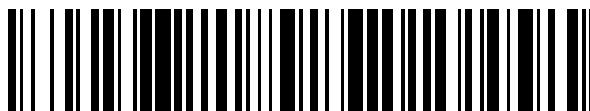


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 882 069**

51 Int. Cl.:

H04W 56/00

(2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.07.2015** **PCT/EP2015/066418**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.01.2017** **WO17012635**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.07.2015** **E 15738668 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.06.2021** **EP 3326412**

54 Título: **Sincronización de estaciones base inalámbricas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
01.12.2021

73 Titular/es:

TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)
(100.0%)
164 83 Stockholm, SE

72 Inventor/es:

RUFFINI, STEFANO y
STRACCA, STEFANO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 882 069 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 estaciones base inalámbricas

Campo técnico

La presente invención está relacionada, en general, con la sincronización de estaciones base inalámbricas.

5 Antecedentes

En las redes inalámbricas actuales se utilizan varias tecnologías, tales como la Evolución a largo plazo (LTE - Long Term Evolution, en inglés), la LTE-Avanzada, el Acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA - Wideband Code Division Multiple Access, en inglés) del Proyecto de asociación de 3ª generación (3GPP - 3rd Generation Partnership Project, en inglés), el Sistema global para comunicaciones móviles / Velocidad de datos mejorada para la Evolución de GSM (GSM/EDGE – Global System for Mobile communications/Enhanced Data rate for GSM Evolution, en inglés), la Interoperabilidad mundial para acceso por microondas (WiMax – Worldwide Interoperability for Microwave Access, en inglés) y la ultra banda ancha para móviles (UMB – Ultra Mobile Broadband, en inglés). Una red inalámbrica comprende estaciones base inalámbricas que proporcionan cobertura inalámbrica en una zona geográfica, llamada, habitualmente, celda.

Es necesario sincronizar el funcionamiento de las estaciones base. La sincronización permite a una estación base generar la frecuencia portadora de RF correcta y sincronizar la transmisión de una señal inalámbrica en la interfaz inalámbrica. Dependiendo del tipo de tecnología, las celdas adyacentes pueden funcionar a la misma frecuencia o a diferentes frecuencias. Una estación base debe funcionar a una frecuencia requerida, y no debe desviarse de esa frecuencia. Un requisito habitual para la precisión de la frecuencia es de alrededor de 50 partes por mil millones (ppb (parts per billion, en inglés)). Cuando las estaciones base utilizan multiplexación por división del tiempo (TDM – Time Division Multiplexing, en inglés) o duplexación por división del tiempo (TDD – Time Division Duplexing, en inglés), también existe el requisito de que las estaciones base tengan acceso a una referencia precisa de sincronismo de tiempo / fase, además de la del sincronismo de frecuencia. La sincronización de tiempo / fase es necesaria para la generación correcta de la trama de TDD en la interfaz de radio para evitar interferencias entre las señales generadas por celdas adyacentes. Un requisito habitual para el sincronismo de tiempo / fase es del orden de +/- 1,5 μ s.

A modo de ejemplo, los problemas de cobertura en interiores y la creciente demanda de datos en ubicaciones interiores y exteriores son dos de los mayores problemas relacionados con la planificación actual de la red móvil, especialmente con la migración al 4G, debido a sus más altas bandas de frecuencia que provocan aún más pérdidas de ruta y de penetración y acortan el rango de cobertura. Los operadores pueden utilizar celdas pequeñas (tales como micro celdas o pico celdas) para expandir la capacidad y rellenar los huecos de cobertura en sus redes de manera rentable. La evolución de las redes móviles está presentando una mayor demanda para coordinar estaciones base de radio y, por tanto, también requiere la distribución de una referencia de sincronismo de fase / tiempo.

En algunas implementaciones de estaciones base, se combinan una unidad de radio y un equipo de procesamiento en banda base (también llamado unidad digital (DU – Digital unit, en inglés)). En otras implementaciones, la unidad de radio y la DU están separadas y pueden estar divididas entre dos ubicaciones diferentes. En este caso, la unidad de radio se denomina unidad de radio remota (RRU – Remote Radio Unit, en inglés). La unidad de radio crea una señal analógica de RF de transmisión a partir de la señal de banda base, y proporciona la señal de RF a una antena. La unidad de radio digitaliza de manera correspondiente una señal de RF de recepción. La DU y la RRU están conectadas a través de, por ejemplo, una red óptica. Las una o más DU pueden estar centralizadas y situadas de manera remota, por ejemplo, a pocos kilómetros de las RRU. Las RRU están colocadas cerca de las antenas de radio, por ejemplo, en mástiles de antena. Esto minimiza las pérdidas del alimentador y del puente entre la antena y las RRU, lo que a menudo resulta ser un problema importante que se debe abordar en la mayoría de las redes de transporte por radio, por ejemplo, para mejorar la capacidad del enlace ascendente de los servicios móviles. El procesamiento de la señal está centralizado en una DU, que ofrece recursos de procesamiento para múltiples celdas, cada una cubierta por una antena controlada por una RRU. Esto permite que un conjunto de recursos de procesamiento sea compartido dinámicamente entre muchas celdas, en línea con el principio de informática en la nube, ahorrando energía, mejorando la fiabilidad del enlace de radio y disminuyendo el número y tamaño de los sitios de acceso. Una interfaz pública de radio común (CPRI – Common Public Radio Interface, en inglés) especifica un protocolo de multiplexación por división del tiempo (TDM) para transportar datos entre la DU y la RRU.

Una red inalámbrica puede comprender una combinación de tipos de estaciones base, tales como (i) una o más estaciones base con una RRU y una DU divididas, y (ii) una o más estaciones base monolíticas con procesamiento de RF y de banda base en la estación base. Es deseable que las estaciones base de diferentes tipos estén sincronizadas en frecuencia y/o tiempo.

Compendio

La invención está definida en las reivindicaciones independientes. Las realizaciones ventajosas se exponen en las reivindicaciones dependientes. Un aspecto de la invención da a conocer un método realizado en un primer nodo de una red de transporte. La red de transporte está conectada a una primera estación base inalámbrica y a una segunda

- estación base inalámbrica. La primera estación base inalámbrica comprende una unidad de radio remota y una unidad de procesamiento en banda base situada de manera remota. El método comprende recibir, a través de la red de transporte, una señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo, que transporta, al menos, una primera señal de comunicación entre la unidad de procesamiento en banda base y la unidad de radio remota. El método comprende determinar una señal de sincronismo de frecuencia a partir de la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo. El método comprende transmitir, a través de la red de transporte, la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo, a la unidad de radio remota. El método comprende transmitir, a través de la red de transporte, la señal de sincronismo de frecuencia, a la segunda estación base inalámbrica.
- 5 Una ventaja de al menos un ejemplo es que la primera estación base inalámbrica y la segunda estación base inalámbrica pueden ser sincronizadas sin la necesidad de implementar un esquema de sincronización separado únicamente para la segunda estación base inalámbrica. Esto puede reducir el equipo y la señalización transportados a través de una red de transporte.
- 10 Una ventaja de al menos un ejemplo es que el sincronismo de frecuencia se obtiene utilizando una frecuencia de capa física precisa de una señal de TDM (por ejemplo, una señal de CPRI) que transporta una primera señal de comunicación a la primera estación base inalámbrica.
- 15 El método puede comprender recibir una segunda señal de comunicación para la segunda estación base inalámbrica. La señal de sincronismo de frecuencia puede ser transmitida con la segunda señal de comunicación a la segunda estación base inalámbrica.
- 20 La segunda señal de comunicación puede ser una señal de Ethernet. El método puede comprender transmitir la señal de sincronismo de frecuencia y la segunda señal de comunicación a la segunda estación base inalámbrica como una señal de Ethernet síncrona.
- La señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo puede transportar la primera señal de comunicación para la unidad de radio remota y la segunda señal de comunicación para la segunda estación base inalámbrica. La señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo puede ser transportada en una longitud de onda óptica, y los mensajes de sincronización de tiempo pueden ser transportados en la misma longitud de onda óptica que la señal de comunicación síncrona multiplexada por división del tiempo. Por ejemplo, pueden estar asignados (mapped, en inglés) en diferentes partes de una señal digital transportada en la misma longitud de onda óptica.
- 25 El método puede comprender mantener un primer reloj en el primer nodo e intercambiar mensajes de sincronización con la segunda estación base inalámbrica, para permitir que un reloj en la segunda estación base inalámbrica alcance el sincronismo de fase con el primer reloj en el primer nodo.
- 30 Los mensajes de sincronización pueden ser mensajes de sincronización de tiempo, para permitir que el reloj de la segunda estación base inalámbrica alcance el sincronismo de fase y tiempo con el primer reloj en el primer nodo. Los mensajes de sincronización pueden ser mensajes de Protocolo de tiempo de precisión, PTP (Precision Time Protocol, en inglés).
- 35 Mantener el primer reloj en el primer nodo puede comprender recibir marcas de tiempo desde un segundo nodo de la red de transporte. El método puede comprender determinar un retardo incurrido por la red de transporte entre el segundo nodo y el primer nodo. El método puede comprender actualizar el primer reloj basándose en las marcas de tiempo y en el retardo determinado.
- 40 La segunda estación base inalámbrica puede tener un segundo reloj. El método puede comprender transportar mensajes de sincronización entre la segunda estación base inalámbrica y un nodo que aloja un reloj principal, en donde los mensajes de sincronización de tiempo están previstos para permitir que la estación base inalámbrica sincronice el segundo reloj con el reloj principal.
- 45 El método puede comprender compensar la asimetría entre una ruta directa a través del primer nodo y una ruta inversa a través del primer nodo. La ruta directa y la ruta inversa son sentidos de transmisión diferentes, por ejemplo, hacia arriba y hacia abajo.
- La compensación de la asimetría puede comprender compensar dentro del primer nodo la asimetría entre una ruta directa a través del primer nodo y una ruta inversa a través del primer nodo.
- 50 La compensación de la asimetría puede comprender insertar un valor de corrección en uno de los mensajes de sincronización entre la segunda estación base inalámbrica y el nodo que aloja el reloj principal, cuyo mensaje de sincronización pasa a través del primer nodo.
- Los mensajes de sincronización pueden ser mensajes de Protocolo de tiempo de precisión, PTP.

La señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo, puede ser una señal de interfaz pública de radio común, CPRI.

La segunda estación base puede ser una estación base integrada o monolítica. La segunda estación base puede tener todas las funciones de la estación base combinadas en una ubicación. Por ejemplo, la segunda estación base puede tener una unidad de radio (RF – RadioFrequency, en inglés) y una unidad de procesamiento en banda base situadas en el mismo lugar en la estación base. El término “situado en el mismo lugar” significa en el mismo sitio de celda e incluye una pequeña separación física, tal como una unidad de radio situada en la parte superior de una torre o edificio y una unidad de procesamiento en banda base situada en la base de la torre o edificio. El primer nodo de la red de transporte puede transmitir / recibir una señal de retorno a la segunda estación base inalámbrica.

Otro aspecto de la invención da a conocer un nodo de red para una red de transporte que está conectado a una primera estación base inalámbrica y a una segunda estación base inalámbrica. La primera estación base inalámbrica comprende una unidad de radio remota y una unidad de procesamiento en banda base situada de manera remota, que están conectadas por la red de transporte. El nodo de red está configurado para recibir, a través de la red de transporte, una señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo, que transporta al menos una primera señal de comunicación entre la unidad de procesamiento en banda base y la unidad de radio remota. El nodo de red está configurado para determinar una señal de sincronismo de frecuencia a partir de la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo. El nodo de red está configurado para transmitir, a través de la red de transporte, la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo, a la unidad de radio remota de la primera estación base inalámbrica. El nodo de red está configurado para transmitir, a través de la red de transporte, la señal de sincronismo de frecuencia a la segunda estación base inalámbrica.

El nodo de red puede estar configurado para realizar cualquiera de los métodos descritos o reivindicados.

Una ventaja de al menos un ejemplo es que la primera estación base inalámbrica y la segunda estación base inalámbrica pueden ser sincronizadas sin la necesidad de implementar un esquema de sincronización separado únicamente para la segunda estación base inalámbrica. Esto puede reducir el equipo y la señalización transportados a través de una red de transporte.

Una ventaja de al menos un ejemplo es que la sincronización de frecuencia se obtiene utilizando una frecuencia de capa física precisa de una señal de TDM (por ejemplo, una señal de CPRI) que transporta una primera señal de comunicación a la primera estación base inalámbrica.

Otro aspecto de la invención da a conocer un nodo de red para una red de transporte que está conectado a una primera estación base inalámbrica y a una segunda estación base inalámbrica. La primera estación base inalámbrica comprende una unidad de radio remota y una unidad de procesamiento en banda base situada de manera remota, que están conectadas por la red de transporte. El nodo de red comprende un procesador y una memoria. La memoria contiene instrucciones ejecutables por el procesador. El procesador puede funcionar para recibir, a través de la red de transporte, una señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo, que transporta al menos una primera señal de comunicación entre la unidad de procesamiento en banda base y la unidad de radio remota de la primera estación base inalámbrica. El procesador puede funcionar para determinar una señal de sincronismo de frecuencia a partir de la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo. El procesador puede funcionar para transmitir, a través de la red de transporte, la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo, a la unidad de radio remota de la primera estación base inalámbrica. El procesador puede funcionar para transmitir, a través de la red de transporte, la señal de sincronismo de frecuencia, a la segunda estación base inalámbrica.

Otro aspecto de la invención da a conocer un nodo de red para una red de transporte que está conectado a una primera estación base inalámbrica y a una segunda estación base inalámbrica. La primera estación base inalámbrica comprende una unidad de radio remota y una unidad de procesamiento en banda base que están conectadas por la red de transporte. El nodo de red comprende una interfaz de entrada, configurada para recibir, a través de la red de transporte, una señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo, que transporta al menos una primera señal de comunicación entre la unidad de procesamiento en banda base y la unidad de radio remota. El nodo de red comprende un primer módulo, configurado para determinar una señal de sincronismo de frecuencia a partir de la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo. El nodo de red comprende una primera interfaz de salida, configurada para transmitir, a través de la red de transporte, la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo, a la unidad de radio remota. El nodo de red comprende una segunda interfaz de salida, configurada para transmitir, a través de la red de transporte, la señal de sincronismo de frecuencia, a la segunda estación base inalámbrica.

Otro aspecto de la invención da a conocer un método para accionar un sistema inalámbrico. El sistema inalámbrico comprende una red de transporte y un primer nodo conectado a la red de transporte. El sistema inalámbrico comprende una primera estación base inalámbrica. La primera estación base inalámbrica comprende una unidad de radio remota y una unidad de procesamiento en banda base situada de manera remota, que están conectadas por la red de transporte. La unidad de radio remota comprende un reloj. La segunda estación base inalámbrica comprende un reloj. El método comprende, en el primer nodo, recibir, a través de la red de transporte, una señal de comunicación síncrona,

multiplexada por división del tiempo, que transporta al menos una primera señal de comunicación entre la unidad de procesamiento en banda base y la unidad de radio remota de la primera estación base inalámbrica. El método comprende, en el primer nodo, determinar una señal de sincronismo de frecuencia a partir de la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo. El método comprende, en el primer nodo, transmitir, a través de la red de transporte, la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo, a la unidad de radio remota de la primera estación base inalámbrica. El método comprende, en el primer nodo, transmitir, a través de la red de transporte, la señal de sincronismo de frecuencia, a la segunda estación base inalámbrica. El método comprende, además, en la segunda estación base inalámbrica, utilizar la señal de sincronismo de frecuencia para sincronizar una frecuencia del reloj en la segunda estación base inalámbrica con una frecuencia del reloj en la unidad de radio remota de la primera estación base inalámbrica.

