

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 966 085**

51 Int. Cl.:

**H04W 88/08** (2009.01)

**H04J 3/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.12.2017 PCT/EP2017/081213**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.06.2018 WO18104175**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.12.2017 E 17822559 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.11.2023 EP 3552355**

54 Título: **Método y aparato para la monitorización de latencia**

30 Prioridad:

**06.12.2016 US 201662430607 P**

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

**18.04.2024**

73 Titular/es:

**TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)  
(100.0%)**

**Telefonaktiebolaget LM Ericsson (publ)  
164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:

**RUFFINI, STEFANO y  
STRACCA, STEFANO**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 966 085 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

Método y aparato para la monitorización de latencia

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a redes de comunicaciones, en general, y en particular a la monitorización de latencia en la transmisión de paquetes en una red de transporte.

**Antecedentes**

10 Una Estación Base de Radio (RBS) puede separarse, funcionalmente, en una Unidad Digital (DU), que genera y procesa una señal de RF de banda base digitalizada, y una Unidad de Radio (RU), que crea la señal de RF de transmisión analógica a partir de la señal de banda base y la envía a la antena, y digitaliza, respectivamente, la señal de recepción de RF.

15 La separación de DU y RU (RBS dividida) crea oportunidades para la optimización de la red. El Cabezal de Radio Remoto (RRH) activo está conectado a un grupo centralizado de DUs mediante flujos CPRI (Interfaz de Radio Pública Común) a través de una área geográfica. El transporte de tráfico entre partes distribuidas de una RBS dividida se denomina "fronthaul". El término "backhaul" describe el transporte de tráfico hacia/desde una estación base que tiene procesamiento de RF y banda base en el mismo sitio.

Las tecnologías ópticas, como la fotónica integrada, son adecuadas para realizar una red de transporte para CPRI entre Unidades de Radio Remotas (RRU) y un grupo de DU. La Figura 1 ilustra una arquitectura descrita en el documento WO2016/005008. La solicitud de patente WO2015/113643 describe una técnica de entramado para un transporte robusto de CPRI a través de una red Multiplexada por División de Longitud de Onda (WDM).

20 La red óptica de fronthaul representada en la Figura 1 también puede aprovecharse para transportar una combinación de tráfico CPRI, originado por RRUs, y tráfico Ethernet originado por RBSs (y pico-RBS en particular). Estas señales de los clientes pueden entregarse a través de lambdas (longitudes de onda) separadas en el mismo flujo WDM y, alternativamente, a través de una lambda compartida (sub-longitud de onda). Un entramado ad hoc para el transporte híbrido CPRI/ETH en OFH (fronthaul óptico) se describe en el documento WO2016/138950. La evolución de la arquitectura óptica de fronthaul para transportar CPRI y Ethernet se denomina "XHAUL Óptico" para especificar que la red óptica actúa como fronthaul para las RRUs y como backhaul para las RBSs. La Figura 2 muestra un ejemplo de una arquitectura XHAUL. La arquitectura también permite el transporte del futuro tráfico fronthaul basado en Ethernet.

25 Las necesidades de sincronización en las estaciones base están relacionadas, principalmente, con la correcta generación de la señal de radio. Esto significa que en las redes móviles se requiere la generación de la frecuencia portadora, así como la generación de los datos en la sincronización de frecuencia de la interfaz aérea, normalmente para permitir la transferencia del UE (Equipo de Usuario) entre celdas. El requisito típico en términos de precisión de frecuencia es de 50 ppb.

30 Cuando se utiliza Duplexación por División de Tiempo, TDD, además de la sincronización de frecuencia, la estación base también debe tener acceso a una referencia precisa de sincronización temporal/de fase. Esto es necesario para la correcta generación de la trama TDD en la interfaz de radio evitando la interferencia entre las señales generadas por celdas adyacentes. El requisito en este caso está en el orden de +/- 1,5  $\mu$ s.

35 La evolución de las redes móviles también está presentando una mayor demanda para coordinar estaciones base de radio y, por lo tanto, requiriendo también la distribución de una referencia de sincronización de fase/temporal, en algunos casos con una precisión en el rango de unas pocas decenas de ns (p. ej., +/- 130 ns en el caso de algunas configuraciones de Agregación de Portadora).

40 En general, los requisitos de precisión y latencia de sincronización dependerán del tipo de funciones de radio que se planea utilizar para gestionar la interferencia entre celdas. En particular, algunas de las técnicas de coordinación de radio imponen requisitos muy estrictos tanto en términos de latencia como en términos de precisión de temporización, por lo que, actualmente, se pretende que estas funciones se limiten a escenarios de banda base centralizada pura.

45 La Solicitud de Patente Internacional publicada como WO2017/012635 describe la sincronización para sistemas backhaul y fronthaul. La sincronización de frecuencia se distribuye utilizando la frecuencia inherente de la capa física que transporta la trama donde se mapean tanto el tráfico CPRI (y, si aplica, el tráfico no CPRI). El conmutador remoto puede incorporar un reloj adecuado (p. ej., según el estándar del EEC, G.8262/Y.1362 (01/15)) y luego puede reenviar la sincronización de frecuencia a través de Ethernet Síncrono o mediante interfaces dedicadas a los nodos conectados. Esto se muestra en la Figura 3. El tráfico Ethernet podría transportarse a través de la misma lambda de la CPRI o a través de una lambda separada.

El escenario híbrido fronthaul/backhaul (XHAUL) es bastante nuevo, por lo tanto, no existen soluciones establecidas que aborden todos los aspectos relacionados con la sincronización temporal y la monitorización de latencia. En particular, monitorizar la latencia en las redes es importante, especialmente donde esto tiene un alto impacto en el

rendimiento y donde los requisitos son estrictos, como en fronthaul. Se está considerando TWAMP (o Protocolo de Medida Activa Bidireccional), pero las soluciones tradicionales no incluyen el acceso a información precisa de sincronización temporal, lo que resulta en una falta de precisión requerida (una precisión en el rango de sub-microsegundos).

- 5 Se conocen documentos relacionados con la medida del retardo en la red de transporte óptica, a saber, los documentos WO2015/129167 y US9473261. Sin embargo, los dispositivos y operaciones como los de la invención que ahora se describirá no se describen ni se sugieren en estos documentos.

### Compendio

10 Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método para su uso en un primer nodo de una red de transporte para soportar la monitorización de latencia en la red de transporte. La red de transporte transporta tráfico hacia y desde, al menos, una estación base inalámbrica. La red de transporte comprende el primer nodo y un segundo nodo. El método comprende determinar una primera marca de tiempo que representa el momento en el que se recibe un elemento de datos en el primer nodo y añadir la primera marca de tiempo a una señal de comunicación para enviarla al segundo nodo. La señal de comunicación transporta datos para la, al menos una, estación base inalámbrica y los datos incluyen el elemento de datos recibido. El método también comprende enviar una indicación de una asociación entre la primera marca de tiempo y el elemento de datos al que se refiere la información representativa de la primera marca de tiempo, en donde la indicación de asociación es un puntero que apunta a una parte de una carga útil donde se transporta el elemento de datos con marca de tiempo.

20 Según un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método para uso en un segundo nodo de una red de transporte para soportar la monitorización de latencia en la red de transporte. La red de transporte transporta tráfico hacia y desde, al menos, una estación base inalámbrica. La red de transporte comprende un primer nodo y el segundo nodo. El método comprende recibir una señal de comunicación que transporta datos para la, al menos una, estación base inalámbrica, incluyendo los datos un elemento de datos y extraer una primera marca de tiempo de la señal de comunicación. La primera marca de tiempo que representa el tiempo en que se recibió el elemento de datos en el primer nodo. El método también comprende recibir una indicación de una asociación entre la primera marca de tiempo y el elemento de datos al que se refiere la información representativa de la primera marca de tiempo, en donde la indicación de asociación es un puntero que apunta a una parte de una carga útil donde se transporta el elemento de datos con marca de tiempo. El método también comprende determinar una segunda marca de tiempo que representa el momento en el que se recibe el elemento de datos en el segundo nodo.

30 Según un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato para soportar la monitorización de latencia en un primer nodo de una red de transporte. La red de transporte transporta tráfico hacia y desde, al menos, una estación base inalámbrica. La red de transporte comprende el primer nodo y un segundo nodo. El aparato comprende un circuito de procesamiento y una memoria. La memoria contiene instrucciones ejecutables por el circuito de procesamiento de manera que el aparato esté operativo para determinar una primera marca de tiempo que representa el momento en el que se recibe un elemento de datos en el primer nodo y añadir la primera marca de tiempo a una señal de comunicación para enviarla al segundo nodo. La señal de comunicación transporta datos para la, al menos una, estación base inalámbrica, incluyendo los datos el elemento de datos recibido. El aparato está además, operativo para enviar una indicación de una asociación entre la primera marca de tiempo y el elemento de datos al que se refiere la primera marca de tiempo, en donde la indicación de asociación es un puntero que apunta a una parte de una carga útil donde se transporta el elemento de datos con marca de tiempo.

45 Según un cuarto aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato para soportar la monitorización de latencia en un segundo nodo de una red de transporte. La red de transporte transporta tráfico hacia y desde, al menos, una estación base inalámbrica. La red de transporte comprende un primer nodo y el segundo nodo. El aparato comprende un circuito de procesamiento y una memoria. La memoria contiene instrucciones ejecutables por el circuito de procesamiento de manera que el aparato esté operativo para recibir una señal de comunicación que transporta datos para la, al menos una, estación base inalámbrica, incluyendo los datos un elemento de datos y para extraer una primera marca de tiempo de la señal de comunicación, la primera marca de tiempo que representa el momento en el que se recibió el elemento de datos en el primer nodo. El aparato está además, operativo para recibir una indicación de una asociación entre la primera marca de tiempo y el elemento de datos al que se refiere la primera marca de tiempo, en donde la indicación de asociación es un puntero que apunta a una parte de una carga útil donde se transporta el elemento de datos con marca de tiempo. El aparato está además, operativo para determinar una segunda marca de tiempo que representa el momento en el que se recibe el elemento de datos en el segundo nodo.

Otras características de la presente invención son las reivindicadas en las reivindicaciones dependientes.

55 La presente invención proporciona el beneficio de permitir monitorizar la latencia de extremo a extremo en una red de transporte, con alta precisión (incluso con una precisión de sub-microsegundos) y la adición de sobrecarga limitada, particularmente en realizaciones que utilizan el resultado de la operación módulo como información representativa de las marcas de tiempo. La presente invención es particularmente relevante cuando se transportan servicios sensibles a la latencia, p. ej., en aplicaciones de fronthaul.

**Breve descripción de los dibujos**

La presente invención se entenderá y apreciará más completamente a partir de la siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos que ilustran diversos aspectos de las realizaciones en las que:

La Figura 1 es un diagrama que ilustra la arquitectura de una red óptica de fronthaul;

5 La Figura 2 es un diagrama que ilustra la arquitectura de una red óptica de XHAUL que proporciona fronthaul para las RRUs y backhaul para las RBSs;

La Figura 3 ilustra la sincronización de frecuencia en la red de la Figura 1;

Las Figuras 4 y 5 ilustran ejemplos de sincronización de fase/temporal en la red de la Figura 1;

La Figura 6 ilustra una red de transporte que implementa un método para soportar la monitorización de latencia;

10 La Figura 7 ilustra una marca de tiempo asociada a un cliente mapeado como se define en el borrador 1914.3 del IEEE;

La Figura 8 ilustra la mensajería de retardo entre pares utilizados para evaluar el retardo del enlace;

La Figura 9 ilustra una realización de la monitorización de latencia en el Concentrador/Conmutador Remoto;

La Figura 10 ilustra una realización del cálculo de la latencia;

15 Las Figuras 11 y 12 ilustran realizaciones alternativas de la monitorización de latencia en una red de transporte;

La Figura 13 ilustra una estructura de trama que transporta información utilizada en la monitorización de latencia;

La Figura 14 ilustra una realización de un método para su uso en un primer nodo de una red de transporte para soportar la monitorización de latencia en la red de transporte;

20 La Figura 15 ilustra una realización de un método para su uso en un segundo nodo de una red de transporte para soportar la monitorización de latencia en la red de transporte;

La Figura 16 ilustra una realización de un aparato para soportar la monitorización de latencia en un primer nodo de una red de transporte;

La Figura 17 ilustra una realización de un aparato para soportar la monitorización de latencia en un segundo nodo de una red de transporte;

25 Las Figuras 18A y 18B ilustran dos tipos de estación base inalámbrica que pueden utilizarse en la red de la Figura 1;

Las Figuras 19A-19C ilustran tipos de sincronización para un par de nodos;

La Figura 20 ilustra una realización alternativa de un aparato para soportar la monitorización de latencia en un primer nodo de una red de transporte;

30 La Figura 21 ilustra una realización alternativa de un aparato para soportar la monitorización de latencia en un segundo nodo de una red de transporte.

**Descripción detallada**

35 En la siguiente descripción, con fines explicativos y no limitativos, se establecen detalles específicos como arquitecturas, interfaces, técnicas, etc. particulares para proporcionar una comprensión profunda de la invención. Sin embargo, será evidente para los expertos en la técnica que la invención puede ponerse en práctica en otras realizaciones que se aparten de estos detalles específicos. En otros casos, se omiten descripciones detalladas de dispositivos, circuitos, y métodos bien conocidos para no oscurecer la descripción de la invención con detalles innecesarios.

40 La referencia a lo largo de la especificación a "una realización" o "una realización" significa que una función, estructura, o característica en particular descrita en relación con una realización está incluida en, al menos, una realización de la presente invención. De este modo, la aparición de las frases "en una realización" o "en una realización" en varios lugares a lo largo de la especificación no necesariamente se refieren todas a la misma realización. Además, las funciones, estructuras o características particulares pueden combinarse de cualquier manera adecuada en una o más realizaciones.

