



ESPAÑA



H04B 10/25 (2013.01)

A2

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

FIG. 2

**SISTEMA PARA LA DISTRIBUCIÓN EN INTERIORES DE SEÑALES SOBRE FIBRA
ÓPTICA**

DESCRIPCIÓN

5

CAMPO TÉCNICO

10 La presente invención se refiere en general a un procedimiento y sistema para la distribución en interiores de señales y, más en particular, a un procedimiento y sistema para distribuir de manera eficaz señales Ethernet e inalámbricas usando fibra óptica de plástico.

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA ANTERIOR

15 Los operadores de telecomunicaciones ofrecen actualmente servicios soportados en señales de radio que deben distribuirse en interiores a través de las instalaciones del cliente. Un ejemplo de estas señales de radio son las señales DVB-T (difusión de vídeo digital terrestre) de difusión enviadas a las instalaciones del cliente (mediante fibras u otros medios de telecomunicación) a la red de acceso doméstica. Otros ejemplos son las interfaces de radio de banda ancha de redes móviles como UMTS, HSPA, LTE (long time evolution, evolución a largo plazo), que también pueden enviarse a las instalaciones del cliente mediante fibras a la red de acceso doméstica FTTH, o tomarse de la interfaz aérea (macrocelas de red móvil terrestre pública) en algún punto de las instalaciones del cliente.

25 Las técnicas comunes para la distribución en interiores de estas señales de radio, con el fin de hacer posible que alcancen el equipo final en el que se usarán (un aparato de televisión, ordenador o un teléfono móvil, por ejemplo) son dos básicamente; la distribución de las señales dentro de las instalaciones del cliente mediante un cable coaxial, o transmitir de manera inalámbrica las señales dentro de las instalaciones del cliente. Las soluciones por cables coaxiales tienen inconvenientes importantes puesto que requieren perforar paredes interiores y un despliegue costoso del cable, haciendo que no sean rentables para el proveedor de servicios y molestas para el cliente final. Por otro lado, las soluciones inalámbricas no requieren ningún cableado, pero en muchas ocasiones no pueden garantizar una cobertura total de las instalaciones del cliente, y son propensas a interferencias y a un espectro insuficiente.

35

Algunos ejemplos de estas soluciones son:

- Un ONT (terminal de red óptica) que recibe un múltiplex de DVB-T, modulado en una longitud de onda óptica específica, desde la red de fibra FTTH, y alimenta este múltiplex de radiofrecuencia de DVB-T a una red de cable coaxial para su distribución en interiores a algunos aparatos de televisión.
- Un ONT que recibe un múltiplex de DVB-T, modulado en una longitud de onda óptica específica, desde la red de fibra FTTH, y transmite algunos de los canales de DVB-T en la banda de ISM de 5 GHz.
- Un repetidor de radiofrecuencia, que toma una señal de radio de banda ancha de red móvil en alguna ubicación favorable de las instalaciones del cliente, como una ventana, y amplifica y vuelve a irradiar la señal en el interior, con el fin de proporcionar una cobertura de banda ancha de telefonía móvil en interiores.

Por otro lado, también hay soluciones de interiores para la distribución de datos digitales, por ejemplo redes de área local de tipo Ethernet, que no pueden soportar la distribución de ninguna señal de radio analógica en su forma nativa, es decir, señales cuyo contenido puede ser digital pero el contenido se transmite a través de una señal analógica (modulada en amplitud o fase). Este tipo de señales no puede distribuirse directamente por estas redes de área local; en primer lugar deben desmodularse, extraerse el contenido digital y a continuación transmitirse a través de la red de área local. Algunos ejemplos de estas soluciones son:

- Una red de área local soportada en cable coaxial, cable UTP (par trenzado no apantallado), o cable de fibra óptica de plástico (POF).
- Una red de área local soportada en la red eléctrica (es decir, cables de alimentación de 220 V), usando tecnología PLC (comunicaciones por cable eléctrico)
- Una red de área local soportada en una tecnología inalámbrica, como Wi-Fi IEEE 802.11

En el campo específico de la tecnología de distribución de fibra óptica en interiores, el estado de la técnica en investigación es, por ejemplo, el siguiente:

- Proyecto FP7 BONE (Building the Future Optical Network in Europe) (http://www.ict-bone.eu/portal/landing_pages/index.html) FP7-ICT-2007-1 216863, que trabaja en redes ópticas de fibras. El informe público "Report on Y2 activities and new integration strategy",

distribuido el 15/01/2010, se describen algunas actividades pertinentes para esta invención:

- En la sección 4.8 se describen algunas actividades de radio sobre fibra, para fibras monomodo y multimodo, pero no se describe radio sobre fibra para actividad de fibra óptica de plástico.
- En la sección 4.9 se describen algunas actividades sobre fibra óptica de plástico, pero sólo para comunicaciones digitales.
- Hay algunos grupos de trabajo, por ejemplo DTU Fotonik (Departamento de Ingeniería Fotónica, Universidad Técnica de Dinamarca), que han publicado algunos trabajos acerca de la transmisión de señales digitales sobre fibra. Por ejemplo, en el documento “5 GHz 200 Mbit/s Radio Over Polymer Fiber Link with Envelope Detection at 650 nm Wavelength”. Communication Conference, OFC’09, San Diego, California, EE.UU. 2009, se describe un sistema en el que una señal de 200 Mbps modula una portadora de radio de 5 GHz. Sin embargo, cuando la portadora de 5 GHz modulada, modula un RC-LED, funciona como un filtro paso bajo, rechazando la portadora de 5 GHz y transmitiendo sólo la señal de 200 Mbps.
- Otro documento del mismo grupo “Convergencia de sistemas de comunicación ópticos e inalámbricos”, Sociedad Española de Óptica, Óptica Pura y Aplicada 42 (2) 83-81 (2009), apartados 4 describe algunas opciones de radio sobre fibra sobre fibra de sílice, aunque no se tiene en cuenta la fibra óptica de plástico.

Teniendo en cuenta este análisis del estado de la técnica, se ha planteado que no hay ninguna implementación, ni comercial ni en el estado de investigación, para la distribución de señales de radio analógicas (por ejemplo, DVB-T, HSPA, LTE) sobre fibra óptica de plástico, y que no hay ninguna implementación que pueda compartir una fibra óptica de plástico entre la distribución de señales de radio analógicas y el soporte de una red de área local de tipo Ethernet que transporta datos digitales.

En la solicitud de patente P201030924, se usa una sección de fibra POF para conectar un ONT con un transmisor de DVB-T en la banda de 5 GHz, con el fin de ubicar este transmisor en el lugar más adecuado dentro de las instalaciones del cliente. La arquitectura de la solicitud de patente P201030924 se muestra en la figura 1.

En esta figura, el sistema (100) incluye una terminación de red óptica (ONT) (101) que está conectada a una red de operador de telecomunicaciones a través de una red de acceso (107). El ONT proporciona en su salida un multiplex de DVB-T (106) que se alimenta a un extensor óptico (105) que selecciona algunos de los canales de radiofrecuencia de DVB-T y los convierte en un formato óptico, y luego los transmite a través de una fibra óptica de plástico (108). Un transmisor de DVB-T de 5 GHz (109) recibe las señales de DVB-T moduladas de manera óptica desde la fibra óptica de plástico, las convierte a un formato eléctrico y las transmite de manera inalámbrica en la banda de 5 GHz a los equipos del cliente (102). Estos equipos están diseñados para proporcionar a los equipos finales (103) al menos un servicio de telecomunicaciones a través de una determinada interfaz (104).

El extensor óptico incluye un sintonizador analógico que selecciona algunos de los canales de radiofrecuencia en el multiplex de DVB-T y los convierte a una frecuencia intermedia, que modula una fuente óptica. La arquitectura e implementación detallada de la solicitud de patente P201030924 están diseñadas para soportar sólo señales de radiofrecuencia de DVB y no pueden soportar ninguna otra señal, como datos digitales de banda base (como sí puede la presente invención).

La presente invención es una solución más general, puesto que hace posible compartir la fibra POF entre una red de área local y la distribución de radio analógica, soportando tanto la distribución de señales de radio de banda ancha de radio móvil como señales de televisión terrestre digital.

Pueden encontrarse diferentes enfoques en los que señales de radiofrecuencia y Ethernet se transmiten sobre la misma red.

La patente US20040244049 describe un sistema en el que las señales de Ethernet se multiplexan con señales de radiofrecuencia pero convirtiendo estas señales de radio a un formato digital, y el medio de transmisión que se usa es cable coaxial.

La patente US20060291863A1 [10] describe otra solución pero usando un modulador de Mach-Zehnder y un diodo láser sobre fibra monomodo (SMF), en la que las limitaciones de ancho de banda no son un problema a tener en cuenta, porque la fibra monomodo puede proporcionar un ancho de banda que es varios órdenes de magnitud superior que el de la fibra óptica de plástico. Esta solución sólo puede aplicarse a una fibra monomodo y no para fibra de plástico, porque el modulador de Mach-Zehnder no funciona con fibra de plástico. Este tipo de modulador necesita una fuente de luz monocromática que no puede usarse con fibra de plástico y, por otro lado, la fibra de plástico necesita una fuente de LED que no puede usarse con el modulador de Mach-

Zehnder.

Resumiendo, los equipos y tecnología actuales padecen las siguientes limitaciones:

- El cable coaxial no puede instalarse en los conductos de las instalaciones del cliente usados para la distribución de potencia de CA, debido al riesgo de descarga eléctrica. La fibra óptica de plástico puede instalarse en los conductos de las instalaciones del cliente usados para la distribución de potencia de CA, puesto que la fibra POF no es conductora, aunque las soluciones actuales sólo soportan comunicaciones de datos.
- No existe ninguna solución de conexión en red basada en fibra óptica de plástico que pueda soportar simultáneamente datos digitales de banda base y señales de radio analógicas.
- Los sistemas de distribución en interiores inalámbricos, como Wi-Fi IEEE 802.11, están diseñados para la distribución de datos digitales, pero no pueden transportar señales de radio analógicas nativas como DVB-T o HSPA, es decir, este tipo de señales como DVB-T o HSPA deberían desmodularse y extraerse el contenido digital que va a transportarse a través del sistema de distribución en interiores inalámbrico.
- Los sistemas de distribución en interiores inalámbrico, como Wi-Fi IEEE 802.11, no pueden garantizar la cobertura inalámbrica total de las instalaciones del cliente.
- Las soluciones de cobertura inalámbricas en interiores de banda ancha móvil dependen de repetidores que toman señales de radio de banda ancha móvil y las reamplifican, pero no pueden garantizar la cobertura de banda ancha móvil total de las instalaciones del cliente.

No existen soluciones para la distribución de señales de radio analógicas dentro de las instalaciones del cliente, compatibles con el transporte simultáneo de datos digitales de banda base, que garanticen que la señal de radio pueda distribuirse hasta cada dispositivo en el que se requieren, sin desplegar cables que requieren perforar paredes, independientemente de la disponibilidad de espectro o una cobertura inalámbrica limitada.

SUMARIO DE LA INVENCION

La presente invención soluciona los problemas mencionados anteriormente proponiendo un sistema que distribuye simultáneamente mediante una red de fibra óptica de plástico (POF) los datos digitales de banda base y las señales de radiofrecuencia analógicas proporcionadas por un nodo de acceso de radio en un entorno de interiores.

La ventaja principal de esta invención es que hace posible compartir una infraestructura de fibra óptica de plástico entre una red de área local para la transmisión digital de datos, y la distribución de señales de radiofrecuencia inalámbricas, en particular señales de difusión de DVB y señales de banda ancha móvil como UMTS o LTE. De este modo, un operador de telecomunicaciones puede usar una infraestructura de fibra óptica de plástico preexistente para la distribución de sus servicios inalámbricos. Una ventaja importante de una infraestructura de fibra óptica de plástico es que puede implementarse usando los conductos de red eléctrica, algo prohibido en el caso de cables de cobre como los cables UTP de categoría 5. Ya hay suministradores de redes de área local soportadas en fibra POF, de modo que la invención puede beneficiarse de las implementaciones existentes, o mejorar el rendimiento de implementaciones de Ethernet basadas en POF nuevas gracias a la posibilidad de distribuir simultáneamente señales de difusión de televisión digital y señales de banda ancha móvil.

En un primer aspecto, la presente invención propone un sistema para la distribución simultánea en interiores de señales digitales de banda base y señales de radiofrecuencia, comprendiendo el sistema:

Al menos un módulo de transmisión-recepción de radiofrecuencia configurado para transmitir señales de radiofrecuencia a un nodo cabecera óptico y opcionalmente recibir señales de radiofrecuencia de enlace ascendente desde el nodo cabecera óptico

En el que el nodo cabecera óptico denominado nodo cabecera óptico híbrido, comprende:

- Al menos un sintonizador analógico (907, 1007) configurado para seleccionar un canal de frecuencia en la que filtrar la señal de radiofrecuencia y convertir la señal filtrada a una frecuencia intermedia
- Un módulo de transmisión-recepción digital de banda base (905, 1005) configurado para transmitir y recibir señales digitales de banda base
- Un módulo multiplexor configurado para multiplexar la señal digital de banda base y la señal de radiofrecuencia convertida a frecuencia intermedia por el sintonizador analógico y enviar la señal multiplexada para su transmisión a un transmisor/receptor óptico.