Una ventaja de al menos un ejemplo es que la primera estación base inalámbrica y la segunda estación base inalámbrica pueden ser sincronizadas sin la necesidad de implementar un esquema de sincronización separado únicamente para la segunda estación base inalámbrica. Esto puede reducir el equipo y la señalización transportados a través de una red de transporte.

Una ventaja de al menos un ejemplo es que la sincronización de frecuencia se obtiene utilizando una frecuencia de capa física precisa de una señal de TDM (por ejemplo, una señal de CPRI) que transporta una primera señal de comunicación a la primera estación base inalámbrica.

Otro aspecto de la invención da a conocer un sistema inalámbrico que comprende una red de transporte, una primera estación base inalámbrica y una segunda estación base inalámbrica. La primera estación base inalámbrica comprende una unidad de radio remota y una unidad de procesamiento en banda base situada de manera remota, que están conectadas por la red de transporte. La segunda estación base inalámbrica comprende un reloj. Un primer nodo de la red de transporte está configurado para recibir, a través de la red de transporte, una señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo, que transporta al menos una primera señal de comunicación entre la unidad de procesamiento en banda base y la unidad de radio remota de la primera estación base inalámbrica. El primer nodo está configurado para determinar una señal de sincronismo de frecuencia a partir de la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo. El primer nodo está configurado para transmitir, a través de la red de transporte, la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo, a la unidad de radio remota de la estación base inalámbrica. El primer nodo está configurado para transmitir, a través de la red de transporte, la señal de sincronismo de frecuencia, a la segunda estación base inalámbrica. La segunda estación base inalámbrica está configurada para utilizar la señal de sincronismo de frecuencia para sincronizar una frecuencia del reloj en la segunda estación base inalámbrica con una frecuencia del reloj en la unidad de radio remota de la primera estación base inalámbrica.

Una ventaja de al menos un ejemplo es que la primera estación base inalámbrica y la segunda estación base inalámbrica pueden ser sincronizadas sin la necesidad de implementar un esquema de sincronización separado únicamente para la segunda estación base inalámbrica. Esto puede reducir el equipo y la señalización transportados a través de una red de transporte.

Una ventaja de al menos un ejemplo es que la sincronización de frecuencia se obtiene utilizando una frecuencia precisa de capa física de una señal de TDM (por ejemplo, una señal de CPRI) que transporta una primera señal de comunicación a la primera estación base inalámbrica.

Los mensajes de sincronización de fase / tiempo pueden ser transportados por la señal de comunicación síncrona basada en tramas. Por ejemplo, los mensajes de sincronización de tiempo pueden ser transportados por uno de: una porción de sobrecarga de la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo, y una porción de tráfico de cliente de la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo.

En los ejemplos, puede haber una pluralidad de las primeras estaciones base inalámbricas y/o una pluralidad de las segundas estaciones base inalámbricas conectadas al mismo primer nodo. La red de transporte puede comprender una pluralidad de los primeros nodos.

La funcionalidad descrita en el presente documento puede ser implementada mediante hardware, mediante un software ejecutado por un aparato de procesamiento, o mediante una combinación de hardware y software. El aparato de procesamiento puede comprender un ordenador, un procesador, una máquina de estados, una matriz lógica o cualquier otro aparato de procesamiento adecuado. El aparato de procesamiento puede ser un procesador de propósito general que ejecuta software para hacer que el procesador de propósito general realice las tareas requeridas, o el aparato de procesamiento puede ser dedicado para realizar las funciones requeridas. Otro aspecto de la invención da a conocer instrucciones legibles por máquina (software) que, cuando son ejecutadas por un procesador, realizan cualquiera de los métodos descritos. Las instrucciones legibles por máquina pueden estar almacenadas en un dispositivo de memoria electrónico, un disco duro, un disco óptico u otro medio de almacenamiento legible por máquina. El medio legible por máquina puede ser un medio legible por máquina no transitorio. El término "medio legible por máquina no transitorio" comprende todos los medios legibles por máquina, con la excepción de una señal de propagación transitoria. Las instrucciones legibles por máquina pueden ser descargadas al medio de almacenamiento a través de una conexión de red.

El término “inalámbrico” se utiliza en esta invención con el significado de comunicación sin cables, e incluye “radio”.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones de la invención se describirán, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 5 la figura 1 muestra una red a modo de ejemplo;
- las figuras 2A y 2B muestran dos tipos de estación base inalámbrica que se pueden utilizar en la red de la figura 1;
- las figuras 3A y 3B muestran dos modos de transportar tráfico en la red de la figura 1;
- la figura 4 muestra un formato de una interfaz de CPRI;
- 10 las figuras 5A a 5C muestran tipos de sincronización para un par de nodos;
- la figura 6 muestra la sincronización de frecuencia en la red de la figura 1;
- la figura 7 muestra un ejemplo de sincronización de fase / tiempo en la red de la figura 1;
- la figura 8 muestra un ejemplo de sincronización de fase / tiempo para un grupo de estaciones base y un conmutador remoto;
- 15 la figura 9 muestra otro ejemplo de sincronización de fase / tiempo para un grupo de estaciones base y un conmutador remoto;
- la figura 10 muestra otro ejemplo de sincronización de fase / tiempo en la red de la figura 1;
- la figura 11 muestra un método realizado por un nodo para implementar la sincronización;
- la figura 12 muestra un aparato en un conmutador remoto de la red de la figura 1;
- 20 la figura 13 muestra un aparato para una implementación basada en un ordenador.

Descripción detallada

La figura 1 es una descripción esquemática de una red 1. La red 1 puede ser considerada como una red de acceso inalámbrico, o como parte de una red de acceso inalámbrico. La red 1 puede ser compatible con varias tecnologías de acceso inalámbrico o por radio, tales como una o más de LTE, LTE-Avanzada, WCDMA, GSM/EDGE, WiMax o UMB. Las estaciones base 3, 6 se implementan en una zona en la que se requiere cobertura inalámbrica. Hay dos tipos de estación base en la red de la figura 1. Los dos tipos de estación base se muestran en la figura 2A y la figura 2B.

En el primer tipo de estación base, que se muestra en la figura 2A, la funcionalidad de la estación base está dividida entre una unidad de radio remota (RRU) 3 y una unidad digital (DU) 4. La DU 4 está configurada para realizar procesamiento en banda base y para generar datos IQ de banda base digital. La RRU 3 está configurada para transmitir una señal de RF utilizando los datos IQ recibidos desde la DU 4. De manera similar, la RRU 3 está configurada para recibir una señal de RF y enviar los datos IQ de la señal recibida a la DU 4 para su procesamiento en banda base. Una interfaz de CPRI transporta los datos de IQ. Varios flujos de datos de IQ son enviados a través de un enlace físico de CPRI. Cada flujo de datos de IQ refleja los datos de una antena para una portadora, la llamada antena-portadora (AxC). Cada RRU 3 puede recibir y enviar múltiples subflujos de AxC. El tráfico entre una DU 4 y una RRU 3 (en cualquier sentido) se denomina tráfico del lado del usuario (fronthaul, en inglés). En algunos ejemplos, la RRU 3 se puede denominar, alternativamente, Equipo de radio (RE – Radio Equipment, en inglés). En algunos ejemplos, la DU 4 se puede denominar, alternativamente, Unidad principal (MU – Main Unit, en inglés), Controlador de equipo de radio (REC – Radio Equipment Controller, en inglés) o unidad de banda base (BBU – Base Band Unit, en inglés). La RRU 3 se comunica con una DU 4 utilizando un estándar de interfaz, tal como la CPRI. Las referencias a una CPRI son solo a modo de ejemplo, y pueden ser reemplazadas con una referencia a cualquier protocolo de interfaz para transportar datos (por ejemplo, en forma digital) entre una RRU y una DU que utiliza un formato similar a TDM. Se mantiene un reloj 31 en la RRU 3. El reloj 31 proporciona una referencia de frecuencia para la RRU, tal como cuando se generan señales de RF. El reloj 31 proporciona, asimismo, una referencia de fase con fines de temporización, tal como una temporización de las transmisiones de RF.

El segundo tipo de estación base 6, que se muestra en la figura 2B, no tiene la división de funcionalidad de radio (RF) y de banda base. En cambio, en la estación base 6 se combina toda la funcionalidad de la estación base. La unidad de radio (RF) y la unidad de procesamiento en banda base están situadas en el mismo lugar. El término “situado en el mismo lugar” significa la funcionalidad de radio y la unidad de procesamiento en banda base en el mismo sitio de celda. Se comprenderá que puede haber una pequeña separación física entre la unidad de radio (RF) y la unidad de

procesamiento en banda base en un sitio de celda. Por ejemplo, una unidad de radio puede estar situada en la parte superior de una torre o edificio, y una unidad de procesamiento en banda base puede estar situada en la base de la torre o edificio. Este tipo de separación cae dentro del término “colocación en el mismo sitio”. La estación base recibe datos, realiza el procesamiento en banda base y transmite / recibe señales de RF. Este tipo de estación base es una estación base integrada o monolítica, y se denominará estación base de radio, RBS (Radio Base Station, en inglés) 6. Una RBS 6 no emite una señal de CPRI, ya que el procesamiento en banda base se implementa internamente. Una RBS 6 emite y recibe datos en un formato diferente al utilizado por una RRU para transmisión de radio o procesamiento en banda base (por ejemplo, la CPRI). El tráfico transportado por la red de transporte 20 hacia y/o desde la RBS 6 se denomina tráfico del lado del servidor. La RBS 6 se comunica con la red central y con otras estaciones base. En algunos ejemplos, la RBS 6 se comunica con la red central y con otras estaciones base utilizando el mismo protocolo de transporte para al menos algunas capas de transporte. Por ejemplo, la RBS 6 utiliza un transporte de datos basado en paquetes. En algunos ejemplos, la RBS 6 utiliza Ethernet, tal como se define en los estándares IEEE 802.1 e IEEE 802.3. Las referencias a Ethernet son solo, a modo de ejemplo, y pueden ser reemplazadas con una referencia a cualquier protocolo para intercambiar datos hacia una estación base de radio o desde la misma, por ejemplo, transporte de paquetes. El transporte que conecta una estación base puede estar basado en un protocolo de capa 2 en el modelo de modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI – Open Systems Interconnection, en inglés), o en un protocolo de capa 3. La RBS 6 puede ser una estación base que proporcione una microcélula o una picocélula, tal como una cobertura interior localizada. Se mantiene un reloj 32 en la RBS 6. El reloj 32 proporciona una referencia de frecuencia para la RBS, tal como cuando se generan señales de RF. El reloj 32 proporciona, asimismo, una referencia de fase con fines de temporización, tal como la temporización de las transmisiones de RF.

Las estaciones base, RBS, 6 (con procesamiento en banda base) y las RRU 3 (sin procesamiento en banda base) se pueden considerar ambas como equipos de radio.

Volviendo a la figura 1, las DU 4 pueden estar situadas en un grupo de DU 5 que comprende una pluralidad de DU 4. El grupo de DU 5 se puede denominar nube de DU u hotel de banda base. Un término “unidad de procesamiento en banda base” se puede referir a una DU 4 o a un grupo de DU 5, en el que el procesamiento en banda base se realiza para una o más RRU 3.

Las RRU 3 y RBS 6 están implementadas en una zona en la que se requiere cobertura inalámbrica. Una red de transporte 20 se conecta a las RRU 3, a las RBS 6 y a un nodo 10. La red de transporte 20 puede comprender una topología de anillo (tal como se muestra en la figura 1), una topología de concentrador y radios, una topología de malla o cualquier otra topología de red. La red de transporte 20 está configurada para transportar tráfico del lado del usuario (es decir, tráfico entre una RRU 3 y una DU 4) y tráfico del lado del servidor (backhaul, en inglés) (es decir, tráfico entre una RBS 6 y una red central 18). En otras palabras, la red de transporte 20 es compartida por el tráfico para los dos tipos de estación base. Para evitar dudas, el término “tráfico del lado del usuario” puede abarcar ambos sentidos de transporte, es decir, un sentido directo, de una DU 4 a una RRU 3, y un sentido inverso, de una RRU 3 a una DU 4. De manera similar, el término “tráfico del lado del servidor” puede abarcar ambos sentidos de transporte, es decir, un sentido directo del conmutador de Ethernet 14 a una RBS 6, y un sentido inverso, de una RBS 6 al conmutador de ethernet 14. La red de transporte 20 también puede transportar datos de control para la coordinación entre nodos de radio. Una red de transporte 20 que transporta tráfico del lado del usuario y del lado del servidor se puede denominar red híbrida del lado del usuario / del lado del servidor, o red xhaul.

La red de transporte 20 comprende conmutadores remotos 16. Un conmutador remoto 16 se conecta a una RRU 3 y a una RBS 6. Un conmutador remoto 16 es el nodo en la red de transporte 20 donde el tráfico del lado del servidor y el tráfico del lado del usuario están separados.

Un conmutador remoto 16 se puede conectar a una o más RRU 3 y a una o más RBS 6. Otros conmutadores remotos 16 solo se pueden conectar a una RRU 3, o solo a una RBS 6. La combinación de un conmutador remoto 16 y las estaciones base que atiende se llamará un grupo 2.

La red de transporte 20 comprende un nodo de red 10, que se puede considerar como un concentrador central o una oficina central (CO – Central Office, en inglés). El concentrador central 10 está conectado entre los nodos de radio (RRU 3 y RBS 6) y las DU 4. El concentrador central 10 puede estar geográficamente separado de las RRU y las DU, o situado en el mismo lugar que las DU. En la red a modo de ejemplo de la figura 1, el concentrador 10 está situado en el mismo lugar que un grupo de DU 5. El concentrador central 10 se puede considerar como un nodo de la red de transporte, o como un nodo de la red de acceso por radio. El concentrador central 10 comprende un conmutador central 13. El conmutador central 13 puede ser un conmutador óptico y/o de CPRI o una conexión cruzada.

Las RRU 3 están conectadas con las DU 5 a través de la red de transporte 20. La red de transporte 20 está configurada para conectar una RRU 3 seleccionada con una DU 4 seleccionada o con un grupo de DU 5. En algunos ejemplos, la red de transporte 20 permite que una conexión sea seleccionada entre cualquiera de las DU 4 y cualquiera de las RRU 3.