45 La publicación de la Solicitud de Patente Internacional WO2017/012635 describe dos opciones principales para distribuir la temporización a nodos remotos:

A. PTP (Protocolo de Tiempo de Precisión) como tráfico de cliente o en la sobrecarga entregada, de forma transparente, a través de la trama común utilizada para el tráfico CPRI y Ethernet, como se muestra en la Figura 4.

5 B. Configuración de un protocolo de temporización específico sobre la trama compartida, como se muestra en la Figura 5.

10 En la solución ilustrada en la Figura 5 se proporciona una temporización precisa común a los sistemas backhaul y fronthaul mediante un protocolo de temporización específico a través de la trama compartida. En este caso, el conmutador remoto, 54, implementa un PTP GM (gran maestro), 52, que sincroniza las pRBS conectadas (pico-RBS), 56. La información temporal puede comprender la fase y la hora del día (ToD). La solución permite una arquitectura redundante, p. ej., en una red basada en anillo, la temporización puede reorganizarse en caso de fallos de red. También puede implementarse un maestro redundante para proteger contra fallos del maestro de sincronización.

15 La Figura 6 muestra una solución basada en la Figura 5. Puede implementarse asignando algunos bits (ToD) para transportar las marcas de tiempo que transportan la referencia de tiempo actual en el Concentrador, además de bits que implementan un protocolo bidireccional (según el mecanismo de retardo entre pares 1588 del IEEE). En particular, se envía la siguiente información principal:

- Información Unidireccional sobre el estado (replicando la información transportada por los mensajes de Anuncio en PTP). Esto podría basarse en el "Mensaje de Anuncio de Tiempo" definido por G.8271/Y.1366 ver. 07/2016 (ver tabla A.4). Consta de 30 bytes y según G.8275.1 ver. 06/2016 puede enviarse una vez cada 1/8 de segundo (es decir, 1,9 kbps).
- 20 - Información unidireccional que transporta el Tiempo actual. Esto puede basarse en el Mensaje de Evento de Tiempo definido por G.8271/Y.1366 ver. 07/2016 (ver tabla A.3). Consta de 14 bytes y se envía una vez cada 1/16 segundos, es decir, 1,8 Kbps.
- Protocolo bidireccional para la mensajería de retardo entre pares (ver figura 8). G.8271/Y.1366 no especifica mensajes específicos para eso. Sin embargo, la información básica podría basarse en los mensajes de solicitud y respuesta de retardo entre pares según lo definido por IEEE1588, es decir, 10 bytes. Tenga en cuenta que, como la comunicación es específica hacia un único Conmutador Remoto (RS), 54, no es necesario añadir información de "dirección". Esta información podría intercambiarse a una tasa relativamente lenta (p. ej., 1 por segundo, con un total de 80 bits por segundo en este caso).

La capacidad total requerida es del orden de 4 kbps.

30 En un enfoque alternativo, puede utilizarse un reloj transparente en el Concentrador, 58, y el conmutador remoto, 54, según lo definido por el estándar 1588 del IEEE.

La Figura 8 muestra la mensajería de retardo entre pares para evaluar el retardo del enlace.

Las soluciones permiten tener acceso a una referencia de sincronización temporal precisa (en la precisión de sub-microsegundos) en todos los Conmutadores Remotos.

35 Según una solución, los clientes llevan sus propias marcas de tiempo, los clientes se representan en la Figura 6 como los paquetes, 608 - 614, ubicados en la carga útil, 604, sección de la trama 606. Como ejemplo, en el caso de fronthaul basado en paquetes (C2), se considera que se transporta una marca de tiempo en la trama C2 asignada. Una contribución et al. "RoE timestamp and Presentation time in past", de Jouni Korhonen al proyecto de norma 1914.3 del IEEE ha propuesto una marca de tiempo periódica de 16 ms que es suficiente para programar los datos en la trama de radio de 10 ms y que puede ser suficiente en una red fronthaul con retardo máximo de cientos de  $\mu$ s (microsegundos), consulte la Figura 7. La contribución anterior puede encontrarse aquí: [http://sites.ieee.org/sagroups-1914/files/2016/07/1606\\_korhonen\\_pastts\\_1.pdf](http://sites.ieee.org/sagroups-1914/files/2016/07/1606_korhonen_pastts_1.pdf) Los paquetes C2 se definen en el estándar eCRPI publicado en [http://www.cpri.info/downloads/eCPRI v 1 0 2017 08 22.pdf](http://www.cpri.info/downloads/eCPRI_v1_0_2017_08_22.pdf).

45 Se han definido varios formatos de marcas de tiempo para transportar información de sincronización temporal. Como ejemplo, el 1588 del IEEE ver. 2008 utiliza el siguiente tipo de datos para una marca de tiempo:

```
struct Timestamp
{
    UInteger48 secondsField;
    UInteger32 nanosecondsField;
};
```

El miembro *secondsField* es la parte entera de la marca de tiempo en unidades de segundos. El miembro *nanosecondsField* es la parte fraccionaria de la marca de tiempo en unidades de nanosegundos. El miembro

*nanosecondsField* es siempre inferior a  $10^9$ . Los nanosegundos fraccionarios no pueden representarse en el tipo de datos de la Marca de Tiempo 1588 del IEEE ilustrada arriba y se transmiten en un *correctionField*, dejando que el dispositivo receptor combine los dos para obtener la marca de tiempo real (8 octetos).

El tipo de datos de Marca de Tiempo representa un tiempo positivo con respecto a la época.

- 5 En 1904.3 del IEEE (ahora borrador 1914.3 del IEEE) se está definiendo una marca de tiempo específica asociada al cliente asignado. Se asignan 30 bits para la marca de tiempo real, 72, como se ilustra en la Figura 7.

La disponibilidad de una sincronización temporal precisa en toda la red, que puede lograrse distribuyendo información temporal (o marcas de tiempo) como se describe anteriormente, puede aprovecharse para las medidas de latencia precisas en los clientes. Son posibles varias opciones.

- 10 La Figura 14 muestra una realización de un método para soportar la monitorización de latencia en una red de transporte. La red de transporte, 600, ilustrada en la Figura 6, es para transportar tráfico hacia/desde, al menos, una estación base inalámbrica, 56. El método se realiza en un primer nodo, 58, de la red de transporte, 600. El método comprende una operación de determinar, 1401, una primera marca de tiempo que representa el momento en el que se recibe un elemento de datos en el primer nodo, 58. El método comprende añadir, 1402, la primera marca de tiempo a una señal de comunicación que transporta datos para la, al menos una, estación base inalámbrica, los datos incluyen el elemento de datos. El método en esta realización también comprende enviar, 1403, una indicación de una asociación entre la marca de tiempo y el elemento de datos al que se refiere la marca de tiempo. En una realización preferida, la operación de enviar, 1403, comprende enviar la señal de comunicación que comprende una indicación de la asociación entre la marca de tiempo y el elemento de datos al que se refiere la marca de tiempo.

- 20 En una realización preferida, la señal de comunicación puede comprender una trama, 606, con una sobrecarga, 602, y una carga útil, 604. En una realización el método puede añadir, en el paso 1404, la marca de tiempo en la parte de sobrecarga de la trama. Alternativamente, la marca de tiempo puede añadirse a la carga útil, 604. En esta realización alternativa, preferiblemente, la marca de tiempo se envía en cada paquete C2 tal como la utiliza la RRU, 55, para reconstruir la temporización cuando los datos deben entregarse a través de la interfaz de radio.

- 25 En una realización, la indicación de una asociación puede ser un puntero, y el método puede, en 1405, añadir el puntero a una parte de sobrecarga de la señal de comunicación, apuntando el puntero a una parte de la carga útil donde se transporta el elemento de datos con marca de tiempo (p. ej., paquete con marca de tiempo). El método puede añadir un identificador, 1406, de un enlace de cliente transportado por la trama. El identificador indica el enlace de cliente al que se refiere la marca de tiempo. Una posible realización se ilustra en la Figura 13. Toda la información de la marca de tiempo está en la columna 0, mientras que los rectángulos largos en las columnas 5 y 6 (pero también podrían estar en otras columnas excepto en la columna 0) ilustran el paquete con la marca de tiempo. Tenga en cuenta que los paquetes se envían en la carga útil, ya que aquí utilizamos un esquema Multiplexado por División de Tiempo para transportar diferentes clientes. Una única celda en la estructura de trama ilustrada en la Figura 13 corresponde a un byte de información. La información que se transporta en la columna 0 para la marca de tiempo se divide en tres campos:

- 35
- 1) Un puntero a la carga útil que indica dónde comienza el paquete con marca de tiempo, filas 154 y 155,
  - 2) Un identificador que especifica a qué enlace de cliente pertenece el paquete monitorizado, fila 156)
  - 3) La marca de tiempo real (fila 157) que podría extenderse a lo largo de más de una trama en la misma posición, ya que la marca de tiempo ocurre solo unas pocas veces por segundo, mientras que la periodicidad de la trama es inferior a 2 microsegundos. Entonces, podría estar el primer byte de  $t_1$  en la trama  $n$ , luego el segundo en la trama  $n+1$  y así sucesivamente. En realizaciones alternativas, la información representativa de una marca de tiempo puede transportarse en la columna 0, fila 157, p. ej., resultado de una operación *módulo* realizada en valores de la marca de tiempo como se describe en las realizaciones siguientes.
- 40

- 45 El método puede enviar, 1407, información de sincronización. La sincronización permite que un segundo nodo (alejado del primer nodo) determine una hora exacta de recepción del elemento de datos y, por lo tanto, determine una medida precisa de la latencia. La información de sincronización puede comprender, al menos, una de: indicación de la hora del día; mensajería de retardo entre pares como se especifica en 1588 del IEEE ver. 2008; una indicación de estado (trazabilidad, fallo, etc.).

- 50 La descripción anterior descrita explica una realización del método desde la perspectiva del primer nodo, 58. La figura 15, por otro lado, ilustra la realización del método como implementado en el segundo nodo, 54, que está alejado del primer nodo, 58.

- 55 La Figura 15 muestra una realización de un método para soportar la monitorización de latencia en una red de transporte, 600. La red de transporte es para transportar tráfico hacia/desde, al menos, una estación base inalámbrica, 56. La red de transporte, 600, comprende un primer nodo, 58, y un segundo nodo, 54. El método en esta realización se realiza en el segundo nodo, 54. En una realización preferida, el método comprende recibir, 1501, una señal de comunicación que transporta datos para la, al menos una, estación base inalámbrica, 56. Los datos incluyen un

elemento de datos. El método comprende extraer, 1502, una primera marca de tiempo de la señal de comunicación. La primera marca de tiempo representa el momento en el que se recibió el elemento de datos en el primer nodo, 58. El método comprende recibir, 1503, una indicación de una asociación entre la primera marca de tiempo y el elemento de datos al que se refiere la primera marca de tiempo. El método también comprende determinar, 1504, una segunda marca de tiempo que representa el momento en el que se recibe el elemento de datos en el segundo nodo.

En una realización preferida, el método comprende determinar, 1505, una diferencia entre la segunda marca de tiempo y la primera marca de tiempo, representando la diferencia la latencia del elemento de datos.

El método puede recibir 1506 información de sincronización. La información de sincronización permite que el segundo nodo determine una hora exacta de recepción del elemento de datos y, por lo tanto, determine una medida precisa de la latencia. Una realización es el procedimiento PTP GM mencionado anteriormente. La información de sincronización puede comprender, al menos, una de: una indicación de la hora del día; mensajería de retardo entre pares; una indicación de estado.

El método puede extraer la primera marca de tiempo de una parte de sobrecarga de la señal de comunicación o de la carga útil en una realización alternativa. Como se explicó anteriormente, la indicación de una asociación puede comprender un puntero en una parte de sobrecarga de la señal de comunicación, apuntando el puntero a una parte de la carga útil donde se transporta el elemento de datos con marca de tiempo.

En una realización, la indicación de una asociación puede recibirse antes de la primera marca de tiempo.

La señal de comunicación puede ser una señal para transportar datos de fronthaul y datos de backhaul. En una realización preferida, la señal de comunicación puede comprender una trama con una sobrecarga y una pluralidad de áreas de carga útil en las que pueden mapearse señales/datos, comprendiendo las áreas de carga útil una o más de un área de carga útil para transportar señales de la Interfaz de Radio Pública Común, CPRI, un área de carga útil para transportar señales Ethernet, un área de carga útil para transportar señales C2.

En una realización del método, cuando se implementa en una red, un paquete específico tiene una marca de tiempo a la entrada de la red XHAUL (marca de tiempo  $t_1$  del paquete) y luego el mismo paquete tiene una marca de tiempo a la salida de la red XHAUL (marca de tiempo  $t_2$  del paquete). El método comprende entonces asociar estas marcas de tiempo ( $t_1$  y  $t_2$ ) a un identificador del paquete específico al que se le ha puesto una marca de tiempo es una primera posibilidad. Un posible identificador podría ser una marca de tiempo TSi del cliente, suponiendo que sea única por paquete. En general, TSi puede indicar un instante de tiempo predefinido en el que los datos (es decir, el paquete con marca de tiempo con TSi) deben presentarse en un determinado punto de la red. La implementación de la marca de tiempo TSi no está completamente estandarizada, eCPRI deja los detalles en manos de cada proveedor y el borrador 1914.3 del IEEE supone que la marca de tiempo TSi puede asociarse a cada paquete, indicando cuándo se debe entregar el paquete a través de la interfaz de radio.

Como se muestra en la Figura 10, el instante de tiempo "ti" cuando el paquete que transporta los datos del cliente ingresa al Concentrador, 58, se transporta en la OH de XHAUL (OH = sobrecarga, en una posición asociada con el cliente específico).

