

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 415 706**

51 Int. Cl.:

H04B 7/26 (2006.01)

H04W 88/08 (2009.01)

H04W 56/00 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2009 E 09003607 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2013 EP 2228920**

54 Título: **Sincronización de antena para MIMO en redes coherentes**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.07.2013

73 Titular/es:

**ALCATEL LUCENT (100.0%)
3, AVENUE OCTAVE GRÉARD
75007 PARIS, FR**

72 Inventor/es:

**MAYER, HANS-PETER y
SCHLESINGER, HEINZ**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 415 706 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

Sincronización de antena para MIMO en redes coherentes

Antecedentes de la invención

5 La invención se refiere a un procedimiento para sincronizar señales de antena de radiofrecuencia (RF) de una pluralidad de emplazamientos de antenas de RF dispuestos en distintas ubicaciones de un sistema de radiotransmisión. La invención también se refiere a un sistema de radiotransmisión adaptado para realizar el procedimiento.

10 MIMO (Múltiples Entradas / Múltiples Salidas) en redes coherentes ofrece un aumento significativo de la eficacia espectral en sistemas de radiotransmisión, tales como las redes celulares, especialmente en sistemas con reutilización de frecuencias en los cuales se usa el mismo espectro en cada célula. En este caso, las prestaciones del sistema están normalmente limitadas por la interferencia entre células.

15 A fin de obtener el máximo beneficio de la transmisión MIMO en redes coherentes en la dirección de enlace descendente, es decir, desde los emplazamientos de antenas de RF hasta las estaciones móviles, las antenas situadas en emplazamientos distantes de antenas (p. ej., situadas en una pluralidad de estaciones base que actúan conjuntamente, o Cabezales de Radio Remotos de la misma estación base) deben transmitir señales de radio con fases correlacionadas (actuando como "Antenas calibradas").

20 Por este motivo, se desea un procedimiento para mantener la sincronización de las señales de antenas de RF que limite las desviaciones entre las señales de antenas de RF (fluctuación de fase) a menos de una fracción del periodo de RF en una trama de tiempo del orden de 100 ms aproximadamente. Este periodo sería lo bastante largo como para permitir mecanismos de retroalimentación para controlar las fases. La frecuencia de la portadora de las señales de radio está comprendida habitualmente entre 1 y 5 GHz para aplicaciones celulares, y la separación entre las antenas puede ser del orden de, p. ej., entre 500 m y 1 km, o incluso más para un entorno macrocelular.

Los procedimientos conocidos para la sincronización de estaciones base, p. ej., están basados en el uso del enlace de retorno de Ethernet o, alternativamente, en el uso de una referencia de reloj GPS, los cuales se describen brevemente a continuación:

25 Uso de interfaz IEEE 1588 o CPRI (enlace de retorno de Ethernet):

En la categoría de sincronización basada en Ethernet (o basada en un protocolo), hay un procedimiento según la norma IEEE 1588 y otro basado en la interfaz CPRI. Los procedimientos de esta categoría pueden sincronizarse hasta en una fracción de un microsegundo, pero no permiten mantener antenas distantes calibradas según los requisitos anteriores.

Uso de una referencia GPS:

30 En el caso del GPS, el reloj maestro (oscilador maestro) está situado en el satélite del sistema GPS y una señal de referencia de 10 MHz es proporcionada por la unidad receptora del satélite GPS. Un receptor GPS está instalado en cada emplazamiento de antenas que proporciona la señal que controla a los osciladores.

35 Sin embargo, ninguno de ambos enfoques, es decir, GPS e IEEE 1588, es lo bastante preciso debido a que, por otro lado, se usan Bucles de Enganche de Fase (PLL) para generar la señal portadora de RF a partir de señales de referencia con una frecuencia mucho menor.

40 Suponiendo que una señal de RF de 2 GHz se obtiene usando un PLL a partir de una señal de referencia de 10 MHz, se obtendrá un ruido de fase en banda PLL de $20 \log(2 \text{ GHz} / 10 \text{ MHz}) = 46 \text{ dB}$. Sin embargo, la red actual de canales de radio de RF está en la región comprendida entre 100 KHz y 1 MHz y, por tanto, el ruido de fase en banda PLL aumentará, p. ej., a una frecuencia de referencia de 100 KHz, hasta 86 dB. Esto dará lugar a una enorme desviación de fase no correlacionada dentro de los Osciladores individuales de RF-(LO) en cualquier Cabezal de Radio Remoto, unido a un patrón de radio no deseado y no correlacionado (similar a un patrón SDMA (Acceso Múltiple por División de Espacio)) en la interfaz aérea.

45 Como resultado, todas las antenas que estén actuando conjuntamente en el proceso de transmisión requieren una sincronización precisa, usando una señal obtenida de un oscilador maestro con una frecuencia del orden de la frecuencia de portadora.