La red de transporte 20 puede comprender un equipo de transmisión óptica. Una conexión óptica 21 puede conectar el concentrador 10 a los conmutadores remotos 16. La conexión óptica 21 puede utilizar una pluralidad de longitudes de onda. Por ejemplo, la conexión óptica 21 puede estar configurada para transportar una señal multiplexada por

división de la longitud de onda (WDM – Wavelength Division Multiplexed, en inglés) o una señal WDM densa (DWDM – Dense WDM, en inglés).

Volviendo a la figura 1, el conmutador central 13 en el concentrador central 10 comprende una conexión cruzada óptica y/o una CPRI. El concentrador central 10 comprende un conmutador principal o de interconexión 31. El conmutador 13 está configurado para interconectar, es decir, conmutar datos entre las RRU 3 y las DU 4. El conmutador 13 está configurado para conmutar los datos transportados entre una RRU 3 y una DU 4 según el estándar de la interfaz, por ejemplo, la CPRI. Por lo tanto, el conmutador 13 es un conmutador de CPRI. En algunos ejemplos, el conmutador 13 es un conmutador electrónico. El conmutador de CPRI puede estar configurado para realizar conmutaciones en diferentes granularidades, tal como se explica con más detalle a continuación.

El conmutador 13 también está configurado para conmutar datos hacia las estaciones base de radio 6 o desde las mismas. Por ejemplo, el conmutador 13 está configurado para conmutar datos de Ethernet. A continuación, se describen más detalles del conmutador 13 configurado para conmutar datos hacia o desde una estación base. En este ejemplo, la conmutación se basa en la conmutación de Capa 2. Alternativamente, se puede implementar la conmutación en la Capa 3.

El conmutador 13 puede funcionar como un conmutador lambda. Por lo tanto, las lambdas (longitudes de onda de la luz) son conmutadas o conectadas de manera cruzada. La función de conmutador lambda se puede utilizar para conmutar datos de CPRI y/o datos de Ethernet. En algunos ejemplos, el conmutador 13 está configurado para proporcionar conmutación en una pluralidad de granularidades o capas diferentes. En particular, el conmutador 13 puede funcionar en diferentes granularidades, por ejemplo, hasta un nivel de AxC del tráfico del lado del usuario. En algunos ejemplos, el conmutador electrónico (conexión cruzada) puede cambiar los datos recibidos en uno o más niveles o capas, tal como se describe con más detalle a continuación.

En algunos ejemplos, el conmutador 13 puede ser considerado como un conmutador multicapa. En una primera capa, el conmutador 13 conmuta longitudes de onda ópticas, por ejemplo, mediante la utilización de un conmutador selectivo de longitud de onda (WSS – Wavelength Selective Switch, en inglés) o canales grises ópticos, por ejemplo, mediante la utilización de una conexión cruzada de fibra. Por ejemplo, una implementación se basa en DWDM con regeneración óptica - electrónica - óptica (OEO – Optical - Electronic - Optical, en inglés), donde las longitudes de onda ópticas son convertidas en el dominio eléctrico por medio de transpondedores y son conmutadas eléctricamente, por ejemplo, mediante la utilización de un conmutador analógico de punto de cruce. En una segunda capa, la granularidad del conmutador es menor de una longitud de onda, por ejemplo, subflujos de CPRI o Ethernet de conexión cruzada con una granularidad determinada. El conmutador 13 está configurado para combinar selectivamente longitudes de onda (granularidad lambda) y/o combinar flujos de CPRI, por ejemplo, a 2,5G (granularidad de CPRI) y/o subflujos de AxC (granularidad de AxC).

El conmutador 13 de múltiples capas puede conmutar datos en una pluralidad de capas o niveles de granularidad diferentes. Esto permite que la conexión cruzada cambie una entrada a una salida en una pluralidad de capas diferentes. Por ejemplo, la entrada se incluye en una salida que se controla en una pluralidad de capas diferentes (por ejemplo, lambda, de CPRI, de AxC) de la conexión cruzada; la salida en cada una de la pluralidad de capas diferentes está controlada por la conexión cruzada de múltiples capas. La pluralidad de capas diferentes puede referirse a dos o más de las capas o granularidades, por ejemplo, dos o más de AxC, CPRI (incluida cualquier velocidad de datos, por ejemplo, 2,5 G, 10 G), SAP (que se describe a continuación) o granularidad lambda (longitud de onda).

El concentrador central 10 realiza una conversión óptico-eléctrica para señales salientes (hacia conmutadores 16 remotos) y un realiza conversión óptico-eléctrica para señales entrantes (recibidas desde conmutadores 16 remotos).

El concentrador central 10 comprende, además, un conmutador de paquetes 14. El conmutador de paquetes 14 está configurado para cambiar el tráfico entre una conexión a una red del lado del servidor 17 y el conmutador 14. El conmutador de paquetes 14 también puede estar configurado para cambiar el tráfico entre la conexión del lado del servidor y el grupo de DU 4. En algunos ejemplos, el conmutador de paquetes 14 conmuta utilizando el mismo protocolo que las RBS 6 o las DU 4 utilizadas para el lado del servidor. El conmutador de paquetes 14 puede ser un conmutador Ethernet. El conmutador de paquetes 14 se puede denominar alternativamente conmutador del lado del servidor, configurado para controlar la conmutación en el lado del servidor 17. El conmutador de paquetes 14 funciona en la Capa 2 para conmutar el tráfico hacia su destino. Alternativamente, el conmutador 14 puede ser un enrutador de Capa 3.

El conmutador 13 y el conmutador de paquetes 14 se pueden considerar juntos como un sistema de conmutador o una disposición de conmutador. El conmutador 13 y el conmutador de paquetes 14 se ubican conjuntamente en el concentrador central 10.

Tal como se describió anteriormente, la red de transporte 20 comprende un conmutador remoto 16 para cada grupo 2. El conmutador remoto 16 está configurado para cambiar el tráfico hacia / desde la RRU 3 y el concentrador central 10. El conmutador remoto 16 está configurado para cambiar el tráfico hacia / desde la RBS 6 y el concentrador central 10. La comunicación entre un puerto del conmutador remoto 16 y una RRU 3 o una RBS 6 conectada puede ser con una conexión óptica adicional o con una conexión eléctrica.

El conmutador remoto 16 está configurado para manejar el tráfico de datos tanto para una RBS (por ejemplo, Ethernet) como para una RRU (por ejemplo, una CPRI). En algunos ejemplos, el conmutador remoto 16 es un conmutador lambda, configurado para conmutar una o más longitudes de onda a la RBS o la RRU de destino. En algunos ejemplos, el conmutador remoto 16 es un multiplexador óptico de adición y caída reconfigurable (ROADM - Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer, en inglés). En este ejemplo, cada RBS o RRU utiliza una o más lambda. Cada lambda es particular de una RBS o RRU. Alternativamente, el conmutador remoto 16 está configurado para combinar datos de dos o más RBS o RRU (en cualquier combinación) en una única lambda. En algunos ejemplos, los datos de una RBS y una RRU se transportan juntos en la misma lambda. En este caso, la unidad digital está configurada para utilizar un protocolo de encuadre para transmitir datos de la RBS (por ejemplo, tramas de Ethernet) y datos de la RRU (por ejemplo, tramas de CPRI) juntos en el mismo canal óptico. El conmutador 13 también realiza un encuadre correspondiente.

Las figuras 3A y 3B muestran dos modos posibles de transportar tráfico del lado del usuario y del lado del servidor a través de una conexión óptica 21 de la red de transporte 20. En la figura 3A, el tráfico del lado del usuario (CPRI) y el tráfico del lado del servidor (Ethernet) se transportan en longitudes de onda ópticas separadas (lambdas). En este ejemplo, el tráfico del lado del servidor se lleva a cabo en λ_1 y λ_2 y el tráfico del lado del usuario se lleva a cabo en λ_1 y λ_N . En la figura 3B, al menos una longitud de onda óptica puede transportar una combinación de tráfico del lado del usuario (CPRI) y tráfico del lado del servidor (Ethernet). En este ejemplo, una combinación de tráfico del lado del usuario (CPRI) y tráfico del lado del servidor (Ethernet) se lleva a cabo en λ_3 .

En algunos ejemplos, los conmutadores remotos 16 se pueden considerar como módulos de multiplexación / conmutación. Los conmutadores remotos 16 asignan y preparan múltiples flujos de CPRI en un solo canal óptico para la comunicación con el concentrador 10. El conmutador remoto 16 se puede considerar como un multiplexador / demultiplexador. El multiplexador / demultiplexador está configurado para señales ópticas de multiplexación / demultiplexación, WDM, hacia / desde el conmutador 13. En algunos ejemplos, los flujos de datos de una pluralidad de RRU y/o RBS son multiplexados / demultiplexados en longitud de onda por el multiplexador / demultiplexador óptico en el conmutador remoto 16. El multiplexador / demultiplexador en el conmutador remoto 16 se puede configurar para demultiplexar los canales ópticos recibidos del conmutador 13 y los canales ópticos de multiplexación mediante WDM para su transporte al conmutador 13. Por lo tanto, el multiplexador / demultiplexador en el conmutador remoto 16 y el multiplexador / demultiplexador en el conmutador 13 proporciona transporte multiplexado mediante WDM entre el conmutador 13 y los clústeres 2. Tal como se describió anteriormente, los datos para una pluralidad de nodos de radio (RBS o RRU) pueden ser multiplexados / demultiplexados por el conmutador remoto 16 en un solo canal óptico, es decir una señal lambda. En algunos ejemplos, los conmutadores remotos 16 están configurados para flujos de datos de multiplexación por división de tiempo (TDM) relacionados con una pluralidad de RRU y/o RBS en un mismo canal óptico. El canal óptico puede ser proporcionado por una señal óptica, por ejemplo, una longitud de onda particular en un sistema de WDM, o una señal óptica gris en una fibra cuya longitud de onda no está estrictamente definida.

El conmutador 13 y uno o más conmutadores remotos 16 están conectados a un controlador 19. El controlador 19 está dispuesto para configurar y coordinar el conmutador 13 en el concentrador central 10 y los conmutadores remotos 16. El controlador 19 también puede controlar el conmutador de paquetes 14.

Para obtener información de antecedentes, la figura 4 muestra la estructura de trama de una interfaz CPRI. Una trama de cabecera de radio remota (RRH – Remote Radio Head, en inglés) tiene una duración de 10 ms con un total de 150 hiper tramas. Una hiper trama comprende 256 tramas básicas de RRH. Cada trama básica de RRH comprende 16 palabras con índice W que va de 0 a 15. La longitud de una trama de CPRI básica es $1 T_c$ igual a 260,4 ns de duración de tiempo (índice X), donde:

$$T_c = 1/F_c = 1/3,84 \times 10^6 = 260,4 \text{ ns.}$$

En una estructura de trama de CPRI, una de las 16 palabras se utiliza como palabra de control y las 15 palabras restantes se utilizan para transportar datos de IQ del plano de usuario. Los subcanales de control están formados por palabras de control transportadas por las tramas básicas individuales. Por ejemplo, el subcanal de control #0 se forma a partir de palabras de control transportadas por un subconjunto de las tramas básicas en una hiper trama, el subcanal de control #1 se forma a partir de palabras de control transportadas por el siguiente subconjunto de las tramas básicas en una hiper trama, y así sucesivamente. La interfaz CPRI soporta varias velocidades de línea, tales como: 614,4 Mbps (opción 1); 1228,8 Mbps (opción 2); 2457,6 Mbps (opción 3); 3072,0 Mbps (opción 4); 4915,2 Mbps (opción 5); 6144,0 Mbps (opción 6); 9830,4 Mbps (opción 7); 10137,6 Mbps (opción 8). En un posible ejemplo, la frecuencia del reloj se deriva del código de línea. Habitualmente, la CPRI utiliza codificación de línea 8B/10B que asigna símbolos de 8 bits a símbolos de 10 bits. Esto logra el equilibrio de CC y evita largas cadenas de ceros para permitir que un nodo receptor recupere un reloj de la señal digital codificada en línea.

Antes de describir modos de proporcionar sincronización en la red, es útil explicar algunos términos. Las figuras 5A a 5C ilustran tres tipos de sincronización: sincronización de frecuencia (figura 5A); sincronización de fase (figura 5B); y sincronización de tiempo (figura 5C). Se consideran dos relojes: un reloj A en un primer nodo y un reloj B en un segundo nodo. Una línea de tiempo de cada reloj A, B, muestra una serie de “tic-tacs” de reloj. Un tic-tac de reloj puede ocurrir con una granularidad de un segundo, un minuto o alguna otra granularidad de tiempo.

La figura 5A muestra la sincronización de frecuencia. Cuando dos relojes están sincronizados en frecuencia, el tic-tac del reloj en los relojes A y B ocurre a la misma velocidad, es decir, $T_A = 1 / f_A$, y $T_B = 1 / f_B$ y $f_A = f_B$.

La figura 5B muestra la sincronización de fase. Cuando dos relojes están sincronizados en fase, el tic-tac del reloj en los relojes A y B ocurre a la misma velocidad, es decir, $T_A = 1 / f_A$, y $T_B = 1 / f_B$ y $f_A = f_B$, y también los tic-tacs del reloj están alineados en el tiempo entre sí. Es decir, el tic-tac del reloj en el reloj A ocurre en el mismo punto en el tiempo que el tic-tac del reloj en el reloj B.

La figura 5C muestra la sincronización de tiempo. Esto es lo mismo que la sincronización de fase, con la característica adicional de que ambos relojes están configurados a la misma hora (por ejemplo, la hora del día). En este ejemplo, se produce un tic-tac en ambos relojes al mismo tiempo, y ambos relojes saben que la hora = 08:13:12.

La figura 6 muestra un ejemplo de sincronización de frecuencia de dos estaciones base: la RBS 6 y la RRU 3 en un grupo 2 atendido por un conmutador remoto 16. Aunque se muestra una RBS 6 y una RRU 3, se comprenderá que múltiples RRU 3 y/o múltiples RBS 6 se pueden conectar al conmutador remoto 16 en un grupo 2. La RRU 3 y la RBS 6 tienen cada una un reloj 31, 32 respectivo. Un objetivo del esquema de sincronización es sincronizar la frecuencia a la que los relojes 31, 32 funcionan. Según un aspecto de la invención, se da a conocer una sincronización de frecuencia común a RRU 3 y RRU 6.

La estructura de trama de TDM de la capa física de la interfaz CPRI recibida en el conmutador remoto 16 proporciona una referencia de frecuencia precisa. La sincronización de frecuencia es distribuida por la red de transporte 21 entre el conmutador central 13 y el conmutador remoto 16 utilizando la frecuencia inherente de la capa física que transporta la trama donde está asignado (mapped, en inglés) tanto el tráfico de CPRI como, opcionalmente, el tráfico no de CPRI.

En el conmutador remoto 16, el tráfico del lado del usuario es transmitido o reenviado a la RRU 3. En la RRU 3, la frecuencia de la estructura de trama de CPRI se extrae y se utiliza para establecer la frecuencia del reloj 31 en la RRU 3. El conmutador remoto 16 transmite, o reenvía, tráfico del lado del servidor a la RBS 6. El tráfico del lado del servidor puede ser recibido desde el conmutador central 13 en la misma longitud de onda (λ), o en λ s independientes. Además, en el conmutador remoto 16, la frecuencia de la estructura de trama de CPRI se extrae y se utiliza para enviar una señal de sincronización de frecuencia a una RBS 6. Tal como se explicó anteriormente, la velocidad de línea de CPRI se puede extraer y utilizar como referencia de frecuencia.