Las realizaciones descritas en función de valores de marcas de tiempo (primera marca de tiempo y segunda marca de tiempo) pueden modificarse utilizando información representativa de una marca de tiempo. En una realización, la información representativa de una marca de tiempo puede ser la propia marca de tiempo como en las realizaciones ya descritas. En una realización alternativa, la información representativa de una marca de tiempo puede ser el resultado de una operación *módulo* realizada sobre los valores de las marcas de tiempo.

En una realización ventajosa, el valor del módulo 16 (16 ms, milisegundos) de la marca de tiempo (p. ej.,  $t_{1 \bmod 16 \text{ms}}$ ,  $t_{2 \bmod 16 \text{ms}}$ , etc.) puede utilizarse de manera similar a la marca de tiempo real del cliente (suponiendo que la red no permita una latencia superior a 16 ms). La ventaja de utilizar el módulo 16 calculado a partir de una marca de tiempo en lugar de la propia marca de tiempo es que el valor del módulo es mucho más corto que la marca de tiempo. Para el módulo 16 serán valores enteros de 0 a 15. Esto, a su vez, permite reducir la cantidad de datos transmitidos para determinar la latencia en diversas realizaciones de esta invención. Al calcular el valor del módulo, se toma el valor de 16 y no la unidad (milisegundos), pero para ilustrar la relación entre estas operaciones y el dominio del tiempo se utiliza una notación que muestra la unidad, ms, como en la ecuación (1) abajo.

En una realización alternativa, en la medida de latencia pueden utilizarse otros valores de módulo, basados por ejemplo en 14 ms, 18 ms o 23 ms, o algunos otros valores (es decir, mod14, mod18, mod23, etc.).

Como se mencionó anteriormente, el uso del módulo 16 funciona bajo el supuesto de que la red no permitiría una latencia superior a 16 ms. Por supuesto, este límite puede ser diferente en realizaciones que utilicen diferentes valores de módulo como se discutió anteriormente. Si no existe tal limitación (es decir, la red permite una latencia mayor que la utilizada en el valor del módulo), entonces se requerirá un espacio mayor en el paquete para la transmisión de la información de la marca de tiempo (es decir, más bits), cuando las marcas de tiempo reales se transmitirán en lugar de sus valores de módulo.

Utilizar valores de módulo en lugar de valores reales de las marcas de tiempo (p. ej.,  $t_1$  y  $t_2$ ) es una realización ventajosa ya que reduce la cantidad de datos a transmitir y simplifica su formato, pero no es esencial para el funcionamiento de esta invención.

5 Por lo tanto, en una realización, para calcular el valor del módulo de 16 ms de latencia de una marca de tiempo en el Concentrador, 58, es decir,  $t_{1 \text{ mod } 16 \text{ ms}}$  se compara con el valor análogo medido en el conmutador remoto, 54 ( $t_{2 \text{ mod } 16 \text{ ms}}$ ) y la diferencia es la latencia real:

$$\text{Latencia} = t_{2 \text{ mod } 16 \text{ ms}} - t_{1 \text{ mod } 16 \text{ ms}} \quad (1)$$

Aun así, la latencia también puede calcularse como  $t_2 - t_1$ .

10 Cuando se implementa en una red, debe proporcionarse suficiente granularidad, o resolución de la medida de tiempo, para transportar los datos de la marca de tiempo en un paquete (el número de bits utilizados para la información de la marca de tiempo) para obtener una precisión de sub-microsegundos.

15 Como se mencionó anteriormente, se supone que el paquete específico que se monitoriza está identificado en ambos extremos de la red; p.ej., el valor  $t_1$  producido en el primer nodo, 58, se transporta asociado a un parámetro específico que es único por paquete (p. ej., número de secuencia, marca de tiempo TS, si ésta es única por paquete, para que pueda utilizarse como identificador del paquete) y se compara con el instante  $t_2$  relacionado con la salida de la misma trama en el extremo remoto, es decir, en el segundo nodo, 54.

20 La Figura 9 muestra la monitorización del retardo en el Concentrador/RS (es decir, el primer nodo 58 y el segundo nodo 54). Esta solución es aplicable a cualquier cliente basado en paquetes para el cual sea necesario monitorizar la latencia (por ejemplo, pero no necesariamente, C2). Una entidad centralizada puede participar (p. ej., el controlador NMS) en la recopilación y el análisis de los datos de monitorización  $t_1$  y  $t_2$ .

En una realización alternativa, el Concentrador podría recopilar y analizar la información de la marca de tiempo (para medidas de latencia en ambas direcciones). Las marcas de tiempo  $t_1$  y  $t_2$  son generadas, por separado, por los dos nodos (Concentrador y RS). Solo cuando estas dos marcas de tiempo están disponibles, el Concentrador o NMS recopila y analiza la información.

25 Como solución especial, ilustrada en la Figura 10. En este escenario la TSi tiene una relación directa con un tiempo absoluto  $t_0$ , es decir.

$$\text{TSi} = t_0 + L, \quad (2)$$

30 donde  $t_0$  es el instante de tiempo que el paquete es transmitido por la DU (Unidad Digital) y L es el tiempo que tarda un paquete para llegar a su destino, es decir, la salida de la RRU. A partir de la Figura 10 podemos ver que el período de tiempo que un paquete necesita para viajar desde el conmutador remoto hasta la salida RRU,  $T_{\text{RS-RRU}}$ , puede calcularse como:

$$T_{\text{RS-RRU}} = \text{TSi} - t_2 \quad (3)$$

Esto es importante porque no hay elementos entre el conmutador remoto y la RRU, por lo que el tiempo de tránsito desde el conmutador remoto a la RRU será constante y en consecuencia la latencia puede aproximarse como:

$$35 \text{ Latencia} \approx L - (\text{TSi} - t_2) \quad (4)$$

y si sustituimos TSi por la expresión de (2) llegamos a:

$$\text{Latencia} \approx L - (t_0 + L - t_2) = t_2 - t_0 \quad (5)$$

40 donde para un escenario como el ilustrado en la Figura 10, aproximamos  $t_0 \approx t_1$ . Esto es cierto en implementaciones prácticas donde la distancia desde la DU (Unidad Digital) al Concentrador (donde se aplica la marca de tiempo  $t_1$ ) es pequeña en comparación con la distancia restante hasta la RRU.

Esta solución especial puede implicar algunas restricciones en la especificación TSi (p. ej., que la TSi deba estar directamente relacionada con el tiempo absoluto en el que se entrega un paquete).

También son posibles escenarios de despliegue adicionales, independientes de la arquitectura XHAUL específica.

45 Como ejemplo, cuando se implementan conmutadores locales, 1104 y 1106, la evaluación de latencia podría realizarse incluyendo también estos elementos de red adicionales, consulte el ejemplo en la Figura 11 (ejemplo con conmutador E-RAN). Esto requiere algún canal de mensajería en la cabecera de mapeo C2 (indicada por el campo 1102 en la figura 11). También en esta realización las mediciones podrían recopilarse en un nodo centralizado o en el conmutador E-RAN en el sitio del Concentrador.

Un posible inconveniente es que este enfoque implicaría un impacto de estandarización (para definir los campos adicionales a utilizar para la función de monitorización), a menos que se establezcan restricciones adicionales a la semántica TSi (ver, por ejemplo, la solución especial descrita anteriormente con referencia a la Figura 10, donde el instante de tiempo en el que se inserta la TSi está predefinido) de modo que no es necesario insertar la marca de tiempo  $t_1$  adicional.

Finalmente, la función de monitorización también puede realizarse completamente dentro del dominio de radio mediante el par BBU/RRU, 1202 y 1204, como se muestra en la Figura 12.

En este caso, la marca de tiempo TSi podría ser solo parte de la carga útil C2 (consulte el campo "TSi" en la cabecera de mapeo Eth de la Figura 11).

La carga útil C2, además de llevar la marca de tiempo, también podría utilizarse para llevar la marca de tiempo real a monitorizar ( $t_1$ , consulte el campo 1202 en la Figura 12). También en este caso podría ser la propia TSi.

Un inconveniente con esta configuración es que puede no proporcionar una función de monitorización en el ámbito del transporte (un punto de demarcación claro entre la radio y el transporte).

Más detalles de implementación para la solución de la Figura 6.

Se transportan los siguientes datos:

- TOD
- Marca de tiempo ( $t_1$ ) del paquete
- Identificador/puntero del paquete que se monitoriza

El entramado basado en Multiplexación por División de Tiempo, como se presenta en el documento WO2016/138950 asocia una parte específica (es decir, una fracción entera) del ancho de banda del enlace a un cliente específico. Una parte fija del ancho de banda del enlace no se utiliza para la carga útil del cliente, sino que se dedica a un canal de servicio que se utiliza para transportar información auxiliar que incluye, pero no limitado a, palabras clave de Corrección de Errores de Reenvío (si se utilizan), Canal de Operación y Mantenimiento (OAM) en banda, funciones de monitorización de la calidad (BIP, o paridad entrelazada de bits), alineación de tramas y numeración de tramas (en un esquema de múltiples tramas). Puede asignarse un pequeño porcentaje de este ancho de banda del canal de servicio para transportar la información de la marca de tiempo asociada a un paquete específico como se describe en la presente solución. La información necesaria es:

- Un identificador del enlace de cliente al que pertenece el paquete monitorizado (generalmente pueden esperarse unas pocas decenas de clientes, p. ej., un máximo de 8 bits sería suficiente); puede que no sea necesario llevar esto en cada trama, sino solo cuando la marca de tiempo realmente ocurre, p. ej., cada segundo por cliente.
- La posición en la trama donde comienza el paquete monitorizado (p. ej., 12 bits si es necesario identificar menos de 4K bytes); puede que no sea necesario llevar esto en cada trama, sino solo cuando la marca de tiempo realmente se realiza, p. ej., cada segundo por cliente (un valor predeterminado podría indicar que no hay ningún paquete al que poner una marca de tiempo, p. ej., todos).
- La marca de tiempo asociada a ese paquete que se individualiza de forma unívoca ( $t_{1 \bmod 16 \text{ms}}$  descrito arriba); esto puede transportarse a través de múltiples tramas dependiendo de la frecuencia con la que se implemente la marca de tiempo, p. ej., cada segundo por cliente.

En el lado receptor, se mide el instante de tiempo en el que el paquete está listo para ser transmitido hacia el cliente (extraído de la trama TDM), lo que lleva a obtener el valor  $t_{2 \bmod 16 \text{ms}}$  que puede compararse con  $t_{1 \bmod 16 \text{ms}}$  extraído por el canal de servicio de la trama para realizar la función de monitorización de la latencia.

La Figura 16 muestra una realización de un aparato, 1600, para soportar la monitorización de latencia en un primer nodo de una red de transporte. La red de transporte se ilustra en una realización en la Figura 6. La red de transporte, 600, transporta tráfico hacia/desde, al menos, una estación base inalámbrica, 56. El aparato comprende un circuito de procesamiento, que incluye uno o más procesadores, 1601, y una memoria, 1602. La memoria contiene instrucciones, 1603, ejecutables por el circuito de procesamiento, 1601. El aparato, 1600, está operativo para determinar una primera marca de tiempo que representa el momento en el que se recibe un elemento de datos en el primer nodo, 58. El aparato, 1600, está operativo para añadir la primera marca de tiempo a una señal de comunicación que transporta datos para la, al menos una, estación base inalámbrica, 56, incluyendo los datos el elemento de datos. El aparato, 1600, está operativo para enviar una indicación de una asociación entre la marca de tiempo y el elemento de datos al que se refiere la marca de tiempo. El aparato, 1600, comprende una o más interfaces de red, 1608, para interactuar con otras entidades de red, como los enlaces que transportan tráfico de clientes. El aparato, 1600, comprende una o más interfaces 1609 de red para interactuar con la red de transporte, 600.

En la realización ilustrada en la Figura 16, las interfaces, 1608 y 1609, el procesador, 1601 y la memoria, 1602 y 1604, están conectadas a un bus, 1606, sin embargo, otras arquitecturas del aparato, 1600, también son posibles y serían contempladas por los expertos en la técnica. Por ejemplo, el procesador, los módulos de memoria y las interfaces podrían conectarse en serie.

5 La Figura 17 muestra una realización de un aparato, 1700, para soportar la monitorización de latencia en un segundo nodo de una red de transporte. La red de transporte se ilustra en una realización en la Figura 6. La red de transporte, 600, transporta tráfico hacia/desde, al menos, una estación base inalámbrica, 56. El aparato, 1700, se proporciona en el segundo nodo, 54, de la red de transporte, 600, como un nodo remoto (conmutador remoto). El aparato, 1700, comprende un circuito de procesamiento, que incluye uno o más procesadores, 1701, y una memoria, 1702. La memoria contiene instrucciones, 1703, ejecutables por el circuito de procesamiento, 1701. El aparato, 1700, está operativo para recibir una señal de comunicación que transporta datos para la, al menos, una estación base inalámbrica, 56, los datos incluyen un elemento de datos. El aparato, 1700, está operativo para extraer una primera marca de tiempo de la señal de comunicación, en donde la primera marca de tiempo representa el momento en el que se recibió el elemento de datos en el primer nodo, 58. El aparato está operativo para recibir una indicación de una asociación entre la primera marca de tiempo y una parte de la señal de comunicación a la que se refiere la primera marca de tiempo. El aparato, 1700, está operativo para determinar una segunda marca de tiempo que representa el momento en el que se recibe el elemento de datos en el segundo nodo. El aparato, 1700, comprende una o más interfaces de red, 1708, para interactuar con la red de transporte. El aparato, 1700, comprende una o más interfaces de red, 1709, para interactuar con otras entidades de red, como los enlaces que conectan el segundo nodo, 54, a estaciones base inalámbricas (p. ej., la estación base 56).