Hay una solución comercialmente disponible para realizar tal sincronización usando una señal GPS combinada con un reloj de rubidio (Rb): en este caso, los muy precisos relojes (de rubidio) se sincronizan externamente mediante señales GPS. Sin embargo, debido al uso de relojes de rubidio, esta solución es cara, lo que prohíbe su uso en muchas aplicaciones.

50 El documento WO 2007/064058 A1 muestra un aparato de sincronización de reloj sumamente preciso en un sistema de

localización en tiempo real (RTLS). El aparato incluye una unidad óptica transmisora/receptora para recibir una trama de información de reloj desde un servidor de sincronización de reloj, convertir la trama recibida de información de reloj de serie a paralelo y transmitir/recibir los datos de información de reloj y la información de reloj. Se proporciona una unidad de estimación de desfase para detectar una señal de preámbulo y una señal de información de reloj a partir de la trama de información de reloj convertida de serie a paralelo, calcular un valor de diferencia de fase comparando la señal de preámbulo detectada con la señal de información de reloj detectada, y emitir un valor de desfase basado en el valor calculado de diferencia de fase. También se proporciona una unidad de sincronización de reloj para actualizar un valor de reloj local con los tiempos del servidor de sincronización de reloj, en base al valor de desfase y la trama de información de reloj.

10 **Resumen de la invención**

Según un aspecto, se proporciona un procedimiento según lo descrito en la introducción, comprendiendo el procedimiento las etapas de: generar una señal de referencia en un oscilador de referencia situado en una unidad central del sistema de radiotransmisión, transmitir la señal óptica de referencia desde la unidad central hasta los emplazamientos de antenas de RF a través de enlaces de fibra óptica, y usar la señal de referencia transmitida para sincronizar las señales de antenas de RF de los diferentes emplazamientos de antenas, generar la señal de referencia que tiene una frecuencia de RF, en particular en el rango de los GHz, usar la señal de referencia en al menos dos de los emplazamientos de antenas para generar una señal portadora para al menos dos de las señales de antenas de RF, y transmitir las al menos dos señales de antenas de RF mediante los al menos dos de los emplazamientos de antenas de RF. De esta manera, las señales de antenas de RF de diferentes emplazamientos de antenas pueden sincronizarse de manera fiable y económica.

Los inventores proponen el uso de un enlace óptico para transmitir la señal de referencia/reloj desde un oscilador "maestro" en el emplazamiento central hasta los emplazamientos de antenas "esclavas" a través de enlaces de fibra óptica. Se ha observado que la precisión de la sincronización de reloj realizada por este procedimiento depende de la fluctuación a corto plazo. La mayor parte de esta fluctuación de fase a corto plazo (debida a la diferencia de la longitud de la trayectoria óptica) es provocada por la Dispersión en Modo de Polarización (PMD) de las fibras usadas. La Dispersión en Modo de Polarización es del orden de 0,1/0,5 ps / $\sqrt{\text{km}}$, lo que hace un total de 0,45/2,25 ps para una distancia entre emplazamientos de 20 km. Este valor está muy por debajo del valor requerido de una desviación de 50 ps dentro de un periodo de medición de 100 ms.

Por tanto, la invención proporciona un procedimiento para la sincronización (calibración) de fase de antenas distantes y, como consecuencia, permite el uso de MIMO en redes coherentes en el enlace descendente para sistemas como LTE FDD, ya que las fases de las antenas distantes se estabilizan hasta tal punto que el canal de radio puede controlarse usando bucles de retroalimentación entre las estaciones móviles y la estación base, con una sobrecarga de transmisión moderada en la interfaz aérea.

En el caso de una configuración que comprende un NodoB como una unidad central, con Unidades de Radio Remotas en los emplazamientos de antenas, ya hay un enlace de fibra implantado para la señal digital de banda base. En el caso de una red de Acceso por Radio que comprende Nodos B clásicos y retorno por fibra, también puede realizarse el mismo procedimiento de sincronización. En particular, una pluralidad de estaciones base (Nodos B) que actúan conjuntamente pueden servir como emplazamientos de antenas, y un emplazamiento central de la red de comunicaciones, que comprende el oscilador de referencia, puede proporcionar a la pluralidad de estaciones base la señal de referencia. Los expertos en la técnica apreciarán que uno de los Nodos B (emplazamientos de antenas) puede servir como un emplazamiento central/unidad central (unidad maestra), que proporciona a los otros Nodos B (esclavos) la señal de referencia. El procedimiento descrito anteriormente también es aplicable a antenas de múltiples elementos. En este caso, la distribución del reloj o la distribución de la señal de referencia será proporcionada por una placa base óptica.

La señal de referencia tiene habitualmente una frecuencia que es del orden de magnitud de la frecuencia de la señal portadora. En particular, la frecuencia de la señal de referencia puede ser igual a la frecuencia de la señal portadora, o a la mitad de la frecuencia de la señal portadora. De esta manera, la señal de referencia puede usarse directamente para generar una señal portadora para la señal de antena de RF. Se entenderá que la señal de referencia puede amplificarse/regenerarse antes de ser usada como una portadora.

