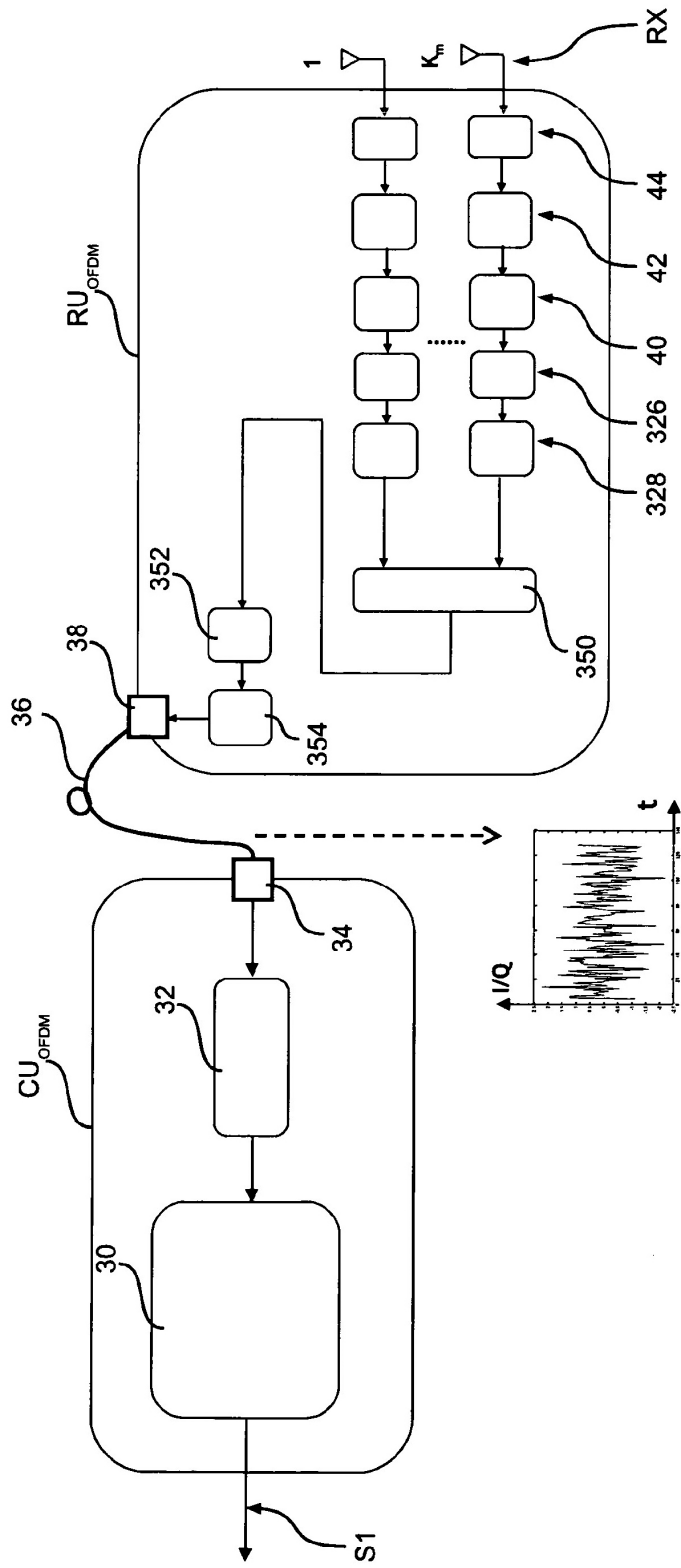
Fig. 5



**Fig. 6**

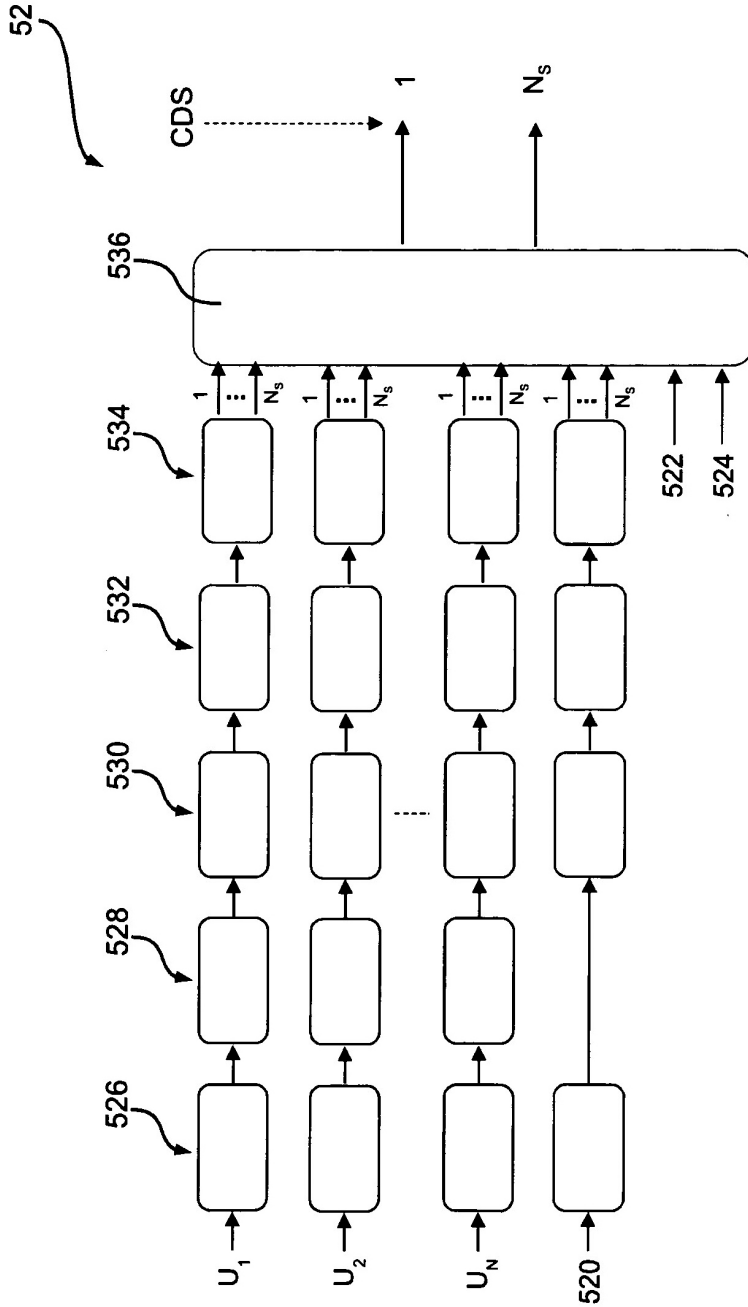


