

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 745 045**

51 Int. Cl.:

H04L 12/54 (2013.01)

H04L 29/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.04.2006 PCT/AU2006/000538**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.10.2006 WO06110960**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.04.2006 E 06721418 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2019 EP 1872533**

54 Título: **Red, dispositivo y método para transportar medios digitales**

30 Prioridad:

22.04.2005 AU 2005902065

11.11.2005 AU 2005906272

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

27.02.2020

73 Titular/es:

AUDINATE PTY LIMITED (100.0%)

Level 4 223 Anzac Parade

Kensington, NSW 2052, AU

72 Inventor/es:

AIDAN, WILLIAMS y

VARUNI, WITANA

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 745 045 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

Red, dispositivo y método para transportar medios digitales

Campo técnico

5 Esta invención se refiere al transporte de paquetes de medios digitales, tales como audio y vídeo. En un primer aspecto, la invención se refiere a una red de datos capaz de transportar audio de alta fidelidad. En otro aspecto, la invención se refiere a un dispositivo de red para enviar y recibir paquetes de medios digitales; tal como un chip de Procesado Digital de Señal (DSP) para sistemas de sonorización. En un aspecto adicional, la invención se refiere a un método de funcionamiento de la red de datos o dispositivos de red y al *software* para llevar a cabo el método, por ejemplo, en un ordenador personal.

10 Antecedentes de la técnica

Las señales de audio y vídeo se han transmitido durante tiempo usando cables específicos de cada aplicación. Por ejemplo, el cable de altavoz bifilar se usa para transportar señales de audio izquierda y derecha desde los amplificadores a los altavoces.

15 El tiempo en el cual un dispositivo de medios reproduce una señal de medios recibida se denomina tiempo de reproducción. Típicamente, un dispositivo de medios que recibe señales de medios reproducirá las señales de medios representándolas de alguna manera. Por ejemplo, si el dispositivo de medios es un altavoz, el mismo representará la señal de medios de audio en forma de sonido. Si el dispositivo de medios es una pantalla de vídeo, representará imágenes de la señal de medios de vídeo en una pantalla. Alternativamente, si el dispositivo de medios es un sistema de control de iluminación, el mismo representará la señal de medios de iluminación encendiendo y
20 apagando un foco.

El transporte, en tiempo real, de audio y vídeo digitales y otros medios digitales a través de redes de datos genera un conjunto nuevo de problemas en comparación con los datos que no son medios. Por ejemplo, las redes de datos pueden usar conmutación por paquetes, en la cual los datos se dividen en paquetes para una transmisión independiente. A medida que los paquetes son transmitidos, paquetes secuenciales pueden tomar rutas diferentes y
25 presentar tiempos de tránsito diferentes. Los paquetes se numeran para garantizar que los mismos se pueden reordenar correctamente después de su llegada. No obstante, esta técnica no es suficiente cuando se van a recibir señales de audio izquierda y derecha en destinos diferentes, por ejemplo, en altavoces diferentes.

A diferencia de los datos que no son de medios, los medios digitales se deben reproducir de forma sincronizada. Por ejemplo, el vídeo y el audio deben estar alineados en el tiempo de manera que cuando se reproduzcan se cree una
30 sincronización adecuada del habla con los labios.

Para hacer frente a los problemas de temporización en redes de datos se ha usado el concepto de reloj de red. Típicamente, una señal de reloj de red se genera en un punto específico de la red, y la misma se convierte en la señal de tiempo de sistema recibida por los dispositivos en la red.

35 A continuación, la señal de tiempo de sistema se usa como referencia de tiempo para cada dispositivo que recibe la señal de tiempo de sistema. Debido a la topología de la red, dispositivos en diferentes ubicaciones de la red recibirán la señal de reloj con una desviación de fase con respecto al reloj de red, en función del retardo de propagación desde el reloj al dispositivo. Otra consecuencia es que los diferentes dispositivos remotos habrán recibido señales de reloj que presentan desviaciones de fase entre ellas, así como con respecto al reloj de red.

40 Históricamente, la transmisión de medios de datos ha incorporado información de temporización por reloj en los datos transmitidos. La incorporación y recuperación de información de temporización por reloj a partir de transiciones de señales de datos con la temporización por paquetes (por ejemplo, AES3, SP/DIF, Gibson MaGIC) funciona bien para enlaces de punto a punto entre un número pequeño de dispositivos, pero, a medida que aumenta el número de dispositivos, la fluctuación del reloj entra en cascada y se acumula a través de cada dispositivo que recupera y retransmite la información de temporización por reloj. Los sistemas grandes utilizan una red de reloj independiente
45 para evitar dichos problemas con la fluctuación del reloj.

Alternativamente, las transmisiones de medios digitales pueden utilizar un planteamiento de Multiplexado por División en el Tiempo (TDM). En los sistemas TDM (por ejemplo, MAD1, CobraNet), un dispositivo de reloj maestro inicia ciclos de transmisión periódicos y a cada dispositivo se le asignan una o más ranuras de tiempo dentro de ese ciclo para la transmisión. Esto limita el número disponible total de canales. El documento US 2005/039065 da a
50 conocer un sistema y un método para generar sellos de tiempo locales sincronizados, sincronizando relojes de diferencia de programa locales con un Reloj de Tiempo de Sistema de una Fuente de Programas. El documento WO 2005/006621 da a conocer un sistema y un método para calcular el sesgo de audio usando el Protocolo de Tiempo de Red. El documento EP 1 398 931 da a conocer un sistema de transmisión de audio digital para paquetes de datos de medios, en donde el tiempo de reproducción común se determina sobre la base de un tiempo de reloj de
55 pared global.

Sumario de la invención

5 La invención proporciona un método de transporte de múltiples canales de medios a través de una red de una manera tal que cumple requisitos de calidad de temporización para una reproducción de audio y vídeo de alta calidad sin necesidad de equipos especializados, tales como una red de reloj independiente. La invención tiene la ventaja de poder usar un cableado y equipos de red de datos de bajo coste, tales como una Ethernet conmutada, para transportar medios digitales.

10 La invención proporciona dispositivos de red que tienen una señal de reloj local que está sincronizada con una señal de tiempo de sistema de la red tanto en cuanto a velocidad como en cuanto a desviación. La sincronización de la velocidad ayuda a garantizar que la velocidad con la que progresan los tics del reloj local es igual a la velocidad de la señal de tiempo del sistema. La sincronización de la desviación ayuda a garantizar que tanto la señal de tiempo del sistema como la señal de tiempo local comparten un punto de referencia de tiempo común. La señal de reloj local gobierna la velocidad y la desviación de las señales de medios recibidas o transmitidas. Puesto que cada dispositivo de red tiene una señal de reloj local que está sincronizada con la señal de tiempo del sistema, todas las señales de medios recibidas y transmitidas de la red están sincronizadas tanto en cuanto a velocidad como en
15 cuanto a desviación.

En un primer aspecto, la invención proporciona una red de datos adecuada para transportar paquetes de medios, según la reivindicación 1 adjunta.

Los paquetes de medios pueden ser audio o vídeo, o una mezcla de ambos.

20 Típicamente, cada dispositivo de red que recibe señales de medios de un dispositivo de medios usa su reloj local que está sincronizada con la señal de tiempo del sistema para empaquetar las señales de medios, y para marcar mediante un sello de tiempo los paquetes de medios con el tiempo del sistema antes de enviarlos a otro dispositivo de red. De esta manera, los paquetes de medios son generados y enviados por todos los dispositivos de red que se encuentran en la red a una velocidad local que está sincronizada con la velocidad de la señal de tiempo del sistema. Esto ayuda a eliminar el desbordamiento y el subdesbordamiento de la memoria intermedia en la red. Además, los
25 paquetes se marcan mediante sellos de tiempo con un valor de tiempo sincronizado. El sello de tiempo puede ser el primer tiempo del sistema en el cual la señal de medios contenida en el paquete se convirtió a formato digital (es decir, tiempo de generación).

30 Cada dispositivo de red que recibe paquetes de medios usa el sello de tiempo de los paquetes para coordinar las señales de medios en cuanto a tiempo para su reproducción. La coordinación de señales de medios se logra usando los sellos de tiempo de los paquetes con el fin de reordenar los paquetes de medios si así fuera necesario; y, además, alinear y combinar señales de medios recibidas de diferentes dispositivos de red, o determinar el tiempo de reproducción apropiado para señales de medios contenidas en los paquetes de medios, o ambas opciones. La alineación de las señales de medios puede comprender el retardo de la reproducción de una señal de medios con respecto a otra.

35 El tiempo de reproducción apropiado para señales de medios contenidas en un paquete de medios puede ser diferente para cada dispositivo de red que recibe el paquete de medios. De esta manera, cuando hay múltiples dispositivos de medios de reproducción, el tiempo de reproducción se puede controlar basándose en la ubicación espacial de cada dispositivo de medios de reproducción, de manera que las señales de medios son reproducidas por cada dispositivo de medios a medida que son recibidas en una ubicación espacial particular al mismo tiempo. Por ejemplo, en un concierto de rock el sonido de los altavoces del escenario y de auditorio debería llegar al mismo tiempo a la audiencia. Para lograr esto, el sonido de los altavoces del auditorio, que están más cerca, se puede retardar para permitir que el sonido de los altavoces del escenario recorra la distancia adicional por el aire.

45 Se proporciona una señal de reloj de medios que se sintetiza a partir de la señal de reloj local. La señal de reloj de medios puede accionar la conversión entre señales de medios analógicas y digitales, y gobernar directamente la velocidad y la desviación con las que las señales de medios son recibidas o transmitidas (por ejemplo, producidas o consumidas) por el dispositivo de red. Puesto que el reloj de medios se sintetiza a partir de la señal de reloj local, la cual, a su vez, está sincronizada con la señal de tiempo del sistema, la velocidad con la que se producen y consumen las señales de medios se gobierna de tal manera que elimina el desbordamiento y el subdesbordamiento de la memoria intermedia en los dispositivos de red.

50 Las técnicas que se pueden aplicar para sintetizar un reloj de medios a partir de la señal de reloj local incluyen la Síntesis Digital Directa (DDS), los Osciladores Controlados Digitalmente (DCO) o los Osciladores Controlados por Voltaje (VCO) controlados por un Conversor Digital a Analógico (DAC). El reloj de medios se puede sintetizar usando un temporizador de *software* que se hace que siga al reloj local sincronizado, para gobernar directamente la velocidad y la desviación de las señales de medios recibidas o transmitidas.