- Un transmisor/receptor óptico configurado para transmitir y recibir señales a través de un enlace de fibra óptica de plástico

Al menos un nodo conmutador/concentrador denominado conmutador/concentrador híbrido, que comprende:

- 5 • Al menos un transmisor/receptor óptico configurado para transmitir y recibir señales a través de un enlace de fibra óptica de plástico
- Al menos un módulo de transmisión-recepción de radiofrecuencia 1104, 1204 configurado para transmitir y recibir las señales de radiofrecuencia.
- 10 • Un regenerador de enlace descendente 1205 configurado para regenerar la señal de radiofrecuencia y enviarla a un módulo multiplexor de enlace descendente.
- Al menos un desmultiplexor de frecuencia de enlace descendente 1103, 1203 configurado para recibir una señal desde un receptor óptico 1102, 1202, separar la señal digital de banda base de la señal de radiofrecuencia y enviar las señales digitales de banda base al módulo de transmisión-recepción digital de banda base 1106, 1206 y las señales de radiofrecuencia al módulo de transmisión-recepción de radiofrecuencia respectivamente 1104, 1204 o el regenerador de enlace descendente 1105, 1205.
- 20 • Un módulo de transmisión-recepción digital de banda base 1006, 1206 configurado para transmitir y recibir señales digitales de banda base, y para recibir la señal digital de banda base desde el desmultiplexor de frecuencia y enviarlas a un terminal digital de banda base o al módulo multiplexor de enlace descendente.
- 25 • Un módulo de multiplexión de enlace descendente configurado para multiplexar la señal digital de banda base y las señales de radiofrecuencia regeneradas y enviarlas a un transmisor óptico 1210 para su transmisión a otro conmutador/concentrador híbrido.

comprendiendo además el sistema una red de fibra óptica de plástico multimodo que conecta el nodo principal óptico híbrido con un conmutador/concentrador híbrido y un conmutador/concentrador híbrido con el nodo principal óptico híbrido o con otro conmutador/concentrador híbrido.

Detalles adicionales de los sistemas se describen en las reivindicaciones

dependientes.

Para una comprensión más completa de la invención, sus objetos y ventajas, puede hacerse referencia a la siguiente memoria descriptiva y a los dibujos adjuntos.

5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para completar la descripción y con el fin de proporcionar una mejor comprensión de la invención, se proporciona un conjunto de dibujos. Dichos dibujos constituyen una parte integrante de la descripción e ilustran una realización preferida de la invención, que no debe interpretarse como limitativa del alcance de la invención, sino más bien como un ejemplo de cómo puede realizarse la invención. Los dibujos comprenden las siguientes figuras:

La figura 1 representa un diagrama de bloques de una invención a modo de ejemplo de la técnica anterior.

La figura 2 muestra la arquitectura básica de una realización preferida de la presente invención.

La figura 3 muestra una representación gráfica del espectro de potencia de una señal de Ethernet.

La figura 4a muestra una representación gráfica de los espectros de potencia de una señal de Ethernet, una señal de DVB-T y una señal de banda ancha de red móvil antes de su conversión a FI.

La figura 4b muestra una representación gráfica del espectro de potencia de una señal de Ethernet multiplexada con una señal de DVB-t de FI y una señal de banda ancha de red móvil de FI antes de su conversión a FI.

La figura 5 representa un diagrama de bloques del sistema cuando se multiplexa y desmultiplexa una señal de Ethernet y una señal de DVB-T en el enlace descendente.

La figura 6 representa un diagrama de bloques del sistema cuando se multiplexa y desmultiplexa una señal de Ethernet y una señal de banda ancha de red móvil en el enlace descendente.

La figura 7 representa un diagrama de bloques del sistema cuando se multiplexa y desmultiplexa una señal de Ethernet y una señal de banda ancha de red móvil en el enlace ascendente.

La figura 8a representa un diagrama de bloques del control de conmutador/concentrador híbrido y cabecera óptico híbrido en los casos de señales de DVB-T.

La figura 8b representa un diagrama de bloques del control de

conmutador/concentrador híbrido y nodo cabecera óptico híbrido en el caso de señales de banda ancha de red móvil.

La figura 9 representa un diagrama de bloques del nodo cabecera óptico híbrido en el caso de señales de DVB-T.

5 La figura 10 representa un diagrama de bloques del nodo cabecera óptico híbrido en el caso de señales de red móvil de banda ancha.

La figura 11 representa un diagrama de bloques del conmutador/concentrador híbrido en el caso de señales de DVB-T.

10 La figura 12 representa un diagrama de bloques del conmutador/concentrador híbrido en el caso de señales de banda ancha móvil.

Los números de referencia y los símbolos correspondientes en las diferentes figuras se refieren a partes correspondientes a menos que se indique lo contrario.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

15 La presente invención da a conocer un sistema para distribuir simultáneamente los datos digitales de banda base y las señales de radiofrecuencia proporcionadas por un nodo de acceso de radio, que puede ser al mismo tiempo una terminación de red óptica (ONT), en un entorno de interiores mediante una red de fibra óptica de plástico (POF).

20 En particular, un nodo cabecera óptico híbrido (201) recibe datos digitales de banda base (por ejemplo, tráfico de Ethernet) 202 hacia/desde el nodo de acceso de radio u ONT 204, un multiplex de difusión 203 (por ejemplo, DVB-T, VHF/UHF) desde el nodo de acceso de radio u ONT, y señales de radio de banda ancha móvil (206) desde/hacia un transceptor de banda ancha móvil (205), y multiplexa todas estas fuentes en una única fibra POF (207), que puede estar conectada a uno o más
25 conmutadores/concentradores híbridos (208). Los conmutadores/concentradores híbridos pueden proporcionar datos digitales de banda base a dispositivos tales como ordenadores personales (209), irradiar señales de radio de banda ancha móvil, proporcionar señales de radiofrecuencia de DVB a un aparato de televisión (210), irradiar señales de radiofrecuencia de DVB en la banda de 5 GHz (211), o comunicarse con otros
30 conmutadores/concentradores híbridos.

La invención usa una red de fibra óptica de plástico (POF) existente o de propósito específico, en las instalaciones del cliente. En el caso de tener que desplegar una red de fibra óptica de plástico nueva, puede instalarse en los mismos conductos que las líneas de alimentación de CA de 220 V. La red de fibra óptica de plástico puede soportar
35 simultáneamente datos digitales de banda base correspondientes a una red de área local

de Ethernet, y/o señales de difusión de radio analógicas como DVB-T o DVB-T2, y/o señales de banda ancha de red móvil como UMTS, GSM, HSPA o LTE.

5 Las señales de difusión se envían a las instalaciones del cliente mediante la fibra a la red de acceso doméstico, usando una longitud de onda óptica específica modulada con las señales de difusión.

Las señales de banda ancha móvil pueden tomarse de la interfaz aérea de red móvil pública terrestre en alguna ubicación favorable dentro de las instalaciones del cliente.

10 Las señales de difusión y las señales de banda ancha de red móvil se multiplexan en frecuencia con los datos de Ethernet. Las conversiones de frecuencia y el filtrado de frecuencia se implementan con el fin de multiplexar las señales de radio y los datos digitales Ethernet.

15 El múltiplex analógico nuevo, que incluye los datos de Ethernet, y/o las señales de difusión, y/o las señales de red móvil de banda ancha, modula una fuente óptica tal como un LED o un láser, y la salida modulada óptica se inserta en la fibra óptica de plástico. La realización preferida de esta invención usa fibra PMMA (de poletil metacrilato), pero no se excluye el uso de cualquier otro tipo de fibra óptica de plástico.

20 El proceso de formación de múltiplex y la modulación de fuente óptica se realiza en una ONT (terminación de red óptica), o en una caja separada (nodo cabecera óptico híbrido) que puede conectarse a la ONT.

Una vez transmitida a través de la fibra POF, la señal modulada de manera óptica se detecta en el llamado *conmutador/concentrador híbrido*. Éste puede ser un concentrador o conmutador Ethernet 100Base FX rápido modificado que puede detectar el múltiplex analógico modulado de manera óptica, y desmultiplexa las señales de radio analógicas (señales de difusión y/o señales de banda ancha de red móvil) de los datos de Ethernet.

30 Una vez desmultiplexadas las señales de radio analógicas de difusión, el conmutador/concentrador híbrido puede alimentarlas a un aparato de televisión, y/o transmitir las de manera inalámbrica en la banda de ISM de 5 GHz (211) y/o puede regenerarlas con el fin de transmitir las por una nueva sección de la planta de fibra óptica de plástico. Además, una vez desmultiplexadas las señales de radio analógicas de banda ancha móvil, el conmutador/concentrador híbrido puede transmitir las de manera inalámbrica en sus bandas de frecuencia originales, o puede regenerarlas con el fin de transmitir las por una nueva sección de la planta de fibra óptica de plástico.

35 Respecto al tráfico de Ethernet, una vez desmultiplexado de las señales de radio

analógicas puede tratarse como en cualquier conmutador o concentrador de Ethernet estándar.

Los puertos de salida del conmutador/concentrador híbrido pueden dar un multiplex analógico nuevo y regenerado, como resultado de multiplexar el tráfico de salida de Ethernet del conmutador o concentrador de Ethernet con las señales de radio analógicas regeneradas.

Multiplexación y desmultiplexación de señales de enlace descendente

El proceso general de multiplexar y desmultiplexar la señal digital de banda base (por ejemplo, señal de Ethernet) y la señal de difusión (por ejemplo, señales de DVB-T) y/o las señales de banda ancha de red móvil en el enlace descendente se muestra en las figuras 5 y 6.

El nodo cabecera óptico híbrido 512 recibe un multiplex de señales de DVB-T VHF/UHF y/o un multiplex de señales de banda ancha móvil de enlace descendente (como HSPA o LTE).

La señal de Ethernet se recibe en un módulo Ethernet PHY 514, que incluye la funcionalidad dependiente del medio físico (PMD) de Ethernet, que puede ser un PMD de par trenzado (TP-PMD) o un PMD de fibra. La salida de Ethernet PHY es una señal de NRZI.

En una realización de esta invención, la señal de salida de la unidad Ethernet PHY es una señal de NRZI con una tasa de bits de 125 Mbps, cuya distribución de espectro de potencia (sinc^2Tbf) se representa en la figura 3, en la que $1 / \text{Tb} = 125 \text{ MHz}$, donde $\text{Tbf} = \text{Frecuencia (en hertzios)} / \text{tasa de bits}$. Esta señal de salida se hace pasar a través de un filtro paso bajo con el fin de reducir la componente espectral de frecuencia superior. El filtro paso bajo no degrada la calidad de la señal de NRZI, medida como relación señal a ruido, si su frecuencia de corte está entre $0,75 * 1/\text{Tb}$ y $1/\text{Tb}$, porque un 94% de la potencia de señal está entre 0 y $0,75 * 1/\text{Tb}$, pero sólo un 75% de la potencia de ruido está dentro de esa banda de frecuencias.

El multiplex de banda ancha (por ejemplo, un multiplex de DVB-T de VHF/UHF) 501, y/o un multiplex de banda ancha móvil de enlace descendente (como HSPA o LTE) 601 se recibe en un módulo de sintonizador analógico 502, 602. El módulo de sintonizador analógico selecciona un canal de frecuencia (por ejemplo, una portadora de radio de DVB-T de VHF/UHF o una portadora de radio de banda ancha móvil), elimina por filtrado los restantes y lo convierte a una frecuencia intermedia. Puede haber más de un módulo de sintonizador analógico si debe seleccionarse simultáneamente más de un

canal de frecuencia.

La figura 4a muestra la señal de Ethernet 401 y las señales de radiofrecuencia (señales DVB-T 402 and señales de banda ancha de telefonía móvil) antes de cualquier conversión de frecuencia. En esta realización de la invención, la señal de NRZI a la que se ha aplicado un filtro paso bajo se añade a la salida de frecuencia intermedia del sintonizador de DVB-T, creando un múltiplex de frecuencia analógico tal como se muestra en la figura 4b.

El múltiplex de frecuencia analógico se transmite en enlace descendente mediante la fibra óptica de plástico y se recibe en el desmultiplexor 503 del conmutador/concentrador híbrido 513. En una realización de esta invención, el desmultiplexor comprende un divisor bidireccional, un filtro paso alto 504 para extraer las señales de frecuencia intermedia de banda ancha móvil o DVB-T, y un filtro paso bajo 505 para extraer la señal de Ethernet de NRZI 511.

La señal de salida a la que se ha aplicado un filtro paso alto, que incluye todas las señales de banda ancha móvil y/o DVB-T a frecuencia intermedia, se alimenta al módulo de salida de DVB-T 506 o al módulo de salida de MB 606. En el caso de que la señal de salida a la que se ha aplicado un filtro paso alto se alimente al módulo de salida de DVB-T, este módulo puede incluir dos funcionalidades.

- Un sintonizador analógico y descodificador DVB-T 507. Un sintonizador analógico es un filtro paso banda sintonizable, que puede sintonizarse para seleccionar un canal de DVB-T a frecuencia intermedia. La salida del sintonizador es una señal a la que se ha aplicado un filtro paso banda, que puede ser una señal a la misma frecuencia intermedia o convertirse en una señal de frecuencia intermedia nueva, o de banda base. El descodificador de DVB-T recibe la señal filtrada desde el sintonizador y descodifica los flujos de transporte MPEG contenidos en la señal de DVB-T. La salida del sintonizador analógico y la unidad de descodificador de DVB-T se alimenta a un aparato de televisión 509, mediante una interfaz estándar SCART o HDMI.
- Un transmisor de DVB-T de 5 GHz 508, tal como se describe en la solicitud de patente P200930549, para la difusión en interiores de la señal de DVB-T en la banda de ISM de 5 GHz.

Hay diferentes opciones para la selección de la frecuencia o frecuencias intermedia/s de enlace descendente de banda ancha móvil o DVB-T.

- Frecuencia intermedia centrada en $1/T_b$ (125 MHz en la realización de la invención). Esta es la realización preferida de esta invención, puesto

que minimiza el ancho de banda total del multiplex analógico, haciendo posible usar transmisores y receptores ópticos de muy bajo coste para fibra óptica de plástico. En este caso, la frecuencia intermedia de red móvil de banda ancha o DVB-T se centra en el primer cero espectral de potencia de NRZI, minimizando así la interferencia de la señal de NRZI de Ethernet sobre la señal de banda ancha móvil o DVB-T. Con fines ilustrativos, pero sin excluir cualquier otra implementación, se describe un ejemplo cuantitativo.