En la realización ilustrada en la Figura 17, las interfaces, 1708 y 1709, el procesador, 1701 y la memoria, 1702 y 1704, están conectadas a un bus, 1706, sin embargo, otras arquitecturas del aparato, 1700, también son posibles y serían contempladas por los expertos en la técnica. Por ejemplo, el procesador, los módulos de memoria y las interfaces podrían conectarse en serie.

25 En el aparato anterior, el circuito de procesamiento (procesador 1601, 1701) comprende uno o más procesadores que pueden ser microprocesadores, controladores o cualquier otro tipo adecuado de procesadores para ejecutar instrucciones para controlar el funcionamiento del dispositivo. El procesador está conectado a otros componentes del dispositivo a través de uno o más buses 1606, 1706. Las instrucciones ejecutables por procesador 1603, 1703 pueden proporcionarse utilizando cualquier medio legible por ordenador, como la memoria 1602, 1702. Las instrucciones ejecutables por procesador pueden comprender instrucciones para implementar la funcionalidad de los métodos descritos. La memoria 1602, 1702 es de cualquier tipo adecuado, como memoria de sólo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), un dispositivo de almacenamiento de cualquier tipo como un dispositivo de almacenamiento magnético u óptico. Puede proporcionarse memoria adicional 1604, 1704 para almacenar datos 1605, 1705 utilizados por el procesador 1601, 1701.

35 Una solución como la descrita anteriormente puede proporcionar una monitorización de la latencia precisa para enlaces de cliente basados en paquetes utilizados para fronthauling de radio u otras aplicaciones sensibles al tiempo.

Haciendo referencia de nuevo a la red de la Figura 6, hay dos tipos de estación base inalámbrica en la red. Los dos tipos de estación base inalámbrica se muestran en la Figura 18A y la Figura 18B.

40 En el primer tipo de estación base inalámbrica, mostrado en la Figura 18A, la funcionalidad de la estación base inalámbrica se divide 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 emitir datos IQ de banda base digitales (es decir, componentes reales e imaginarios de la señal de banda base de valor complejo). La RRU 3 está configurada para transmitir una señal de RF utilizando los datos IQ recibidos de la DU 4. De manera similar, la RRU 3 está configurada para recibir una señal de RF y emitir datos IQ de la señal recibida a la DU 4 para el procesamiento de banda base. Una interfaz CPRI transporta los datos IQ. Se envían varios flujos de datos IQ a través de un enlace CPRI físico, 21. Cada flujo de datos IQ refleja los datos de una antena para una portadora, la llamada portadora de antena (AxC). Cada RRU 3 puede recibir y enviar múltiples sub-flujos de la AxC. El tráfico entre la DU 4 y la RRU 3 (en cualquier dirección) se denomina tráfico fronthaul. En algunos ejemplos, la RRU 3 puede, alternativamente, denominarse Equipo de Radio (RE). En algunos ejemplos, la DU 4 puede, alternativamente, denominarse Unidad Principal (MU), Controlador del Equipo de Radio (REC) o Unidad de Banda Base (BBU). La RRU 3 se comunica con una DU 4 utilizando una norma de interfaz, como CPRI. Las referencias a CPRI son solo a modo de ejemplo, y pueden reemplazarse con una referencia a cualquier protocolo de interfaz para transportar datos (p. ej., en forma digital) entre una RRU y una DU que utilice 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, como cuando se generan señales de RF. El reloj 31 también proporciona una referencia de fase para fines de temporización, como la temporización de las transmisiones de RF.

55 El segundo tipo de estación base inalámbrica 6, mostrada en la Figura 18B, no tiene la división de funcionalidad de radio (RF) y banda base. En cambio, en la estación base inalámbrica 6 se combina toda la funcionalidad de la estación base inalámbrica. La unidad de radio (unidad de RF o unidad de radiofrecuencia) y la unidad de procesamiento de banda base están co-ubicadas. El término "co-ubicada" significa la funcionalidad de radio y la unidad de procesamiento de banda base en el mismo emplazamiento de celda. Se entenderá que puede haber una pequeña separación física

entre la unidad de radio (unidad de RF) y la unidad de procesamiento de banda base en un emplazamiento de celda. Por ejemplo, una unidad de radio puede estar ubicada en la parte superior de una torre o edificio y una unidad de procesamiento de banda base puede estar ubicada en la base de la torre o edificio. Este tipo de separación entra dentro del término "co-ubicada". La estación base inalámbrica recibe datos, realiza procesamiento en banda base y transmite/recibe señales de RF. Este tipo de estación base inalámbrica es una estación base integrada, o monolítica, y se denominará estación base de radio RBS 6. Una RBS 6 no emite una señal CPRI, ya que el procesamiento de 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 de banda base (p. ej., CPRI). El tráfico transportado a través de la red 20 de transporte hacia y/o desde la RBS 6 se denomina tráfico backhaul. La RBS 6 se comunica con la red central y otras estaciones base. En algunos ejemplos, la RBS 6 se comunica con la red central y 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, según lo definido por IEEE 802.1 e IEEE 802.3. Las referencias a Ethernet son solo a modo de ejemplo, y pueden reemplazarse con una referencia a cualquier protocolo para intercambiar datos hacia o desde una estación base de radio, por ejemplo, transporte de paquetes. El transporte que conecta una estación base puede basarse en un protocolo de Capa 2 en el modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI), o en un protocolo de Capa 3. La RBS 6 puede ser una estación base que proporcione una micro celda o una pico celda, como cobertura interior localizada. Se mantiene un reloj 32 en la RBS 6. El reloj 32 proporciona una referencia de frecuencia para la RBS, como cuando se generan señales de RF. El reloj 32 también proporciona una referencia de fase para fines de temporización, como la temporización de las transmisiones de RF.

Las estaciones base RBS 6 (con procesamiento de banda base) y las RRUs 3 (sin procesamiento de banda base) pueden considerarse ambas equipos de radio.

Las Figuras 19A-19C ilustran tres tipos de sincronización en una red: sincronización de frecuencia (Figura 19A); sincronización de fase (Figura 19B); y sincronización temporal (Figura 19C). Se consideran dos relojes: un reloj A en un primer nodo y un reloj B en un segundo nodo. Una línea temporal de cada reloj A, B, muestra una serie de "tictacs" de reloj. Un tictac de reloj podría ocurrir con una granularidad de un segundo, un minuto o alguna otra granularidad de tiempo.

La Figura 19A muestra la sincronización de frecuencia. Cuando dos relojes están sincronizados en frecuencia, los tictacs de reloj en los relojes A y B ocurren a la misma tasa, es decir,  $T_A=1/f_A$ , y  $T_B=1/f_B$  y  $f_A=f_B$ .

La Figura 19B muestra la sincronización de fase. Cuando dos relojes están sincronizados en fase, los tictacs de reloj en los relojes A y B ocurren a la misma tasa, es decir,  $T_A=1/f_A$ , y  $T_B=1/f_B$  y  $f_A=f_B$ , y además los tictacs de reloj están alineados en el tiempo entre sí. Es decir, el tictac de reloj en el reloj A ocurre en el mismo momento que el tictac de reloj del reloj B.

La Figura 19C muestra la sincronización temporal. Esto es lo mismo que la sincronización de fase, con la característica adicional de que ambos relojes están ajustados a la misma hora (p. ej., la hora del día). En este ejemplo, se produce un tictac en ambos relojes al mismo tiempo, y ambos relojes saben que son las 08:13:12.

La Figura 20 ilustra otra realización de un aparato para soportar la monitorización de latencia en un primer nodo de una red de transporte. La red de transporte transporta tráfico (paquetes) hacia y desde, al menos, una estación base inalámbrica. El aparato, 2000, comprende un módulo de determinación de la marca de tiempo, 2002, para determinar una primera marca de tiempo que representa el momento en el que se recibe un elemento de datos en el primer nodo. El aparato 2000 también comprende un módulo de marca de tiempo para añadir información representativa de la primera marca de tiempo a una señal de comunicación que transporta datos para la, al menos una, estación base inalámbrica (los datos incluyen el elemento de datos) y comprende además un módulo de envío para enviar una indicación de una asociación entre la información representativa de la primera marca de tiempo y el elemento de datos al que se refiere la información representativa de la primera marca de tiempo.

La Figura 21, a su vez, ilustra otra realización de un aparato, 2100, para soportar la monitorización de latencia en un segundo nodo de una red de transporte. La red de transporte transporta tráfico hacia y desde, al menos, una estación base inalámbrica y comprende un primer nodo y un segundo nodo. El aparato, 2100, comprende un primer módulo receptor, 2102, para recibir una señal de comunicación que transporta datos para la, al menos una, estación base inalámbrica, en donde los datos incluyen un elemento de datos. El aparato, 2100, también comprende un módulo de extracción, 2106, para extraer información representativa de una primera marca de tiempo de la señal de comunicación. La primera marca de tiempo que representa el momento en el que se recibió el elemento de datos en el primer nodo. Además, el aparato, 2100, comprende un segundo módulo receptor, 2104, para recibir una indicación de una asociación entre la información representativa de la primera marca de tiempo y una parte de la señal de comunicación a la que se refiere la información representativa de la primera marca de tiempo y un módulo de determinación, 2108, para determinar información representativa de una segunda marca de tiempo que representa el momento en el que se recibe el elemento de datos en el segundo nodo.

En una realización preferida, el primer módulo receptor, 2102, y el segundo módulo receptor, 2104, están integrados en un único módulo, 2112.

En las realizaciones ilustradas en las Figuras 20 y 21, las interfaces 2008 y 2110 sirven para conectar el tráfico hacia y desde la red de transporte, así como hacia y desde la(s) estación(es) base. Estas interfaces pueden implementarse como unidades combinadas (es decir, una interfaz que sirve tráfico hacia/desde la red de transporte y hacia/desde la(s) estación(es) base) o como unidades separadas similares a las realizaciones ilustradas en las Figuras 16 y 17.

- 5 En las realizaciones ilustradas en las Figuras 20 y 21, las interfaces así como los módulos restantes están conectados a un bus, sin embargo, otras arquitecturas del aparato, 2000 y 2100, también son posibles y serían contempladas por los expertos en la técnica. Por ejemplo, los módulos e interfaces podrían conectarse en serie.

Los aparatos, 2000 y 2001, ilustrados en las Figuras 20 y 21 están configurados para funcionar según sus métodos correspondientes (es decir, para el primer nodo y el segundo nodo) descritos anteriormente en este documento.

10

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para su uso en un primer nodo de una red de transporte para soportar la monitorización de latencia en la red de transporte, transportando la red de transporte tráfico hacia y desde, al menos, una estación base inalámbrica, comprendiendo la red de transporte el primer nodo y un segundo nodo, comprendiendo el método:
- 5 determinar (1401) una primera marca de tiempo que representa el momento en el que se recibe un elemento de datos en el primer nodo;
- añadir (1402) la primera marca de tiempo a una señal de comunicación para enviarla al segundo nodo, transportando la señal de comunicación datos para la, al menos una, estación base inalámbrica, incluyendo los datos el elemento de datos recibido; y
- 10 enviar (1403) una indicación de una asociación entre la primera marca de tiempo y el elemento de datos al que se refiere la primera marca de tiempo, en donde la indicación de asociación es un puntero que apunta a una parte de una carga útil donde se transporta el elemento de datos con marca de tiempo.
2. El método según la reivindicación 1, en donde la señal de comunicación comprende una trama con una sobrecarga y una carga útil, y el método añade (1404) la primera marca de tiempo en la parte de sobrecarga de la trama.
- 15 3. El método según la reivindicación 2, en donde la indicación de una asociación es un puntero, y el método comprende añadir el puntero (1405) a una parte de sobrecarga de la señal de comunicación, apuntando el puntero a una parte de la carga útil donde se transporta el elemento de datos.
4. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3, en donde la indicación de una asociación comprende un identificador de un enlace de cliente transportado por la trama.
- 20 5. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende:
- enviar información de sincronización.
6. Un método para su uso en un segundo nodo de una red de transporte para soportar la monitorización de latencia en la red de transporte, transportando la red de transporte tráfico hacia y desde, al menos, una estación base inalámbrica, comprendiendo la red de transporte un primer nodo y el segundo nodo, comprendiendo el método:
- 25 recibir (1501) una señal de comunicación que transporta datos para la, al menos una, estación base inalámbrica, incluyendo los datos un elemento de datos;
- extraer (1502) una primera marca de tiempo de la señal de comunicación, representando la primera marca de tiempo el momento en el que se recibió el elemento de datos en el primer nodo;
- 30 recibir (1503) una indicación de una asociación entre la primera marca de tiempo y el elemento de datos al que se refiere la primera marca de tiempo, en donde la indicación de asociación es un puntero que apunta a una parte de una carga útil donde se transporta el elemento de datos con marca de tiempo;
- determinar (1504) una segunda marca de tiempo que representa el momento en el que se recibe el elemento de datos en el segundo nodo.
- 35 7. El método según la reivindicación 6, en donde la indicación de una asociación comprende un puntero en una parte de sobrecarga de la señal de comunicación, apuntando el puntero a una parte de la carga útil donde se transporta el elemento de datos.
8. El método según la reivindicación 7, en donde la indicación de una asociación se recibe antes de la primera marca de tiempo.
- 40 9. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde la señal de comunicación es una señal para transportar datos de fronthaul y datos de backhaul.
10. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde la señal de comunicación comprende una trama con una sobrecarga y una pluralidad de áreas de carga útil en las que pueden mapearse señales/datos, comprendiendo las áreas de carga útil una o más de:
- un área de carga útil para transportar señales de la Interfaz de Radio Pública Común, CPRI;
- 45 un área de carga útil para transportar señales Ethernet.
11. Un aparato (1600) para soportar la monitorización de latencia en un primer nodo de una red de transporte, transportando la red de transporte tráfico hacia y desde, al menos, una estación base inalámbrica, comprendiendo la red de transporte el primer nodo y un segundo nodo, comprendiendo el aparato (1600) un circuito (1601) de

procesamiento y una memoria (1602), conteniendo la memoria (1602) instrucciones ejecutables por el circuito (1601) de procesamiento de manera que el aparato (1600) esté operativo para:

determinar una primera marca de tiempo que representa el momento en el que se recibe un elemento de datos en el primer nodo;

5 añadir la primera marca de tiempo a una señal de comunicación para enviarla al segundo nodo, transportando la señal de comunicación datos para la, al menos una, estación base inalámbrica, incluyendo los datos el elemento de datos recibido; y

10 enviar una indicación de una asociación entre la primera marca de tiempo y el elemento de datos al que se refiere la primera marca de tiempo, en donde la indicación de asociación es un puntero que apunta a una parte de una carga útil donde se transporta el elemento de datos con marca de tiempo.