55 La velocidad de la señal de reloj de medios puede ser diferente de la velocidad del reloj local. Por ejemplo, la velocidad del reloj de medios puede ser un múltiplo de la velocidad a la cual son generadas las señales de medios por el dispositivo de medios, por ejemplo, un múltiplo de la velocidad a la cual se producen muestras de audio digital. El uso de un protocolo de tiempo de red para sincronizar el tiempo local con la señal de tiempo del sistema en la red

desacopla la temporización por reloj y la sincronización por reloj de la transmisión de datos. Esto simplifica el soporte para transmitir simultáneamente a múltiples velocidades de datos, tales como audio de 44,1 kHz/48 kHz/96 kHz mediante diferentes relojes de medios, y elimina la necesidad de hacer funcionar una red de reloj independiente para cada dispositivo de red. Puesto que el reloj de medios puede obtener cualquier velocidad de muestreo o velocidad de cuadros que desee a partir de la señal de tiempo del sistema, la red en su conjunto no se limita a una única velocidad de muestreo.

Uno o más dispositivos de medios se pueden conectar a un dispositivo de red para generar y distribuir señales de medios, para recibir, para procesar y para distribuir señales de medios, o para recibir y reproducir señales de medios.

La fluctuación experimentada por los paquetes del protocolo de tiempo de red se minimiza usando una técnica de Calidad de Servicio (QoS). La técnica de QoS puede actuar en la red para acelerar el reenvío de paquetes que tienen una prioridad mayor que otros paquetes. Por ejemplo, los paquetes se pueden priorizar sobre la base de tres categorías. Los paquetes que contienen información de tiempo de red se pueden priorizar con respecto a paquetes de medios de audio. A su vez, los paquetes de medios de audio se pueden priorizar con respecto al tráfico del mejor esfuerzo. Aplicando la prioridad más alta en paquetes que contienen información de tiempo de red, el esquema de QoS puede optimizar el mantenimiento de la sincronización de temporización de los dispositivos de red.

Según un ejemplo de esta invención, si dos dispositivos de red buscan enviar paquetes de medios a otro dispositivo de red, cada uno de ellos puede seleccionar un tiempo de inicio aleatorio y enviar paquetes de medios a partir de su tiempo de inicio aleatorio respectivo a una velocidad regular. De esta manera, dos dispositivos de red que envían señales de medios para su reproducción de forma sincronizada no provocan un cuello de botella en la red que, de otro modo, podría hacer que aumentase la fluctuación en la misma.

El protocolo de tiempo de red (por ejemplo, según la norma IEEE 1588) distribuye un tiempo absoluto a partir de un reloj maestro. El protocolo de tiempo de red puede usar un intercambio bidireccional de mensajes para permitir el cálculo del retardo de transmisión entre relojes maestros y esclavos locales, lo cual se puede usar para calcular una estimación más precisa de la desviación del reloj local. Esto permite que los relojes locales compensen el retardo de red variable y logren una sincronización más ajustada con independencia de su ubicación en la topología de la red.

El protocolo de tiempo de red puede actuar de manera que elige un dispositivo de reloj maestro cuando existan múltiples dispositivos de reloj maestro posibles en la red. Por ejemplo, en el protocolo de red IEEE 1588, el reloj maestro óptimo y el reloj maestro de reserva se seleccionan de entre un conjunto de candidatos potenciales. El reloj maestro de reserva usa el protocolo de tiempo de red IEEE 1588 para sincronizar el reloj de reserva con el reloj maestro elegido. Si el reloj maestro seleccionado falla, el reloj maestro de reserva funciona de manera que toma el control proporcionando la señal de tiempo del sistema para la red. Los dispositivos de red que dependen de un reloj maestro pueden continuar funcionando sin interrupciones.

Además, el protocolo de tiempo de red puede soportar múltiples dispositivos de reloj maestro de tal manera que dispositivos de red diferentes estén conectados a relojes maestros diferentes. Por ejemplo, la red de datos puede estar compuesta por dos redes de audio distintas en ubicaciones diferentes que tengan, cada una de ellas, un reloj maestro IEEE 1588. Las redes distintas pueden coordinar sus relojes maestros por medio de otro mecanismo, por ejemplo, una sincronización de tiempo GPS. Esto permite que las dos redes compartan una noción de tiempo común y que se envíen entre sí paquetes de medios marcados con sellos de tiempo.

La red puede incluir una red Ethernet. Las redes Ethernet pueden soportar una transmisión de multidifusión en la que los paquetes de red se duplican en conmutadores de red, prestando soporte así, eficientemente, a un número elevado de dispositivos de red receptores. Los dispositivos de red se pueden conectar de manera directa, o indirecta, al reloj maestro. La arquitectura de esta invención se modifica a escala con el aumento del ancho de banda de Ethernet (por ejemplo, de 100 Mbits/segundo a 1 Gbits/segundo). El aumento del ancho de banda implica un incremento del caudal total así como una reducción de la latencia y de la fluctuación. Se habilita también una red heterogénea que combina dispositivos de red conectados por medio de enlaces de 100 Mbits/s interconectados mediante enlaces troncales de 1 Gbits/s.

El tiempo de reproducción para las señales de medios debe tener en cuenta los retardos de transmisión de la red, los errores de sincronización del protocolo de tiempo de red, los errores de síntesis del reloj de medios, la fluctuación del temporizador del emisor y la fluctuación de la red. Todos ellos son factores que pueden retardar o producir la aparición del retardo en la recepción de paquetes de medios. El tiempo de reproducción de señales de medios recibidas se debe retardar suficientemente para permitir una llegada tardía de paquetes de medios debido a cualquiera de estas causas ya que, si se selecciona un tiempo de reproducción que se produce demasiado temprano, ningún paquete de medios retardado que contenga señales de medios que se deban reproducir en sincronización con las señales de medios recibidas estará disponible para su reproducción cuando así se requiera. Los paquetes de medios se almacenan en memoria intermedia hasta su tiempo de reproducción con el fin de compensar los retardos en la transmisión y los errores de sincronización de los relojes. Cada dispositivo de red puede incluir una memoria intermedia de compensación de fluctuaciones aprovisionada de acuerdo con el máximo retardo esperado de extremo-a-extremo de tal modo que no se produzca nunca un subdesbordamiento de la

memoria intermedia. Los paquetes de medios que van llegando se almacenan en la memoria intermedia de datos de compensación de fluctuaciones hasta que llegue el tiempo de reproducción correcto.

En otro aspecto, la invención proporciona un dispositivo de red según la reivindicación 14 adjunta.

5 En un aspecto adicional, la invención proporciona un método de funcionamiento de un dispositivo de red para transportar paquetes de medios, según la reivindicación 26 adjunta.

Si se desea, puede usarse un programa de *software* para implementar el método de la reivindicación 26 adjunta.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirán ejemplos de la invención en referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la Fig. 1 es un diagrama esquemático de una red simple que hace uso de la invención.

10 La Fig. 2 es un diagrama de bloques de un dispositivo de red que puede recibir, enviar y procesar paquetes de medios.

La Fig. 3 es un diagrama de bloques de un dispositivo lógico programable configurado para una síntesis de reloj directa.

La Fig. 4 es un diagrama de reloj que muestra una técnica de síntesis de reloj por modulación PWM.

15 La Fig. 5 es un diagrama de una forma de onda que muestra la modulación PWM.

La Fig. 6 es un diagrama de una forma de onda que muestra el efecto de la interrupción del reloj local de alta frecuencia.

La Fig. 7 es un diagrama de bloques de una implementación típica de la invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

20 Visión general de los componentes de la red

En referencia en primer lugar a las Figs. 1 y 2, una red 100 de datos comprende un dispositivo 102 de reloj maestro para generar una señal 104 de tiempo de sistema para la red 100.

25 Dos dispositivos 108 y 110 de red están conectados entre sí por medio de una red 106 de manera que pueden enviar y recibir paquetes de medios. Los dispositivos 108 y 110 de red están conectados también a dispositivos 112 y 114 de medios, respectivamente, los cuales pueden generar y/o reproducir señales de medios. El dispositivo 108 de red puede recibir y empaquetar señales de medios destinadas a enviarse en forma de paquetes de medios a través de la red 106. El dispositivo 110 de red puede recibir pactos y transmitir señales de medios contenidas en los paquetes de medios hacia el dispositivo 114 de medios. Los dispositivos 108 y 110 de red contienen, cada uno de ellos, un reloj local 122 y 124 y un reloj 123 y 125 de medios, respectivamente.

30 La red incluye un protocolo de tiempo de red (NTP) 120. Un NTP 120 es un conjunto de mensajes de red usados para sincronizar un reloj de un dispositivo con un reloj de otro dispositivo. En este caso, los relojes locales 122 y 124 están sincronizados con el reloj maestro 102 usando el NTP 120 y la señal 104 de tiempo de sistema. Los mensajes de red enviados por el NTP 120 incluyen el envío de paquetes sobre la red 106 que hacen referencia al tiempo del sistema. Existen varios NTPs convencionales conocidos, por ejemplo, el Protocolo de Tiempo de Precisión IEEE 35 1588, y el NTP IETF.

A partir de las señales de reloj local (es decir, señal de TOD Local) 126 y 128, respectivamente, se obtienen (es decir, se sintetizan) señales 130 y 132 de reloj de medios.

El NTP usa un intercambio bidireccional de mensajes para posibilitar el cálculo tanto de la desviación como de la velocidad del reloj.

40 La sincronización de la velocidad del reloj garantiza que la velocidad con la cual los dispositivos 108 y 110 de red envían y/o reciben paquetes de datos es la misma dentro de una precisión deseada. La sincronización de desviación del reloj garantiza que la diferencia de tiempo del reloj maestro 102 con respecto a los relojes locales 122 y 124 es la misma dentro de una precisión deseada. De esta manera, dos relojes cualesquiera en la red tienen un error delimitado de velocidad y desviación. La sincronización de velocidad garantiza también que la señal de medios es 45 producida y consumida por los dispositivos de red a una velocidad que se obtiene a partir de la velocidad del reloj maestro. La velocidad obtenida del dispositivo de red puede ser diferente con respecto a la velocidad obtenida por otro dispositivo de red en la red. La sincronización de velocidad y desviación permite que los relojes locales 122 y 124 compensen retardos variables (es decir, retardos en la recepción de paquetes de medios) y logren una sincronización más ajustada con independencia de la ubicación del dispositivo 108 y 110 de red en la topología de la 50 red 100.

El reloj local sincronizado 122 se usa para marcar mediante sellos de tiempo paquetes con el primer tiempo del sistema (que es también el tiempo local 126) en el cual la señal de medios contenida en el paquete se convirtió a formato digital por parte del conversor 140 de datos. Usando el sello de tiempo, el dispositivo 110 de red que recibe el paquete de medios puede coordinar el tiempo de reproducción correcto para las señales de medios.