En otra variante, el procedimiento comprende además: transmitir una señal de datos desde la unidad central hasta los emplazamientos de antenas de RF. Habitualmente, la señal de datos se transmite como una señal digital, por ejemplo, a través de una fibra óptica. Por supuesto, también es posible usar la conocida transmisión analógica de la señal de antena de RF a través de fibra (p. ej., cables coaxiales). Sin embargo, una transmisión analógica de ese tipo daría lugar a distorsiones. Los expertos en la técnica apreciarán que, a diferencia de la señal de referencia, que es habitualmente común para todos los emplazamientos de antenas de RF, señales de datos diferentes se transmiten habitualmente a distintos emplazamientos de antenas de RF. En aplicaciones MIMO, las señales de datos contienen normalmente los mismos datos de usuario, si bien con fases distintas.

En un desarrollo de esta variante, la señal de datos y la señal de referencia se transmiten a través de diferentes enlaces

de fibra. En este caso, la transmisión de la señal de referencia puede realizarse independientemente de la transmisión de la señal de datos.

En otro desarrollo de esta variante, la señal de datos y la señal de referencia se transmiten a través del mismo enlace de fibra. Como se ha descrito anteriormente, ya puede haber un enlace de fibra óptica implantado para la transmisión de la señal de banda base que también puede usarse para transmitir la señal de referencia. Para transmitir simultáneamente la señal de datos y la señal de referencia a través del mismo enlace de fibra hay varias opciones:

Una primera opción es realizar una multiplexación por división de longitud de onda, WDM, para transmitir la señal de datos y la señal de referencia en distintas longitudes de onda a través del mismo enlace de fibra. En este caso, puede usarse un esquema WDM (código) para separar la señal de datos digitales y la señal de referencia.

Una segunda opción es realizar una multiplexación eléctrica para transmitir la señal de datos y la señal de referencia a través del mismo enlace de fibra. Cuando se aplica esta opción, la señal de referencia analógica de RF puede modularse encima de la señal de datos digitales de banda base, usando inserción/extracción eléctrica (multiplexación) en el transmisor óptico del emplazamiento central y el receptor óptico del emplazamiento de antenas de RF, respectivamente. Usando un enfoque de ese tipo, se prescinde de implantar una segunda fibra o un equipo divisor/combinador WDM. La multiplexación eléctrica es posible, ya que los enlaces de fibra, habitualmente, son relativamente cortos (p. ej., de menos de 20 o 10 km), dejando de ese modo una gran reserva en el presupuesto para enlaces ópticos.

Un segundo aspecto de la invención está implementado en un sistema de radiotransmisión, que comprende: una pluralidad de emplazamientos de antenas de RF dispuestas en distintas ubicaciones, teniendo cada emplazamiento de antenas de RF al menos una antena de RF para generar una señal de antena de RF, una unidad central que comprende un oscilador de referencia para generar una señal de referencia y una pluralidad de enlaces de fibra óptica para transmitir la señal de referencia desde la unidad central hasta la pluralidad de emplazamientos de antenas de RF, en el que los emplazamientos de antenas de RF están adaptados para usar la señal de referencia transmitida para sincronizar las señales de antenas de RF de los distintos emplazamientos de antenas de RF, en el que el oscilador de referencia está adaptado para generar una señal de referencia que tiene una frecuencia de RF, en particular en el rango de los GHz, en el que al menos dos de los emplazamientos de antenas de RF están adaptados para usar la señal de referencia para generar una señal portadora para la señal de antena de RF de los al menos dos de los emplazamientos de antenas de RF, y estando adaptados los al menos dos de los emplazamientos de antenas de RF para transmitir la señal de antena de RF.

En el sistema de radiotransmisión descrito anteriormente, la señal de referencia puede proporcionarse como una señal óptica que comprende solamente una única longitud de onda. Alternativamente, la señal de referencia puede comprender dos o más componentes que tienen distintas longitudes de onda. En este caso, los emplazamientos de antenas de RF comprenden un mezclador de frecuencias para generar la referencia (frecuencia) de reloj, por ejemplo, como la diferencia entre las dos componentes de la señal de referencia. Este enfoque puede reducir las fluctuaciones de fase dadas por las variaciones de la longitud óptica de la fibra, y así reducir la fluctuación de la señal de referencia recibida.

La frecuencia de la señal de referencia debería ser del orden de magnitud de la señal portadora de las señales de antenas de RF, a fin de realizar la sincronización con suficiente precisión. Habitualmente, el oscilador de referencia está adaptado para generar una señal eléctrica analógica que es sometida a conversión electro-óptica antes de ser transmitida por la fibra óptica.