Existen diversos modos en los que el conmutador remoto 16 puede enviar la señal de sincronismo de frecuencia a una RBS 6. En un ejemplo, el enlace 12 entre el conmutador remoto 16 y la RBS 6 puede ser un enlace de Ethernet síncrono. El conmutador remoto 16 puede incrustar un reloj en el enlace de Ethernet síncrono 12, por ejemplo, según el estándar ITU-T G.8262/Y.1362 "Timing characteristics of synchronous Ethernet equipment slave clock". La señal de sincronismo de frecuencia se combina con el tráfico del lado del servidor, transportado como paquetes de Ethernet, en el mismo enlace de Ethernet síncrono 12. En otro ejemplo, el enlace entre el conmutador remoto 16 y la RBS 6 puede ser un enlace dedicado. El conmutador remoto 16 puede incrustar un reloj en el enlace dedicado 12. En cada uno de estos ejemplos, el conmutador remoto 16 utiliza la frecuencia de la señal de CPRI recibida a través de la red 20 para establecer la frecuencia del reloj enviado en el enlace 12. En la RBS 6, la frecuencia de la señal de reloj recibida en el enlace 12 se extrae y se utiliza para establecer la frecuencia del reloj 32. La frecuencia de la señal de reloj enviada en el enlace 12 se puede escalar en comparación con la frecuencia de la señal de CPRI. La escala puede ser un factor de escala entero (por ejemplo, 2, 3, 10) o un factor de escala fraccional (por ejemplo, 0,5, 1,5). Es decir, la frecuencia de la señal de sincronismo de frecuencia enviada por el enlace 12 puede ser diferente a la frecuencia de la señal de CPRI.

La señal de CPRI recibida a través de la red de transporte 21 se sincroniza en frecuencia con un reloj 36 en el concentrador central 10. La DU 4 también puede tener un reloj 37. Los relojes 36, 37 se sincronizan con una fuente externa de sincronismo de frecuencia precisa mediante un mecanismo tal como el PTP (IEEE 1588), una entrada de un receptor del Sistema de posicionamiento global (GPS – Global Positioning System, en inglés), un reloj recuperado de un enlace de Ethernet síncrono u otra fuente. En el ejemplo que se muestra en la figura 6, la DU 4 recibe una entrada de una fuente externa y, a continuación, proporciona información de sincronización de frecuencia al reloj 36 en el conmutador central 13. La figura 6 muestra dos relojes 36, 37, ya que el conmutador central 13 es habitualmente un elemento separado de la DU 4, y el conmutador central 13 y la DU 4 pueden estar separados uno del otro. En otros posibles ejemplos, tal como cuando el conmutador central 13 y la DU 4 están situados en el mismo lugar, el conmutador central 13 y la DU 4 pueden utilizar un solo reloj.

Utilizando la señal recibida a través de la red de transporte 20 como referencia de frecuencia, y distribuyéndola a la RRU 3 y la RBS 6, la RRU 3 y la RBS 6 se sincronizan en frecuencia entre sí. Además, otros nodos de radio conectados a otros conmutadores remotos 16 (figura 1) de la misma red de transporte 20 se sincronizan con la RRU 3 y la RBS 6 en el grupo 2. La utilización de la frecuencia de la interfaz de TDM CPRI tiene la ventaja de evitar la necesidad de proporcionar un esquema de sincronización de frecuencia separado para la RBS 6 y la reducción de posibles errores.

Las figuras 7 a 10 muestran esquemas para la sincronización de fase / tiempo de una RBS 6 y una RRU 3 en un grupo 2.

La figura 7 muestra un primer esquema para la sincronización de fase / tiempo. Un reloj 33 exacto se mantiene localmente en el conmutador remoto 16. Este reloj puede ser, por ejemplo, un Gran Principal de PTP (PTP GM – PTP Grand Master, en inglés). El reloj 33 en el conmutador remoto 16 se utiliza para proporcionar información precisa de fase / tiempo localmente a la RBS 6 en el grupo 2. La información de tiempo puede comprender la fase y la hora del día (ToD – Time of Day, en inglés).

La precisión del reloj 33 se puede mantener utilizando mensajes de sincronización transportados por la red de transporte 21 entre el conmutador central 13 y el conmutador remoto 16. La CPRI proporciona un mecanismo para calcular el retardo de transmisión a través de la red. Por ejemplo, las marcas de tiempo bidireccionales en la sobrecarga de la trama de CPRI se pueden utilizar para calcular el retardo de transmisión entre el conmutador central 13 y el conmutador remoto 16. Este mecanismo se describe en la sección 4.2.9 de la Especificación de CPRI V6.1. Además, el conmutador central 13 puede enviar mensajes adicionales a intervalos regulares. Los nuevos mensajes pueden indicar una marca de tiempo, proporcionando información de la hora del día (ToD). ToD es algo que normalmente no está disponible más allá de la DU 4 en una red de CPRI convencional, es decir, no está disponible entre la DU 4 y el conmutador remoto 16. El conmutador remoto 16 utiliza una combinación de: los mensajes que indican la hora del día (ToD), más el retardo de transmisión calculado, para calcular el tiempo real:

$$\text{Tiempo recuperado} = \text{ToD} - (\text{retardo de transmisión})$$

El conmutador remoto 16 puede intercambiar mensajes de sincronización de tiempo con la RBS 6, a través del enlace 12, para sincronizar un reloj 32 en la RBS 6 con el reloj exacto 33 mantenido en el conmutador remoto 16. Los mensajes de sincronización de tiempo entre el conmutador remoto 16 y la RBS 6 pueden ser mensajes de PTP (IEEE 1588). El reloj 32 en la RBS 6 se puede considerar como un PTP subordinado del GM de PTP en el conmutador remoto 16. Este esquema puede lograr un alto grado de precisión, tal como algunas decenas de ns. Esto es suficiente para permitir esquemas inalámbricos de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO – Multiple Input Multiple Output, en inglés) entre la RRU 3 y la RBS 6.

El mecanismo descrito en la sección 4.2.9 de la Especificación del CPRI V6.1 también puede ser utilizado por las RRU 3 para mantener el sincronismo de fase entre las RRU 3.

El conmutador central 13 puede obtener información precisa de fase / tiempo a partir de una referencia de tiempo externa utilizando un mecanismo tal como el PTP. La referencia de tiempo externa puede ser un reloj de orden superior (es decir, más preciso). Alternativamente, la DU 4 puede obtener información precisa de fase / tiempo de una referencia de tiempo externa utilizando un mecanismo tal como PTP, y el reloj 36 en el conmutador central 13 se sincroniza con el reloj 37 en la DU 4.

En el ejemplo descrito anteriormente, un reloj 32 en la RBS 6 está sincronizado en fase con un reloj 31 en la RRU 3. La RBS 6 también es consciente de la hora del día, debido a los intercambios de PTP con el reloj 33 en el conmutador remoto 16. Es posible que la RRU 3 no sepa la hora del día, ya que el CPRI no proporciona la hora del día más allá de la DU 4. Alternativamente, puede haber algún mecanismo para enviar la hora del día a la RRU 3.

El nuevo mensaje que contiene una marca de tiempo con información de la hora del día se puede transportar como parte de la sobrecarga de trama de la trama que lleva la señal de CPRI. Una velocidad de paquetes a modo de ejemplo es al menos de 16 paquetes por segundo, pps. Esta es una velocidad de paquetes estándar definida por el estándar UIT-T G.8275.1. Sin embargo, pueden ser aplicables otros perfiles / velocidad de paquetes (por ejemplo, 64 pps). Se pueden intercambiar mensajes de señalización entre nodos para realizar el mejor algoritmo del reloj principal (BMCA – Best Clock Master Algorithm, en inglés) del IEEE 1588.

El GM de PTP en el conmutador remoto 16 también se puede utilizar para proporcionar una referencia de PTP para una RRU 3.

La figura 8 muestra parte de la red de la figura 7, con múltiples RBS 6 en el grupo 2. Cada RBS 6 realiza un intercambio de mensajes de sincronización de fase / tiempo (por ejemplo, mensajes de PTP) con el conmutador remoto 16. De esta manera, un reloj 32 en cada RBS 6 está sincronizado con los relojes de otros RBS 6 y un reloj en el conmutador central 13 (no mostrado). Una ventaja de mantener un reloj preciso en el conmutador remoto 16 es la minimización de la cantidad de mensajes de sincronización de tiempo que se transportan a través de la parte de la red de transporte entre el conmutador central 13 y el conmutador remoto 16, ya que los cambios de PTP entre cada RBS 6 y el conmutador remoto 16 están localizados.

Son posibles diversos esquemas adicionales. Estos difieren en el tipo de reloj de PTP utilizado en el conmutador central 13 y en el conmutador remoto 16. La figura 9 muestra otro esquema posible con un GM de PTP 41 en un enrutador del lado del servidor 40 y un reloj de límite (BC – Boundary Clock, en inglés, de PTP, en ambos conmutadores centrales. 13 y el conmutador remoto 16. El retardo medio de la ruta de PTP es compatible con las herramientas de CPRI. Otro esquema posible (no mostrado) proporciona un reloj subordinado de PTP en el conmutador central 13 y el PTP se regenera en el conmutador remoto 16 (con un GM de PTP).

La figura 10 muestra un segundo esquema para la sincronización de fase / tiempo. Se utiliza un protocolo de sincronización de tiempo, tal como el PTP, para mantener un reloj en una RBS 6 sincronizado con un reloj de orden

superior (es decir, más preciso) situado de manera remota con respecto a la RBS 6. En el ejemplo que se muestra en la figura 10, el reloj más preciso es un GM de PTP 41 situado en un enrutador 40 en la red del lado del servidor 17. El enrutador 40 es un ejemplo de dónde se puede situar un reloj más preciso. El enrutador 40 (o una fuente alternativa) también puede proporcionar información precisa de sincronismo de tiempo, a través de PTP, a la DU 4. En otro ejemplo, una de las DU 4 en un grupo de DU 5 (figura 1) puede alojar un reloj GM de PTP y todas las RBS 6 en los grupos 2 pueden obtener información precisa de sincronismo de tiempo de ese GM de PTP.

La RBS 6 y el enrutador 40 intercambian mensajes de PTP según el estándar IEEE 1588. Esto sincroniza el reloj subordinado 32 en la RBS 6 con el GM de PTP 41. Los mensajes de PTP se pueden transportar como tráfico de cliente a través de la red de transporte 20, o como sobrecarga a través de la red 20. En un ejemplo en el que el tráfico de CPRI (del lado del usuario) y el tráfico Ethernet (del lado del servidor) se transportan juntos en una trama común, se puede utilizar una porción de la trama común para transportar los mensajes de PTP. El puerto de PTP en la DU 4 está conectado directamente al puerto de PTP en la RBS 6 y los nodos de transporte óptico garantizan una conexión simétrica (es decir, una ruta directa a través de la red 21 y una ruta inversa a través de la red 21 incurrir en el mismo retardo). El PTP requiere un intercambio bidireccional de mensajes entre un nodo principal y un nodo subordinado. Se calcula un retardo de ida y vuelta entre el nodo subordinado y el nodo principal. Este retardo de ida y vuelta se reduce a la mitad para obtener el retardo del nodo subordinado con respecto al nodo principal. Este retardo se puede aplicar a una marca de tiempo recibida del nodo principal para determinar la hora real. Un requisito básico de este método es que las rutas utilizadas en el sentido directo y el sentido inverso de la ruta de ida y vuelta tengan el mismo retardo, es decir, sean simétricas. En algunos casos, la ruta directa y la ruta inversa no son simétricas. Se espera que a una asimetría contribuya principalmente el conmutador 13 y/o el conmutador remoto 16. Un modo posible de compensar la asimetría es que la propia red de transporte compense cualquier asimetría que introduzca. Por ejemplo, un nodo puede medir y compensar cualquier asimetría que introduzca mediante un retardo agregado por el nodo. El conmutador remoto 16 u otro nodo a lo largo de la ruta de transmisión del mensaje de PTP puede compensar, dentro del nodo, la asimetría entre una ruta directa a través del nodo y una ruta inversa a través del nodo.

Otro modo posible de compensar la asimetría es que un nodo indique cualquier retardo que se haya producido en una ruta a través de ese nodo (por ejemplo, debido a retardos en la conmutación) como parte de los mensajes utilizados en el intercambio de señalización de PTP. Por ejemplo, los paquetes de PTP incluyen un campo de corrección, donde se indica el tiempo de residencia del paquete en un nodo. Un nodo (por ejemplo, el RBS 6) tiene acceso al tiempo de residencia acumulado para ambos sentidos de transmisión entre la RBS 6 y el nodo que aloja el GM de PTP y puede utilizar el tiempo de residencia acumulado para compensar la asimetría. El conmutador remoto 16, u otro nodo a lo largo de la ruta de transmisión del mensaje de PTP, puede insertar un valor de corrección en al menos uno de los mensajes de sincronización entre la estación base inalámbrica RBS 6 y el nodo que aloja el reloj principal, por el cual pasa el mensaje de PTP, a través del conmutador remoto 16.

La figura 11 muestra un método realizado en un conmutador remoto 16. Los bloques 101 a 104 muestran características relacionadas con la sincronización de frecuencia. En el bloque 101, el método comprende recibir una señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo que transporta al menos una primera señal de comunicación entre la DU 4 y la RRU 3. En el bloque 102, el método comprende extraer una señal de sincronismo de frecuencia de la señal de comunicación síncrona multiplexada por división del tiempo. En el bloque 103, el método comprende transmitir la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo, a la RRU 3. En el bloque 104, el método comprende transmitir la señal de sincronismo de frecuencia a la estación base inalámbrica 6. Los bloques 105 a 108 y 110 muestran dos opciones alternativas para características relacionadas con la sincronización de fase / tiempo. Considerando la primera opción, en el bloque 105 el método comprende mantener un primer reloj en el conmutador remoto. Esto puede comprender, en el bloque 106, recibir marcas de tiempo de un segundo nodo (por ejemplo, el concentrador 10) de la red de transporte y, en el bloque 107, determinar un retardo incurrido por la red de transporte entre el segundo nodo y el conmutador remoto 16. En el bloque 108, el conmutador remoto intercambia mensajes de sincronización con la segunda estación base inalámbrica (RBS 6) para permitir que un reloj en la segunda estación base inalámbrica (RBS 6) alcance el sincronismo de fase con el reloj en el conmutador remoto. Considerando la segunda opción, en el bloque 110 el método comprende transportar mensajes de sincronización entre la segunda estación base inalámbrica (RBS 6) y un nodo (por ejemplo, el nodo 40) que aloja un reloj principal. Los mensajes de sincronización de tiempo son para permitir que la estación base inalámbrica (RBS 6) sincronice el reloj en la segunda estación base inalámbrica (RBS 6) con el reloj principal.