12. El aparato (1600) según la reivindicación 11, en donde la señal de comunicación comprende una trama con una sobrecarga y una carga útil, y el aparato (1600) está operativo para añadir la primera marca de tiempo en la parte de sobrecarga de la trama.

15 13. El aparato (1600) según la reivindicación 12, en donde la indicación de una asociación es un puntero, y el aparato (1600) está operativo para añadir el puntero a una parte de sobrecarga de la señal de comunicación, apuntando el puntero a una parte de la carga útil donde se transporta el elemento de datos.

14. El aparato (1600) según cualquiera de las reivindicaciones 11 - 13, operativo para utilizar un identificador de un enlace de cliente transportado por la trama como la indicación de una asociación.

20 15. Un aparato (1700) para soportar la monitorización de latencia en un segundo nodo de una red de transporte, transportando la red de transporte tráfico hacia y desde, al menos, una estación base inalámbrica, comprendiendo la red de transporte un primer nodo y el segundo nodo, comprendiendo el aparato (1700) un circuito (1701) de procesamiento y una memoria (1702), conteniendo la memoria (1702) instrucciones ejecutables por el circuito (1701) de procesamiento de manera que el aparato (1700) esté operativo para:

25 recibir una señal de comunicación que transporta datos para la, al menos una, estación base inalámbrica, incluyendo los datos un elemento de datos;

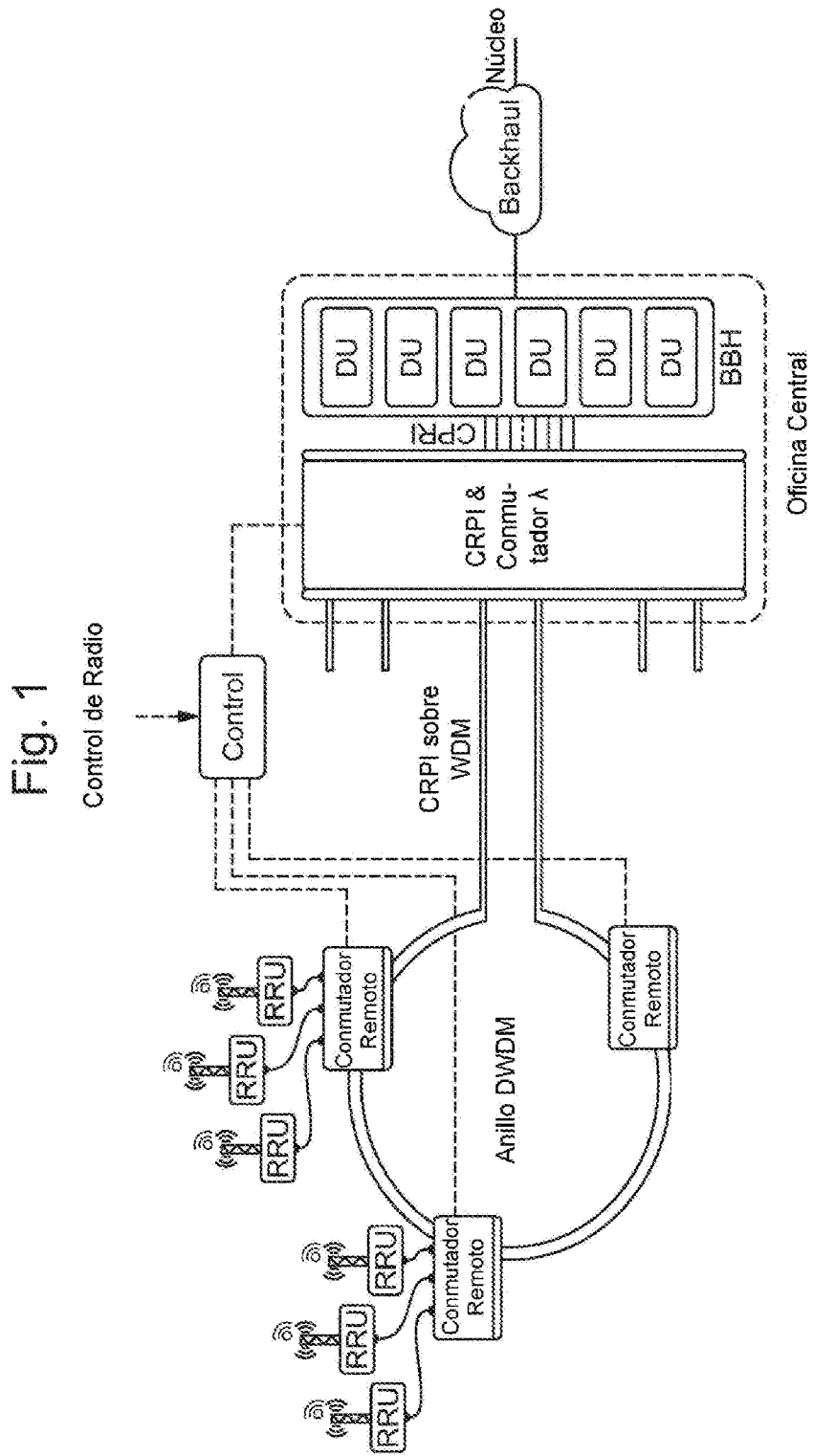
extraer una primera marca de tiempo de la señal de comunicación, representando la primera marca de tiempo el momento en el que se recibió el elemento de datos en el primer nodo;

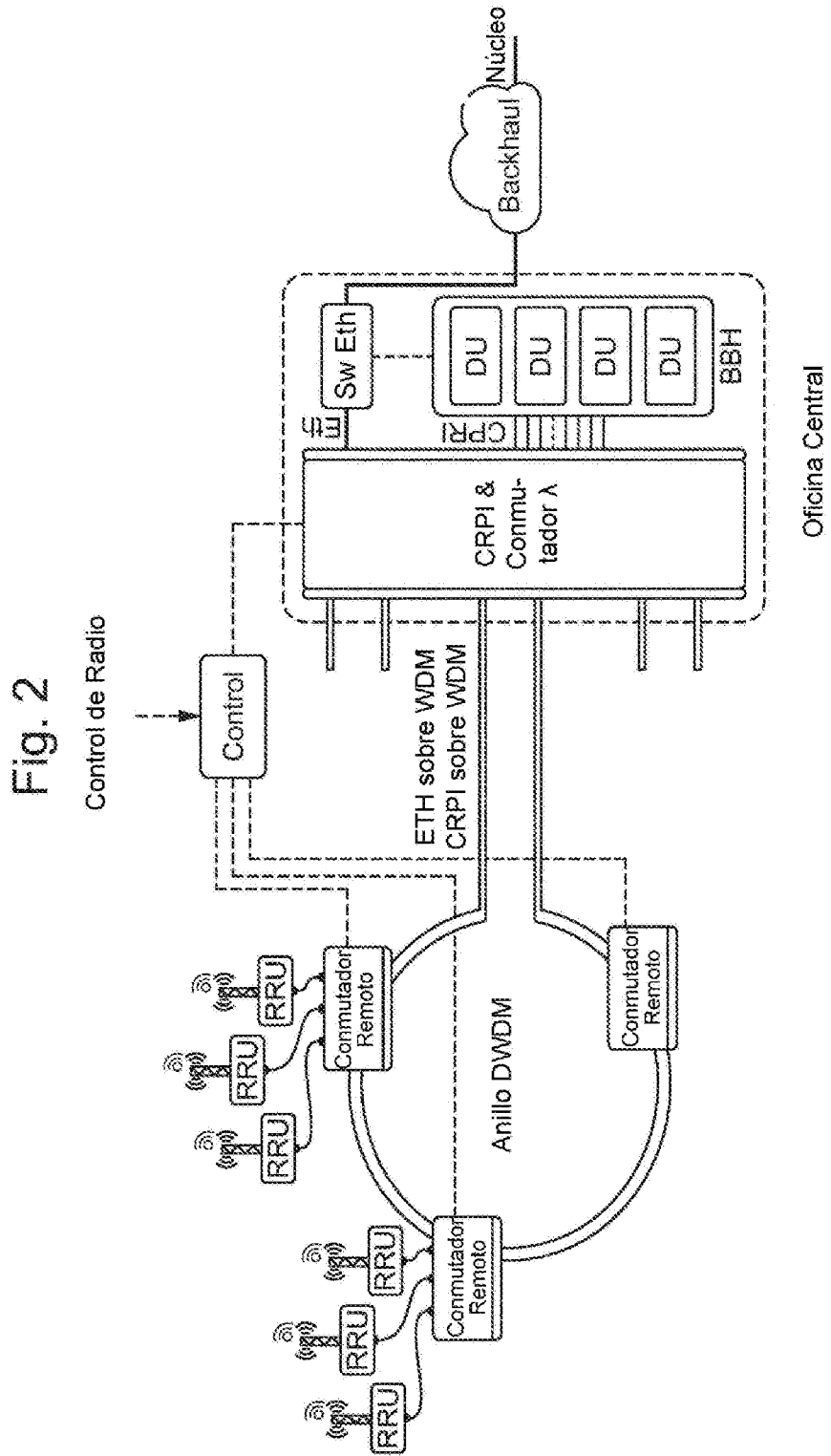
30 recibir una indicación de una asociación entre la primera marca de tiempo y el elemento de datos al que se refiere la primera marca de tiempo, en donde la indicación de asociación es un puntero que apunta a una parte de una carga útil donde se transporta el elemento de datos con marca de tiempo;

determinar una segunda marca de tiempo que representa el momento en el que se recibe el elemento de datos en el segundo nodo.

35 16. El aparato (1700) según la reivindicación 15, en donde la indicación de una asociación comprende un puntero en una parte de sobrecarga de la señal de comunicación, apuntando el puntero a una parte de la carga útil donde se transporta el elemento de datos.

17. El aparato (1700) según la reivindicación 16 operativo para recibir la indicación de una asociación antes de la primera marca de tiempo.





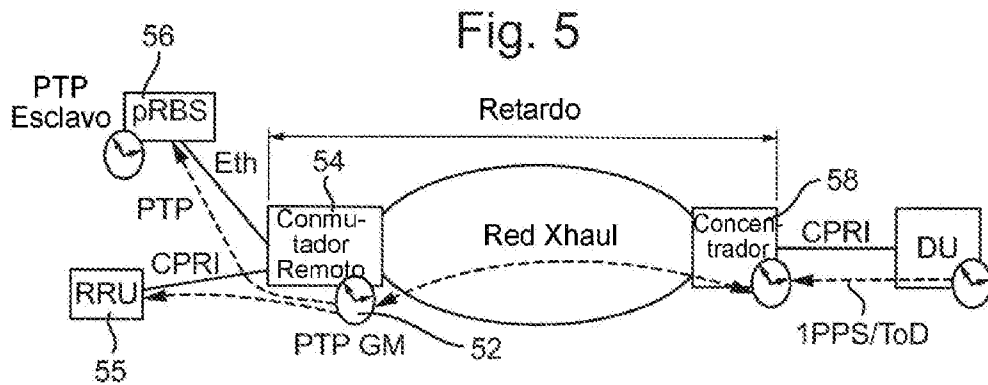
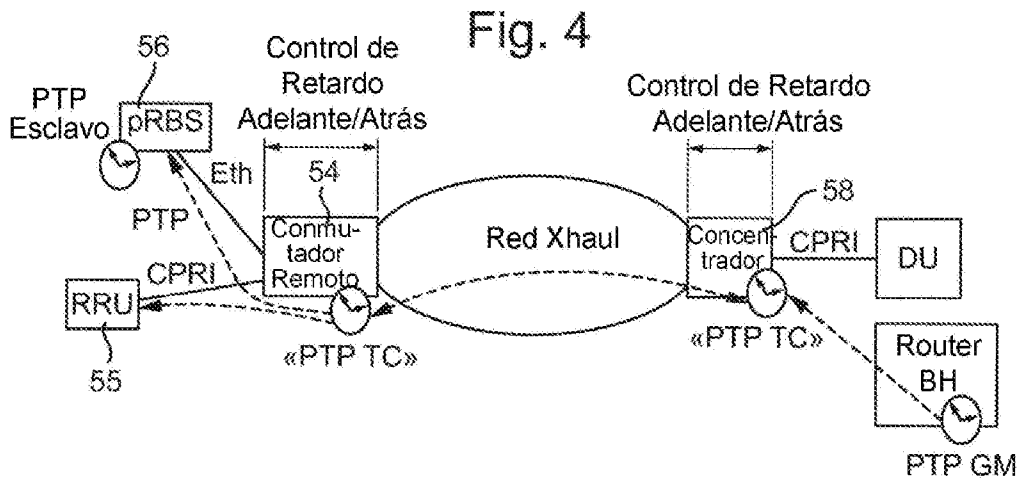
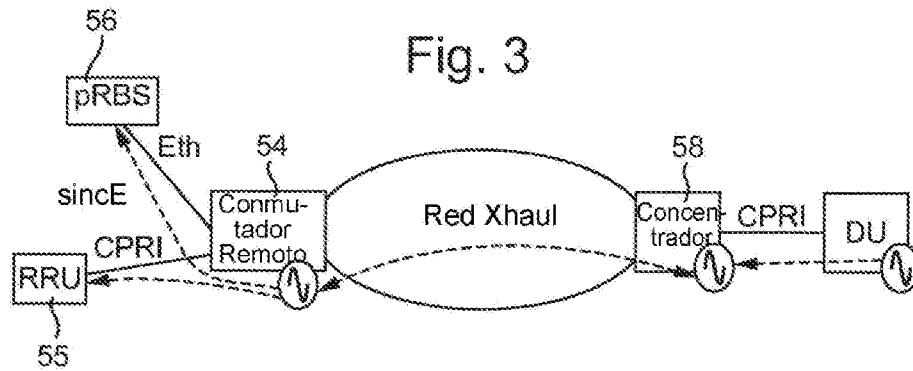