La manera más fácil de usar la señal de referencia como una señal portadora es proporcionar una señal de referencia que tenga la frecuencia de la señal portadora, de modo que la señal de referencia pueda usarse directamente como la señal portadora (posiblemente después de la reamplificación/regeneración en el emplazamiento de antenas de RF).

Otra realización del sistema de radiotransmisión está adaptada para la transmisión de una señal de datos desde la unidad central hasta los emplazamientos de antenas de RF.

En un desarrollo de esta realización, el sistema de radiotransmisión comprende al menos un enlace de fibra adicional para transmitir la señal de datos desde la unidad central hasta los emplazamientos de antenas de RF.

En otro desarrollo, el sistema de radiotransmisión comprende además una disposición (multiplexor/demultiplexor) de multiplexación por división de longitud de onda, WDM, para transmitir la señal de referencia y la señal de datos a través del mismo enlace de fibra usando distintas longitudes de onda. La multiplexación óptica puede llevarse a cabo usando un equipo divisor/combinador adecuado.

En una realización, el sistema de radiotransmisión comprende además una disposición de multiplexación eléctrica para la transmisión combinada de la señal de referencia y la señal de datos a través del mismo enlace de fibra. Cuando se realiza la multiplexación eléctrica, la señal transmitida a través del enlace de fibra puede comprender, por ejemplo, la señal de datos digitales como una gran componente de señal y la señal de referencia analógica como una pequeña componente de

señal.

Se entenderá que distintas posibilidades de transmisión de la señal óptica, p. ej., según lo descrito anteriormente (a través de una fibra distinta, usando multiplexación óptica o eléctrica) pueden implementarse en el mismo sistema de transmisión, por ejemplo, cuando emplazamientos de antenas de RF con distintos tipos de equipos están conectados al mismo emplazamiento central.

En una realización, cada uno de los enlaces de fibra óptica tiene una longitud de menos de 20 km, preferiblemente de menos de 10 km. Según lo descrito anteriormente, si es posible, la longitud de los enlaces de fibra no debería superar estos valores a fin de garantizar que la sincronización del reloj pueda llevarse a cabo con alta precisión.

Características y ventajas adicionales están expuestas en la siguiente descripción de realizaciones a modo de ejemplo, con referencia a las figuras del dibujo, que muestra detalles significativos, y están definidas por las reivindicaciones. Las características individuales pueden implementarse individualmente por sí mismas, o bien varias de ellas pueden implementarse en cualquier combinación deseada.

Breve descripción de los dibujos

Realizaciones ejemplares se muestran en el dibujo esquemático y se explican en la siguiente descripción. Se muestra lo siguiente:

La **Fig. 1** muestra un diagrama esquemático de una primera realización de un sistema de radiotransmisión que usa fibras ópticas distintas para transmitir una señal de datos y una señal de referencia,

La **Fig. 2** muestra un diagrama esquemático de una segunda realización de un sistema de radiotransmisión que usa una única fibra óptica para transmitir la señal de datos y la señal de referencia usando WDM, y

La **Fig. 3** muestra un diagrama esquemático de una tercera realización de un sistema de radiotransmisión que usa una única fibra óptica para transmitir la señal de datos y la señal de referencia usando multiplexación eléctrica.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La **Fig. 1** muestra un sistema 1 de radiotransmisión que tiene una unidad central 2 en forma de estación base (que es un NodoB en el presente ejemplo) y una pluralidad de emplazamientos 3a, ..., 3i de antenas de RF, en forma de unidades de radio remotas, RRH, dispuestas en distintas ubicaciones de manera remota respecto de la unidad central 2, p. ej., alejadas 1 km aproximadamente de la unidad central 2. Cada emplazamiento 3a,... , 3i de antenas de RF comprende al menos una antena 4a, ..., 4i de RF para generar/transmitir una señal 5a, ..., 5i correspondiente de antena de RF.

A fin de obtener el máximo beneficio de la transmisión MIMO en redes coherentes en la dirección de enlace descendente, las antenas 4a,... , 4i de RF situadas en los emplazamientos 3a, ..., 3i de antenas de RF distantes deberían transmitir las señales 5a, ..., 5i de antenas de RF con fases correlacionadas, es decir, se requiere la sincronización de las señales 5a, ..., 5i de antenas de RF usando una señal común de reloj/referencia.

Para proporcionar una señal de reloj común de ese tipo a las antenas 4a, ..., 4i de RF, la unidad central tiene un oscilador 6 de referencia para generar una señal 7 de referencia analógica (eléctrica). Después de comunicar la señal 7 de referencia a través de un electro-transmisor/transmisor óptico 8 (p. ej., un diodo de láser), la señal 7 de referencia se transmite a través de un enlace 9a de fibra óptica al primero de los emplazamientos 3a de antenas de RF. En el presente ejemplo, la señal 7 de referencia se proporciona a un modulador 10a de RF del emplazamiento 3a de antenas de RF que tiene un fotodiodo PIN para la conversión electro-óptica.