5 Visión general del funcionamiento de la red

En referencia a la Fig. 1, se describirá a continuación el funcionamiento del dispositivo 108 de red emisor. Las señales de medios analógicas entrantes, producidas por el reproductor 112 de medios, llegan al conversor analógico a digital 140 del dispositivo 108 de red. La velocidad con la que el conversor analógico a digital 140 convierte la señal de medios viene gobernada por el reloj 130 de medios. La señal digital producida por el conversor analógico a digital 140 se traslada a una memoria intermedia 142 de empaquetamiento y marcado de datos con sellos de tiempo para su agrupación en paquetes de medios. Los paquetes de tiempo se marcan mediante sellos de tiempo con el primer tiempo del sistema en el cual la señal de medios contenida en el paquete se convirtió en formato digital.

El reloj local 122 aporta un control de velocidad, y un control de desviación al empaquetamiento y el marcado con sellos de tiempo de los paquetes de medios a través del enlace 130. Puesto que el reloj local 122 está sincronizado con el reloj maestro 102, la velocidad con la que se producen los paquetes de medios es la misma velocidad que la señal 104 de tiempo de sistema del reloj maestro 102. Esta será también la misma velocidad del reloj local 124 del dispositivo 110 de red receptor con lo que la velocidad a la que la red completa 100 produce y consume paquetes de medios está sincronizada. El reloj local 122 está sincronizado también con el reloj maestro 102 en cuanto a la desviación. El ajuste del tiempo local para sincronizarlo con el tiempo del reloj maestro 102 se logra usando una cantidad de desviación. La desviación de tiempo local con respecto a cierta época (por ejemplo, segundos desde 00:00:00 del 1 enero, 1970) sigue el tiempo del reloj maestro.

A continuación, los paquetes se trasladan al puerto 144 de red para su transmisión sobre la red 106 con vistas a distribuirlos en el dispositivo 110 de red.

A continuación se describirá el funcionamiento del dispositivo 110 de red receptor. Desde la red 106 se reciben paquetes entrantes en una memoria intermedia 148 de datos de compensación de fluctuaciones (que se describirá de forma detallada posteriormente) en la que los mismos se retardan para tener en cuenta la variación (o fluctuación) de latencia máxima esperada entre el emisor 108 y el receptor 110. El receptor 110 usa los sellos de tiempo de los paquetes recibidos para reordenar los paquetes si así fuera necesario. El receptor 110 puede alinear y combinar señales de medios recibidas de diferentes fuentes. Además, el dispositivo 110 determina también el tiempo de reproducción para las señales de medios. A continuación, las señales de medios se trasladan al conversor digital a analógico 150 para su conversión a formato analógico a una velocidad controlada por la señal 132 de reloj de medios del reloj 125 de medios. A continuación, la señal de medios se envía a un dispositivo 114 de medios, por ejemplo, para su reproducción.

El dispositivo 111 mostrado en la Fig. 2 puede llevar a cabo las funciones de los dos dispositivos 108 y 110 de red. Además, este dispositivo 111 de red se puede usar para procesar señales de medios en un formato digital. En este caso, se reciben paquetes de medios de uno o más emisores en el puerto 144 de red y los mismos se procesan dentro del dispositivo 111 de red en el procesador 146. Los sellos de tiempo de los paquetes de medios recibidos se usan para alinear las señales de medios digitales de los paquetes en cuanto al tiempo, si así fuera necesario. El procesado tiene lugar de manera que produce un conjunto nuevo de señales de medios digitales (por ejemplo, mezclando un conjunto de canales de audio en un par de canales estereofónicos izquierdo/derecho). Este procesado tiene lugar a la velocidad y con la desviación controladas por el reloj local 122/124 a través del enlace 149. Las señales de medios digitales nuevas se colocan en paquetes y se transmiten a una velocidad determinada por la señal de reloj local 149 y con sellos de tiempo que son determinados por la desviación del reloj local. A continuación, los paquetes procesados se retransmiten desde el puerto 144 de red. En lugar de generar un sello de tiempo nuevo para paquetes salientes desde el reloj local 122 y 124, también es posible copiar un sello de tiempo (es decir, la desviación) de un paquete entrante al paquete saliente, conservando así el tiempo en el que la señal de medios se generó originalmente. De esta manera, pueden procesarse señales de medios puramente en un dominio informático mediante los componentes incluidos en la referencia 147 los cuales pueden formar parte de un ordenador personal.

Los tics de cualquier reloj dejado por sí solo progresarán a una cierta velocidad que será ligeramente diferente para cada elemento de *hardware*. El proceso de disciplinar un reloj ajusta la velocidad y la desviación del reloj para que siga a otro reloj de referencia (en este caso el reloj maestro 102). A continuación, se describirá más detalladamente el proceso de sincronización y síntesis del reloj.

Sincronización de la velocidad del reloj local

La señal 126 de reloj local es una representación local de tiempo en el dispositivo 108 de red. El reloj local 122 y 124 se sincroniza con el reloj maestro de red de datos 102 usando el NTP 120. Las señales de reloj local 126 y 128 son generadas por un oscilador local. Incluso si todos los osciladores locales tienen la misma frecuencia nominal (por ejemplo, 12,288 Mhz), su frecuencia (o velocidad) real puede ser ligeramente diferente. Además, esta velocidad puede derivarse con el tiempo debido a efectos tales como variaciones de la temperatura ambiente. Un reloj local 122 y 124 se considera sincronizado con el reloj maestro 102 si su velocidad es realmente igual a la del reloj maestro 102 dentro de una precisión deseada.

La señal 126 y 128 de reloj local puede ser una señal eléctrica (por ejemplo, producida por un Oscilador de Control por Voltaje (VCO)) o se puede representar en forma de contadores de *software* mantenidos por un mecanismo de fecha/tiempo del sistema operativo. En todos los casos, la señal 126 y 128 de reloj local está gobernada (es decir, disciplinada) de manera que avanza (sus tics progresan) a la misma velocidad que el reloj maestro 102.

Sincronización de la desviación del reloj local

La señal 126 de reloj local acciona un reloj de hora del día (TOD) que se puede expresar en forma de un número de segundos desde una época. Por ejemplo, la versión 3 del Protocolo de Tiempo de Red (NTPv3), expresa el tiempo en forma de dos números de 32 bits correspondientes al número de segundos y una fracción de un segundo transcurridos desde las 00:00:00 del 1 de enero, 1900. El reloj de TOD se usa para marcar con sellos de tiempo los paquetes de medios. La época correspondiente a este reloj de TOD es una constante global para la red. La disponibilidad de un sello de tiempo global permite que señales de medios que se originan en fuentes diferentes se alineen en el tiempo y se combinen de manera precisa por parte del dispositivo 110 de red receptor, por ejemplo, para su reproducción. Se considera que un reloj local 122 y 124 está sincronizado en cuanto a desviación con respecto al reloj maestro 102 si su diferencia de tiempo con respecto al reloj maestro 102 es la misma dentro de una precisión deseada. Si la diferencia de tiempo entre el reloj maestro 102 y cualquier reloj local 122 y 124 es menor que 1/4 del periodo de muestreo (5 μ s para una señal de 48 Khz), entonces dos relojes locales cualesquiera 122 y 124 están sincronizados entre sí dentro de 1/2 del periodo de muestreo. Esto permite alinear de manera precisa, con vistas a su reproducción, muestras generadas simultáneamente en dos fuentes diferentes 112.

Cuando la señal 126 de reloj local es una señal eléctrica (por ejemplo de un VCO), los impulsos del reloj incrementan un valor de contador que representa el tiempo absoluto. El contador se puede leer para producir un sello de tiempo el cual se puede comparar con sellos de tiempo del reloj maestro 102 (por medio del protocolo 120 de tiempo de red) en un bucle de enganche de fase para lograr una sincronización (de desviación) del tiempo absoluto además de una sincronización de la velocidad.

Una sincronización precisa de la desviación del reloj requiere un protocolo de sincronización de tiempo de red con un intercambio bidireccional de mensajes. Esto permite que el reloj local 122 y 124 calcule el retardo de red entre él y el reloj maestro 102 y que lo compense.

Dos de los protocolos convencionales 120 de tiempo de red que se pueden usar con esta invención son el Protocolo de Tiempo de Red (NTP), y el Protocolo de Tiempo de Precisión IEEE 1588. La Versión 3 del NTP está ampliamente implementada y ha sido documentada por el Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF) en la RFC1305 en forma de una norma preliminar de internet. Puede encontrarse información adicional del NTP en <http://www.ntp.org/>. La IEEE 1588 es una norma publicada del IEEE (norma 1588-2002) y está disponible en <http://standards.ieee.org/>. Puede encontrarse información adicional sobre la IEEE 1588 en <http://ieee1588.nist.gov/>.

El NTP 120 del IETF se usa en sistemas de ordenadores de propósito general y puede alcanzar fácilmente una precisión de sincronización en el tiempo de milisegundos en una red de área local. El NTP 120 del IETF es accionado por dispositivos esclavos en el sentido de que una solicitud del dispositivo esclavo (es decir, en este caso el dispositivo 108 ó 110 de red) da como resultado un intercambio de mensajes bidireccional, lo cual permite que el dispositivo esclavo calcule tanto su desviación temporal con respecto al reloj maestro 102 como el retardo de red.

En esta invención, el IEEE 1588 es el protocolo 120 de sincronización de tiempo preferido aunque también pueden usarse muchos NTPs. En general, marcar con sellos de tiempo paquetes lo más cerca posible del tiempo de transmisión a recepción de la red reduce el error debido a fluctuaciones del sistema final. El marcado con sellos de tiempo se puede llevar a cabo (en orden de preferencia) en *hardware*, en un controlador de dispositivos o en una aplicación.

El IEEE1588 se diseñó para ser usado con sistemas industriales de control y medición, y es adecuado para una implementación de *hardware* precisa. Las implementaciones de *hardware* han demostrado lograr una precisión de sincronización en el tiempo por debajo de los microsegundos. La implementación de Relojes de Frontera IEEE 1588 en conmutadores elimina la fluctuación de paquetes de reloj cuando estos pasan a través de ellos. El IEEE 1588 usa frecuentes mensajes de multidifusión del dispositivo maestro para calcular la desviación. Usa un mensaje de solicitud y retardo menos frecuente del dispositivo esclavo, lo cual da como resultado un mensaje de respuesta de retardo proveniente del dispositivo maestro para calcular el retardo.