Fig. 6

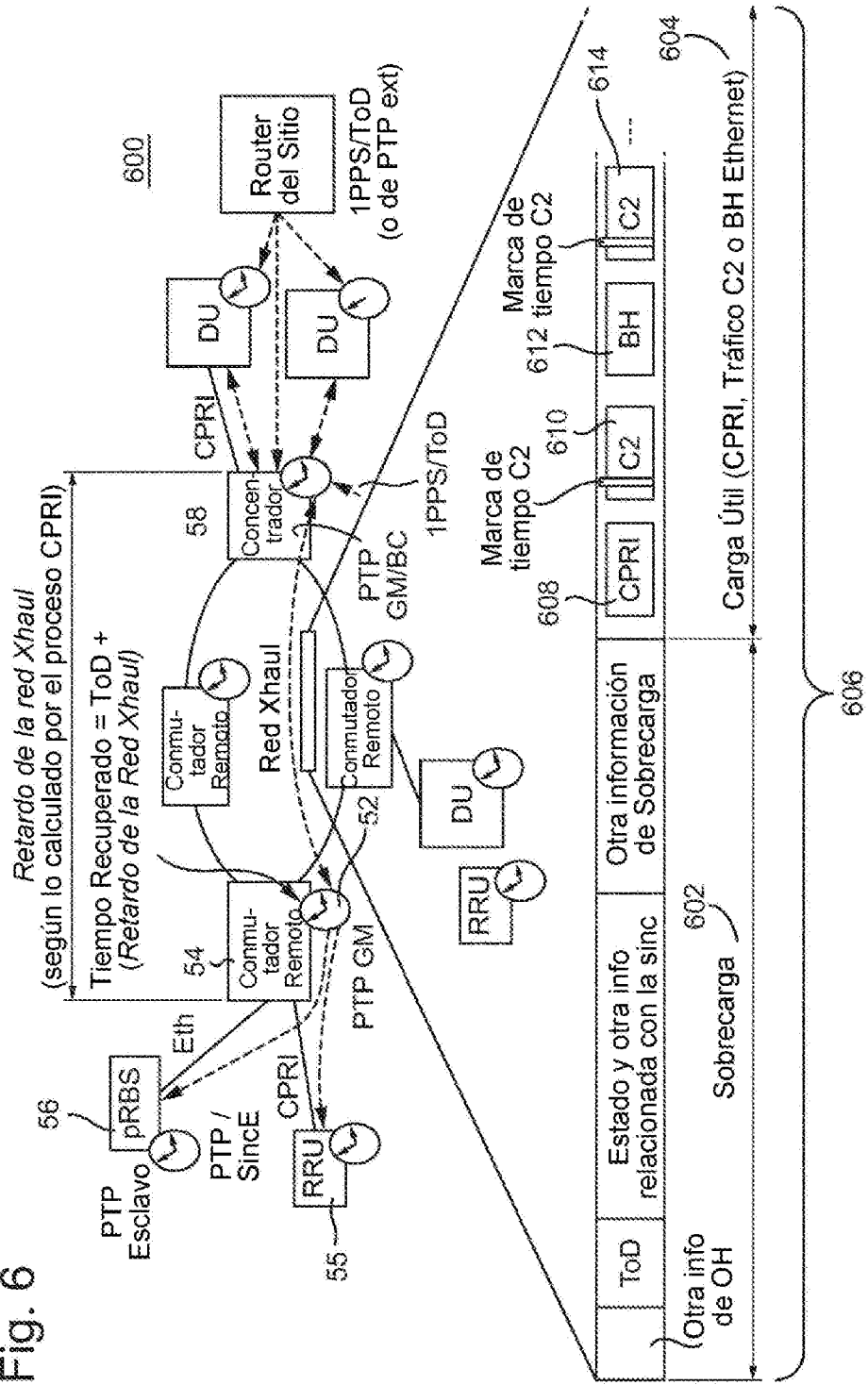




Fig. 8

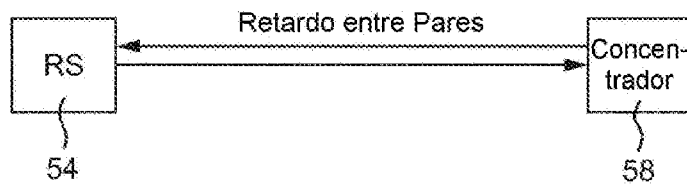


Fig. 10

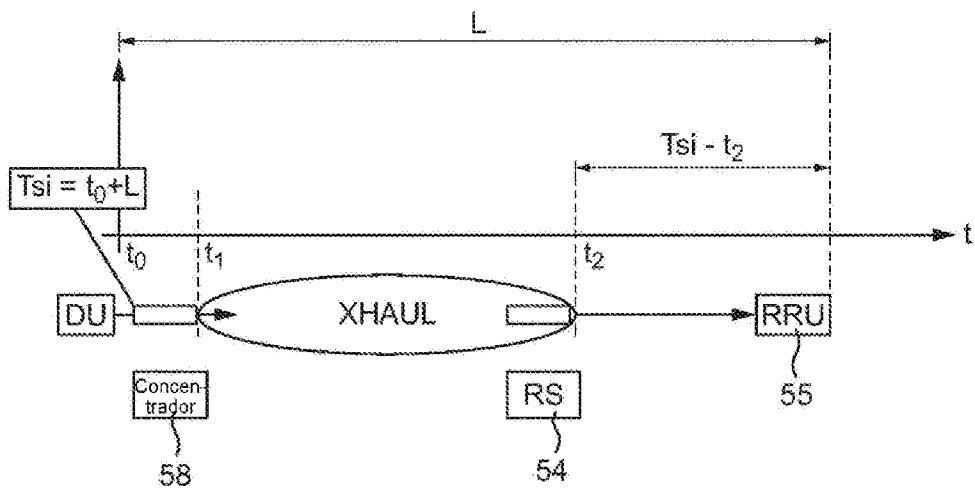


Fig. 9

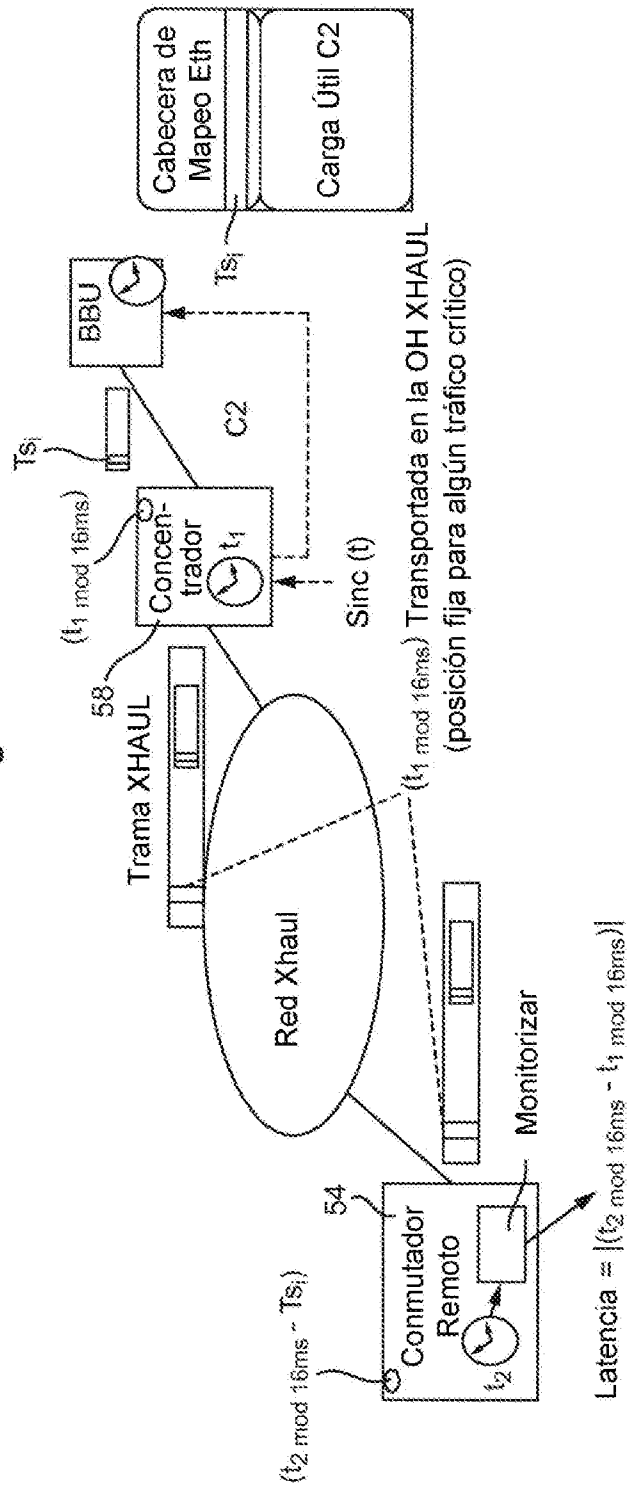


Fig. 11

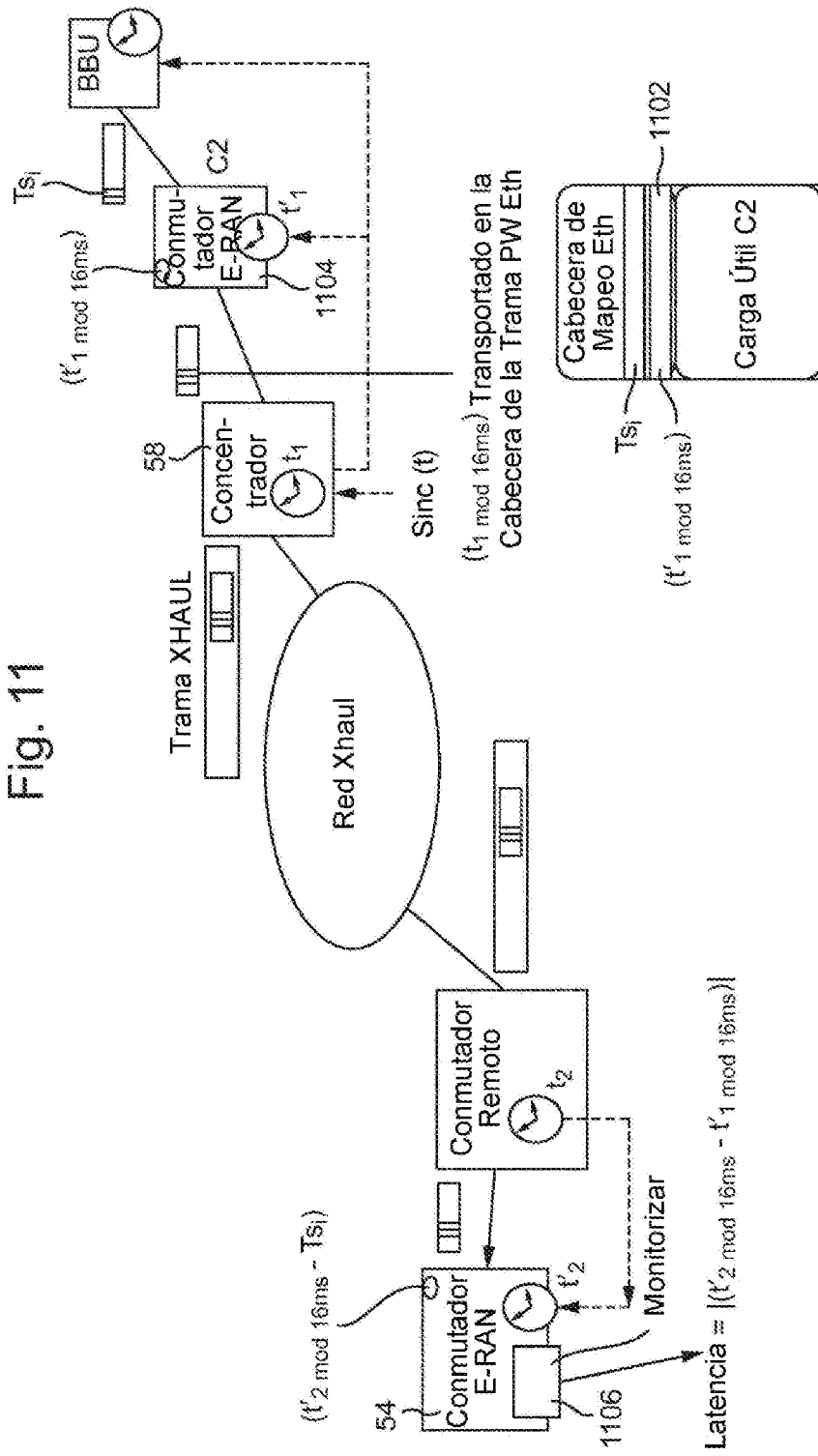


Fig. 12

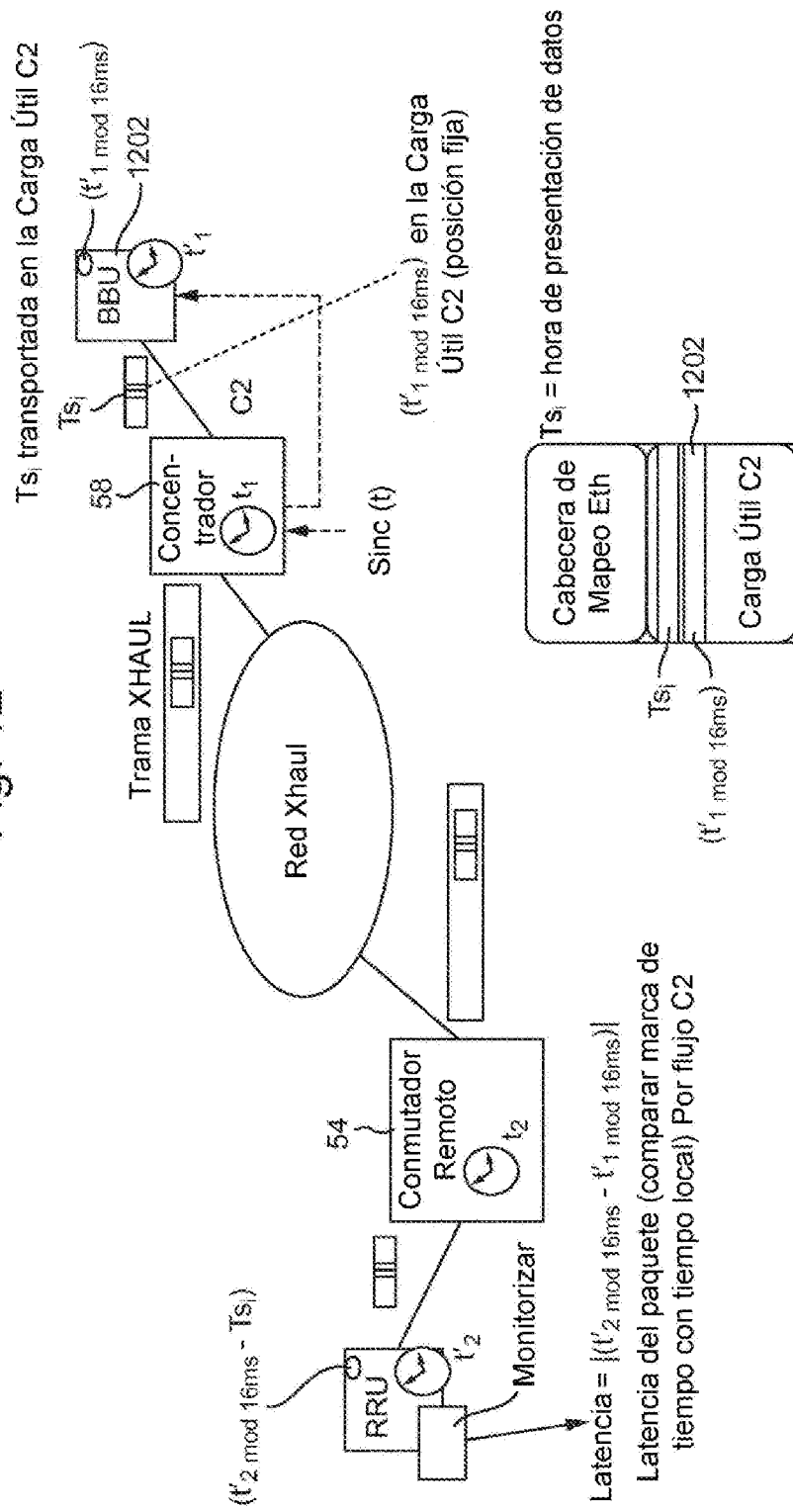