Además, una señal 11 de datos digitales también se transmite desde la unidad central 2 hasta el primer emplazamiento 3a de antenas de RF a través de una fibra óptica 12a distinta. La señal 11 de datos es generada en una unidad 13 de banda base digital de la unidad central 2 y es preparada para la transmisión óptica en un transmisor 14 electro-óptico digital, usando un diodo semiconductor (de láser), cuya potencia óptica es modulada por la señal 7 de datos. El emplazamiento 3a de antenas de RF tiene un convertidor 15a digital/analógico y óptico/eléctrico para convertir la señal 11 de datos ópticos digitales en una señal de datos eléctrica analógica, p. ej., usando un fotodiodo PIN.

Después de la transmisión de la señal 11 de datos y de la señal 9 de referencia al emplazamiento 3a de antenas de RF, ambas se utilizan para generar una señal 5a de antena de RF que esté sincronizada con las señales 5b, ..., 5i de antenas de RF de los otros emplazamientos 5b, ..., 5i de antenas de RF.

Con este fin, la señal 9 de referencia primero se regenera y/o amplifica en primer lugar (p. ej., en el modulador 10a de RF) y luego se usa como una señal portadora para la señal 5a de antena de RF, convirtiéndose la señal 11 de datos al formato analógico y usándose para modular la señal portadora. Se entenderá que, para usar la señal 7 de referencia como la señal portadora, en el caso más sencillo, la frecuencia de la señal 7 de referencia corresponde a la frecuencia de la señal

portadora (en el rango de los GHz).

Sin embargo, también es posible tener una señal 7 de referencia con una frecuencia que sea solamente del orden de magnitud de la señal portadora, p. ej., que sea la mitad de la frecuencia de portadora. En este caso, una conversión por aumento de frecuencia, p. ej., usando un PLL, puede aplicarse a la señal 7 de referencia, siendo posible la conversión por aumento de frecuencia siempre que la frecuencia de la señal 7 de referencia no se desvíe significativamente de la frecuencia de la señal portadora, es decir, habitualmente, la señal 7 de referencia tiene una frecuencia que es al menos 1/10 de la frecuencia de portadora.

Se entenderá que, alternativamente, la señal 7 de referencia puede usarse solamente como una referencia de reloj precisa para generar la señal 5a de antena de RF en el emplazamiento 3a de antenas de RF. Además, es posible usar una señal 7 de referencia que tenga más de una, p. ej., dos longitudes de onda óptica, reconstruyéndose la frecuencia de referencia a partir de la señal 7 de referencia, p. ej., restando las dos componentes de longitud de onda de la señal 7 de referencia transmitida en el emplazamiento 3a de antenas de RF. En cualquier caso, cuando se usa la señal 7 de referencia como una referencia de reloj, las señales 5a a 5i de antena de RF de los distintos emplazamientos 3a a 3i de antenas de RF pueden sincronizarse.

Se entenderá que, en la realización mostrada en la Fig. 1, la transmisión de la señal 11 de datos puede llevarse a cabo, alternativamente, a través de un cable de RF estándar, es decir, la señal 11 de datos puede transmitirse como una señal eléctrica desde el emplazamiento central 2 hasta los emplazamientos 3a a 3i de antenas de RF.

La Fig. 2 muestra una realización alternativa de un sistema 1a de radiotransmisión, que tiene solamente una única fibra óptica 9a' que conecta el emplazamiento central 2 con el emplazamiento 3a de antenas de RF. En este caso, tanto la señal 11 de datos como la señal 7 de referencia se transmiten a través de la fibra 9a' usando distintas longitudes de onda, estando dispuestos un multiplexor 16 (C)WDM y un demultiplexor 17a (C)WDM en el emplazamiento central 2 y el emplazamiento 3a de antenas de RF, para combinar/separar, respectivamente, las longitudes de onda de la señal 11 de datos y de la señal 7 de referencia.

En la Fig. 3 se muestra un sistema 1b adicional de transmisión que también tiene una única fibra 9a" para transmitir tanto la señal 7 de referencia como la señal 11 de datos al primer emplazamiento 3a de antenas de RF. Sin embargo, a diferencia del sistema 1a de transmisión mostrado en la Fig. 2, el sistema 1b de transmisión comprende un transmisor 18 electro/óptico en el emplazamiento central 2 y un receptor 19a electro-óptico en el primer emplazamiento 3a de antenas de RF. Los moduladores eléctricos 18, 19a se usan para realizar la inserción y extracción eléctrica, modulando la señal 7 de referencia analógica encima de la señal digital 11 de banda base.