La figura 12 muestra un aparato para ser utilizado en el conmutador remoto 16 de la red. El conmutador remoto tiene una interfaz 71 con uno o más enlaces de comunicación 21 que transportan señales de comunicación hacia el concentrador 10 y desde el mismo. La interfaz 71 puede ser una interfaz óptica con una conexión óptica 21. El conmutador remoto tiene una interfaz 72 con uno o más enlaces de comunicación 11 que transportan señales de comunicaciones hacia una RRU 3 y desde la misma. El conmutador remoto tiene una interfaz 73 con uno o más enlaces de comunicación 12 que transportan señales de comunicaciones hacia una RBS 6 y desde la misma. La interfaz 73 y el enlace 12 pueden ser Ethernet o Ethernet síncrona. El conmutador remoto tiene un conmutador 74. En algunos ejemplos, el conmutador 74 puede ser un conmutador de CPRI y de longitud de onda (λ). El conmutador 74 se conecta a las interfaces 71, 72, 73. El conmutador remoto puede tener un reloj 33. Una unidad de frecuencia y tiempo 75 mantiene el reloj 33. Al menos una de las señales de comunicación recibidas en el conmutador remoto sea una señal de TDM síncrona, tal como una señal de CPRI, la unidad de frecuencia y tiempo 75 puede ser configurada para determinar una señal de sincronismo de frecuencia a partir de la señal de TDM y para enviar la señal de

sincronismo de frecuencia a la interfaz 12, opcionalmente a través del conmutador 74. Dependiendo de qué esquema de sincronización de fase / tiempo se utilice, la unidad de frecuencia y tiempo 75 puede mantener un reloj 33 preciso utilizando información recibida a través de la interfaz 71. La unidad de frecuencia y tiempo 75 puede participar en intercambios de señalización con estaciones base inalámbricas a través de la interfaz 73 y el conmutador 74.

- 5 La figura 13 muestra un aparato de procesamiento 400 a modo de ejemplo que puede ser implementado como cualquier forma de dispositivo informático y/o electrónico, y en el que se pueden implementar las realizaciones del sistema y los métodos descritos anteriormente. El aparato de procesamiento puede implementar la totalidad o una parte del método mostrado en la figura 11, o descrito o mostrado en las figuras anteriores. El aparato de procesamiento 400 comprende uno o más procesadores 401 que pueden ser microprocesadores, controladores o cualquier otro tipo
- 10 adecuado de procesadores para ejecutar instrucciones para controlar el funcionamiento del dispositivo. El procesador 401 está conectado a otros componentes del dispositivo a través de uno o más buses 406. Las instrucciones ejecutables por el procesador 403 pueden ser proporcionadas utilizando cualquier medio legible por ordenador, tal como la memoria 402. Las instrucciones ejecutables por el procesador 303 pueden comprender instrucciones para implementar la funcionalidad de los métodos descritos. La memoria 402 es de cualquier tipo adecuado, tal como una
- 15 memoria de solo lectura (ROM – Read Only Memory, en inglés), una memoria de acceso aleatorio (RAM – Random Access Memory, en inglés), un dispositivo de almacenamiento de cualquier tipo, tal como un dispositivo de almacenamiento magnético u óptico. Se puede proporcionar una memoria adicional 404 para almacenar datos 405 utilizados por el procesador 401. El aparato de procesamiento 400 comprende una o más interfaces de red 408 para interactuar con otras entidades de red.
- 20 Las modificaciones y otras realizaciones de la invención descrita le vendrán a la mente a un experto en la técnica que tenga el beneficio de las explicaciones presentadas en las descripciones anteriores y en los dibujos asociados. Por lo tanto, se debe comprender que la invención no debe estar limitada a las realizaciones específicas descritas, y que pretende incluir modificaciones y otras realizaciones dentro del alcance de la invención tal como está definida en las reivindicaciones adjuntas. Aunque en el presente documento se pueden emplear términos específicos, se utilizan
- 25 únicamente en un sentido genérico y descriptivo, y no con fines de limitación.

REIVINDICACIONES

1. Un método realizado en un primer nodo (16) de una red de transporte (20) que está conectado a una primera estación base inalámbrica (3, 4) y a una segunda estación base inalámbrica (6), donde la primera estación base inalámbrica comprende una unidad de radio remota (3) y una unidad de procesamiento en banda (4) base situada de manera remota, en donde la unidad de procesamiento en banda base (4) está conectada al primer nodo (16) mediante la red de transporte (20, 21), comprendiendo el método:
 - 5 recibir, a través de la red de transporte, una señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo, que transporta al menos una primera señal de comunicación entre la unidad de procesamiento en banda base (4) y la unidad de radio remota (3);
 - 10 determinar una señal de sincronismo de frecuencia a partir de la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo;
 - transmitir, a través de la red de transporte, la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo, a la unidad de radio remota (3); y
 - 15 transmitir, a través de la red de transporte, la señal de sincronismo de frecuencia, a la segunda estación base inalámbrica (6).
2. Un método según la reivindicación 1, que comprende, además:
 - recibir una segunda señal de comunicación para la segunda estación base inalámbrica (6); y
 - en el que la señal de sincronismo de frecuencia se transmite con la segunda señal de comunicación a la segunda estación base inalámbrica (6).
- 20 3. Método según la reivindicación 2, en el que la segunda señal de comunicación es una señal de Ethernet, y en el que la señal de sincronismo de frecuencia y la segunda señal de comunicación se transmiten a la segunda estación base inalámbrica (6) como una señal de Ethernet síncrona.
4. Método según la reivindicación 2 o 3, en el que la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo transporta la primera señal de comunicación para la unidad de radio remota (3) y la segunda señal de comunicación para la segunda estación base inalámbrica (6).
- 25 5. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además:
 - mantener un primer reloj (33) en el primer nodo (16); e
 - intercambiar mensajes de sincronización con la segunda estación base inalámbrica (6), para permitir que un reloj (32) en la segunda estación base inalámbrica (6) alcance el sincronismo de fase con el primer reloj (33) en el primer nodo (16).
- 30 6. Un método según la reivindicación 5, en el que los mensajes de sincronización son mensajes de sincronización de tiempo, para permitir que el reloj en la segunda estación base inalámbrica (6) alcance el sincronismo de fase y tiempo con el primer reloj (33) en el primer nodo (16).
7. Un método según la reivindicación 5 o 6, en el que mantener el primer reloj (33) en el primer nodo (16) comprende:
 - 35 recibir marcas de tiempo de un segundo nodo (10) de la red de transporte (20);
 - determinar un retardo incurrido por la red de transporte (21) entre el segundo nodo (10) y el primer nodo (16); y
 - actualizar el primer reloj (33) basándose en las marcas de tiempo y en el retardo determinado.
- 40 8. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la segunda estación base inalámbrica tiene un segundo reloj (32), comprendiendo, además, el método:
 - transportar mensajes de sincronización entre la segunda estación base inalámbrica (6) y un nodo (40) que aloja un reloj principal (41), en el que los mensajes de sincronización de tiempo son para permitir que la estación base inalámbrica (6) sincronice el segundo reloj (32) con el reloj principal (41).
- 45 9. Un método según la reivindicación 8, que comprende, además, compensar la asimetría entre una ruta directa a través del primer nodo (16) y una ruta inversa a través del primer nodo (16).
10. Un método según la reivindicación 9, en el que compensar la asimetría comprende uno de:

compensar, dentro del primer nodo (16), la asimetría entre una ruta directa a través del primer nodo (16) y una ruta inversa a través del primer nodo (16); e

insertar un valor de corrección en uno de los mensajes de sincronización entre la segunda estación base inalámbrica (6) y el nodo (40) que aloja el reloj principal, cuyo mensaje de sincronización pasa a través del primer nodo (16).

5 11. Un nodo de red (16) para una red de transporte (20), que está conectado, a través de la red de transporte, a una primera estación base inalámbrica y a una segunda estación base inalámbrica, donde la primera estación base inalámbrica comprende una unidad de radio remota (3) y una unidad de procesamiento en banda base (4) situada de manera remota, en la que la unidad de procesamiento en banda base (4) está conectada al nodo de red (16) mediante la red de transporte (20, 21), comprendiendo el nodo de red (16) un procesador y una memoria, conteniendo la memoria instrucciones ejecutables por el procesador por medio de las cuales el procesador puede funcionar para:

recibir, a través de la red de transporte, una señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo que transporta al menos una primera señal de comunicación entre la unidad de procesamiento en banda base (4) y la unidad de radio remota (3);

15 determinar una señal de sincronismo de frecuencia a partir de la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo;

transmitir, a través de la red de transporte, la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo, a la unidad de radio remota (3); y

20 transmitir, a través de la red de transporte, la señal de sincronismo de frecuencia a la segunda estación base inalámbrica (6).

12. Un nodo de red según la reivindicación 11, que está configurado, además, para realizar el método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 10.

25 13. Un método para accionar un sistema inalámbrico que comprende una red de transporte (20), un primer nodo, una primera estación base inalámbrica que comprende una unidad de radio remota (3) y una unidad de procesamiento en banda base (4) situada de manera remota, en donde la unidad de procesamiento en banda base (4) está conectada a la primera estación base inalámbrica mediante la red de transporte (20, 21), comprendiendo la unidad de radio remota (3) un reloj (31), comprendiendo, además, el sistema inalámbrico, una segunda estación base inalámbrica (6) conectada a la red de transporte (20), comprendiendo la segunda estación base inalámbrica (6) un reloj (32), comprendiendo el método en el primer nodo (16):

30 recibir, a través de la red de transporte, una señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo que transporta al menos una primera señal de comunicación entre la unidad de procesamiento en banda base (4) y la unidad de radio remota (3);

determinar una señal de sincronismo de frecuencia a partir de la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo;

35 transmitir, a través de la red de transporte, la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo, a la unidad de radio remota (3); y

transmitir, a través de la red de transporte, la señal de sincronismo de frecuencia a la segunda estación base inalámbrica (6);

y comprendiendo, además, el método, en la segunda estación base inalámbrica (6):

40 utilizar la señal de sincronismo de frecuencia para sincronizar una frecuencia del reloj (32) en la segunda estación base inalámbrica (6) con una frecuencia del reloj (31) en la unidad de radio remota (3) de la primera estación base inalámbrica.

14. Un sistema inalámbrico que comprende:

una red de transporte (20);

45 una primera estación base inalámbrica que comprende una unidad de radio remota (3) y una unidad de procesamiento en banda base (4) situada de manera remota, en la que la unidad de procesamiento en banda base (4) está conectada a un primer nodo mediante la red de transporte (20, 21), comprendiendo la unidad de radio remota (3) un reloj (31);

50 una segunda estación base inalámbrica (6) conectada a la red de transporte (20), comprendiendo la segunda estación base inalámbrica (6) un reloj (32);

donde el primer nodo (16) de la red de transporte (20) está configurado para:

recibir, a través de la red de transporte, una señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo que transporta al menos una primera señal de comunicación entre la unidad de procesamiento en banda base (4) y la unidad de radio remota (3);

5 determinar una señal de sincronismo de frecuencia a partir de la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo;

transmitir la señal de comunicación síncrona, multiplexada por división del tiempo, a la unidad de radio remota (3); y

10 transmitir, a través de la red de transporte, la señal de sincronismo de frecuencia a la segunda estación base inalámbrica (6);

y en el que la segunda estación base inalámbrica (6) está configurada para utilizar la señal de sincronismo de frecuencia para sincronizar una frecuencia del reloj (32) en la segunda estación base inalámbrica (6) con una frecuencia del reloj (31) en la unidad de radio remota (3) de la primera estación base inalámbrica.

15 15. Un producto de programa informático que comprende un medio legible por máquina que contiene instrucciones que, cuando son ejecutadas por un procesador, hacen que el procesador realice el método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