También puede soportar relojes maestros redundantes incluyendo un mecanismo en el que otro reloj maestro toma el control en caso de que el reloj maestro original 102 falle. La invención puede usar la combinación de dos redes IEEE 1588 independientes que tengan, cada una de ellas, su propio reloj maestro, por ejemplo, un estudio de grabación de Sidney, Australia, y un estudio de grabación en Melbourne, Australia. Estas dos redes pueden coordinar sus relojes maestros por medio de otro mecanismo, por ejemplo una sincronización de tiempo GPS. Esto permite que las dos redes compartan una noción de tiempo común y que se envíen entre ellas paquetes marcados con sellos de tiempo.

El sistema también se puede implementar usando un conjunto de dispositivos de red que se sincronizan con un dispositivo maestro, mientras que otro conjunto de dispositivos se sincronizan con un dispositivo maestro diferente en la misma red, o bien en momentos diferentes o bien simultáneamente. Como ejemplo, una caja de adaptación de un televisor sincronizada con una fuente de vídeo externa puede actuar como reloj maestro cuando se está viendo un vídeo, mientras que el amplificador de un sistema de audio puede actuar como reloj maestro para la música.

El protocolo 120 de tiempo de red intercambia mensajes a una velocidad regular (por ejemplo, cada 1 segundo). Haciendo que este intervalo no sea múltiplo de velocidades de muestreo de medios (es decir, 48 khz ó 44,1 Khz) se minimiza la posibilidad de que un paquete de medios se encuentre con paquetes de reloj y que les inflija fluctuaciones en una transmisión sobre la red 106.

En esta realización se describe de forma adicional el NTP IEEE 1588. En el protocolo IEEE 1588, el reloj maestro óptimo 102 y un reloj maestro de reserva (no mostrado) se eligen de entre un conjunto de candidatos potenciales. El reloj maestro elegido 102 puede ser un reloj local 122 de un dispositivo 108 de red. El reloj maestro de reserva usa el protocolo 120 de tiempo de red IEEE 1588 para sincronizar su reloj con el dispositivo maestro elegido 102. En el caso de que el dispositivo maestro falle 102, el dispositivo maestro de reserva toma el control y, a continuación, otros relojes locales que estaban sincronizados previamente con el reloj maestro elegido 102 se sincronizarán con el reloj maestro de reserva y la red 100 continúa funcionando sin interrupciones.

Síntesis del reloj de medios

La síntesis de un reloj es un problema ampliamente estudiado y pueden aplicarse varias técnicas para sintetizar un reloj 123 y 125 de medios a partir de la señal de reloj local, incluyendo una Síntesis Digital Directa (DDS), Osciladores Controlados Digitalmente (DCO) u Osciladores Controlados por Voltaje (VCO) controlados por un Conversor Digital a Analógico (DAC).

Una señal de medios digital tiene un reloj implícito. Para una señal de medios de audio, este puede ser la velocidad de muestreo de audio (por ejemplo, 48 kHz). Para una señal de medios de vídeo, puede ser el número de cuadros por segundo. El *hardware* que produce o consume señales de medios digitales usa normalmente un múltiplo de la velocidad de muestreo o velocidad de cuadros. Por ejemplo, los conversores analógicos-a-digitales 140 necesitan comúnmente un reloj que es 128x ó 256x la velocidad a la que se producen realmente las muestras de audio. A este múltiplo del reloj le denominamos reloj 123 y 125 de medios.

La síntesis del reloj de medios es el proceso de obtener una señal 130 y 132 de reloj de medios, es decir un reloj de palabras del conversor digital a analógico (DAC), a partir del protocolo 120 de tiempo de red.

Pueden usarse al menos tres técnicas para obtener un reloj de medios: (i) disciplinar directamente un reloj de *hardware* a partir del protocolo de tiempo de red, (ii) controlar un reloj 123 y 125 de medios modulado por anchura de impulsos con un reloj maestro 102 que se ha disciplinado con el NTP/1588, y (iii) controlar un temporizador de *software* a partir de un reloj maestro 102. Estas técnicas se describen a continuación.

(i) Síntesis directa del reloj

La síntesis directa del reloj de medios se puede implementar usando un dispositivo lógico programable tal como una matriz de puertas programable in situ (FPGA).

En referencia a la Fig. 3, el bloque sintetizador 200 de frecuencias genera el reloj local f_{LOCAL} a partir de una fuente de reloj f_{SRC} 199 bajo el control del protocolo 120 de tiempo de red. La relación de las frecuencias nominales de f_{SRC}/f_{LOCAL} es preferentemente superior a dos. Preferentemente, puede usarse cualquiera de dos implementaciones posibles del bloque 200 de síntesis de frecuencias para generar la frecuencia de reloj local f_{LOCAL} . Ambas implementaciones usan un acumulador de M bits.

En una primera implementación, el bit más significativo (MSB) del acumulador de M bits es una onda cuadrada de frecuencia f_{LOCAL} . No obstante, esta forma de onda experimenta fluctuaciones (es decir, está retardada) de $1/f_{SRC}$ siempre que el acumulador acumula un error de fase suficiente para dar salida a un impulso adicional. Si f_{SRC} se selecciona de manera que sea un múltiplo entero de f_{LOCAL} , entonces estos desplazamientos de fase se requieren solamente para compensar la desviación de frecuencia con respecto a la nominal y la deriva del reloj de la fuente f_{SRC} 199. Los mismos se producen a una frecuencia muy baja y, aunque son grandes, se ha demostrado que constituyen una fluctuación inaudible.

En la segunda implementación, usando la “Síntesis Digital Directa” (DDS) puede sintetizarse una fluctuación muy baja f_{LOCAL} . La DDS implica el uso de P bits significativos del acumulador de fase de M bits para direccionar una tabla de consulta de ondas sinusoidales. Esto a continuación se introduce en un DAC 208 cuya salida es una onda sinusoidal analógica de frecuencia f_{LOCAL} . Esta onda sinusoidal se filtra para eliminar armónicos, y se usa un comparador para generar un reloj local con una fluctuación muy baja. Esta frecuencia de f_{LOCAL} se puede sintonizar a la resolución de 2^M .

Para ambas implementaciones, la salida del bloque 200 de síntesis de frecuencias es el reloj local f_{LOCAL} . Esta señal se usa para accionar por impulsos de reloj un contador 202 de N bits. El contador 202 de N proporciona el reloj de TOD local y es usado por el marcador 204 de sellos de tiempo para marcar con sellos de tiempo paquetes de medios y del protocolo de tiempo de red enviados y recibidos. La frecuencia de reloj local se divide adicionalmente por medio del divisor 206 de frecuencia para generar el reloj de medios f_{MEDIOS} , el cual acciona el ADC/DAC 208. Alternativamente, la señal de reloj local f_{LOCAL} se podría proporcionar directamente al ADC/DAC 208 desde el bloque de síntesis de frecuencias. En este caso, no habría ninguna señal de reloj de medios independiente. En su lugar, la señal de reloj local se podría usar para controlar la velocidad con la que las señales de medios son producidas y consumidas por el dispositivo de red.

El método es el siguiente:

1. El protocolo de tiempo de red funciona a intervalos de T segundos y calcula la desviación O entre los relojes local y maestro. Esta desviación puede ser un resultado tanto de una desviación de tiempo entre el reloj local y el maestro, como un error de desviación debido a una diferencia de frecuencia entre los dos relojes. Se calcula una frecuencia f_{LOCAL} a la que es necesario que trabaje el reloj local durante los siguientes T segundos para compensar este error de la manera siguiente:

$$f_{LOCAL} = f_{LOCAL_NOMINAL} + O/T$$

2. Se calcula una palabra de sintonización del acumulador de fase

$$TW = 2^M * f_{LOCAL}/f_{SRC}$$

donde TW es la entrada al acumulador 200 de M bits y se añade a su salida cada $1/f_{SRC}$ segundos. El protocolo NTP procesa en el tiempo los mensajes de protocolo de tiempo de red y usa los sellos de tiempo de transmisión y recepción generados localmente para calcular una palabra de sintonización (TW) actualizada. Los ajustes de la palabra de sintonización se pueden suavizar para eliminar el impacto de la fluctuación en las desviaciones de tiempo debidas a la fluctuación de red usando un PLL, en lugar de realizar ajustes instantáneos.

(ii) Síntesis del reloj mediante modulación por anchura de impulsos (PWM)

La técnica de síntesis del reloj por PWM como síntesis del reloj de medios puede usar chips 220 y 222 de procesador digital (DSP) disponibles comercialmente (véase la Fig. 4), un reloj de hora del día disciplinado mediante NTP ó IEEE 1588 según se encuentra en muchos sistemas operativos embebidos, una fuente 199 de reloj local de alta frecuencia (f_{SRC} Hz), un pin de salida del contador de PWM y un contador programable que puede generar interrupciones cada P 180 ciclos del reloj local de alta frecuencia. El contador de PWM se puede programar para dar salida repetidamente a un nivel ALTO lógico durante un contaje de M ciclos de f_{SRC} , y a continuación un nivel BAJO lógico durante N ciclos de f_{SRC} .

Tal como se muestra en las Figs. 5 y 6, el método implica:

1. Estimar, tal como se ha descrito anteriormente, la frecuencia del reloj local de alta frecuencia f_{SRC} 199 usando el contador programable 220. Por ejemplo, si el contador programable genera una interrupción cada P ciclos de reloj y el reloj de hora del día del sistema se registra cada vez que se recibe una interrupción, puede estimarse f_{SRC} :

$$f_{SRC} = P / (t_{INTERRUP[N+1]} - t_{INTERRUP[N]})$$

2. Calcular valores nominales del contador de PWM para N 181 y M 182 que producirán una frecuencia de reloj lo más próxima posible a la f_{MEDIOS} deseada:

$$(N + M) = f_{SRC} / f_{MEDIOS}$$

3. Fijar el contador programable para lanzar una interrupción cada $P = k * (N + M)$ ciclos de f_{SRC} tal como se muestra en la Fig. 6.

Cada vez que se dispara esta interrupción, se actualizan los valores de M 182, N 181 y P 180. Para un sistema de audio, P 180 se selecciona preferentemente de manera que la fluctuación introducida mediante ajustes del reloj es inaudible (por ejemplo, una velocidad de interrupción de 1 Hz). Obsérvese que en cada periodo de actualización del reloj, el reloj se puede corregir en múltiplos de k/f_{SRC} segundos.

4. Inicializar el error residual del reloj sintetizado (por ejemplo, a cero):

$$E_{\text{RESIDUAL}} = 0$$

5. Cada vez que se dispara la interrupción:

- a. Estimar la velocidad del reloj de fuente f_{SRC} como en la etapa 1.

- 5 b. Calcular nueva $(M + N) = f_{\text{SRC}} / f_{\text{MEDIOS}}$.