Si la potencia integrada total de la señal de Ethernet de NRZI se asigna arbitrariamente como 1, el contenido de potencia en la región espectral entre $0,9 * 1/T_b$ y $1,1 * 1/T_b$ (en esta realización de la invención, 25 MHz) es de 0,002. Si se hace pasar la señal de Ethernet de NRZI a través de un filtro paso bajo de bajo coste 510, 610 (por ejemplo, banda de paso de 0-98 MHz (pérdida < 1 dB), frecuencia de corte de 3 dB de 108 MHz) que permite pasar más del 75% de la potencia de la señal de NRZI, la banda de frecuencia alrededor de los 125 MHz se atenúa 10 dB. Como resultado del filtrado de paso bajo, el contenido de potencia en la región espectral entre $0,9 * 1/T_b$ y $1,1 * 1/T_b$ (en esta realización de la invención, 25 MHz) es de 0,0002. Con el fin de evitar una degradación de la señal de banda ancha móvil o DVB-T, esta invención especifica una relación de señal a ruido de la señal multiplexada de 30 dB (por ejemplo, DVB-T requiere una relación de señal a ruido de 27,9 dB en el caso más desfavorable [9]), y por tanto, la potencia de la señal de banda ancha móvil o DVB-T de frecuencia intermedia es 0,2 (con respecto a la potencia asignada a la señal de Ethernet de NRZI, 1). En el caso de la señal de Ethernet de NRZI, su relación señal a ruido en el nodo cabecera óptico híbrido, una vez multiplexada con la señal de banda ancha móvil o DVB-T de frecuencia intermedia centrada en 125 MHz, es de 7 dB

En el conmutador/concentrador híbrido, el multiplex de frecuencia analógico se desmultiplexa mediante un desmultiplexor. El desmultiplexor incluye un filtro paso bajo para extraer la señal de Ethernet de NRZI y para rechazar las señales de banda ancha móvil o DVB-T de frecuencia intermedia no deseadas. Si se usa el mismo tipo de filtro paso bajo de bajo coste, la banda de frecuencia entre $0,9 * 1/T_b$ y $1,1 * 1/T_b$ (en esta realización de la invención, 25 MHz) se atenúa 10 dB, y por tanto, la relación señal a ruido de la señal de Ethernet de NRZI será de 17 dB, suficiente para alcanzar una operación $BER < 10^{-9}$.

- Frecuencia intermedia de DVB-T centrada entre $1/T_b$ (125 MHz en la realización de la invención) y $2/T_b$ (250 MHz en la realización de la

invención). En este caso, la frecuencia intermedia de banda ancha móvil o DVB-T se centra entre los ceros espectrales de potencia de NRZI primero y segundo. En esta área, la interferencia de la señal de NRZI de Ethernet sobre la señal de banda ancha móvil o DVB-T es superior que la del primer cero, aunque la interferencia puede eliminarse de manera más sencilla mediante un filtro paso bajo. Con fines ilustrativos, pero sin excluir cualquier otra implementación, se describe un ejemplo cuantitativo.

Si la potencia integrada total de la señal de Ethernet de NRZI se asigna arbitrariamente como 1, el contenido de potencia en la región espectral entre $1,4 * 1/T_b$ y $1,6 * 1/T_b$ (en esta realización de la invención, 25 MHz) es de 0,018. Si se hace pasar la señal de Ethernet de NRZI a través de un filtro paso bajo de bajo coste (por ejemplo, banda de paso de 0-98 MHz (pérdida < 1 dB), frecuencia de corte de 3 dB de 108 MHz) que permite pasar más del 75% de la potencia de la señal de NRZI, la banda de frecuencia alrededor de los 187,5 MHz se atenúa 40 dB. Como resultado del filtrado de paso bajo, el contenido de potencia en la región espectral entre $1,4 * 1/T_b$ y $1,6 * 1/T_b$ (en esta realización de la invención, 25 MHz) es de $1,8 * 10^{-6}$. Si la potencia de la señal de banda ancha móvil o DVB-T de frecuencia intermedia es de 0,2 (con respecto a la potencia asignada a la señal de Ethernet de NRZI, 1), entonces su relación de señal a ruido es de 50 dB (sin tener en cuenta el ruido térmico). En el caso de la señal de Ethernet de NRZI, su relación señal a ruido en el nodo cabecera óptico híbrido, una vez multiplexada con la señal de banda ancha móvil o DVB-T de frecuencia intermedia centrada en 125 MHz, es de 7 dB.

En el conmutador/concentrador híbrido, el múltiplex de frecuencia analógico se desmultiplexa mediante un desmultiplexor. El desmultiplexor incluye un filtro paso bajo para extraer la señal de Ethernet de NRZI y para rechazar las señales de banda ancha móvil o DVB-T de frecuencia intermedia no deseadas. Si se usa el mismo tipo de filtro paso bajo de bajo coste, la banda de frecuencia entre $1,4 * 1/T_b$ y $1,6 * 1/T_b$ (en esta realización de la invención, 25 MHz) se atenúa 40 dB, y por tanto, la relación señal a ruido de la señal de Ethernet de NRZI será de 47 dB, suficiente para alcanzar una operación $BER < 10^{-9}$.

- Frecuencia intermedia de DVB-T centrada en $2/T_b$ (250 MHz en la realización de la invención). En este caso, la frecuencia intermedia de banda ancha móvil o DVB-T se centra en el segundo cero espectral de potencia de NRZI. En esta área, la interferencia de la señal de NRZI

de Ethernet sobre la señal de banda ancha móvil o DVB-T es inferior que la del primer cero, y la interferencia puede eliminarse de manera más sencilla mediante un filtro paso bajo, y como resultado pueden alcanzarse mejores relaciones de señal a ruido que en los últimos ejemplos.

El caso particular de multiplexar y desmultiplexar la señal de Ethernet 608 y las señales de banda ancha móvil en el enlace descendente se muestra en la figura 6, ya que una señal de referencia de oscilador adicional debe transmitirse a través de la fibra óptica de plástico de enlace descendente. Esta señal de referencia de oscilador (612) se usa para sintetizar señales de oscilador local 613 tanto en el nodo cabecera óptico híbrido 616 como en el conmutador/concentrador híbrido 615 que están referenciados al mismo oscilador común. Esto se realiza con el fin de garantizar que la frecuencia de la señal de banda ancha móvil que se transmite en el transmisor de banda ancha móvil en el conmutador/concentrador híbrido es la misma que la frecuencia de la señal de banda ancha móvil en el múltiplex de entrada de banda ancha móvil del nodo cabecera óptico híbrido, puesto que las interfaces de radio de banda ancha móvil habituales requieren una precisión de frecuencia mejor que 10^{-8} para las aplicaciones que son equivalentes a un repetidor de radio.

En esta realización de la invención, el oscilador común es la referencia de oscilador maestro 614, que se ubica en el nodo cabecera óptico híbrido. La referencia de oscilador maestro sintetiza cualquier oscilador local que pudiera ser necesario en el sintonizador analógico 602 para la selección de una señal de banda ancha móvil a partir del múltiplex de entrada y su conversión a una frecuencia intermedia. La referencia de oscilador maestro sintetiza también una señal de referencia de oscilador que se multiplexa con la señal de Ethernet a la que se ha aplicado un filtro paso bajo y la señal o señales de banda ancha móvil de frecuencia intermedia. En otra realización de esta invención, la referencia de oscilador maestro puede integrarse en el sintonizador analógico.

El múltiplex de frecuencia analógico se transmite en enlace descendente mediante la fibra óptica de plástico y se recibe en el desmultiplexor 603 del conmutador/concentrador híbrido. En una realización de esta invención, el desmultiplexor comprende un divisor bidireccional, un filtro paso alto 604 para extraer las señales de frecuencia intermedia de banda ancha móvil y la señal de referencia de oscilador, y un filtro paso bajo 605 para extraer la señal de Ethernet de NRZI 611.

La señal de salida a la que se ha aplicado un filtro paso alto, que incluye todas las

señales de banda ancha de red móvil a frecuencia intermedia y la señal de referencia de oscilador, se alimenta al módulo de salida de MB 606.

La señal de salida a la que se ha aplicado un filtro paso alto también se alimenta al módulo de referencia de oscilador 614. En una realización de esta invención, el módulo de referencia de oscilador se implementa mediante un lazo bloqueado en fase (PLL) de banda estrecha, que sintetiza una o más señales de oscilador local 616 bloqueadas respecto a la señal de referencia de oscilador 609.

El módulo de salida de banda ancha de red móvil 606 incluye dos funcionalidades:

- Un transmisor de señales de banda ancha de red móvil 607. Este transmisor toma una señal de banda ancha de red móvil a frecuencia intermedia, y la convierte a su banda de frecuencia original. La conversión de frecuencia usa un mezclador de frecuencias y la señal de oscilador local que se sintetiza en el módulo de referencia de oscilador. Una vez convertida a su frecuencia original, el transmisor amplifica la señal y la transmite a través de una antena.
- Un receptor de señales de banda ancha de red móvil. Este receptor detecta las señales de banda ancha de redes móviles de enlace ascendente a partir de una antena, y las convierte a una frecuencia intermedia. La conversión de frecuencia usa un mezclador de frecuencias y la señal de oscilador local que se sintetiza en el módulo de referencia de oscilador. Una vez convertida a la frecuencia intermedia, el transmisor de banda ancha móvil amplifica la señal y la alimenta a la sección de multiplexación de enlace ascendente del conmutador/concentrador híbrido.

Multiplexación y demultiplexación de señales en el enlace ascendente

Esta sección se aplica sólo al caso de señales de banda ancha móvil, como HSPA o LTE, que son de naturaleza bidireccional. No se requiere un proceso de multiplexación y desmultiplexación para difundir señales como DVB-T, que son unidireccionales.

El proceso de multiplexación y desmultiplexación de la señal de Ethernet y las señales de banda ancha móvil en el enlace ascendente se muestra en la figura 7. El conmutador/concentrador híbrido 702 recibe una señal de banda ancha de red móvil de enlace ascendente en la sección del receptor de señales banda ancha de red móvil 703 del módulo de banda ancha de red móvil 704 (algunos ejemplos de señales de banda ancha móvil son HSPA o LTE). La señal de banda ancha móvil de enlace ascendente se convierte a una frecuencia intermedia (frecuencia intermedia MB), mediante el mezclador

de frecuencias y la señal de oscilador local producida por la unidad de referencia de oscilador 705. Esta unidad se alimenta de una señal de referencia del oscilador obtenida del demultiplexador de frecuencia 715, filtrando paso de alta 716 la señal previamente recibida a través de la fibra óptica. La salida es una señal de frecuencia intermedia de banda ancha de red móvil, que se multiplexa con una señal de banda base digital de enlace ascendente a la que se aplica un filtro paso bajo 706 como una señal de NRZI (de no retorno a cero invertido) de Ethernet 707. La señal de NRZI de Ethernet de enlace ascendente se recibe desde una sección de PMA (conexión al medio físico) (708) de la unidad de conmutador/concentrador (709) dentro del conmutador/concentrador híbrido.

En una realización de esta invención, la señal de salida de la sección Ethernet PHY (capa física) es una señal de NRZI con una tasa de bits de, por ejemplo, 125 Mbps, cuya distribución de espectro de potencia se representa en la figura 2, en la que $1 / T_b = 125 \text{ MHz}$. Esta señal de salida se hace pasar a través de un filtro paso bajo con el fin de reducir la componente espectral de frecuencia superior.

En esta realización de la invención, la señal de NRZI a la que se ha aplicado un filtro paso bajo se añade a la salida de frecuencia intermedia del sintonizador de DVB-T, creando un multiplex de frecuencia analógico de enlace ascendente.

El multiplex de frecuencia analógico de enlace ascendente se transmite en enlace ascendente mediante la fibra óptica de plástico y se recibe en el desmultiplexor 712 del cabezera óptico híbrido (701). En una realización de esta invención, el desmultiplexador comprende un divisor bidireccional, un filtro paso alto 710 para extraer las señales de frecuencia intermedia de banda ancha móvil, y un filtro paso bajo 711 para extraer la señal de Ethernet de NRZI que se da al módulo Ethernet PHY 717.

La señal de salida a la que se ha aplicado un filtro paso alto, que incluye la señal de banda ancha móvil a frecuencia intermedia, se alimenta a una unidad de conversión de frecuencia 713. La unidad de conversión de frecuencia se implementa mediante un mezclador de frecuencias, que mezcla la frecuencia intermedia de banda ancha de red móvil de enlace ascendente con la señal de oscilador local de la unidad de oscilador maestro (714). La salida de la unidad de conversión de frecuencia es una señal de banda ancha de red móvil a la misma frecuencia que la señal de banda ancha de red móvil de enlace ascendente original detectada por el conmutador concentrador híbrido desde el terminal de usuario.

Hay diferentes opciones para la selección de la frecuencia o frecuencias intermedia/s de enlace ascendente de banda ancha móvil:

- Frecuencia intermedia centrada en $1/T_b$ (125 MHz en la realización de

la invención).

- Frecuencia intermedia centrada entre 1/Tb (125 MHz en la realización de la invención) y 2/Tb (250 MHz en la realización de la invención).
- Frecuencia intermedia centrada en 2/Tb (250 MHz en la realización de la invención)

5

En ambos casos, enlace ascendente y enlace descendente, el control del nodo cabecera óptico híbrido 801 y de los conmutadores/concentradores híbridos 802 (que se comunican a través de la fibra óptica de plástico de enlace ascendente 809 y enlace descendente 810) se realiza por el usuario mediante una unidad de control remoto 805. La unidad de control remoto se comunica con los módulos de control de radio 804 que están incluidos en el nodo cabecera óptico híbrido y en los conmutadores/concentradores híbridos.

10

Esta comunicación se realiza por medio de una interfaz de radio. Esta invención no excluye el uso de ninguna interfaz de radio ni de ninguna banda de radiofrecuencia. En una realización de esta invención, esta interfaz de radio es una interfaz de perfil de control remoto Zigbee basada en la norma IEEE 802.15.4, que funciona en la banda de frecuencias de ISM de 2,4 GHz o en la banda de frecuencias de ISM de 868 MHz.