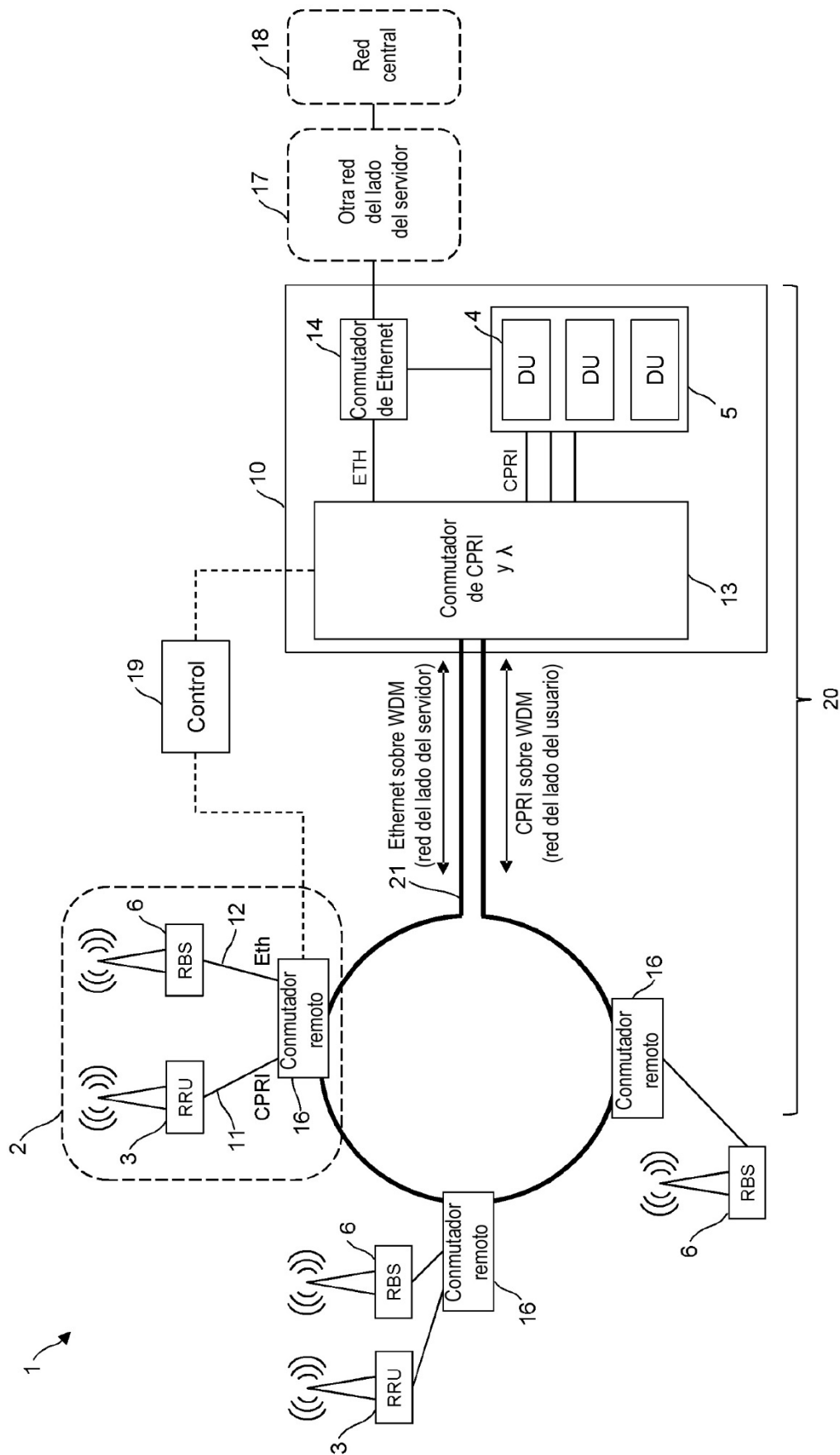


Fig. 1

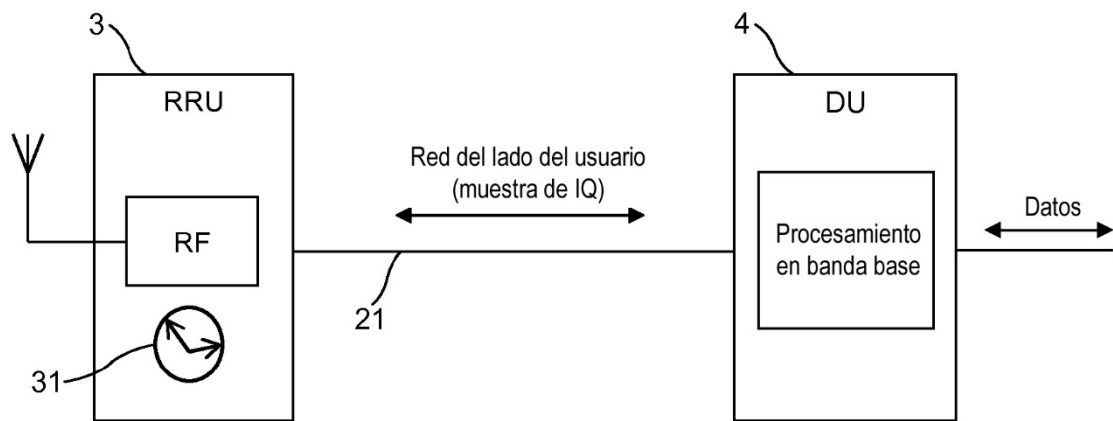


Fig. 2A

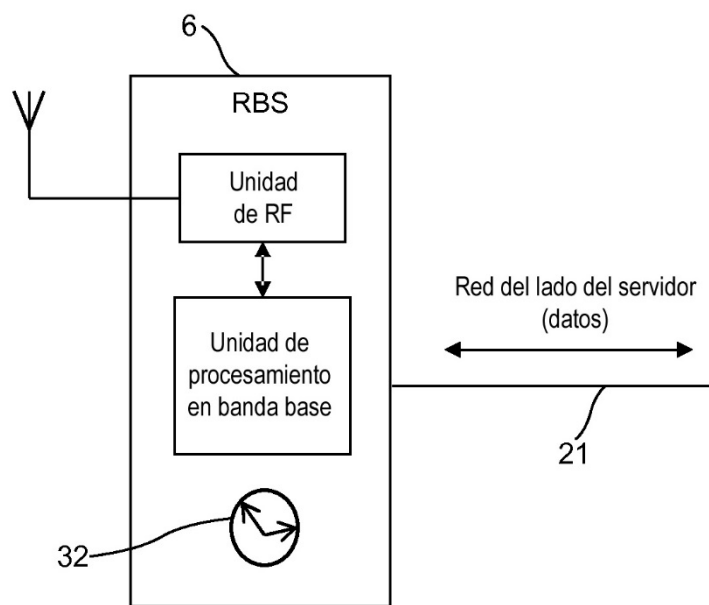


Fig. 2B

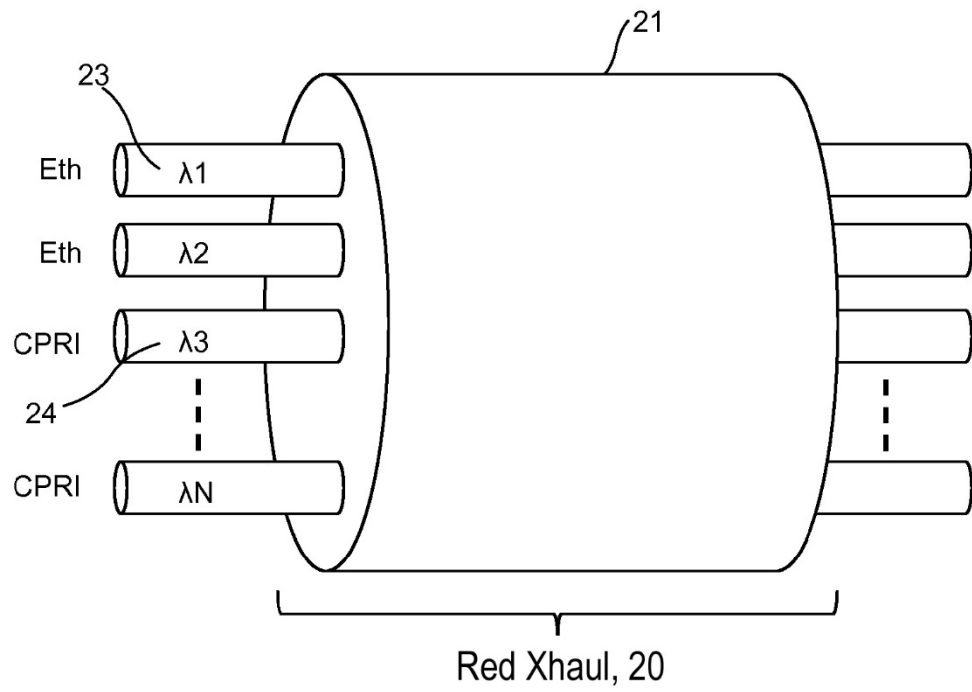


Fig. 3A

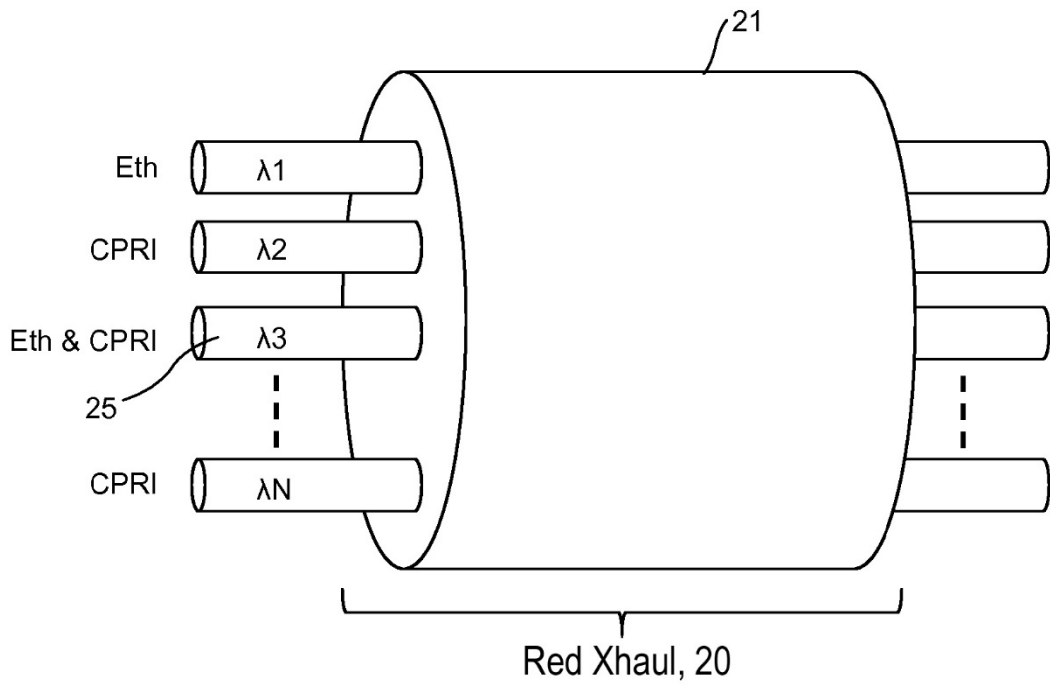


Fig. 3B

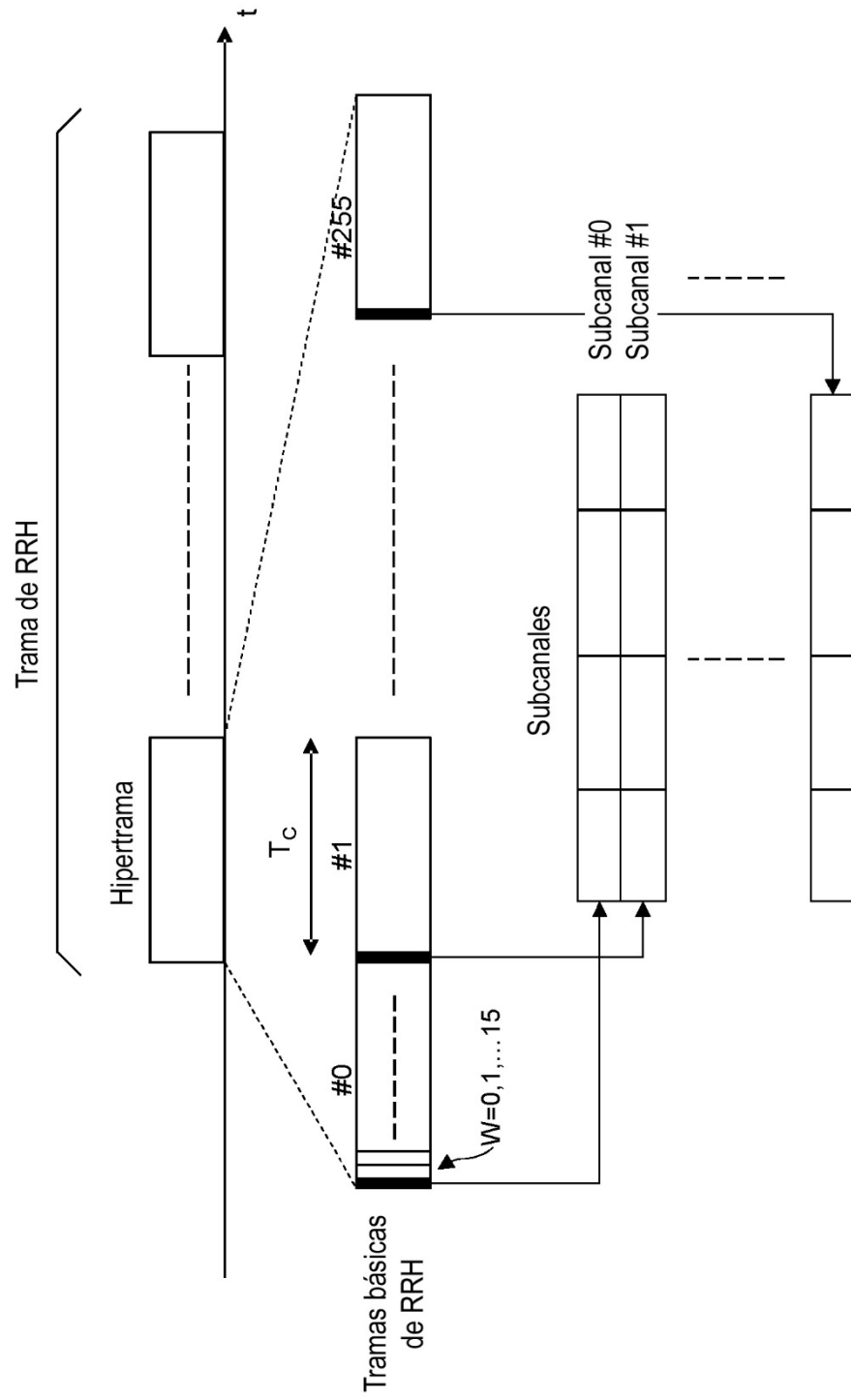