En todos los sistemas 1, 1a, 1b de radiotransmisión descritos anteriormente, los emplazamientos 3a a 3i de antenas de RF usan la señal 7 de referencia, transmitida desde el oscilador central 6, como una referencia, en lugar del oscilador de referencia local. Se entenderá que, aunque en las Figs. 1 a 3 los emplazamientos 3a a 3i de antenas de RF tienen la misma estructura, los tipos de transmisión de la señal 7 de referencia y de la señal 11 de datos, mostradas en las Figs. 1 a 3, pueden ser mixtos. Por ejemplo, algunos de los emplazamientos 3a a 3i de antenas de RF pueden estar conectados a través de una única fibra 9a con el emplazamiento central 2, mientras que otros pueden no estarlo.

Se entenderá que, en este caso, el equipo en el emplazamiento central 2 debe adaptarse con este fin. A este respecto, los expertos en la técnica apreciarán que, aunque se muestre un único multiplexor 16 por división de longitud de onda y un único multiplexor 18 eléctrico, un mayor número de estos dispositivos puede implantarse en el emplazamiento central 2 para dar servicio a los emplazamientos 3b a 3i restantes de antenas de RF a través de enlaces individuales de fibra óptica (mostrándose solamente uno de ellos (9i, 9i', 9i''), con fines de simplificación).

En cualquier caso, para sincronizar las señales 5a a 5i de antenas de RF de los distintos emplazamientos 3a a 3i de antenas, la longitud de los enlaces 9a, 9a', 9a" de fibra para transmitir la señal de referencia no debería superar, posiblemente, los 20 km aproximadamente; preferiblemente los 10 km, ya que, usando una longitud de fibra de ese tipo se facilita la sincronización de las señales 5a a 5i de antenas de RF, y la fluctuación de fase provocada por la Dispersión en Modo de Polarización en las fibras ópticas que tienen distintas longitudes de trayectoria es lo bastante pequeña como para permitir la compensación mediante mecanismos de retroalimentación entre los emplazamientos 3a a 3i de antenas de RF y las estaciones móviles (no mostradas) que reciben las señales 5a a 5i de antenas de RF, controlando así sus fases de la manera deseada.

Los expertos en la técnica apreciarán que, aunque los sistemas 1, 1a, 1b de transmisión descritos anteriormente usan una estación base (NodoB) como un emplazamiento central y las Unidades de Radio Remotas (RRH) como emplazamientos 3a a 3i de antenas de RF, también es posible que una pluralidad de estaciones base (NodosB) que actúen conjuntamente sirvan como emplazamientos de antenas, comprendiendo un emplazamiento central de la red de comunicaciones el oscilador de referencia que da servicio a la pluralidad de estaciones base. Además, el procedimiento y el sistema descritos anteriormente pueden aplicarse a antenas de múltiples elementos con un elemento central que comprende el oscilador de referencia, o a otro equipo adecuado.

En resumen, el enfoque descrito anteriormente sirve para permitir el uso de MIMO coherente en el enlace descendente para sistemas como LTE FDD, ya que las fases de las antenas de RF distantes se estabilizan hasta tal punto que el canal de radio puede controlarse usando bucles de retroalimentación entre las estaciones móviles y la estación base (p. ej., NodoB), con una sobrecarga de transmisión moderada en la interfaz aérea.

- 5 La descripción anterior de las realizaciones preferidas se ha proporcionado a modo de ejemplo. A partir de la descripción dada, los expertos en la técnica no solo entenderán la presente invención y sus ventajas intrínsecas, sino que también les resultarán evidentes diversos cambios y modificaciones en las estructuras y procedimientos dados a conocer. El solicitante, por lo tanto, busca cubrir todos estos cambios y modificaciones, según lo definido por las reivindicaciones adjuntas y equivalentes de las mismas.

10

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de sincronización de señales (5a a 5i) de antenas de RF de una pluralidad de emplazamientos (3a a 3i) de antenas de RF dispuestos en distintas ubicaciones de un sistema (1, 1a, 1b) de radiotransmisión, comprendiendo el procedimiento:

5 generar una señal (7) de referencia en un oscilador (6) de referencia situado en una unidad central (2) del sistema (1, 1a, 1b) de radiotransmisión, transmitir la señal (7) de referencia como una señal óptica desde la unidad central (2) hasta los emplazamientos (3a a 3i) de antenas de RF a través de enlaces (9a, 9a', 9a'', ...) de fibra óptica, y usar la señal (7) de referencia transmitida para sincronizar las señales (5a a 5i) de antenas de RF de los distintos emplazamientos (3a a 3i) de antenas,

10

caracterizado por la generación de la señal (7) de referencia que tiene una frecuencia de RF, en particular en el rango de los GHz, la utilización de la señal (7) de referencia mediante al menos dos de los emplazamientos (3a a 3i) de antenas de RF para generar una señal de portadora para al menos dos de las señales (5a a 5i) de antenas de RF, y la transmisión de las al menos dos señales (5a a 5i) de antenas de RF mediante los al menos dos de los emplazamientos (3a a 3i) de antenas de RF.

15

2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además: la transmisión de una señal (11) de datos desde la unidad central (2) hasta los emplazamientos (3a a 3i) de antenas de RF.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que la señal (11) de datos y la señal (7) de referencia son transmitidas a través de enlaces (9a, 12a) de fibra independientes.