15

En el nodo cabecera óptico híbrido el módulo de control de radio controla el sintonizador analógico 803, programando el canal de radio de DVB-T específico o el canal de radio de banda ancha de red móvil específico que se selecciona y convierte a una frecuencia intermedia. En el nodo cabecera óptico híbrido, en el caso de que se transporte una señal de banda ancha móvil, el módulo de control de radio también podría controlar el desmultiplexor de frecuencia de enlace ascendente 806, programando el canal de radio de banda ancha móvil específico al que debe convertirse la frecuencia intermedia de banda ancha móvil de enlace ascendente.

20

25

En el conmutador/concentrador híbrido, el módulo de control de radio controla el módulo de salida de DVB-T 807, programando la frecuencia de salida de DVB-T de VHF/UHF específica o la frecuencia de salida de DVB-T de 5 GHz (tal como se describe en la solicitud de patente P200930549), o el contenido específico dentro de la señal de DVB-T que va a alimentarse al aparato de televisión a través de la interfaz SCART o HDMI. En el conmutador/concentrador híbrido, el módulo de control de radio controla también el módulo de banda ancha móvil 808, programando el canal de radio de banda ancha de red móvil específico al que debe convertirse la frecuencia intermedia de banda ancha móvil de enlace descendente, y programando la frecuencia intermedia de banda ancha móvil de enlace ascendente específica a la que debe convertirse el canal de radio

30

35

de banda ancha de red móvil de enlace ascendente.

La realización preferida de esta invención comprende un nodo cabecera óptico híbrido (que puede integrarse dentro de un ONT) y al menos un conmutador/concentrador híbrido. El término híbrido se refiere al hecho de que cada equipo puede soportar simultáneamente tráfico digital de Ethernet y señales de radio (señales de radio de difusión y o señales de difusión móvil).

Un nodo cabecera óptico híbrido se interconecta con un ONT y/o una unidad de banda ancha móvil, y se interconecta con un enlace de fibra óptica de plástico bidireccional.

El nodo cabecera óptico híbrido puede transmitir datos de Ethernet y señales de DVB-T, DVB-H, DVB-T2, DBV-S /VHF/UHF (véase la figura 9), y/o transmitir datos de Ethernet y señales de banda ancha móvil (véase la figura 10). El conmutador/concentrador híbrido se comunica con el nodo cabecera óptico híbrido a través de la fibra óptica de plástico bidireccional, y con otro equipo de conmutador/concentrador híbrido a través de otros enlaces de fibra óptica de plástico bidireccional. El conmutador/concentrador híbrido realiza funcionalidades estándar de Ethernet de conmutador o concentrador. El conmutador/concentrador híbrido también se interconecta con un aparato de televisión, mediante un módulo de salida de DVB-T, y/o con un terminal de usuario de banda ancha móvil, mediante un módulo de banda ancha móvil.

Para el caso de la transmisión de DVB desde un nodo cabecera óptico híbrido (figura 9), tanto las señales de Ethernet 902 como de DVB/VHF/UHF 903 se suministran por el ONT 904 al nodo cabecera óptico híbrido 901. Tal como se muestra en la figura 9, en el sentido de enlace descendente, desde el ONT hasta el nodo cabecera óptico híbrido, el módulo "Ethernet PHY" 905 implementa la capa física de la norma de Ethernet, que incluye la funcionalidad dependiente del medio físico (PMD) de Ethernet, que puede ser un PMD de par trenzado (TP-PMD) o un PMD de fibra. La salida del Ethernet PHY es una señal de NRZI, que se limita paso bajo con un filtro paso bajo 906. El multiplex de DVB 903 se alimenta a un sintonizador analógico 907, que selecciona un conjunto de canales de radio y los transforma a una frecuencia intermedia. La selección de los canales de radio se controla desde un módulo de control de radio 908. Las señales filtradas con filtro paso bajo de Ethernet de NRZI y las señales de frecuencia intermedia de DVB-T se añaden e introducen en el modulador de amplitud 909 que polariza el transmisor óptico 910 y se transmiten a través de la fibra óptica de plástico POF 913 "de enlace descendente. En el sentido de enlace ascendente, las señales de Ethernet se

detectan en el receptor óptico 911 (recibidas a través de la fibra óptica de plástico “de enlace ascendente” 912) y se entregan al módulo “Ethernet PHY” para enviarse al ONT.

Para el caso de la transmisión de banda ancha móvil desde un nodo cabecera óptico híbrido (figura 10), las señales de Ethernet 1002 se suministran por el ONT 1004 (que puede recibirlas de un FTTH, Fibre to the Home access network, Red de acceso de fibra a casa, 1016) al nodo cabecera óptico híbrido, y las señales de banda ancha móvil 1003 se entregan al nodo cabecera óptico híbrido 1001 desde una unidad donante de banda ancha móvil 1014. Una unidad donante de banda ancha móvil es un equipo que detecta la transmisión de radio de enlace descendente de una red móvil pública terrestre de banda ancha móvil (por ejemplo, HSPA o LTE), la amplifica y entrega la señal de radio amplificada al nodo cabecera óptico híbrido. En el sentido de enlace ascendente, una unidad donante de banda ancha móvil recibe señales de radio de banda ancha móvil de enlace ascendente desde el nodo cabecera óptico híbrido, las amplifica y transmite a la red móvil pública terrestre de banda ancha móvil. Una unidad donante de banda ancha móvil es un repetidor de radio, que puede interconectarse con la interfaz de radio de red móvil pública terrestre de banda ancha móvil mediante antenas, y con el nodo cabecera óptico híbrido mediante cables coaxiales.

Las secciones de Ethernet del nodo cabecera óptico híbrido son las mismas que para el caso de distribución de DVB-T (es decir, el módulo “Ethernet PHY” 1005 cuya salida se limita paso bajo con un filtro paso bajo 1006, se multiplexa con la señal de banda ancha móvil y se transmite a través del transmisor óptico 1001 a la fibra óptica de plástico de enlace descendente 1013). En el sentido de enlace ascendente, las señales se detectan en el receptor óptico 1011 (recibidas a través de la fibra óptica de plástico “de enlace ascendente” 1012).

El nodo cabecera óptico híbrido incluye también un sintonizador analógico 1007 que se alimenta con las señales de radio de banda ancha de red móvil, cuya salida es una versión de frecuencia intermedia de las señales de banda ancha de red móvil de entrada seleccionadas. El nodo cabecera óptico híbrido incluye también una unidad de referencia de oscilador maestro 1015. Este módulo genera dos señales de oscilador, que se sintonizan en frecuencia con una referencia de oscilador común. Una es una señal de referencia de oscilador que se añade al enlace descendente multiplexado de manera eléctrica para su transmisión de enlace descendente a través de la fibra POF. Otra es una señal de oscilador local que se usa en el sintonizador analógico y en el desmultiplexor de frecuencia de enlace ascendente para realizar conversiones de frecuencia en el nodo cabecera. La unidad de referencia de oscilador maestro se incluye

para la transmisión de señales de banda ancha móvil porque todas las conversiones de frecuencia tanto en el nodo cabecera óptico híbrido como en el conmutador/concentrador híbrido deben compartir un oscilador de referencia común, con el fin de garantizar que las señales irradiadas en la unidad de banda ancha móvil de conmutador/concentrador híbrido, y en la unidad donante de banda ancha móvil, cumplen con las especificaciones de precisión de frecuencia de las interfaces de radio de banda ancha móvil (0,05 ppm para HSPA o LTE). El sintonizador analógico recibe la señal de oscilador local y la usa en un mezclador para convertir las señales de banda ancha móvil originales a una frecuencia intermedia.

El desmultiplexor de frecuencia de enlace ascendente 1016 recibe la señal de oscilador local y la usa en un mezclador para convertir las señales de frecuencia intermedia de banda ancha móvil de enlace ascendente a su frecuencia original.

El conmutador/concentrador híbrido proporciona conectividad de Ethernet, y/o interfaces de banda ancha móvil y/o DVB-T/UHF/VHF, y puede conectarse a otras unidades de conmutador/concentrador híbrido.

La figura 11 muestra un conmutador/concentrador híbrido para DVB-T. En el enlace descendente detecta la señal óptica procedente del nodo cabecera óptico híbrido a través de la fibra POF en un receptor óptico (RX-POF 1102). Un desmultiplexor de frecuencia 1103 separa las señales de Ethernet y las señales de frecuencia intermedia de DVB-T. Las señales de frecuencia intermedia de DVB-T desmultiplexadas en enlace descendente se introducen en un módulo de salida de DVB-T 1104 (controlado por un módulo de control de radio 1111). Este módulo puede convertir las señales de frecuencia intermedia a la banda VHF/UHF original y alimentarlas a la entrada de radiofrecuencia de un aparato de televisión. Este módulo también puede convertir las señales de frecuencia intermedia a otra banda de frecuencias. Este módulo también puede desmodular las señales de DVB-T y comunicarse con un aparato de televisión a través de una interfaz SCART o HDMI. Las señales de frecuencia intermedia de DVB-T también pueden regenerarse 1105 y añadirse de nuevo al múltiplex de DVB-T.

La señal de Ethernet desmultiplexada en enlace descendente se introduce en la sección de conexión al medio físico de Ethernet 1107 del conmutador/concentrador de Ethernet 1006. La salida o salidas del conmutador/concentrador de Ethernet se filtran y añaden a las señales regeneradas de frecuencia intermedia de DVB-T, se filtran 1108, modulan en amplitud 1109 un LED o láser (TX-POF 1110) y se transmiten por una nueva sección de fibra POF.

Respecto a la sección de enlace ascendente de la figura 11, sólo se reciben

señales de Ethernet en las unidades RX-POF de enlace ascendente 1107, que gestiona el conmutador/concentrador de Ethernet, y se transmiten al nodo cabecera óptico híbrido mediante una única unidad TX-POF 1101.

5 La figura 12 muestra un conmutador/concentrador híbrido para banda ancha móvil. En el enlace descendente detecta la señal óptica procedente del nodo cabecera óptico híbrido a través de la fibra POF en un receptor óptico (RX-POF 1202). Un desmultiplexor de frecuencia 1203 separa las señales de Ethernet y las señales de frecuencia intermedia de banda ancha móvil. Las señales de frecuencia intermedia de banda ancha móvil desmultiplexadas en enlace descendente se introducen en un módulo
10 de banda ancha móvil 1204 (controlado opcionalmente por un módulo de control de radio 1211). Este módulo convierte las señales de frecuencia intermedia a la banda de frecuencias de banda ancha móvil original y las alimenta a una antena transmisora.

El módulo de banda ancha móvil también detecta señales de banda ancha móvil transmitidas por terminales de usuario de banda ancha móvil, mediante una antena, y
15 convierte estas señales a una frecuencia intermedia, que se alimentarán a la sección de enlace ascendente del conmutador/concentrador híbrido (1201) modulándose previamente de manera apropiada (1213). Todas las conversiones de frecuencia en el módulo de banda ancha móvil usan una señal de oscilador local, que se sintetiza en una unidad de referencia de oscilador 1214, que se bloquea en frecuencia con la unidad de
20 referencia de oscilador maestro del nodo cabecera óptico híbrido, gracias a la señal de referencia de oscilador que se transmite a través de la fibra POF. La unidad de referencia de oscilador puede regenerar la señal de referencia de oscilador y alimentarla de nuevo al multiplex de enlace descendente.

Las señales de frecuencia intermedia de banda ancha móvil también pueden
25 regenerarse 1205 y añadirse de nuevo al multiplex de enlace descendente.

La señal de Ethernet desmultiplexada en enlace descendente se introduce en la sección de conexión al medio físico de Ethernet 1207 del conmutador/concentrador de Ethernet 1206. La salida o salidas del conmutador/concentrador de Ethernet se filtran
30 1208 y añaden a las señales regeneradas de frecuencia intermedia de banda ancha móvil y la señal regenerada de referencia de oscilador, modulan en amplitud 1209 un LED o un láser (TX-POF 1210) y se transmiten por una nueva sección de fibra POF.

Respecto a la sección de enlace ascendente, las señales de Ethernet pueden recibirse simultáneamente con señales de frecuencia intermedia de banda ancha móvil de enlace ascendente desde otros conmutadores/concentradores híbridos, y detectarse
35 en las unidades RX-POF de enlace ascendente 1207. Un desmultiplexor de frecuencia

1215 separa las señales de Ethernet y las señales de frecuencia intermedia de banda ancha móvil.

5 Las señales de Ethernet se gestionan por el conmutador/concentrador de Ethernet y las señales de frecuencia intermedia de banda ancha móvil se regeneran 1216. La salida a la que se ha aplicado un paso bajo de Ethernet de enlace ascendente del conmutador/concentrador de Ethernet, y las señales de frecuencia intermedia de banda ancha móvil de enlace ascendente regeneradas, se combinan en un nuevo múltiplex, que se transmite al nodo cabecera óptico híbrido mediante una única unidad TX-POF 1201.