Fig. 4

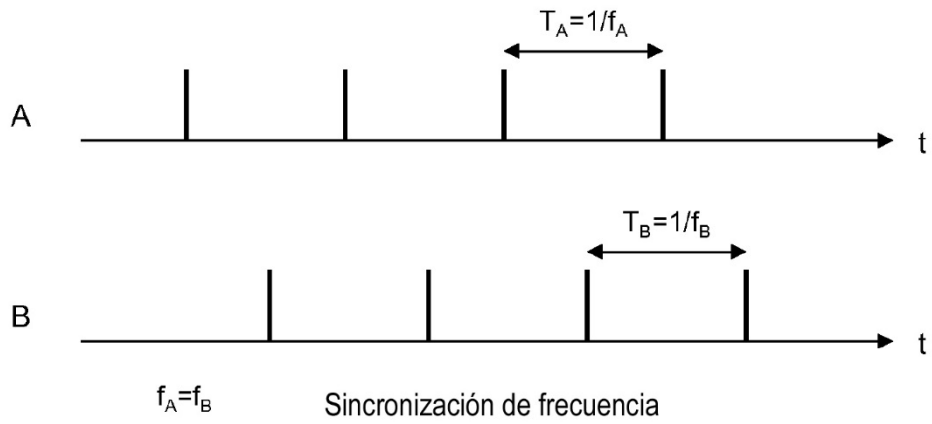


Fig. 5A

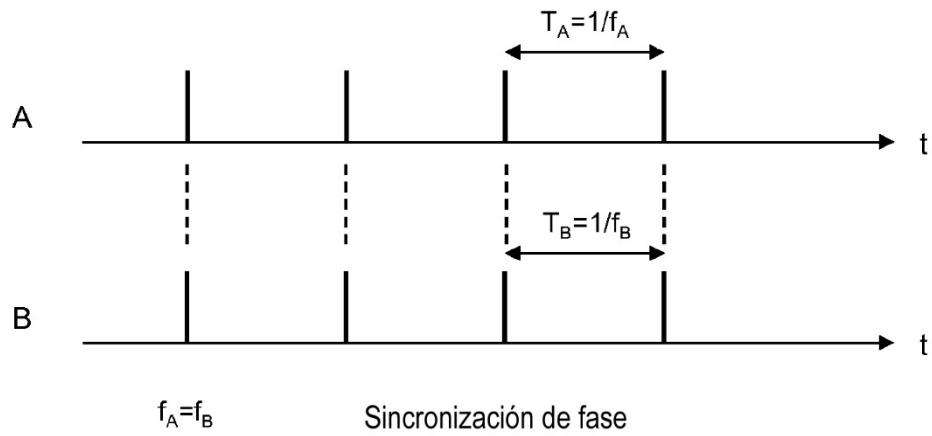


Fig. 5B

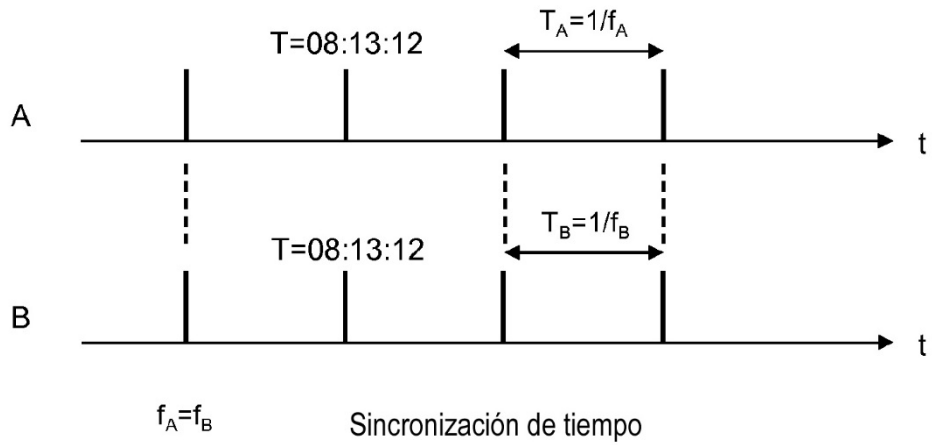


Fig. 5C

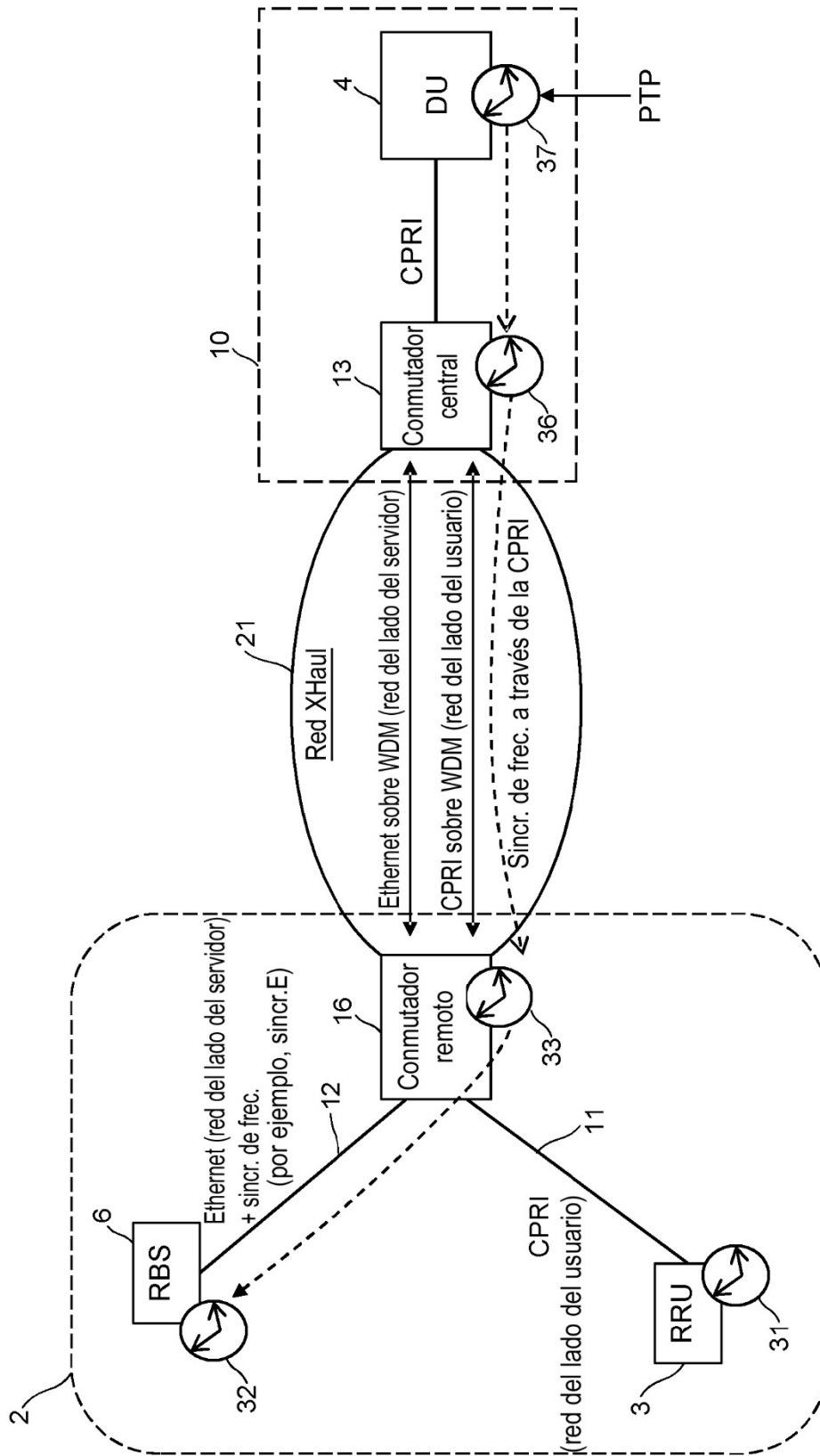


Fig. 6

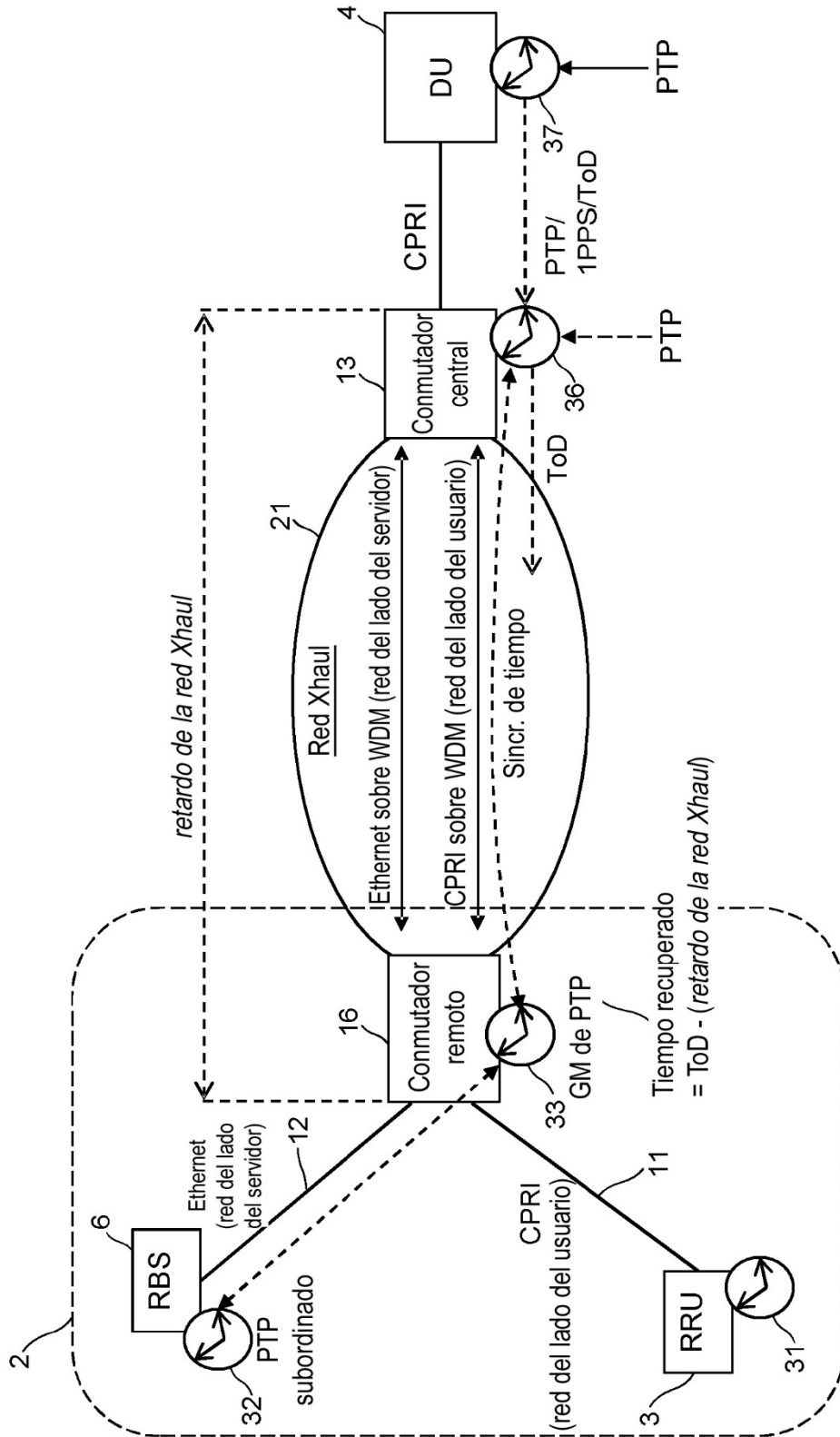


Fig. 7