20 4. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que la señal (11) de datos y la señal (7) de referencia son transmitidas a través del mismo enlace (9a', 9a'', ...) de fibra.

5. Procedimiento según la reivindicación 4, que comprende además: la realización de una multiplexación por división de longitud de onda, WDM, para transmitir la señal (11) de datos y la señal (7) de referencia a distintas longitudes de onda a través del mismo enlace (9a') de fibra.

25 6. Procedimiento según la reivindicación 4, que comprende además: la realización de una multiplexación eléctrica para transmitir la señal (11) de datos y la señal (7) de referencia a través del mismo enlace (9a'') de fibra.

7. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha señal óptica comprende una única longitud de onda.

30 8. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha señal óptica comprende dos componentes que tienen distintas longitudes de onda, y en el que dicho procedimiento comprende además la etapa de generación de una referencia de reloj como una diferencia entre las dos componentes mediante un mezclador de frecuencias de los emplazamientos (3a a 3i) de antenas de RF.

9. Sistema (1, 1a, 1b) de radiotransmisión, que comprende:

35 una pluralidad de emplazamientos (3a a 3i) de antenas de RF dispuestos en distintas ubicaciones, teniendo cada emplazamiento (3a a 3i) de antenas de RF al menos una antena (4a a 4i) de RF para generar una señal (5a a 5i) de antena de RF, una unidad central (2) que comprende un oscilador (6) de referencia para generar una señal (7) de referencia, y una pluralidad de enlaces (9a, 9a', 9a'', ...) de fibra óptica para transmitir la señal (7) de referencia desde la unidad central (2) hasta la pluralidad de emplazamientos (3a a 3i) de antenas de RF, en el que los emplazamientos (3a a 3i) de antenas de RF están adaptados para usar la señal (7) de referencia transmitida para sincronizar las señales (5a a 5i) de antenas de RF de los distintos emplazamientos (3a a 3i) de antenas de RF,

40

caracterizado por estar el oscilador (6) de referencia adaptado para generar una señal (7) de referencia que tiene una frecuencia de RF, en particular en el rango de los GHz, en el que al menos dos de los emplazamientos (3a a 3i) de antenas de RF están adaptados para usar la señal (7) de referencia para generar una señal portadora para la señal (5a a 5i) de antena de RF de los al menos dos de los emplazamientos (3a a 3i) de antenas de RF, y estando adaptados los al menos dos de los emplazamientos (3a a 3i) de antenas de RF para transmitir la señal (5a a 5i) de antena de RF.

45

10. Sistema de radiotransmisión según la reivindicación 9, estando adaptado para la transmisión de una señal (11) de datos desde la unidad central (2) hasta los emplazamientos (3a a 3i) de antenas de RF.

50 11. Sistema de radiotransmisión según la reivindicación 10, que comprende además al menos un enlace (12a) de fibra adicional para transmitir la señal (11) de datos desde la unidad central (2) hasta los emplazamientos (3a a 3i) de antenas

de RF.

12. Sistema de radiotransmisión según la reivindicación 10, que comprende además una disposición (16, 17a a 17i) de multiplexación por división de longitud de onda, WDM, para transmitir la señal (7) de referencia y la señal (11) de datos a través del mismo enlace (9a') de fibra usando distintas longitudes de onda.
- 5 13. Sistema de radiotransmisión según la reivindicación 10, que comprende además una disposición (18, 19a a 19i) de multiplexación eléctrica para la transmisión combinada de la señal (7) de referencia y la señal (11) de datos a través del mismo enlace (9a'') de fibra.
14. Sistema de radiotransmisión según la reivindicación 10, en el que los enlaces (9a, 9a', 9a'', ...) de fibra óptica tienen una longitud de menos de 20 km, preferiblemente de menos de 10 km.
- 10 15. Sistema de radiotransmisión según la reivindicación 9, en el que cada uno de los emplazamientos (3a a 3i) de antenas de RF es un emplazamiento de un único elemento de antena de una antena de múltiples elementos.