Fig. 13

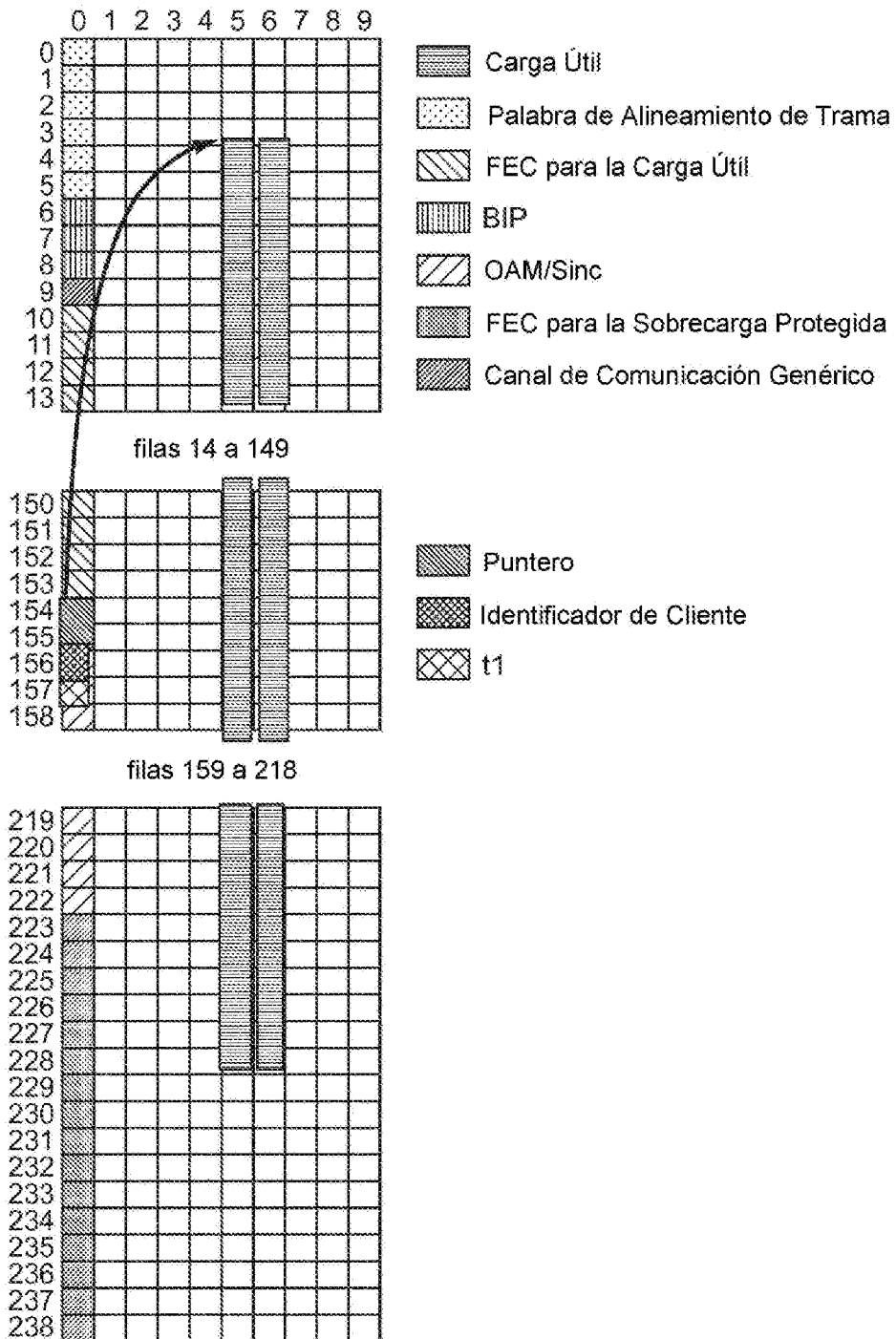


Fig. 14

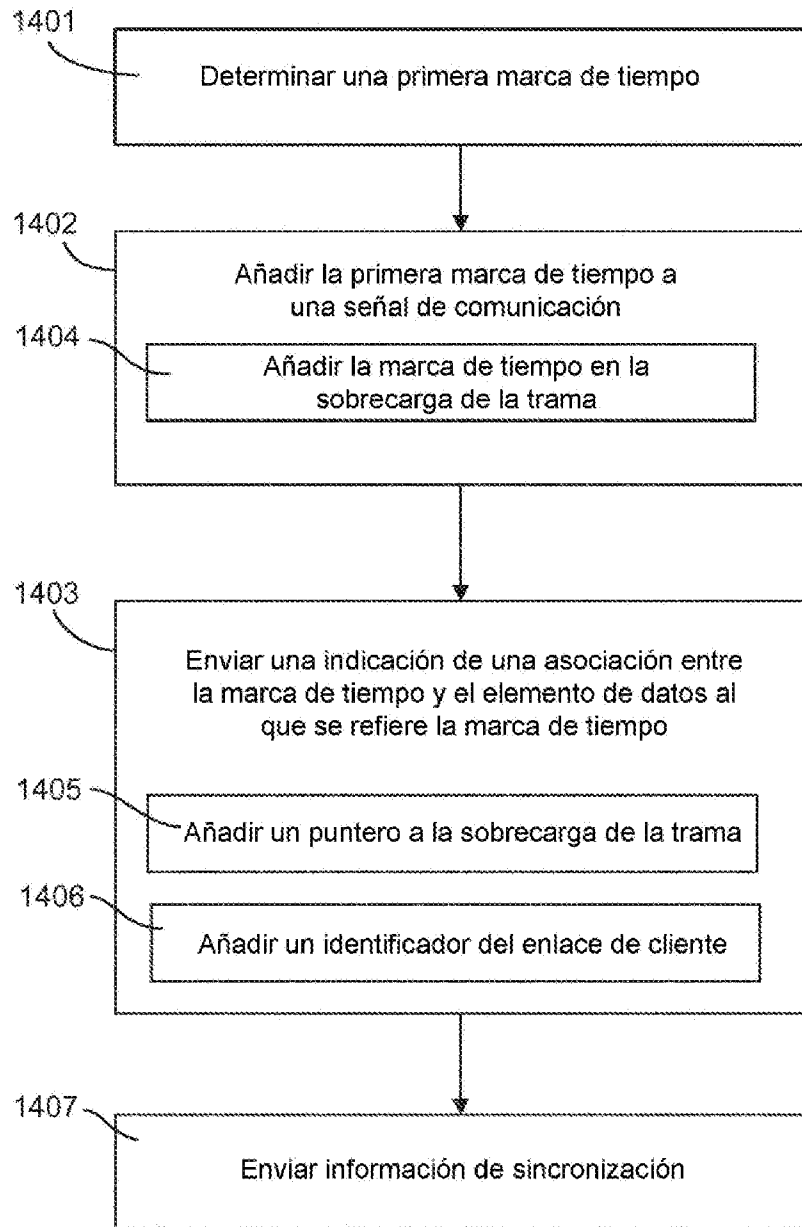


Fig. 15

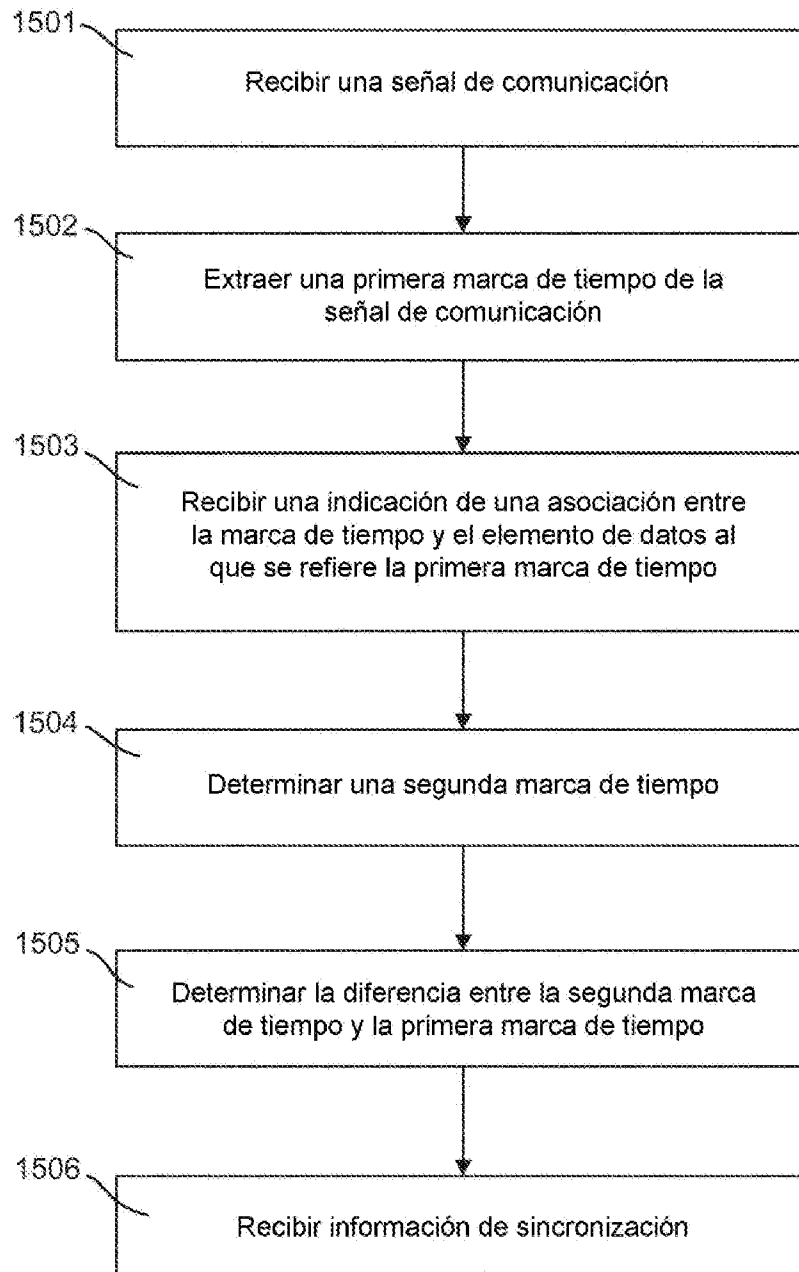


Fig. 16

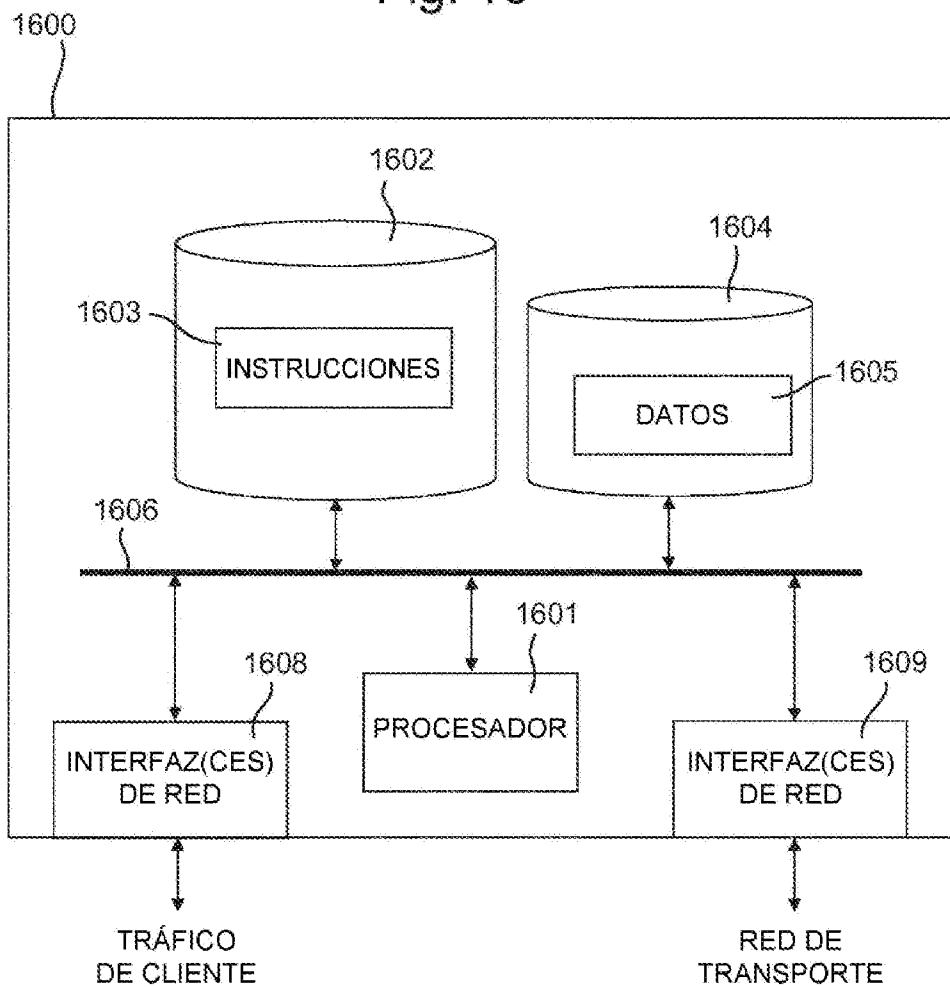


Fig. 17

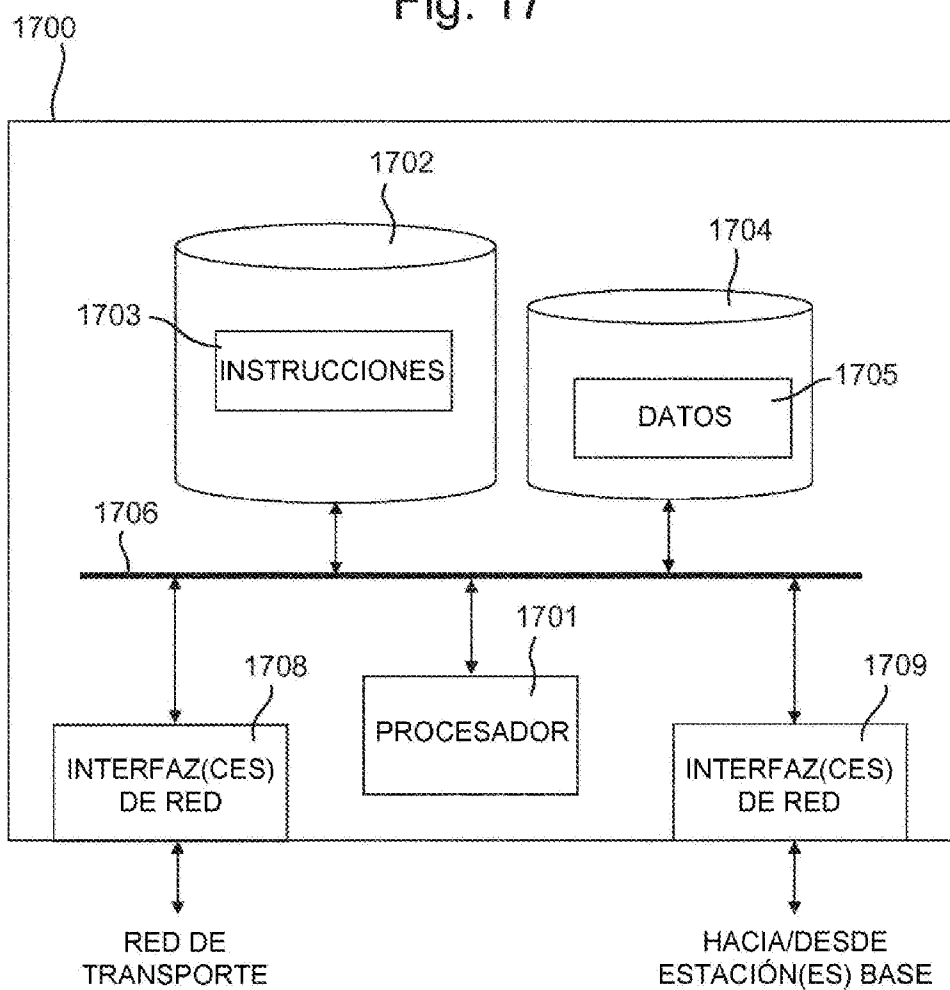


Fig. 18A