10 Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a realizaciones específicas, los expertos en la técnica deben entender que pueden realizarse los anteriores y diversos otros cambios, omisiones y adiciones en la forma y detalle de las mismas, sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para la distribución simultánea en interiores de señales digitales de banda base y señales de radiofrecuencia, comprendiendo el sistema:

5 Al menos un módulo de transmisión-recepción de radiofrecuencia configurado para transmitir señales de radiofrecuencia a un nodo cabecera óptico y opcionalmente recibir señales de radiofrecuencia de enlace ascendente desde el nodo cabecera óptico

10 En el que el nodo cabecera óptico denominado nodo cabecera óptico híbrido, comprende:

- Al menos un sintonizador analógico (907, 1007) configurado para seleccionar un canal de frecuencia en la que filtrar la señal de radiofrecuencia y convertir la señal filtrada a una frecuencia intermedia
- 15 • Un módulo de transmisión-recepción digital de banda base (905, 1005) configurado para transmitir y recibir señales digitales de banda base
- Un módulo multiplexor configurado para multiplexar la señal digital de banda base y la señal de radiofrecuencia convertida a frecuencia intermedia por el sintonizador analógico y enviar la señal multiplexada para su transmisión a un transmisor/receptor óptico.
- 20 • Un transmisor/receptor óptico configurado para transmitir y recibir señales a través de un enlace de fibra óptica de plástico

Al menos un nodo conmutador/concentrador denominado conmutador/concentrador híbrido, que comprende:

- 25 • Al menos un transmisor/receptor óptico configurado para transmitir y recibir señales a través de un enlace de fibra óptica de plástico
- Al menos un módulo de transmisión-recepción de radiofrecuencia 1104, 1204 configurado para transmitir y recibir las señales de radiofrecuencia.
- Un regenerador de enlace descendente 1205 configurado para regenerar la señal de radiofrecuencia y enviarla a un módulo multiplexor de enlace descendente.
- 30 • Al menos un desmultiplexor de frecuencia de enlace descendente 1103, 1203 configurado para recibir una señal desde un receptor óptico 1102, 1202, separar la señal digital de banda base de la señal de radiofrecuencia y enviar las señales digitales de banda base al módulo de transmisión-recepción digital de banda base 1106, 1206 y las señales de
- 35

radiofrecuencia al módulo de transmisión-recepción de radiofrecuencia respectivamente 1104, 1204 o el regenerador de enlace descendente 1105, 1205.

- Un módulo de transmisión-recepción digital de banda base 1006, 1206 configurado para transmitir y recibir señales digitales de banda base, y para recibir la señal digital de banda base desde el desmultiplexor de frecuencia y enviarlas a un terminal digital de banda base o al módulo multiplexor de enlace descendente.
- Un módulo de multiplexión de enlace descendente configurado para multiplexar la señal digital de banda base y las señales de radiofrecuencia regeneradas y enviarlas a un transmisor óptico 1210 para su transmisión a otro conmutador/concentrador híbrido.

comprendiendo además el sistema una red de fibra óptica de plástico multimodo que conecta el nodo principal óptico híbrido con un conmutador/concentrador híbrido y un conmutador/concentrador híbrido con el nodo principal óptico híbrido o con otro conmutador/concentrador híbrido.

2. Un sistema según la reivindicación 1, que comprende además:

En el conmutador/concentrador híbrido, un desmultiplexor de frecuencia de enlace ascendente 1016 configurado para recibir señales desde un receptor óptico 1011, separar la señal digital de banda base de la señal de radiofrecuencia, enviar la señal de radiofrecuencia a un regenerador de enlace ascendente 1210 y enviar las señales digitales de banda base al módulo de transmisión-recepción digital de banda base

En el que el módulo de transmisión-recepción digital de banda base 1206 está configurado además para recibir las señales desde el desmultiplexor de frecuencia de enlace ascendente y enviarlas a un módulo multiplexor de enlace ascendente

En el conmutador/concentrador híbrido, un regenerador de enlace ascendente 1210 está configurado para regenerar las señales de radiofrecuencia y enviarlas a un módulo de multiplexor de enlace ascendente.

En el conmutador/concentrador híbrido, un módulo de multiplexor de enlace ascendente está configurado para añadir las señales digitales de banda base a la señal de radiofrecuencia regenerada y enviar las señales a un transmisor óptico 1201 para su transmisión al nodo cabecera óptico híbrido.

En el nodo cabecera óptico híbrido, un desmultiplexor de frecuencia 1016 que

- recibe señales desde el receptor óptico 1011, separa la señal digital de banda base de la señal de radiofrecuencia, convierte las señales de radiofrecuencia a su frecuencia original y envía las señales digitales de banda base al módulo de transmisión-recepción digital de banda base y el módulo de transmisión-recepción de radiofrecuencia respectivamente para su transmisión
3. Un sistema según las reivindicaciones 1 ó 2, en el que las señales digitales de banda base son señales de Ethernet
 4. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 3, en el que las señales de radiofrecuencia son señales de difusión de TV digital como señales de DBV-T o DVB-H, DVB-T2 o DVB-S o cualquier otro tipo de señales de radiodifusión.
 5. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 4, en el que las señales de radiofrecuencia son señales de UMTS, LTE o HSPA o cualquier otro tipo de señales de banda ancha móvil.
 6. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que a la señal digital de banda base emitida por el módulo de transmisión-recepción digital de banda base se le aplica un filtro paso bajo antes de enviarla a otro módulo.
 7. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la señal digital de banda base es una señal de no retorno a cero invertido NRZI con una tasa de bits T_b , siendo T_b un parámetro de diseño.
 8. El sistema según la reivindicación 7, en el que la frecuencia intermedia usada es $1/T_b$
 9. El sistema según la reivindicación 7, en el que la frecuencia intermedia usada está entre $1/T_b$ y $2/T_b$
 10. El sistema según la reivindicación 7, en el que la frecuencia intermedia usada es $2/T_b$
 11. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 7-10, en el que $T_b=125$ Mbps
 12. El sistema según la reivindicación 5, que comprende además en el nodo cabecera óptico híbrido, una referencia de oscilador maestro configurada para generar una señal de referencia de oscilador, sintetizar a partir de esta señal de referencia de oscilador, las señales de oscilador local que va a usar el sintonizador analógico para procesar las señales de radiofrecuencia y proporcionar al módulo de multiplexor dicha señal de referencia de oscilador;
y en el que el módulo de multiplexor está configurado además para multiplexar la

señal de referencia de oscilador con la señal digital de banda base y la señal de radiofrecuencia que va a enviarse por el transmisor/receptor óptico;

y en el que, en el conmutador/concentrador híbrido, el desmultiplexor de enlace descendente está configurado además para separar la señal de referencia de oscilador y proporcionarla a un módulo de referencia de oscilador 1214, este módulo de referencia de oscilador está configurado para proporcionar la señal de referencia de oscilador al módulo de transmisión/recepción de radiofrecuencia que va a usarse para el procesamiento de las señales de radiofrecuencia y proporcionarla también al módulo de multiplexor de enlace descendente para su transmisión a otro conmutador/concentrador híbrido.

13. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo además el sistema:

Un primer módulo de control de radio situado en el nodo cabecera óptico híbrido configurado para controlar el sintonizador analógico programando el canal de radio específico de la señal de radiofrecuencia que se selecciona y convierte a una frecuencia intermedia.

Un segundo módulo de control de radio situado en el nodo cabecera óptico híbrido configurado para controlar el módulo de transmisión/recepción de radiofrecuencia programando la frecuencia de salida a la que debe convertirse la señal de frecuencia intermedia de radiofrecuencia de enlace descendente.

En el que los módulos de control de radio primero y segundo se controlan por una unidad de control remota comunicada con los módulos de control de radio a través de una interfaz de radio.

14. Un sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que la fibra de plástico es una fibra de plástico de poli(metacrilato de metilo) PMMA.

15. Un sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que el nodo cabecera óptico híbrido forma parte de una terminación de red óptica ONT.

16. Un sistema según cualquier reivindicación anterior 1-14, en el que el nodo cabecera óptico híbrido recibe las señales digitales de banda base y las señales de radiofrecuencia desde una terminación de red óptica ONT.