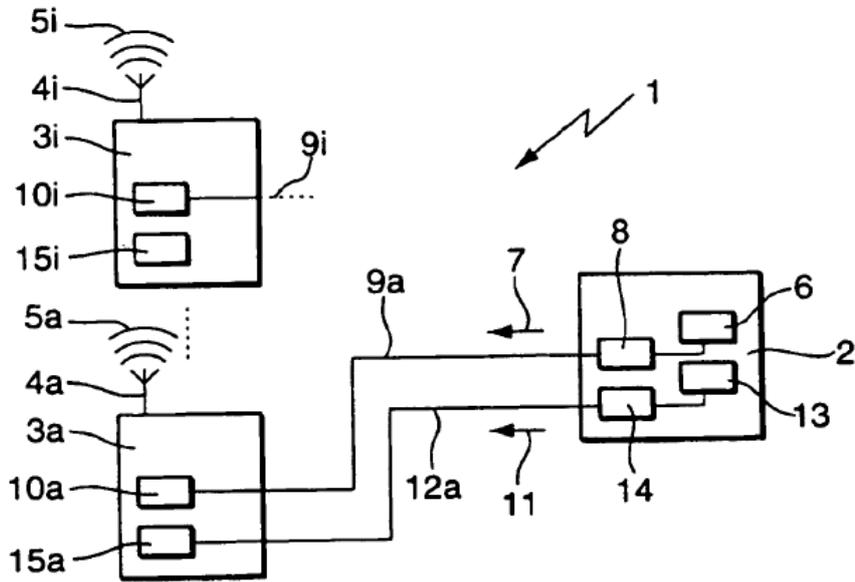


Fig. 1

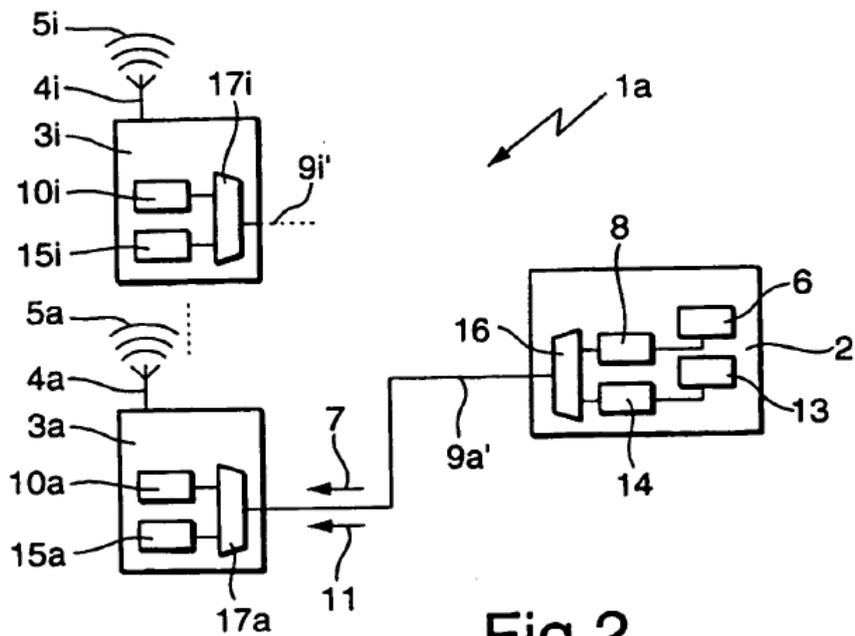


Fig. 2

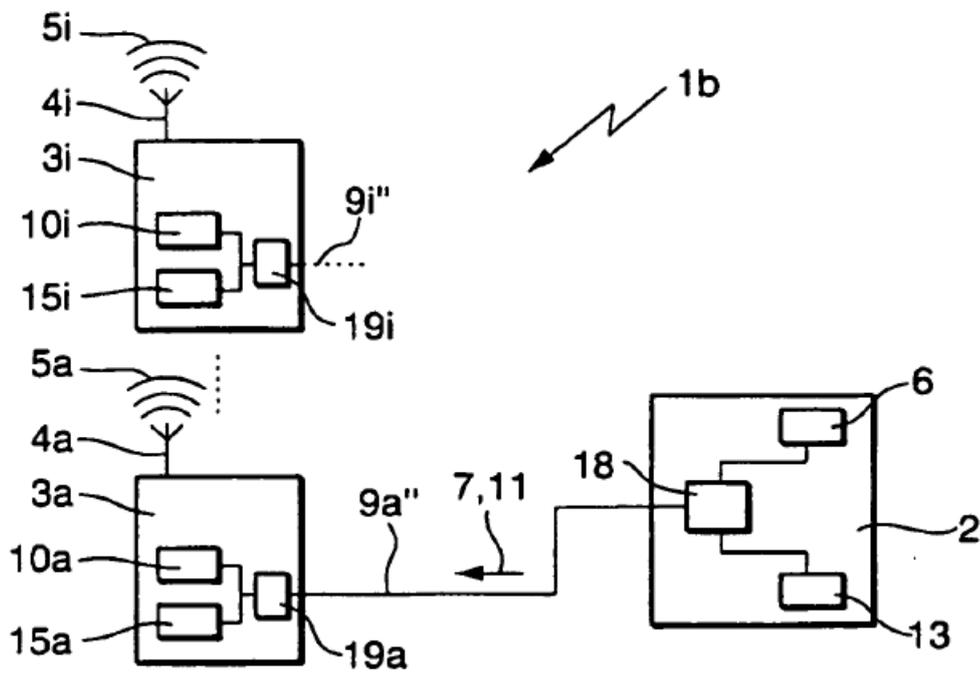


Fig.3