**Fig. 7**

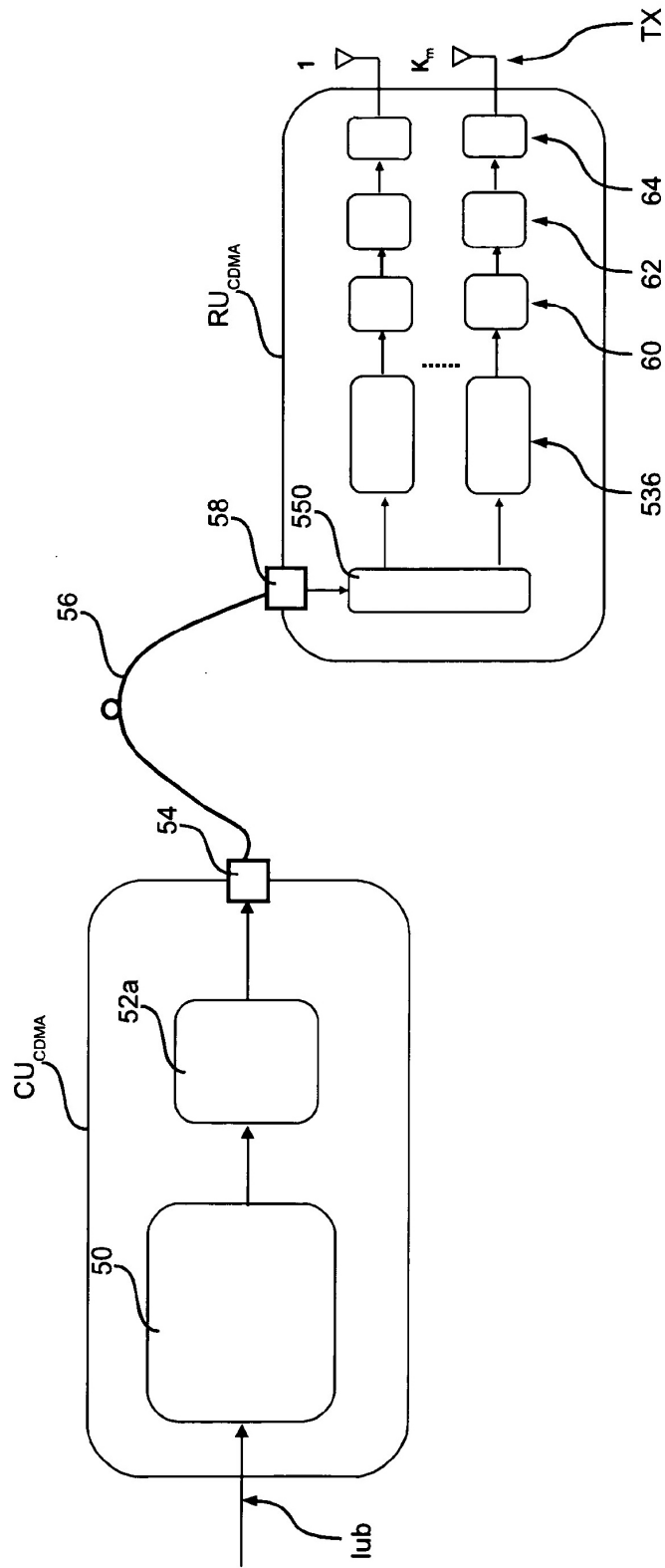