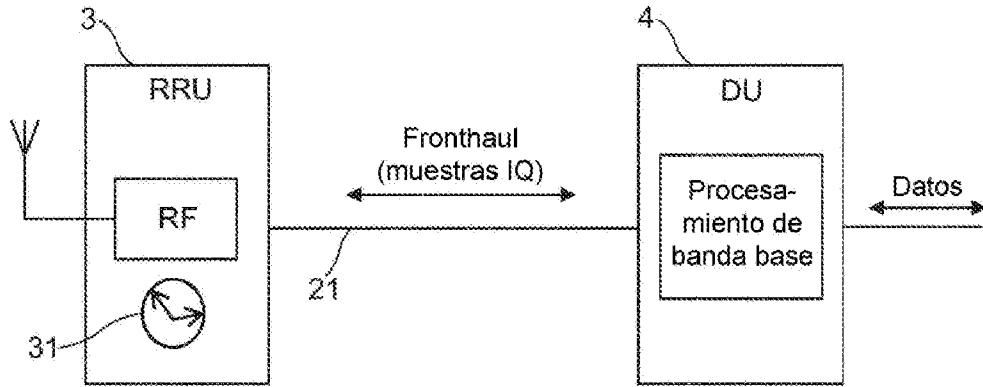


Fig. 18B

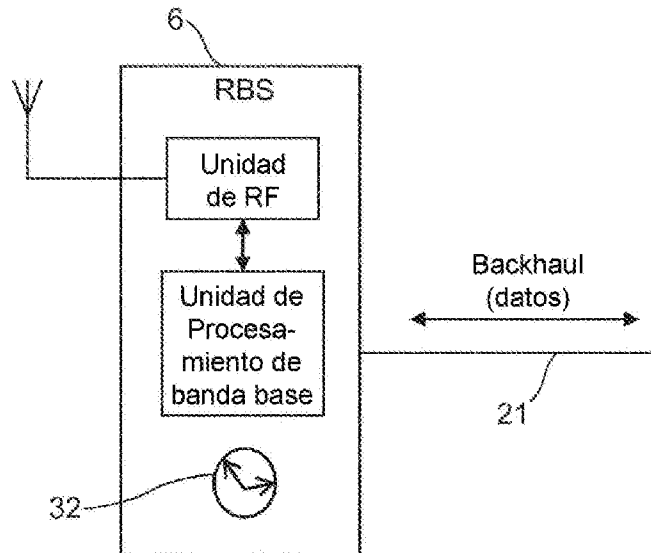


Fig. 19A

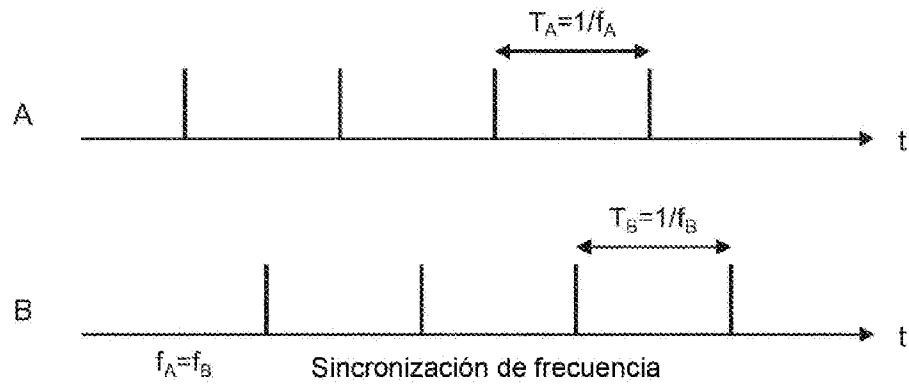


Fig. 19B

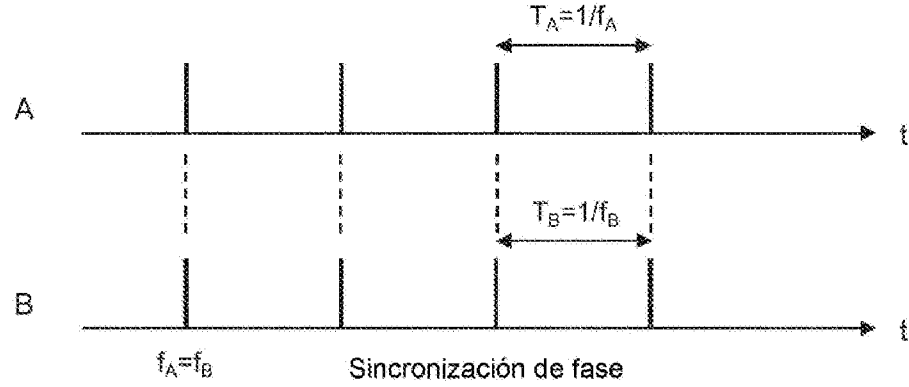


Fig. 19C

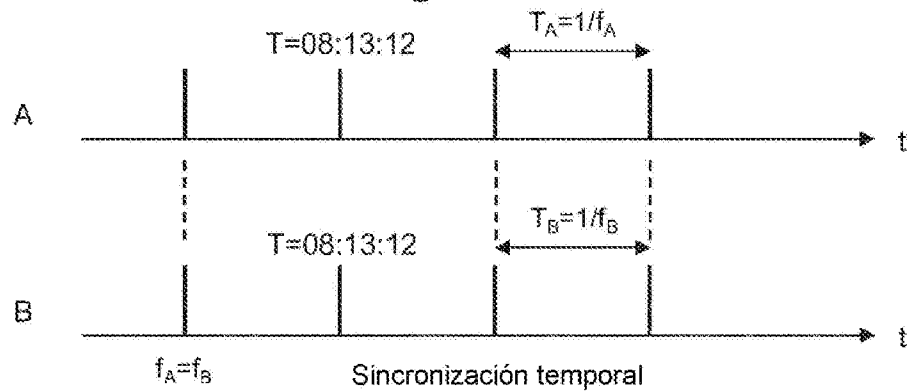


Fig. 20

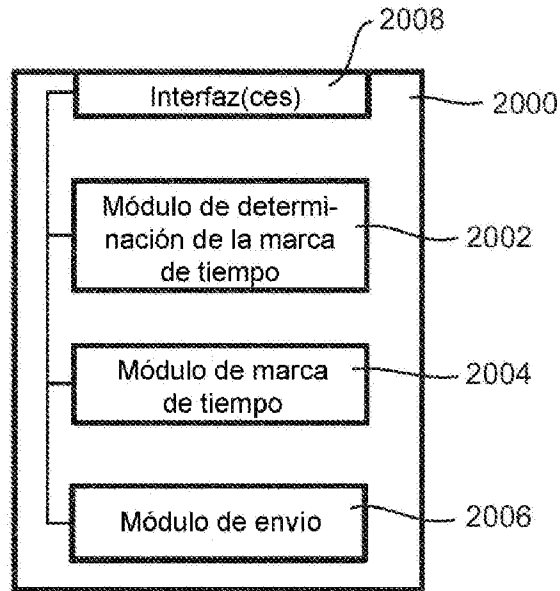


Fig. 21