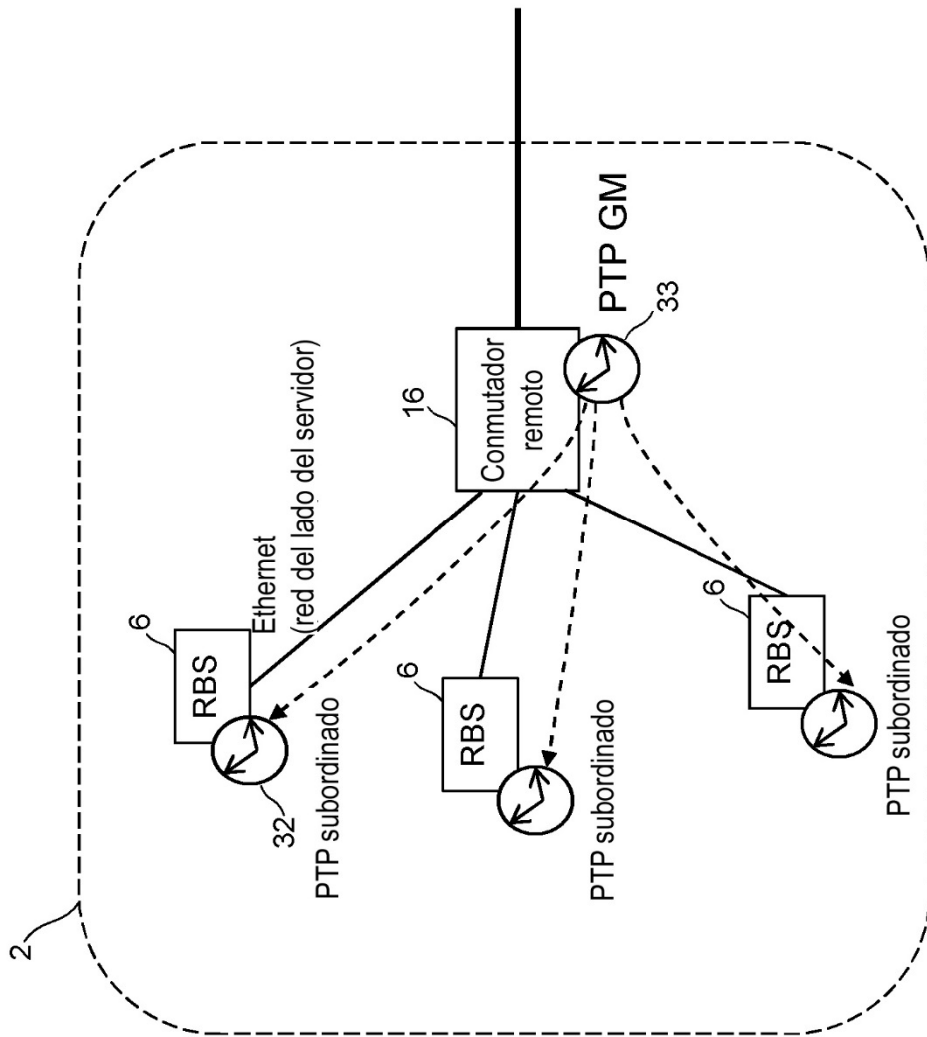


Fig. 8

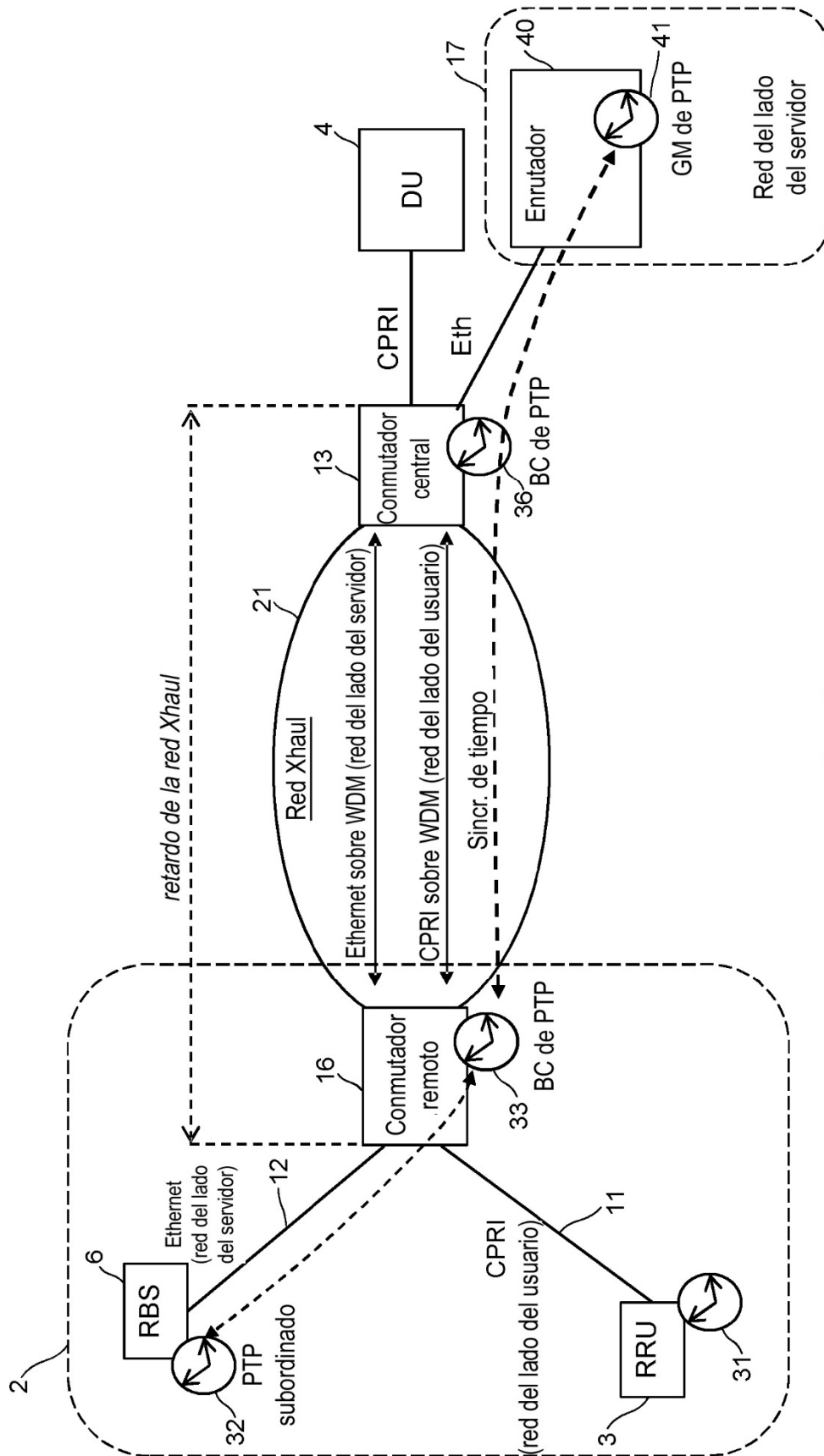


Fig. 9

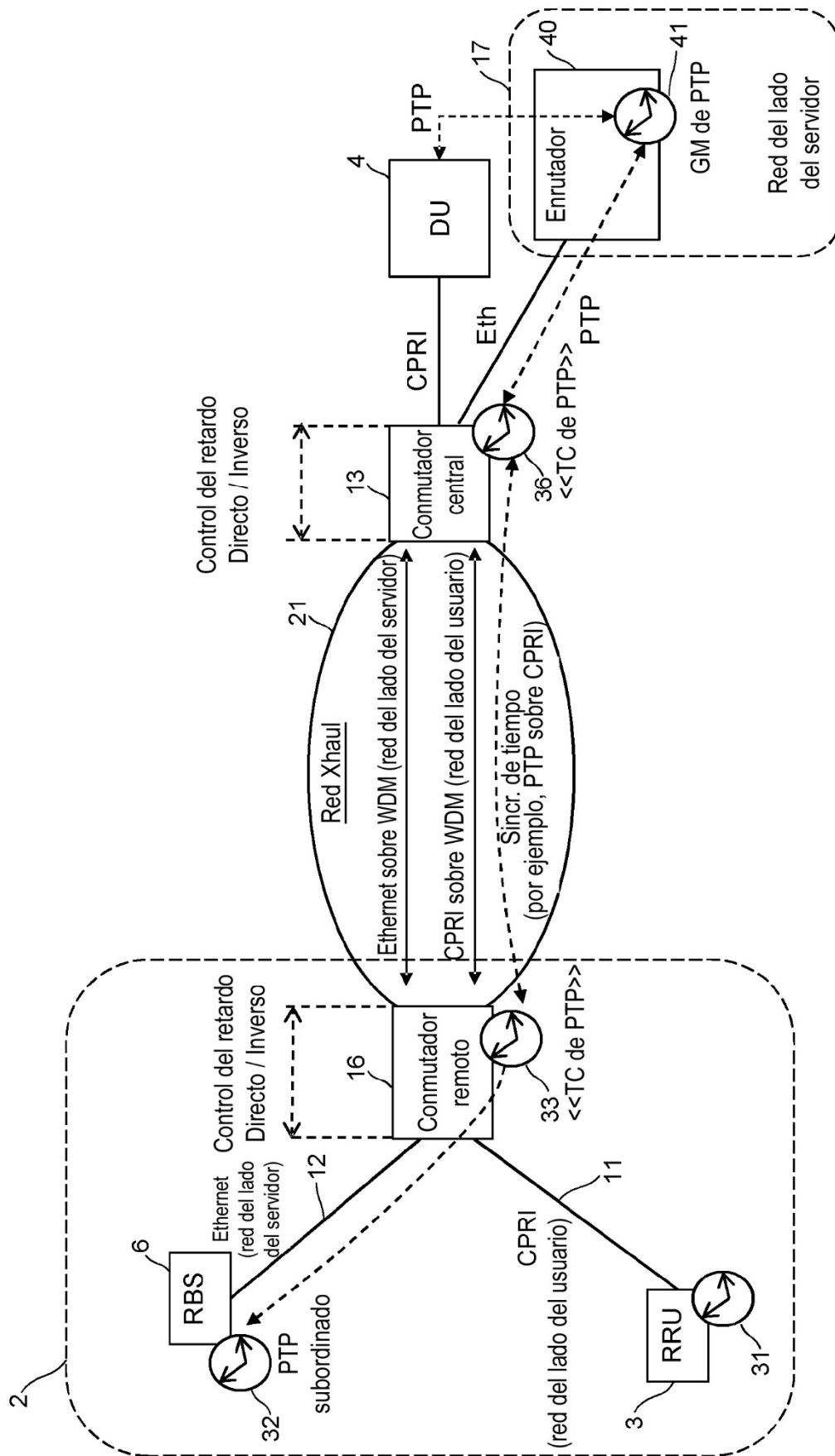


Fig. 10

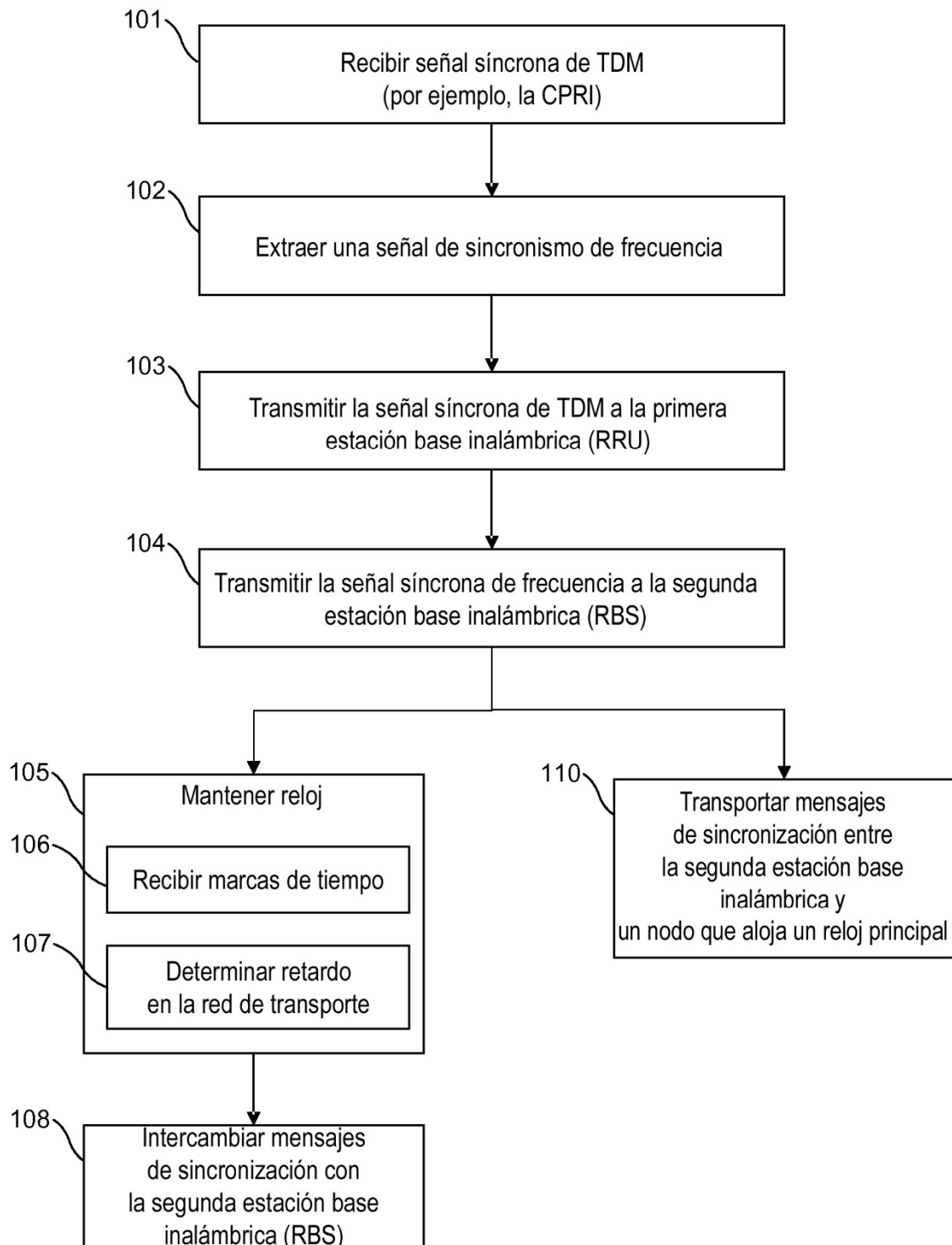


Fig. 11

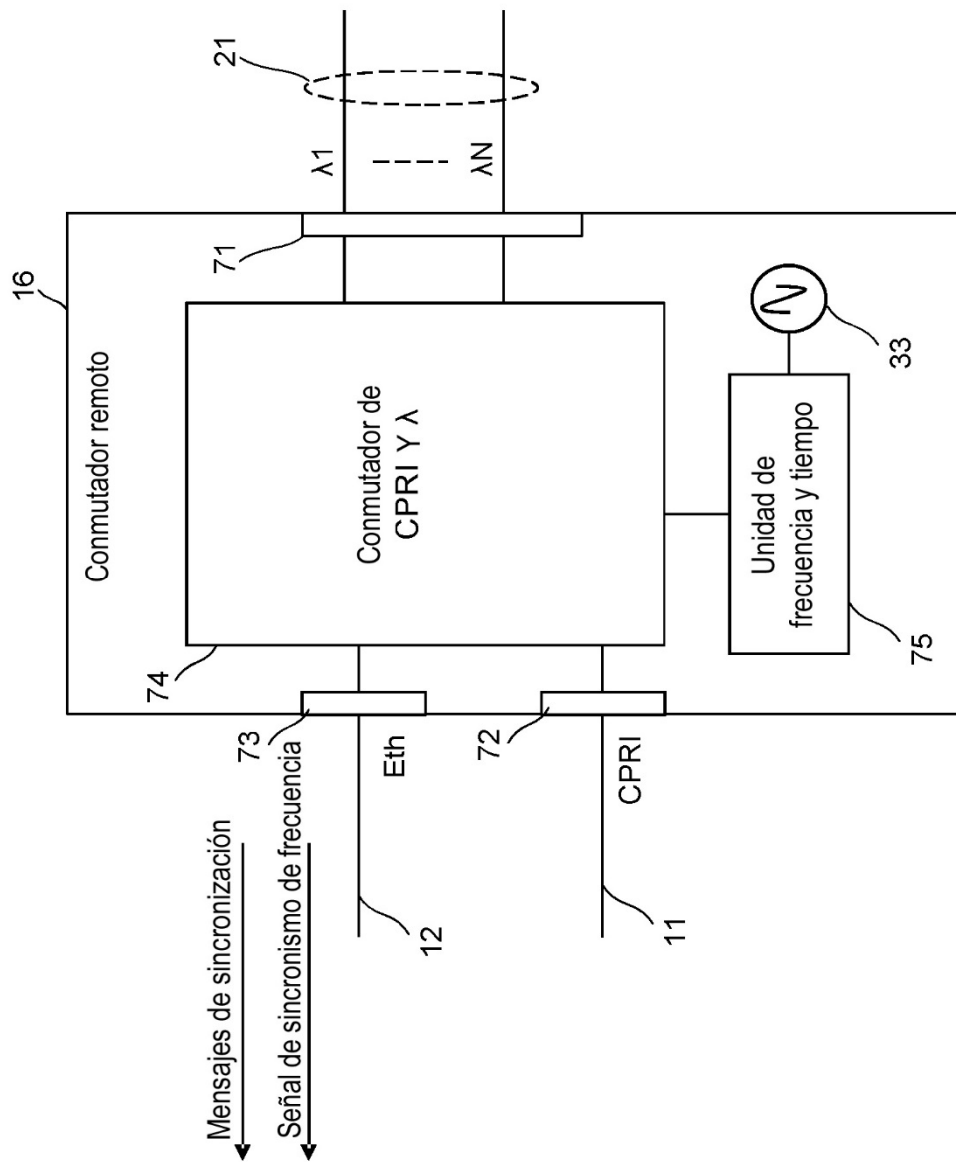


Fig. 12

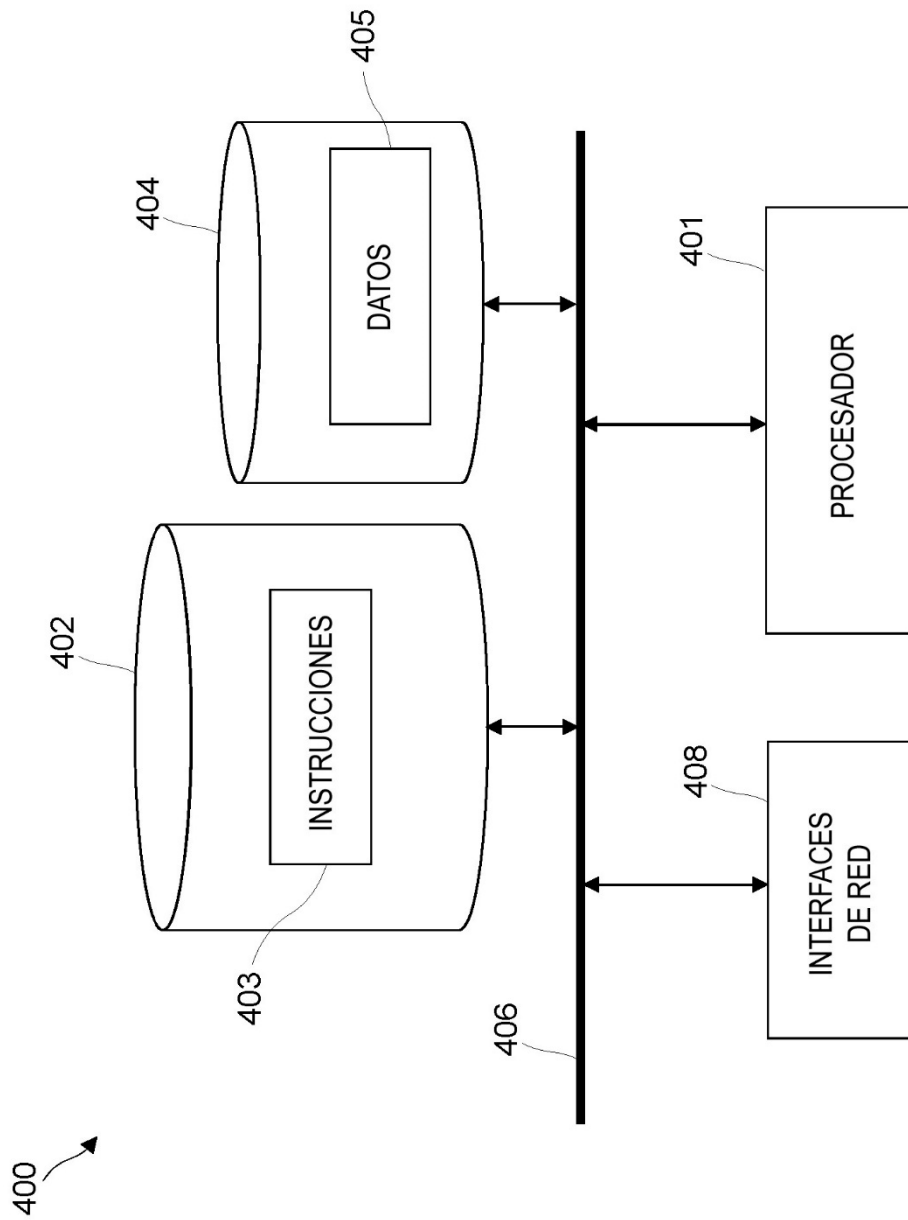


Fig. 13