- c. Calcular el error entre el reloj sintetizado y el reloj de hora del día.

$$t_{\text{ESPERADO}} = t_{\text{INTERRUP}[N]} + k/f_{\text{MEDIOS}}$$

$$E = t_{\text{ESPERADO}} - t_{\text{INTERRUP}[N+1]}$$

- d. Sumar error calculado a error residual del reloj sintetizado

10
$$E_{\text{RESIDUAL}} = E_{\text{RESIDUAL}} + E$$

- e. Amortizar el error residual de reloj sobre los siguientes k periodos del reloj de medios

$$(M + N) = (M + N) + \text{cociente}(E_{\text{RESIDUAL}} / (k/f_{\text{SRC}}))$$

$$E_{\text{RESIDUAL}} = \text{resto}(E_{\text{RESIDUAL}} / (k/f_{\text{SRC}}))$$

- f. Programar el contador de PWM con los valores nuevos correspondientes a N y M .

- 15 g. Actualizar el valor de $P = k * (M + N)$.

- h. Programar el periodo de interrupción con el valor nuevo de P .

(iii) Sistemas de solo *software*

20 El planteamiento del sistema de solamente *software* para una síntesis del reloj de medios es aplicable en sistemas que no disciplinan un reloj 123 y 125 de medios de *hardware*. Un reloj maestro 102 de *software* es un temporizador implementado en *software*. El temporizador es una característica común de los sistemas operativos. Una aplicación puede solicitar su señalización después de que hayan transcurrido T microsegundos, o puede solicitar su señalización en un instante de TOD particular (futuro). Es un ejemplo un ordenador de propósito general que envía datos de audio empaquetados provenientes de un archivo a través de una red. El "reloj de medios" en estos sistemas es el temporizador usado para planificar la transmisión del siguiente paquete de medios. Resultará evidente que puede hacerse que un temporizador de *software* siga al reloj de TOD local sincronizado.

25 Un planteamiento para implementar un sistema de este tipo es:

1. $T = 1/f_s$ – el periodo del reloj de muestreo

S_{PP} = número de muestras por paquete (por ejemplo, 10)

Registrar un tiempo de inicio $t_{\text{INICIO}} = \text{Leer-valor-actual-TOD}()$

- 30 Inicializar un contador de paquetes $n_{\text{PKTS}} = 0$

2. Fijar temporizador para dispararse en $S_{\text{PP}} * T$ segundos a partir de este momento

3. [EL TEMPORIZADOR SE DISPARA]

Enviar un paquete con S_{PP} muestras de datos de audio

$$n_{\text{PKTS}} = n_{\text{PKTS}} + 1$$

- 35 $t_{\text{ESPERADO}} = t_{\text{INICIO}} + n_{\text{PKTS}} * T * S_{\text{PP}}$

$$t_{\text{AHORA}} = \text{Leer-valor-actual-TOD}()$$

4. Fijar temporizador para dispararse en $S_{\text{PP}} * T - (t_{\text{AHORA}} - t_{\text{ESPERADO}})$ segundos a partir de este momento

5. Volver a la etapa 3 cuando el temporizador se dispara.

40 En muchos sistemas, no está siempre garantizado que los temporizadores de *software* lleguen a tiempo. Si un temporizador de *software* del tipo mencionado llega tarde, puede que no se hayan enviado los paquetes debido a que la señal del temporizador no llegó. En este caso, el sistema "se pone al día" enviando los paquetes que no

fueron enviados. Resultará evidente que un sistema en el cual los temporizadores se pueden disparar más tarde que el tiempo correspondiente a un paquete con respecto al momento en el que está planificada su llegada necesitará enviar paquetes adicionales en la etapa 3 de manera ocasional con el fin de ponerse al día después de llegadas tardías del temporizador.

5 Sincronización de la desviación del reloj de medios

La sincronización de la desviación del reloj de medios se logra:

1. contando tics del reloj de medios desde un tiempo de inicio nominado,
2. calculando periódicamente un tiempo absoluto del reloj de medios
($T = \text{tiempo-inicio} + N \cdot \text{periodo_reloj_medios}$),

10 3. comparando el tiempo absoluto del reloj de medios con el tiempo del reloj maestro para producir una diferencia de tiempo, e

4. incrementando o decrementando la frecuencia del reloj de medio para minimizar la diferencia de tiempo.

15 Para incrementar o decrementar la frecuencia del reloj de medios y, así, implementar este bucle de control, se puede utilizar una amplia variedad de técnicas conocidas de bucle de enganche de fase. El proceso de contar tics del reloj de medios desde un tiempo de inicio designado asigna un tiempo absoluto a cada flanco del reloj de medios y el bucle de control actúa para garantizar que los flancos del reloj de medios están alineados con el reloj maestro.

20 Con fines ilustrativos, el contador 202 en la Fig. 3 cuenta impulsos de f_{LOCAL} (un múltiplo de f_{MEDIOS}). Este conteo en combinación con tiempo de inicio se usa para producir un reloj de TOD local. A continuación, los sellos de tiempo que se toman usando el reloj de TOD local se comparan con sellos de tiempo del reloj maestro de los mensajes 121 del protocolo de tiempo de red, y la diferencia se usa para actualizar la palabra de sintonización (TW) 200 de DDS variando, así, la frecuencia y la desviación del reloj de medios.

Esquema de QoS de restricción de la fluctuación

25 En relación con la sincronización de los relojes, puede usarse un esquema de QoS para controlar la fluctuación y el retardo totales en una red. Los componentes típicos de una técnica de esquema de QoS de una red de medios usada para esta invención incluyen:

1. Clasificación de paquetes de acuerdo con la prioridad

Esta se puede implementar inspeccionando campos de paquetes (por ejemplo, bits de prioridad 802.1Q, Punto de Código de Servicios Diferenciados IP, números de puerto UDP ó TCP) fijados por la fuente. Los paquetes no etiquetados con un valor de prioridad se clasifican como tráfico “del mejor esfuerzo”.

30 2. Reenvío acelerado de paquetes de alta prioridad

35 En este planteamiento, los paquetes de alta prioridad se transmiten de forma preferencial, minimizando el tiempo que los mismos pasan esperando en colas en conmutadores de la red 106. Hay disponibles comúnmente varios mecanismos, que incluyen una planificación de “Prioridad Estricta” y de “Espera Equitativa Ponderada”. Una fuente también puede implementar un planificador de prioridades con lo cual garantiza que los paquetes de alta prioridad se transmiten de manera preferencial.

3. Evitación de la sobresuscripción de la red usando control de admisión

40 Para garantizar un límite superior dado para la fluctuación y para garantizar que la red se hace funcionar dentro de la capacidad disponible total, se imponen límites sobre la utilización máxima de la red de cada clase de tráfico. Los clientes pueden usar un protocolo de señalización tal como el RSVP para descubrir si la red soportará flujos de red adicionales antes de transmitir paquetes hacia la misma. En topologías de red simples en las que una red de conmutadores está conectada por medio de un esqueleto troncal sobredimensionado, el enlace entre el cliente y el conmutador del siguiente salto es el cuello de botella. En este caso el cliente puede llevar a cabo una comprobación de admisión local sin necesidad de usar la señalización RSVP salto a salto.

Tres planteamientos para técnicas de QoS en una red que transmite audio digital:

45 1. Tres niveles de prioridad – sin soporte de NTP/1588 en el conmutador

- | | |
|---------------------|---|
| Prioridad más Alta: | tráfico del protocolo de tiempo de red (NTP/1588) |
| Prioridad Media: | paquetes que contienen datos de audio digital |
| Prioridad más Baja: | tráfico del mejor esfuerzo |

El reenvío acelerado se habilita usando la Espera Equitativa Ponderada o la Prioridad Estricta. Los paquetes del reloj de prioridad más alta pueden seguir experimentando ciertas fluctuaciones debido a quedar esperando en la cola por detrás de paquetes de baja prioridad que ya están en tránsito en un conmutador. Aunque, para mejorar el rendimiento, se puede usar el filtrado de paquetes con fluctuaciones, esto reduce la precisión de sincronización del reloj que puede lograrse. El diámetro de la red (número máximo de saltos) se limita típicamente de manera que quede dentro de la precisión de sincronización del reloj, la latencia de extremo-a-extremo y la precisión de alineación deseada de las muestras en la red. Esto puede ser necesario solamente para ciertos trayectos críticos de la red, siendo aceptables requisitos de temporización más laxos en otros trayectos. El requisito de ancho de banda para un flujo continuo de audio se puede calcular conociendo su profundidad de bits y su velocidad de muestreo. El mecanismo de control de admisión se usa para garantizar que el ancho de banda requerido por la suma de todos los flujos continuos que atraviesan cualquier enlace particular de la red no supera la capacidad del enlace.

2. Dos niveles de prioridad – relojes de frontera 1588 en conmutadores

Si el conmutador de la red soporta el protocolo de red IEEE 1588, el mismo consumirá y regenerará los paquetes del protocolo de tiempo de red en lugar de reenviarlos. En este caso, son necesarios solamente dos niveles de prioridad:

Prioridad más Alta: paquetes que contienen datos de audio digital

Prioridad más Baja: tráfico del mejor esfuerzo

El reenvío acelerado se habilita usando la Prioridad Estricta o la Espera Equitativa Ponderada. El requisito de ancho de banda para un flujo continuo de audio se puede calcular conociendo su profundidad de bits y su velocidad de muestreo. El mecanismo de control de admisión se usa para garantizar que el ancho de banda requerido por la suma de todos los flujos continuos que atraviesan cualquier enlace particular de la red no supera la capacidad del enlace.

3. Red solamente de audio, sobredimensionada

Para redes con pocos dispositivos, pocos canales de audio y construida usando enlaces de alta velocidad, tales como un conjunto de dispositivos conectados a un único conmutador de Ethernet de gigabits, la red dispone de más capacidad que la requerida. Siempre que la red esté transportando solamente audio y tráfico del protocolo de tiempo de red, no son necesarios los esquemas de prioridad, el reenvío acelerado y el control de admisión. Esto es debido a que la red tiene una carga tan ligera que no introduce ninguna fluctuación significativa.

La lista anterior de esquemas de QoS para transmitir datos de audio digital no es exhaustiva, y se puede ampliar para soportar tráfico de vídeo o múltiples clases de tráfico de audio con diferentes requisitos de latencia añadiendo niveles de prioridad adicionales.

Tiempo de reproducción

Los receptores 110 calculan un tiempo de reproducción sumando un intervalo de tiempo de latencia, que compensa la fluctuación de la red y errores de temporización, al sello de tiempo de la fuente. La latencia adicional requerida se puede medir fácilmente en cada receptor 110 examinando los sellos de tiempo entrantes de cada fuente diferenciada con respecto al reloj local 124. Antes se pueden enviar datos pre-registrados confiando en que el receptor use el sello de tiempo para calcular el tiempo de reproducción correcto. Se pueden soportar fácilmente secuencias de datos basados en eventos, tales como órdenes de control MIDI o de iluminación.