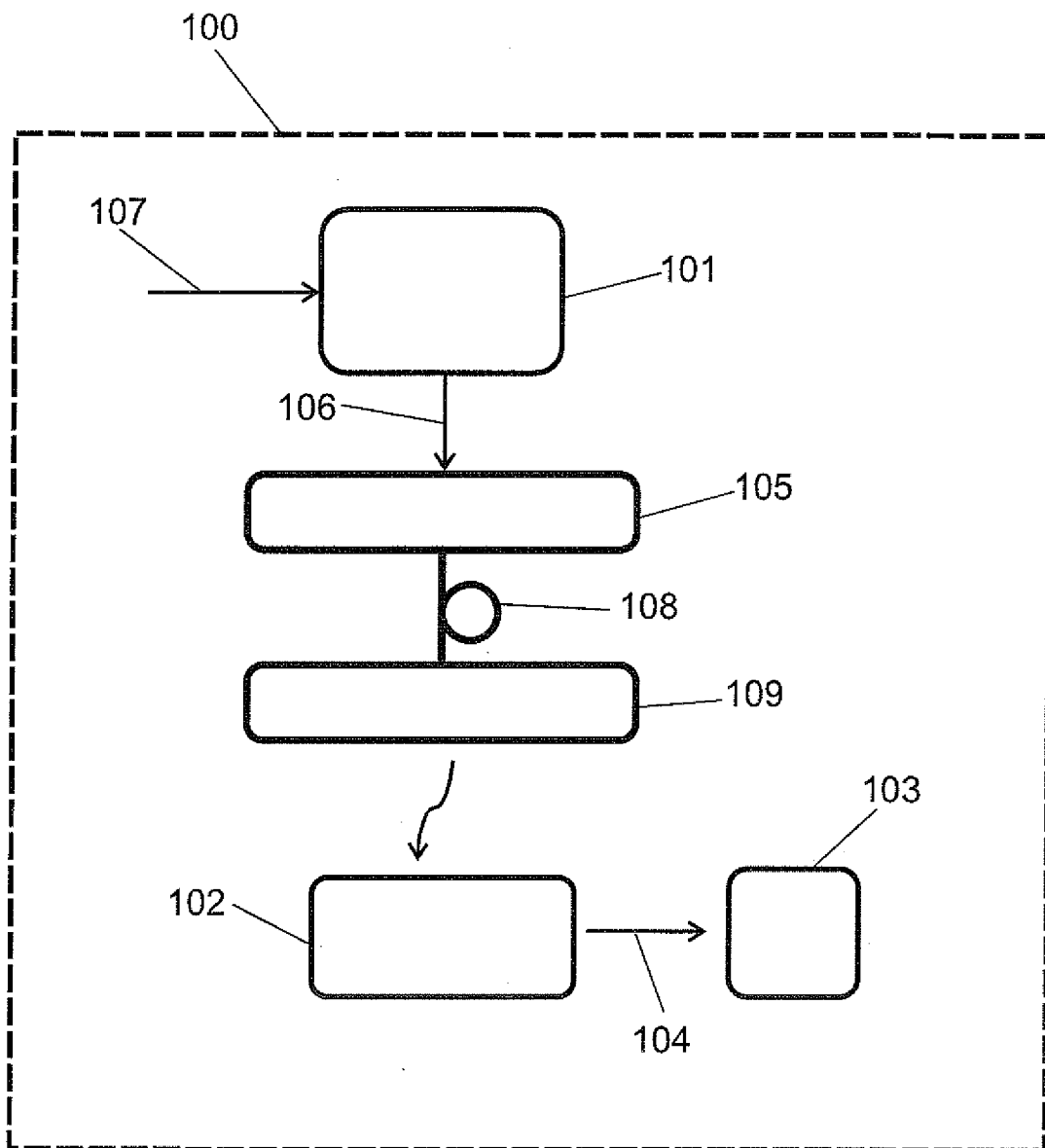


FIG. 1

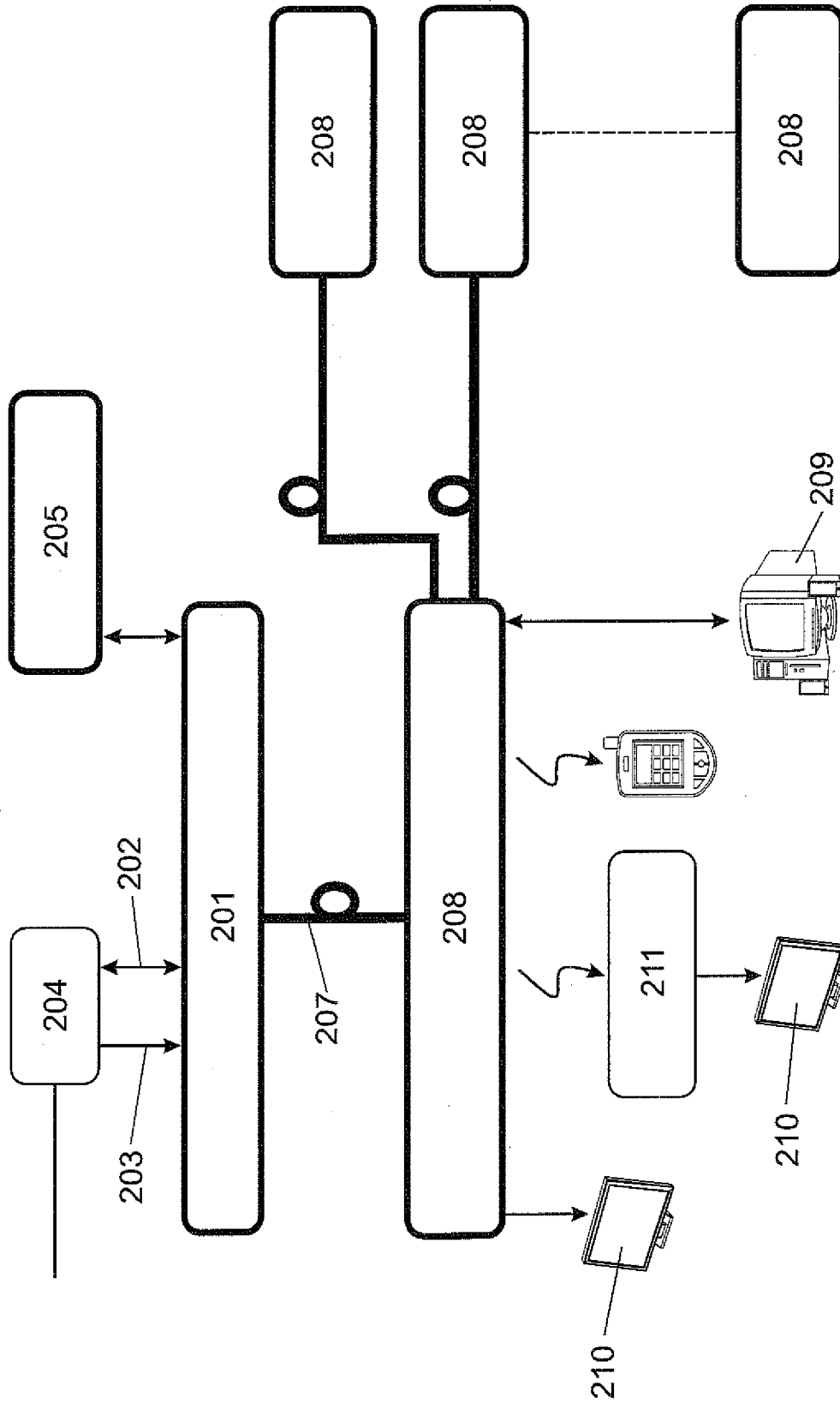


FIG. 2

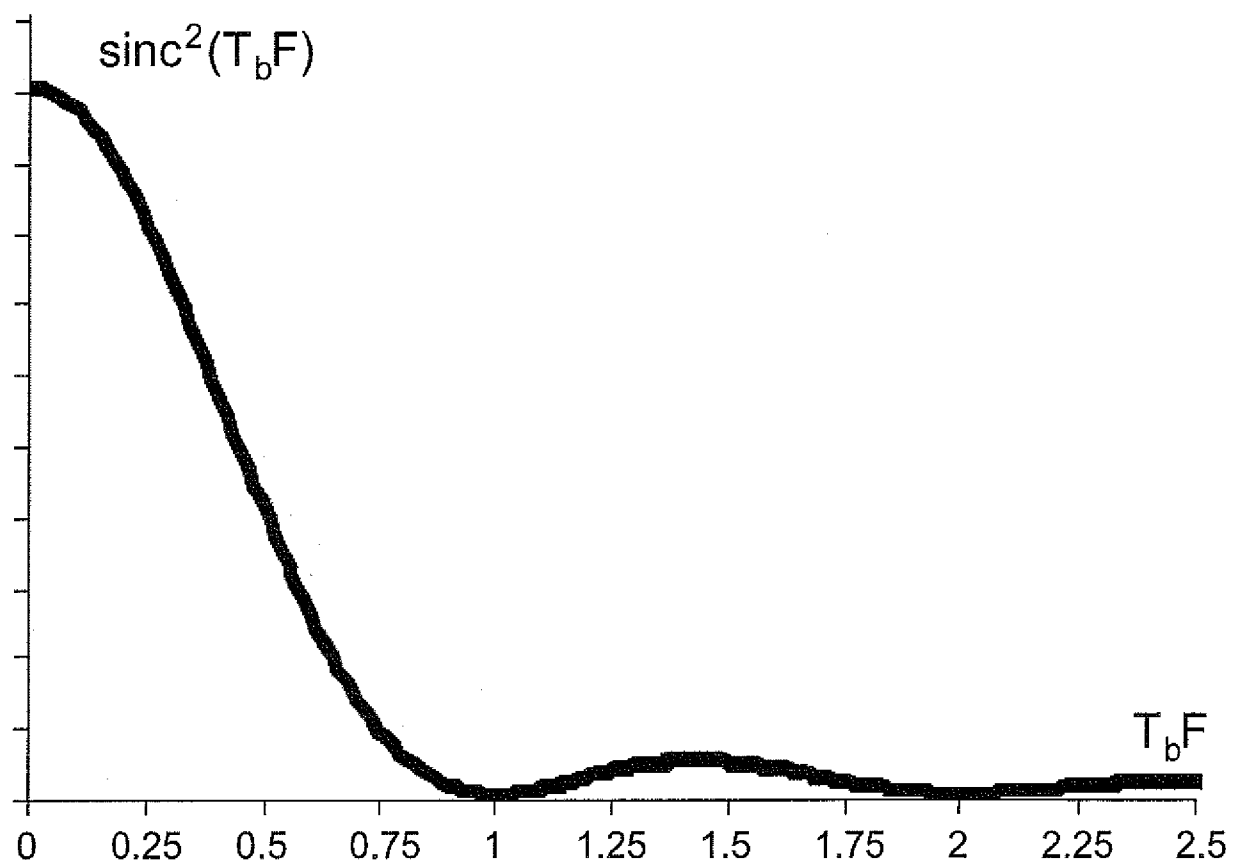


FIG. 3

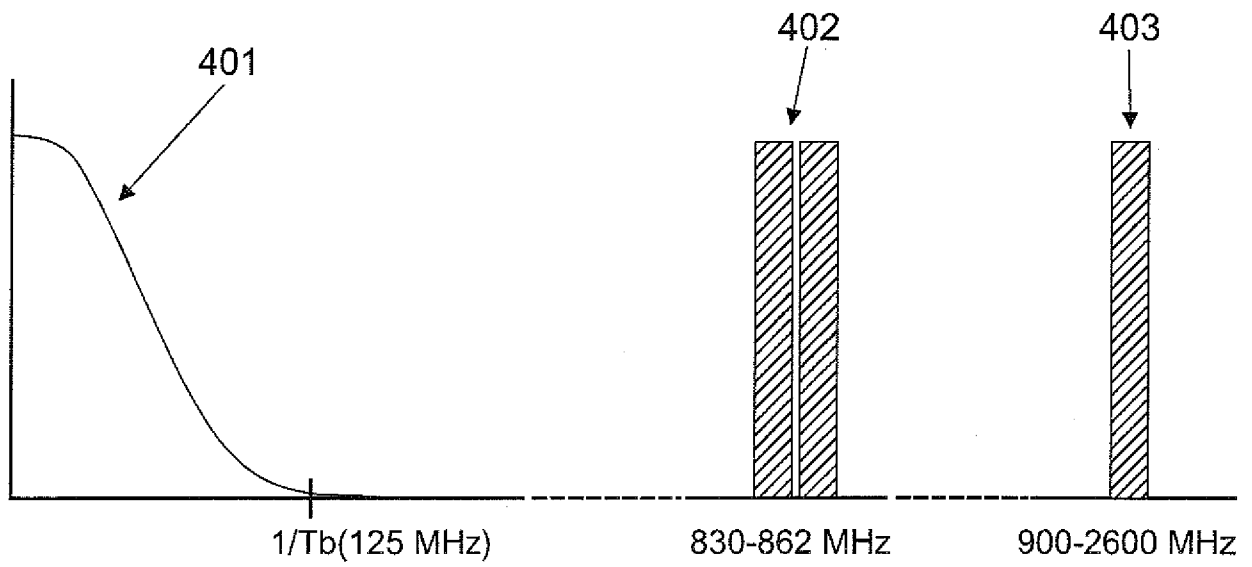


FIG. 4a

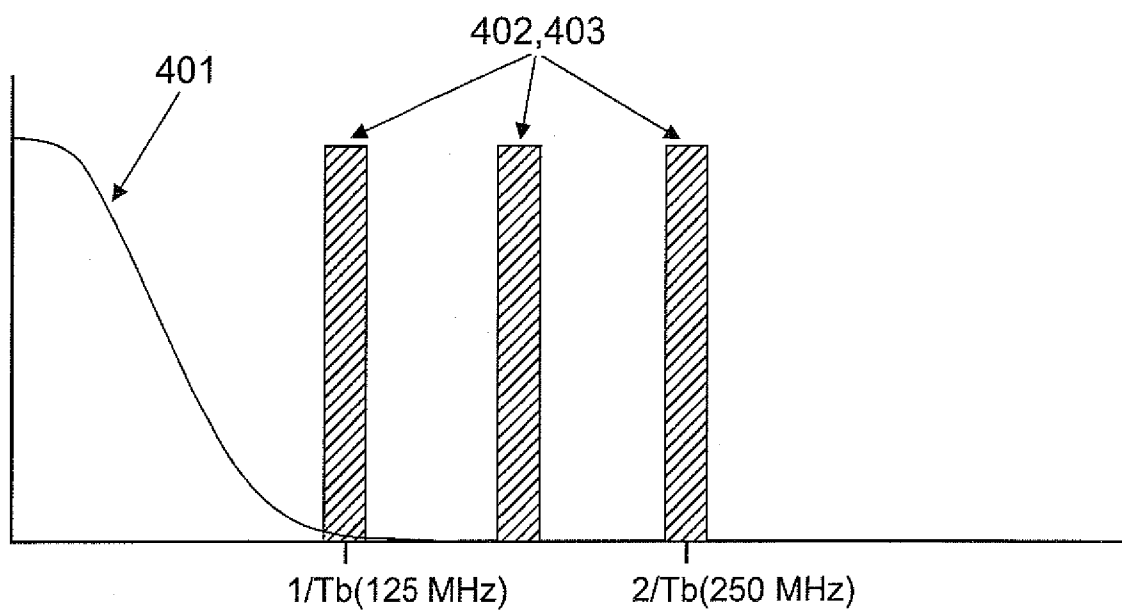