**Fig. 8**

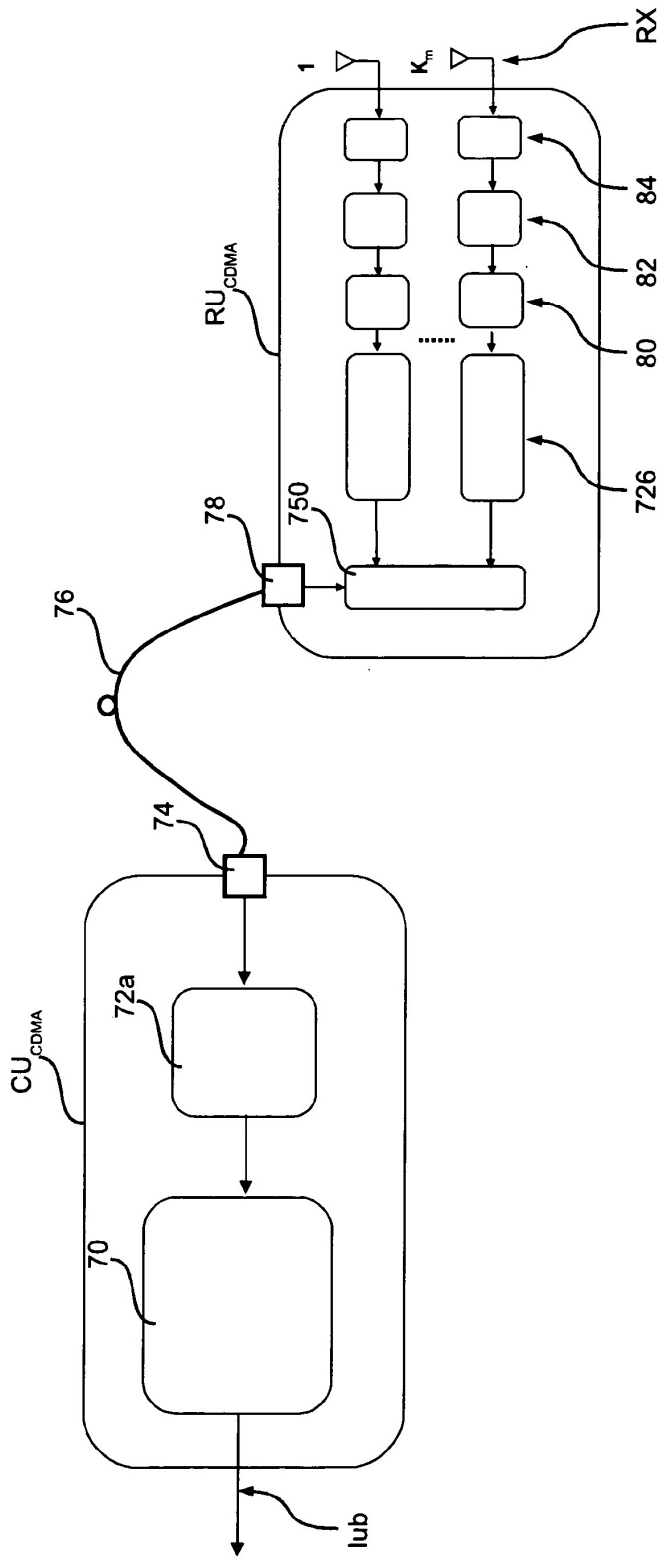




**Fig. 9**



**Fig. 10**



**Fig. 11**