Un tiempo de reproducción apropiado se puede representar como AHORA+D. El valor correspondiente a D se puede estimar registrando la diferencia del peor de los casos entre el tiempo en el que se recibió un paquete (medido mediante la toma de un sello de tiempo usando el reloj local en el instante en el que llega el paquete) y el sello de tiempo aplicado en el paquete por el emisor 108.

Datos de audio pre-registrados, o secuencias de eventos se pueden enviar con un sello de tiempo en el futuro, posibilitando que los mismos sean almacenados en memoria intermedia por el receptor 110 hasta que llegue el tiempo de reproducción. Por ejemplo, considérese un control de iluminación. El mensaje ENCENDER se puede enviar a tres luces diferentes, una tras otra, con el fin sello de tiempo, 1 segundo en el futuro a partir de ahora. Cada una de las luces almacenará en memoria intermedia el mensaje hasta que llegue el tiempo de reproducción, y aunque los mensajes se enviaron en momentos diferentes, todas las luces se encenderán al mismo tiempo. En otro ejemplo que implica una secuencia de mensajes, puede enviarse un mensaje ENCENDER a una luz con un sello de tiempo de AHORA+1s e inmediatamente se puede enviar un mensaje APAGAR a la misma luz, pero con un sello de tiempo de AHORA+10s. La luz procesa cada mensaje cuando llega el tiempo de reproducción, encendiendo la luz durante 9 segundos en el segundo uno después de que se enviaron los mensajes. En este ejemplo, los mensajes de control de iluminación se envían "antes", con sellos de tiempo en el futuro.

Memorias intermedias 142 y 148 de datos de compensación de fluctuaciones

- El tiempo de reproducción para un paquete particular debe tener en cuenta retardos de transmisión de la red, errores de sincronización del protocolo de tiempo de red, errores de síntesis del reloj de medios, fluctuaciones del temporizador del emisor y fluctuaciones de la red. El tiempo de reproducción de paquetes recibidos se debe retardar suficiente para permitir una llegada tardía de paquetes debida a cualquiera de estos motivos. La longitud de la memoria intermedia 148 de compensación de fluctuaciones se debe preparar de acuerdo con el retardo máximo esperado de extremo-extremo entre el emisor 108 y el receptor 110 de tal manera que no se produzca ningún subdesbordamiento de la memoria intermedia. Los paquetes que llegan se almacenan en la memoria intermedia 148 de datos de compensación de fluctuaciones hasta que llegue el tiempo de reproducción.
- Por ejemplo, si los paquetes se pueden retardar como mucho D microsegundos viajando entre la fuente y un receptor, el sistema puede seleccionar de forma segura un tiempo de reproducción de AHORA+D microsegundos. Los paquetes que se reciben entre AHORA y AHORA+D se almacenan en la memoria intermedia para garantizar que antes de que llegue el tiempo AHORA+D, se hayan recibido todos los paquetes retardados. La reproducción de cada paquete se produce en los D microsegundos después del sello de tiempo que contiene.
- Cada receptor 110 determinará independientemente un tiempo de reproducción apropiado para el audio de un emisor particular 108. Bajo control del sistema, dos receptores 110 pueden seleccionar la sincronización de sus tiempos de reproducción. Por ejemplo, los canales derecho e izquierdo de un equipo estereofónico doméstico seleccionarían el mismo tiempo de reproducción para el sonido del canal derecho e izquierdo con vistas a su sincronización. Los receptores 110 en diferentes partes de la red también pueden seleccionar tiempos de reproducción que difieran. Por ejemplo, en un concierto en directo, el retardo desde el intérprete al altavoz que proporciona la mezcla de los músicos es crítico, por lo que la red se diseñaría (es decir, garantizando que se usan enlaces de alta velocidad y que se minimiza el número de saltos de conmutación) de tal modo que el retardo de red en este trayecto sea mínimo y el altavoz usa un tiempo de reproducción anterior. Por otro lado, el retardo hasta los altavoces de refuerzo de la sala es menos crítico y puede implicar más saltos de red. Estos receptores podrían usar un tiempo de reproducción más tardío que el altavoz de los músicos. Además, matrices de altavoces de refuerzo en una sala también podrían seleccionar retardos de reproducción diferentes seleccionados de tal modo que la relación de fase entre ellos dé como resultado una escucha óptima.
- También pueden usarse sellos de tiempo de fuentes para alinear y combinar datos de fuentes diferentes incluso cuando los retardos a través de sus trayectos de red respectivos hasta el receptor sean diferentes, por ejemplo en la mezcla de audio. La reproducción de audio también se puede sincronizar con datos que no sea de flujo continuo, tales como MIDI, alineando los sellos de tiempo de los datos MIDI con los sellos de tiempo de los datos de audio. Se aplica lo mismo para cualquier control con sellos de tiempo de medios, vídeo e iluminación. Un receptor dado 110 puede escoger tiempos de reproducción diferentes para cada canal de audio según se ha descrito anteriormente. Si el sistema estuviese minimizando la latencia a través de la red 100 para cada canal de audio independientemente, entonces el retardo (D) se puede estimar para cada canal y el tiempo de reproducción AHORA+D se puede calcular para cada canal por separado. La funcionalidad anterior no es posible si los paquetes de audio se marcan mediante sellos de tiempo con un tiempo de reproducción, en lugar del tiempo generado.
- Una implementación en un sistema de ordenador de propósito general requiere una latencia de compensación de fluctuaciones del orden de 5-10 ms, principalmente debido a fluctuaciones del temporizador en el sistema emisor y a errores de sincronización del NTP. La latencia mínima de compensación de fluctuaciones para un sistema sincronizado de manera ajustada (por ejemplo, una implementación de *hardware* que use IEEE 1588) es un tiempo de un paquete entre llegadas – justo cuando se consume el paquete actual, llega el siguiente paquete.
- Puesto que los paquetes de medios se generan a intervalos regulares, si todas las fuentes conectadas a un conmutador generan un paquete al mismo tiempo, los mismos pasarían a través del conmutador en forma de un grupo. Si, a continuación, este grupo de paquetes se encuentra con un grupo similar de paquetes en el siguiente salto de conmutación, entonces la latencia a través de una conmutación se incrementaría en cada asalto. Para evitar este efecto, el emisor 108 aleatoriza los tiempos de inicio y, después de esto, genera paquetes a una velocidad regular con respecto a este tiempo de inicio aleatorio a la velocidad gobernada. Esto ayuda a reducir los cuellos de botella en la red 106.
- Más de un emisor 108 puede enviar paquetes a través de la red 106 en cualquier momento dado – de acuerdo con el modo habitual de funcionamiento de redes por conmutación de paquetes como Ethernet. La latencia de red máxima con la que se encuentran los paquetes de audio entre cualquier emisor 108 y un receptor 110 se puede delimitar usando técnicas ampliamente conocidas de Calidad de Servicio (QoS). Estas incluyen el uso de un control de admisión para limitar el número de flujos continuos de audio sobre cada enlace así como el despliegue de técnicas de planificación en conmutadores para priorizar paquetes de audio con respecto a otros datos que no sean de tiempo real tal como se ha descrito anteriormente. Por lo tanto, un sistema con una sincronización ajustada del reloj y con QoS en la red debería poder lograr una latencia de extremo-a-extremo menor que un sistema con una sincronización de reloj más flexible y sin QoS. Una implementación en un sistema de ordenador de propósito general requiere una latencia de compensación de fluctuaciones del orden de 5-10 ms que es debida, principalmente, a fluctuaciones del temporizador en el sistema emisor y errores de sincronización del NTP.

La arquitectura de la invención soporta también datos que no se transmiten en flujo continuo y que requieren sincronización del tiempo. Son ejemplos el MIDI y el control de iluminación.

Ejemplo

5 La Fig. 6 es un diagrama de bloques de una aplicación típica de la invención. El dispositivo 102 de reloj maestro produce una señal 104 de tiempo de sistema que se retransmite a los dispositivos 108, 110 y 111 de red. Estos dispositivos de red pueden estar conectados a una variedad de dispositivos 112 y 114 de medios tal como se muestra en la presente, o, alternativamente, pueden estar incorporados en el dispositivo de medios. Algunos de los dispositivos de medios pueden ser fuentes digitales 112 ó micrófonos 170 de fuentes analógicas y una guitarra 172. Otros pueden ser dispositivos 114 de reproducción de audio, tales como altavoces 174 y el altavoz redundante 176. 10 Todavía otros pueden ser dispositivos de procesamiento de medios, tales como una consola 178 de sonido MIDI, un mezclador 160 ó un módulo 179 de control de iluminación. Para grabar y enviar audio puede usarse un ordenador 162, y el mismo también se puede usar para enviar señales de órdenes MIDI y de iluminación. Otro ordenador 164 se puede usar como consola de configuración para la red 100.

15 La invención soporta una amplia variedad de dominios de aplicación desde dispositivos de bajo coste con requisitos de temporización laxos, tales como la distribución de audio en un aeropuerto, hasta sistemas profesionales de producción de audio que requieren una temporización precisa de muestras multi-canal. Otras aplicaciones adecuadas de la invención incluyen un sistema de sonorización, sistemas de música en directo, estudios de grabación incluyendo estudios de grabación profesionales y domésticos, y sistemas de cine en casa.