FIG. 4b

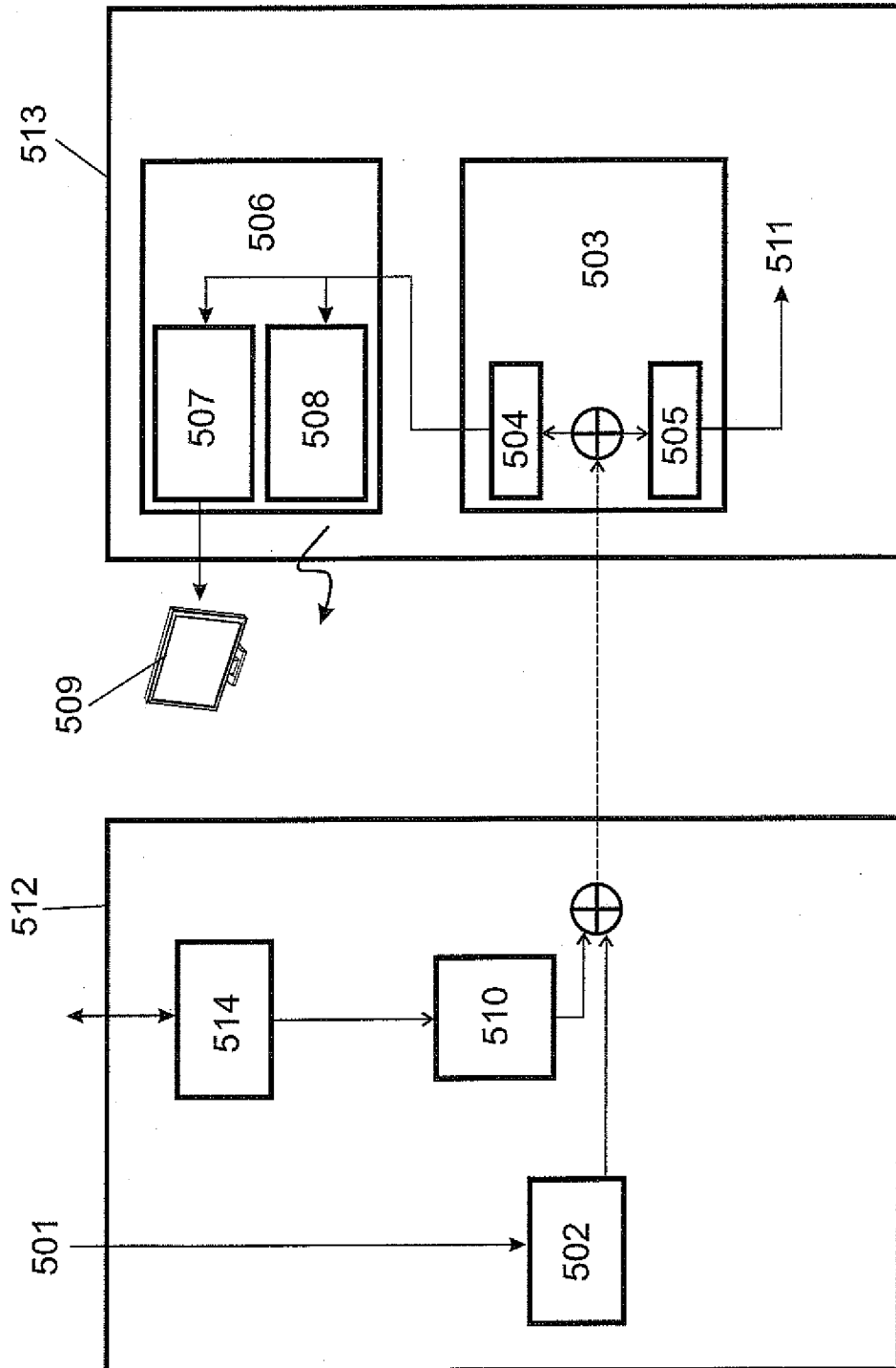


FIG. 5

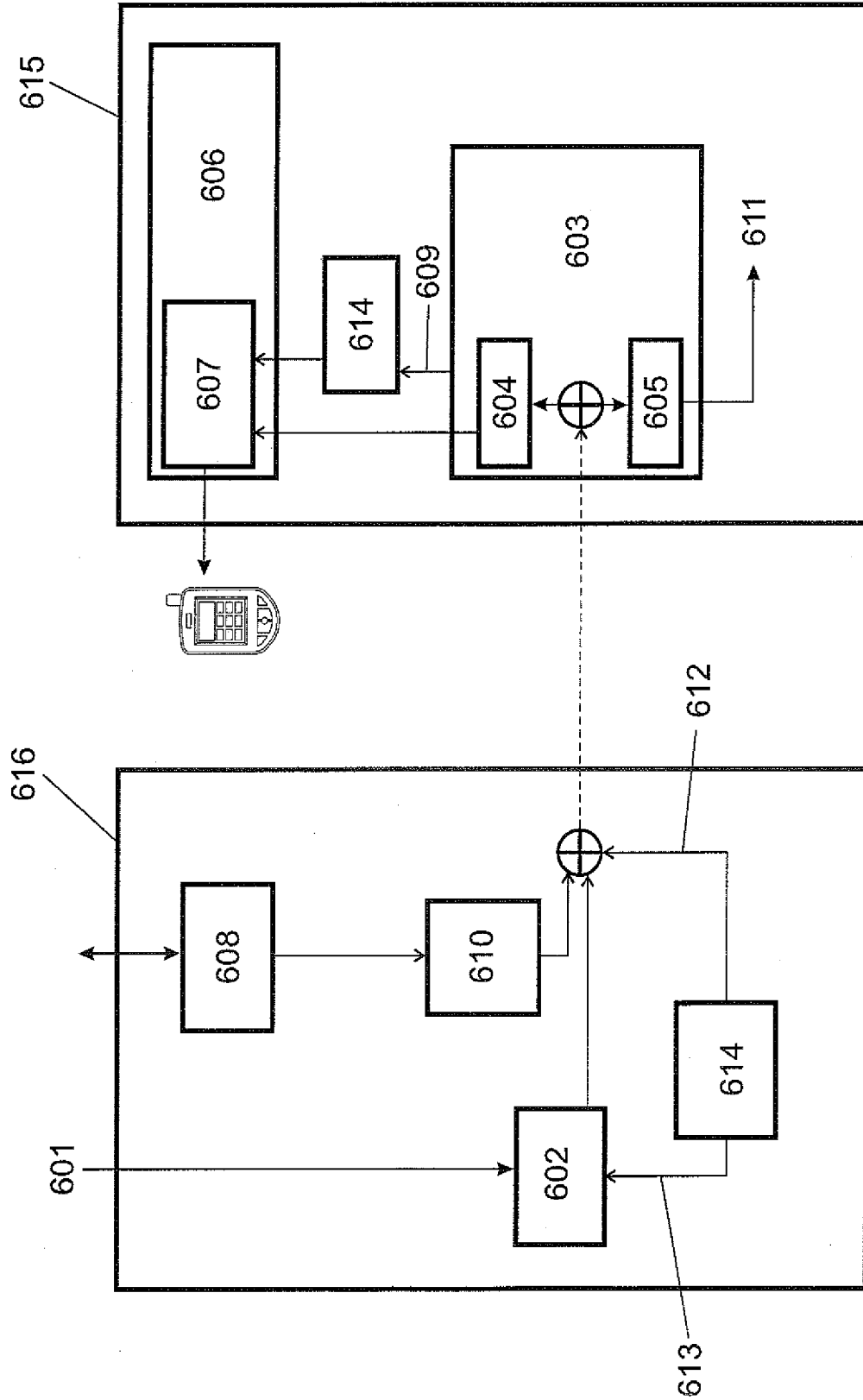


FIG. 6

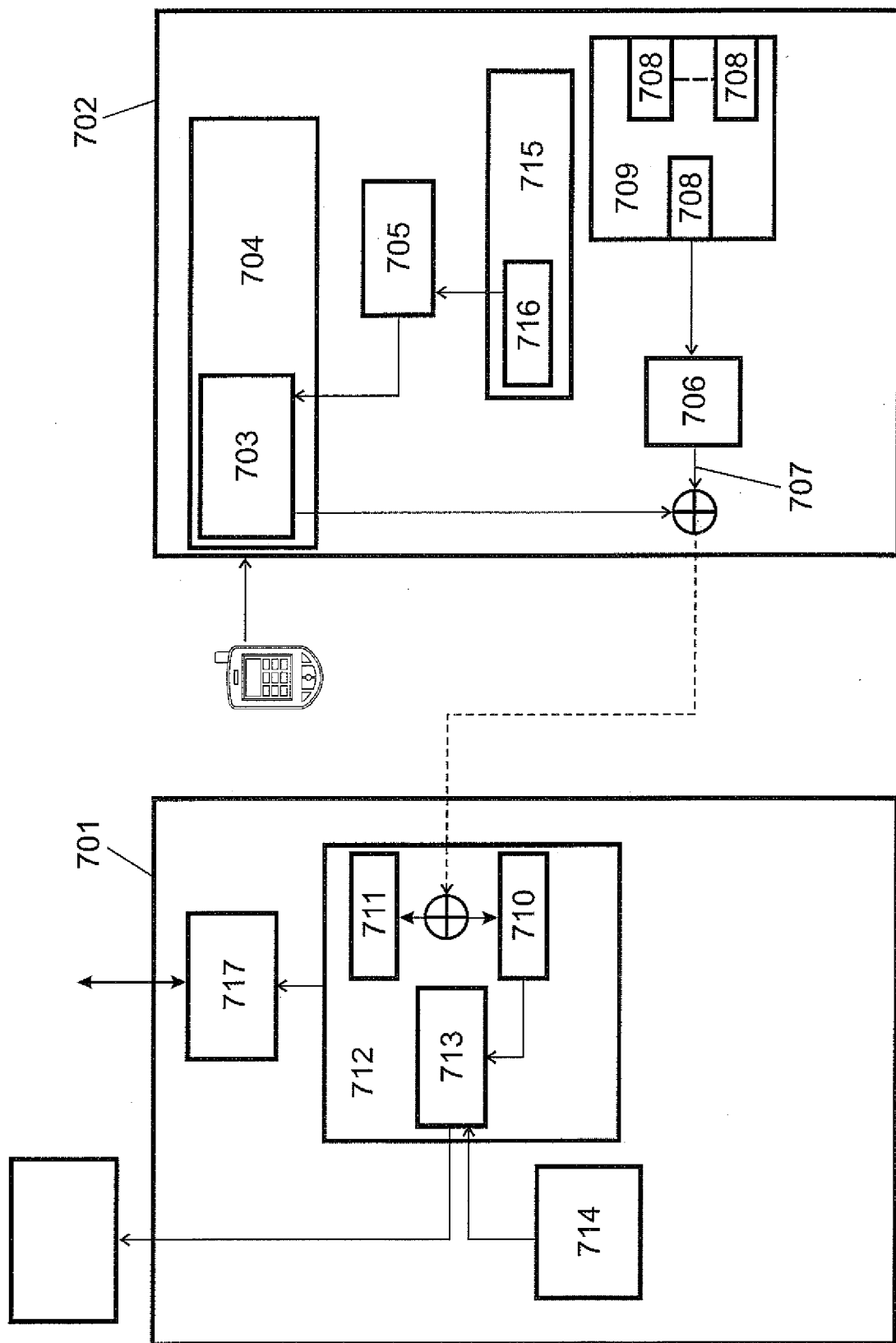


FIG. 7

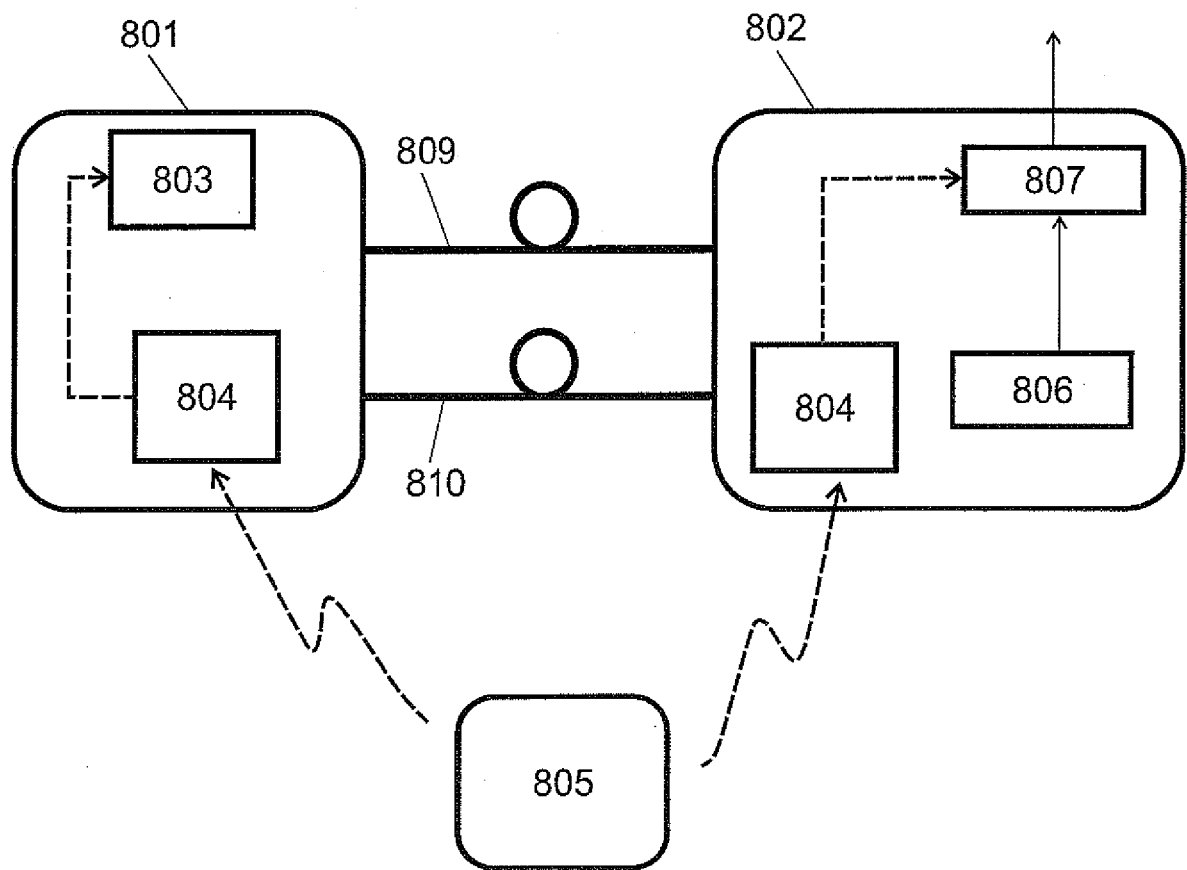


FIG. 8a

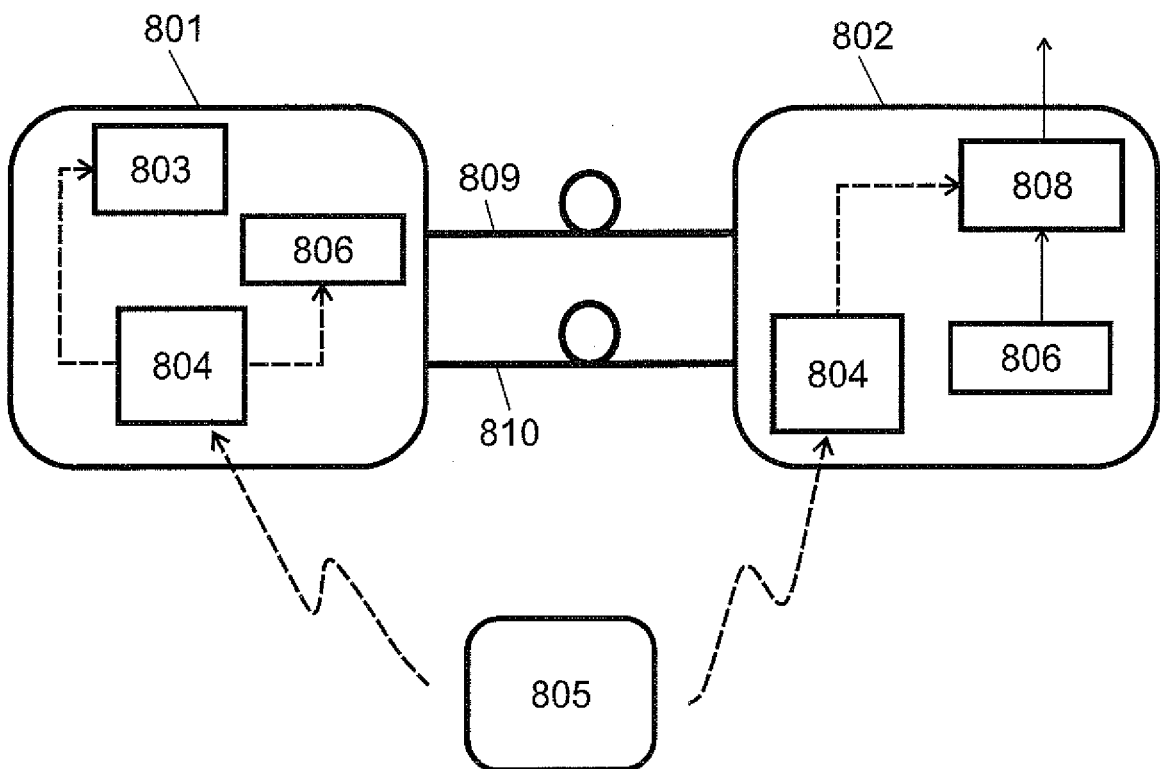


FIG. 8b

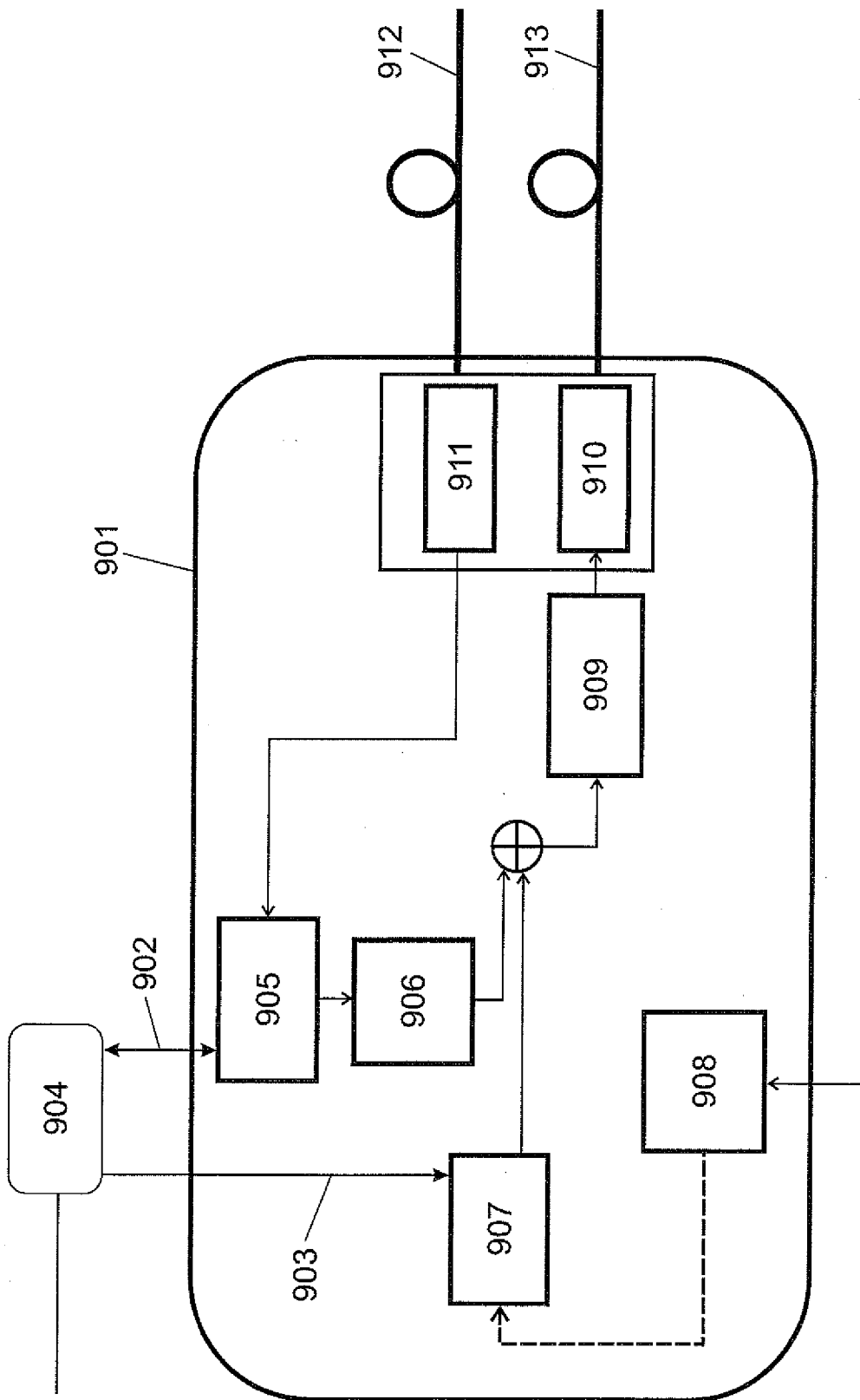
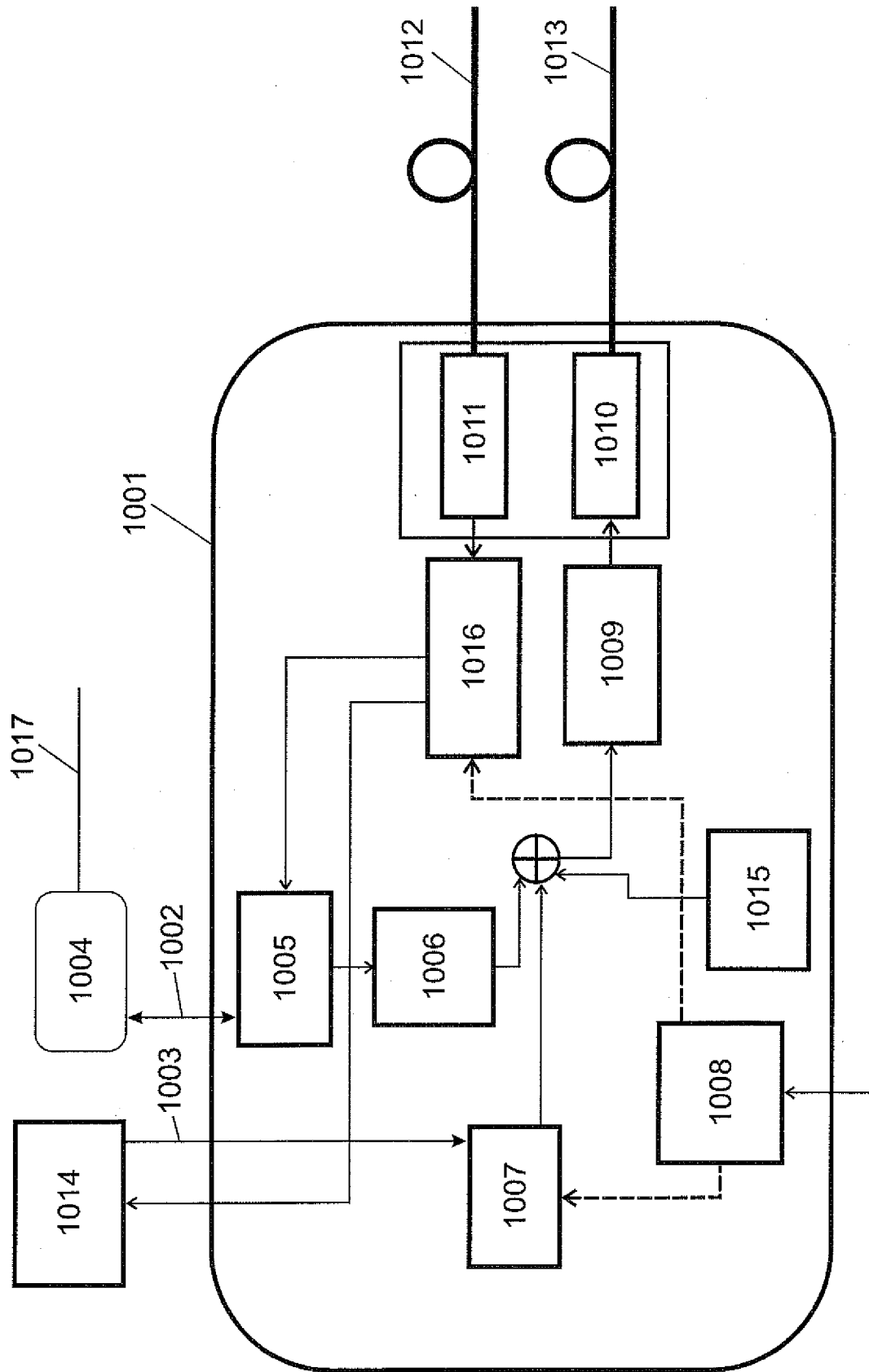


FIG. 9



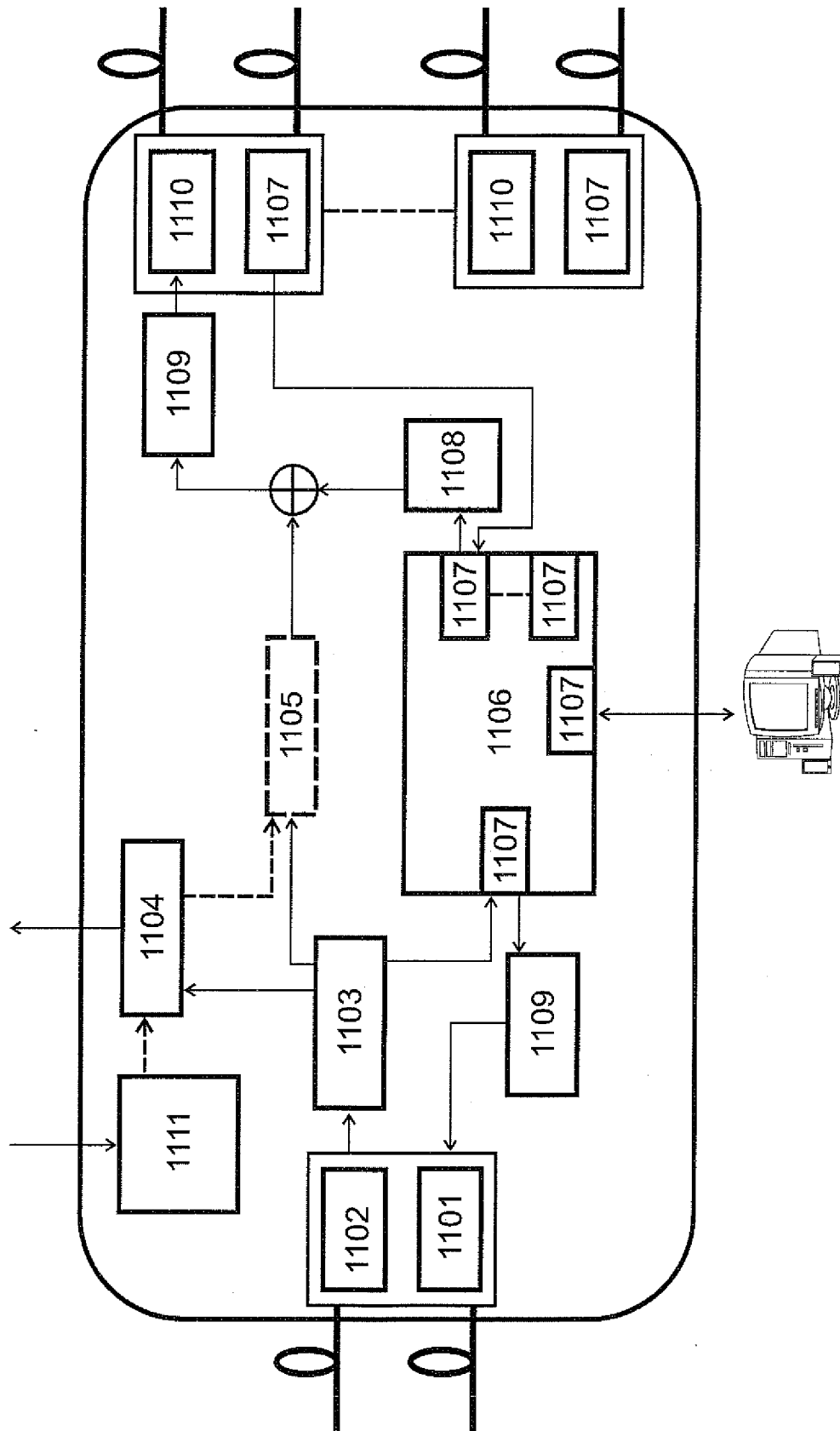


FIG. 11

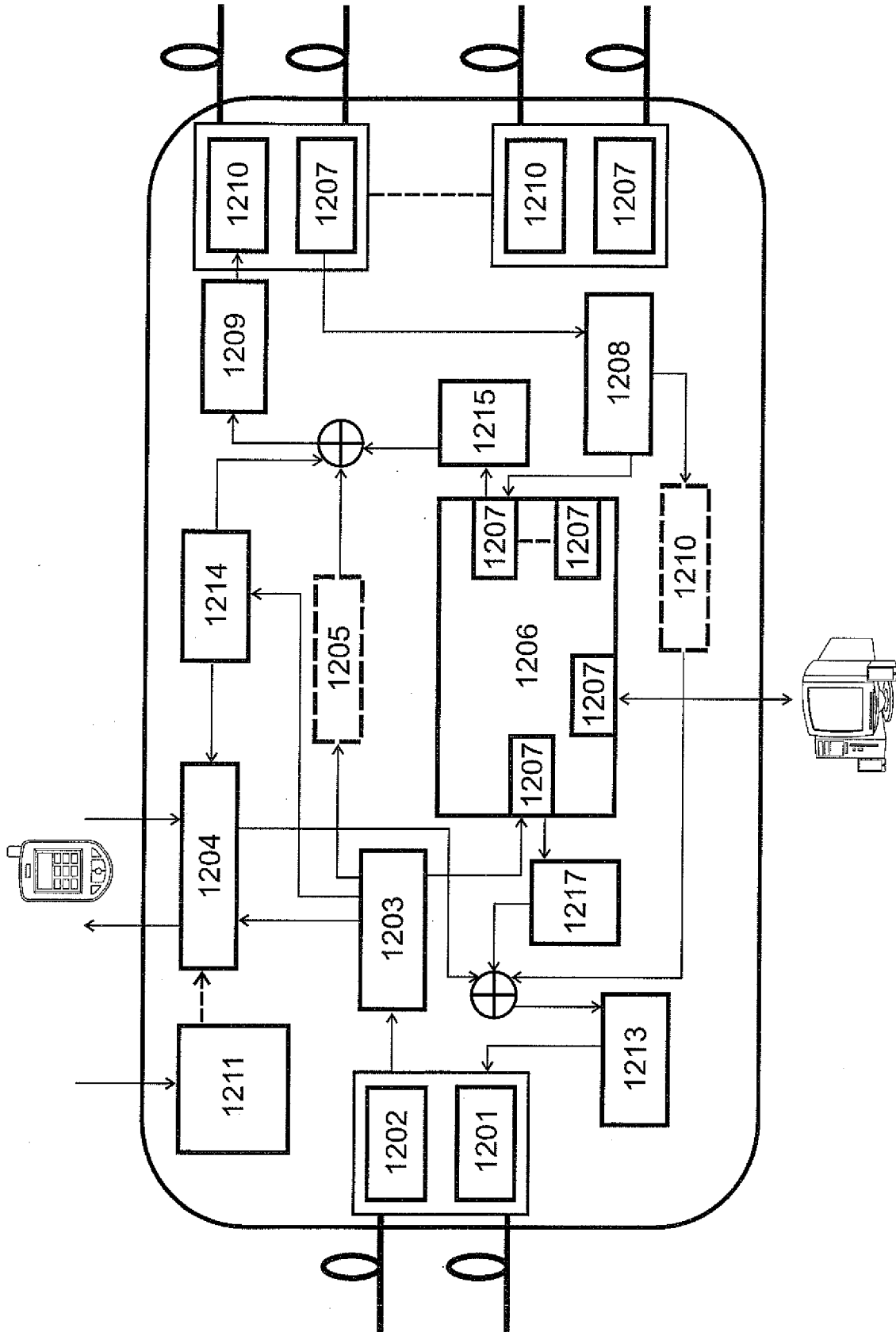


FIG. 12