Ventajas de la invención

20 Costes de cableado reducidos – usando esta invención, cada cable de la red puede transportar múltiples canales, lo cual conduce a una complejidad y unos costes de cableado reducidos. Además, los cables pueden contener una mezcla de enlaces de diferente velocidad, tales como enlaces de dispositivos de baja velocidad y un esqueleto troncal de alta velocidad. En un ordenador puede proporcionarse una interfaz sencilla para equipos que requieran muchos canales, proporcionando un tiempo de configuración reducido, e incluyendo una conexión de tipo *Plug and Play*. 25

La “manguera de audio” (“audio snake”) es un componente común de los sistemas de audio. Se trata de un haz de cables de audio envueltos en una camisa y que termina con racimo de conectores o un panel de conexiones. Entre los enchufes del panel de conexiones y los conectores del racimo existe una correspondencia de uno-a-uno. Una manguera de audio es un cable caro debido al alto coste de los conectores y al trabajo que conlleva la terminación de los muchos cables. El uso de Ethernet reduce enormemente el coste del cableado y reduce el número de conectores. 30

El cableado de los altavoces transporta señales de audio de alta potencia. Los altavoces son dispositivos de impedancia bastante baja (típicamente 4 u 8 ohmios) y las impedancias altas de los cables provocan pérdidas de potencia y hacen que cambie la respuesta frecuencial del altavoz. Cada metro de cable en un tramo largo se añade a la impedancia del cable. El cable de altavoz de baja impedancia es grueso y caro. Cuanto más cerca del altavoz esté el amplificador de potencia, menores serán las pérdidas. La colocación del amplificador de potencia en el interior del altavoz es una práctica cada vez más común, pero requiere el encaminamiento de alimentación y de la señal de audio a cada altavoz. La configuración en red del audio digital según es utilizada por la invención es una forma escalable de encaminar fuentes de audio a altavoces alimentados. 35

40 Mantenimiento más sencillo – Usando la invención, el cambio de un equipo de un puerto de red a otro puerto no requiere cambiar la configuración del encaminamiento de audio. Esto se sitúa en contraposición con soluciones de configuración de audio en red en las que el encaminamiento de audio se configura salto-a-salto en cada “conmutador”. El cambio de la ubicación de un dispositivo en dichos sistemas implica o bien un recableado para conseguir que parezca que el dispositivo se encuentra todavía en la ubicación antigua, o bien una reconfiguración de los “conmutadores” para enviar el audio a la ubicación nueva, en lugar de la ubicación antigua. Los “conmutadores” en sistemas de este tipo no encaminan conceptualmente paquetes (por ejemplo, como lo haría un conmutador de Ethernet), más bien encaminan canales de audio. 45

La producción de una pista de audio no es cuestión de configurarla y olvidarse de ella. Un ingeniero de sonido en una consola de mezcla ajusta los niveles de cada instrumento, aplica fundidos entre diferentes pistas y ajusta efectos durante cada pista para obtener el mejor sonido combinado a partir de las fuentes grabadas. Estos ajustes pueden considerarse parte de la interpretación final. La grabación y la reproducción de las acciones del ingeniero de sonido evita una repetición tediosa y reduce los errores. Una red de audio facilita el transporte de órdenes de mezclador automatizadas o grabadas a equipos conectados a la red (por ejemplo, ecualizadores, procesadores de efectos). 50

55 Escalabilidad – Por lo menos una realización de la invención proporciona una arquitectura de red de multidifusión que se puede escalar a miles de receptores, soportando grandes recintos tales como estadios deportivos.

Flexibilidad – La invención se puede implementar en una variedad de diferentes situaciones tal como se ha descrito

anteriormente. Esto incluye implementaciones en *hardware* de alta calidad que requieren una baja latencia y una temporización precisa de las muestras. La temporización precisa de las muestras es la capacidad de dos (o más) dispositivos conectados a una red de reproducir una muestra de audio al mismo tiempo – dentro de un periodo de muestreo individual del audio digital. Por ejemplo, los altavoces izquierdo y derecho deben reproducir audio de manera sincronizada, si no se generará una reproducción deficiente del sonido. Una temporización precisa de las muestras garantiza que datos de audio digitales de los canales izquierdo y derecho y que tienen el mismo sello de tiempo se reproducirán en los altavoces izquierdo y derecho al mismo tiempo, dentro del periodo de tiempo correspondiente a una muestra individual. Las muestras con el mismo sello de tiempo se “alinearán en el tiempo” en el momento en el que se reproduzcan en todos los dispositivos conectados a la red. Con las velocidades de muestreo más altas soportadas por los sistemas de audio en la actualidad (192 kHz), esto se traduce en una precisión de sincronización en el tiempo de aproximadamente 1 microsegundo. Por otro lado, las implementaciones de *software* austeras con una temporización relajada pueden seguir enviando y recibiendo datos de audio en la red.

Permitir diferentes mezclas de audio – La invención tiene aplicaciones en situaciones en las que hay diferentes mezclas de audio provenientes de diferentes altavoces, tales como una “Mezcla de la Audiencia” y una “Mezcla de los Músicos”. Por ejemplo, los músicos que actúan en directo (por ejemplo, una banda de rock) usan comúnmente amplificación para elevar el nivel de sonido para la audiencia. La “Mezcla de la Audiencia” es una señal de audio que contiene todos los instrumentos y voces que se reproducen por los altavoces para la audiencia. En ocasiones, a la “Mezcla de la Audiencia” se le denomina mezcla del “Auditorio”. No obstante, los músicos también necesitan oírse claramente a sí mismos para tocar bien. La “Mezcla de los Músicos” es la señal de audio amplificada y reproducida por los altavoces que están apuntando hacia los músicos en el escenario. Normalmente, cada músico tiene un altavoz y una mezcla individual en los que su instrumento está más alto que los otros. Usando la invención, un aumento de diez veces del ancho de banda deriva en una reducción de diez veces de la latencia, y un aumento de diez veces del número de canales.

Usando redes tales como las redes de Ethernet, la invención permite una intercomunicación directa con equipos de ordenador. Los ordenadores convencionales pueden participar en el protocolo de temporización de la red y permanecer en sincronización con otros dispositivos de la misma. El uso del UDP/IP para la encapsulación de datos de audio permite intercomunicarse con sistemas de ordenador. Usando la interfaz de ordenador, se simplifica también el movimiento de un equipo.

En sistemas tradicionales, cada tipo de enlace de audio digital tiene un formato de datos diferente, un cableado diferente y diferentes enchufes. El resultado es que los equipos de audio tienen habitualmente una variedad de diferentes conectores y enchufes para transportar los mismos datos de audio básicos codificados por PCM. Cada componente de un sistema de audio debe tener un conjunto cruzado de conectores con otro componente del sistema de audio. Habitualmente, es necesario configurar cada componente del sistema con información básica como la velocidad de muestreo y la profundidad de bits. La configuración del audio digital en red según es usada por la invención proporciona una forma de transportar flujos continuos de audio de diferentes tipos a través de una red común. Además, la misma red puede usarse para transportar información de tiempo de la red.

Soporte para datos MIDI – A la Interfaz Digital para Instrumentos Digitales se le hace referencia como MIDI. La acción de pulsar y soltar teclas en un piano electrónico genera mensajes MIDI que describen la altura tonal, la duración y la velocidad de cada nota tocada. La MIDI es una tecnología de interconexión popular utilizada actualmente en áreas diferentes al control de instrumentos. En la actualidad, se usa para controlar unidades de efectos de audio (reverberación, ecualización, etcétera), equipos de iluminación, y para parámetros de configuración para equipos musicales. Esta invención soporta la transmisión de datos de eventos, como la MIDI, a través de una única red de audio.

Temporización precisa para MIDI – La normativa MIDI especifica un cable serie de 31,25 kbaudios/segundo que soporta 16 canales. El bajo ancho de banda del bus tiene dos efectos: en primer lugar, limita el número de eventos de control que se pueden enviar, y en segundo lugar, la temporización de eventos simultáneos se ve deteriorada a medida que aumenta la carga del bus. Estas dos cuestiones se evitan rutinariamente usando múltiples buses MIDI.

La temporización precisa de eventos MIDI a la salida de cada puerto se logra mediante una sincronización de reloj entre el PC y la caja MIDI, e incorporando información de temporización en los eventos MIDI que viajan a través, por ejemplo, de un bus USB. Una red de audio digital puede sustituir el bus USB, y, además, puede transportar directamente eventos MIDI a los dispositivos que los consumen con una temporización precisa.

Errores de Temporización – Los errores de temporización pueden dar como resultado errores de fase en la salida de audio. El oído humano es altamente sensible a errores de fase y puede detectar cambios en sonidos producidos por errores de temporización de menos de un milisegundo. La invención soporta a una temporización precisa en el tiempo para datos MIDI y de audio permitiendo alcanzar una sincronización ajustada.

Capacidad de comunicación entre entidades pares – Los sistemas de audio actuales están centralizados. Todos los datos de audio de las fuentes se encaminan habitualmente a una mesa de mezclas, son procesados y a continuación se proporcionan a altavoces. Una arquitectura de una red de audio de comunicación entre entidades pares elimina el requisito de una mesa de mezclas centralizada – los sumideros de audio pueden localizar y

consumir datos de audio directamente.

5 Una arquitectura de una red de audio digital de comunicación entre entidades pares también hace que la grabación de datos de audio digitales sea más sencilla. Un grabador puede localizar y recibir todas las fuentes de datos de audio en la red. Esto se habilita para un dispositivo de grabación autónomo o para *software* de producción de audio basado en PC.

10 Las tecnologías de configuración en red de datos se centran en una comunicación fiable libre de errores. Como ejemplo, Ethernet cuenta con un alto ancho de banda, bajas tasas de errores de bit y un cableado de bajo coste. Además, la robustez contra fallos de los componentes es importante en sistemas de comunicación críticos. Hay disponible una amplia variedad de técnicas de protocolo para realizar una conmutación por fallos entre enlaces y servicio redundantes.

Aunque la invención se ha descrito en referencia a ejemplos y aplicaciones particulares, debe apreciarse que la misma se puede poner en práctica adoptando muchas otras formas y para muchas otras aplicaciones.

15 Aquellos expertos en la técnica apreciarán que, en la invención, se pueden aplicar numerosas aplicaciones y/o modificaciones, según se muestra en las realizaciones específicas, sin desviarse con respecto al alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Red (100) de datos adecuada para transportar paquetes de medios, comprendiendo la red (100):
un dispositivo (102) de reloj maestro para generar una señal (104) de tiempo de sistema para la red (100) de datos;
5 un número diverso de dispositivos (108, 110, 111) de red interconectados de tal manera que cada dispositivo (108, 110, 111) de red puede enviar paquetes de medios a otros dispositivos (108, 110, 111) de red, y recibir paquetes de medios de otros dispositivos (108, 110, 111) de red;
cada dispositivo (108, 110, 111) de red configurado también para recibir señales de medios de un dispositivo (112, 114) de medios, para transmitir señales de medios a un dispositivo (112, 114) de medios, o para realizar ambas cosas; y
10 en donde, cada dispositivo (108, 110, 111) de red está conectado al dispositivo (102) de reloj maestro y está configurado para usar la señal (104) de tiempo de sistema y un protocolo (120) de tiempo de red con el fin de generar una señal (126, 128) de reloj local sincronizada con la señal (104) de tiempo de sistema tanto en cuanto a velocidad como en cuanto a desviación,
15 caracterizada por que, en cada dispositivo (108, 110, 111) de red
se sintetiza una señal (130, 132) de reloj de medios a partir de la señal (126, 128) de reloj local y la misma está configurada para obtener cualquier velocidad de muestreo y para gobernar directamente la velocidad y la desviación con las cuales el dispositivo (108, 110, 111) de red recibe o transmite señales de medios.
2. Red (100) de datos según la reivindicación 1, en la que cada dispositivo (108, 110, 111) de red que recibe señales de medios de un dispositivo (112, 114) de medios está configurado para usar su señal (126, 128) de reloj local con el fin de empaquetar las señales de medios, y para marcar mediante sellos de tiempo los paquetes de medios con el tiempo del sistema antes de transmitirlos a otro dispositivo (108, 110, 111) de red.
3. Red (100) de datos según la reivindicación 2, en la que el sello de tiempo de un paquete de medios incluye el primer tiempo del sistema en el cual se generó la señal de medios contenida dentro del paquete de medios.
- 25 4. Red (100) de datos según la reivindicación 1, 2 ó 3, en la que cada dispositivo (108, 110, 111) de red que recibe paquetes de medios está configurado para usar los sellos de tiempo de los paquetes con el fin de reordenar paquetes de medios según se requiera, y, además, para llevar a cabo por lo menos una de (1) alinear y combinar señales de medios recibidas de diferentes dispositivos (108, 110, 111) de red, y (2) determinar el tiempo de reproducción apropiado para señales de medios contenidas en los paquetes de medios.
30
5. Red (100) de datos según la reivindicación 4, en la que el tiempo de reproducción apropiado para señales de medios contenidas en los paquetes de medios es diferente para dos dispositivos (108, 110, 111) de red que reciben los paquetes de medios.
6. Red (100) de datos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los paquetes de medios contienen por lo menos una de señales de medios de audio y de vídeo.
35
7. Red (100) de datos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la red de datos comprende una red de Ethernet.
8. Red (100) de datos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la velocidad de la señal (126, 128) de reloj local de un dispositivo (108, 110, 111) de red es diferente de la velocidad de una señal (126, 128) de reloj local de otro dispositivo (108, 110, 111) de red.
40
9. Red (100) de datos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la velocidad de la señal (130, 132) de reloj de medios de un dispositivo (108, 110, 111) de red es diferente de la velocidad de una señal (130, 132) de reloj de medios de otro dispositivo (108, 110, 111) de red.
10. Red (100) de datos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la señal (130, 132) de reloj de medios se usa para una conversión entre señales de medios analógicas y digitales.
45
11. Red (100) de datos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la señal (130, 132) de reloj de medios se sintetiza mediante una de síntesis de reloj modulada por anchura de impulsos que implica un contador modulado por anchura de impulsos, una síntesis digital directa, un oscilador controlado digitalmente, un oscilador controlado por voltaje, controlado mediante un conversor digital a analógico, y un temporizador de *software* que se hace que siga a la señal (126, 128) de reloj local.
50

12. Red (100) de datos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que por lo menos un dispositivo (112, 114) de medios está conectado a un dispositivo (108, 110, 111) de red para llevar a cabo por lo menos una de (1) generar y distribuir señales de medios, (2) recibir, procesar y distribuir señales de medios, y (3) recibir y reproducir señales de medios.
- 5 13. Red (100) de datos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que un esquema de calidad de servicio de la red (100) de datos funciona de manera que prioriza la transmisión de paquetes que contienen información de tiempo de red.
14. Dispositivo (108, 110, 111) de red para su conexión a otros dispositivos (108, 110, 111) de red con el fin de transportar paquetes de medios entre ellos, comprendiendo el dispositivo (108, 110, 111) de red:
- 10 un puerto de medios configurado para recibir señales de medios de un dispositivo (112, 114) de medios, para transmitir señales de medios a un dispositivo (112, 114) de medios, o ambas cosas;
- un reloj maestro configurado para generar una señal (104) de tiempo de sistema, o un puerto de reloj configurado para recibir una señal (104) de tiempo de sistema; y
- 15 un generador de reloj local configurado para usar la señal (104) de tiempo de sistema y un protocolo (120) de tiempo de red con el fin de generar una señal (126, 128) de reloj local sincronizada con la señal (104) de tiempo de sistema tanto en cuanto a velocidad como en cuanto a desviación,
- caracterizado por que
- se sintetiza una señal (130, 132) de reloj de medios a partir de la señal (126, 128) de reloj local, y la misma está configurada para obtener cualquier velocidad de muestreo y para gobernar directamente la velocidad y la desviación con las cuales el dispositivo (108, 110, 111) de red recibe o transmite señales de medios.
- 20 15. Dispositivo (108, 110, 111) de red según la reivindicación 14, en el que cuando el dispositivo (108, 110, 111) de red recibe señales de medios de un dispositivo (112, 114) de medios, está configurado para usar la señal (126, 128) de reloj local con el fin de empaquetar las señales de medios, y para marcar mediante sellos de tiempo los paquetes de medios con el tiempo del sistema antes de enviarlos a otro dispositivo (108, 110, 111) de red.
- 25 16. Dispositivo (108, 110, 111) de red según la reivindicación 15, en el que el sello de tiempo de un paquete de medios incluye el primer tiempo del sistema en el cual se generaron las señales de medios contenidas en el paquete de medios.
17. Dispositivo (108, 110, 111) de red según la reivindicación 14, 15 ó 16, en el que cuando el dispositivo (108, 110, 111) de red recibe paquetes de medios está configurado para usar los sellos de tiempo de los paquetes con el fin de reordenar paquetes de medios según se requiera, y, además, para llevar a cabo por lo menos una de (1) alinear y combinar señales de medios recibidas de diferentes dispositivos (108, 110, 111) de red, y (2) determinar el tiempo de reproducción apropiado para señales de medios contenidas en los paquetes de medios.
- 30 18. Dispositivo (108, 110, 111) de red según la reivindicación 17, en el que el tiempo de reproducción apropiado para señales de medios contenidas en los paquetes de medios es diferente del tiempo de reproducción determinado por otro dispositivo (108, 110, 111) de red que recibió los paquetes de medios.
- 35 19. Dispositivo (108, 110, 111) de red según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 18, en el que los paquetes de medios contienen por lo menos una de señales de medios de audio y de vídeo.
20. Dispositivo (108, 110, 111) de red según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 19, en el que la velocidad de la señal (126, 128) de reloj local del dispositivo (108, 110, 111) de red es diferente de la velocidad de una señal (126, 128) de reloj local de otro dispositivo (108, 110, 111) de red.
- 40 21. Dispositivo (108, 110, 111) de red según una de las reivindicaciones 14 a 20, en el que la velocidad de la señal (130, 132) de reloj de medios del dispositivo (108, 110, 111) de red es diferente de la velocidad de una señal (130, 132) de reloj de medios de otro dispositivo (108, 110, 111) de red.
- 45 22. Dispositivo (108, 110, 111) de red según una de las reivindicaciones 14 a 21, en el que la señal (130, 132) de reloj de medios acciona la conversión entre señales de medios analógicas y digitales.
23. Dispositivo (108, 110, 111) de red según una de las reivindicaciones 14 a 22, en el que la señal (130, 132) de reloj de medios se sintetiza mediante por lo menos una de síntesis de reloj modulada por anchura de impulsos que implica un contador modulado por anchura de impulsos, una síntesis digital directa, un oscilador controlado digitalmente, un oscilador controlado por voltaje, controlado mediante un conversor digital a analógico, y un temporizador de *software* que se hace que siga a la señal (126, 128) de reloj local sincronizada.
- 50

24. Dispositivo (108, 110, 111) de red según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 23, en el que por lo menos un dispositivo (112, 114) de medios está conectado al dispositivo (108, 110, 111) de red para llevar a cabo por lo menos una de (1) generar y distribuir señales de medios, (2) recibir, procesar y distribuir señales de medios, y (3) recibir y reproducir señales de medios.
- 5 25. Dispositivo (108, 110, 111) de red según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 24, en el que el tiempo de reproducción de una señal de medios de un paquete de medios está retardado para permitir la llegada tardía de paquetes de medios.
26. Método de funcionamiento de un dispositivo (108, 110, 111) de red con el fin de transportar paquetes de medios en una red, que comprende las etapas de:
- 10 generar o recibir una señal (104) de tiempo de sistema para la red;
- configurar un número diverso de dispositivos (108, 110, 111) de red de tal manera que cada uno puede enviar paquetes a otros dispositivos (108, 110, 111) de red, o recibir paquetes de otros dispositivos (108, 110, 111) de red, o ambas cosas;
- 15 configurar los dispositivos (108, 110, 111) de red para recibir señales de medios de un dispositivo (112, 114) de medios, para transmitir señales de medios a un dispositivo (112, 114) de medios, o ambas cosas;
- conectar cada dispositivo (108, 110, 111) de red para recibir la señal (104) de tiempo de sistema; y
- hacer funcionar cada dispositivo (108, 110, 111) de red para usar la señal (104) de tiempo de sistema y un protocolo (120) de tiempo de red con el fin de generar una señal (126, 128) de reloj local sincronizada con la señal (104) de tiempo de sistema tanto en cuanto a velocidad como en cuanto a desviación,
- 20 caracterizado por que
- el método comprende, además, la etapa de sintetizar una señal (130, 132) de reloj de medios a partir de la señal (126, 128) de reloj local en cada dispositivo (108, 110, 111) de red, la señal (130, 132) de reloj de medios está configurada para obtener cualquier velocidad de muestreo y para gobernar directamente la velocidad y la desviación con las cuales el dispositivo (108, 110, 111) de red recibe o transmite señales de medios.
- 25 27. Método según la reivindicación 26, que comprende, además:
- recibir en un dispositivo (108, 110, 111) de red señales de medios de un dispositivo (112, 114) de medios, empaquetar las señales de medios; y
- 30 marcar mediante sellos de tiempo los paquetes de medios con tiempo del sistema usando la señal (126, 128) de reloj local del dispositivo (108, 110, 111) de red, y
- a continuación, transmitir los paquetes de medios a través de la red hacia otro dispositivo (108, 110, 111) de red.
28. Método según la reivindicación 27, en el que el sello de tiempo del paquete de medios es el primer tiempo de sistema en el cual se generaron las señales de medios contenidas en el paquete de medios.
29. Método según la reivindicación 26, 27 ó 28, que comprende, además:
- 35 recibir paquetes de medios en un dispositivo (108, 110, 111) de red y usar los sellos de tiempo de los paquetes para reordenar paquetes de medios; y llevar a cabo por lo menos una de:
- alinear y combinar señales de medios de diferentes dispositivos (108, 110, 111) de red, y
- determinar el tiempo de reproducción apropiado para las señales de medios contenidas en los paquetes de medios.
- 40 30. Método según la reivindicación 29, en el que el tiempo de reproducción apropiado para las señales de medios contenidas en los paquetes de medios es diferente para cada dispositivo (108, 110, 111) de red que recibe los paquetes de medios.
31. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 30, que comprende, además, usar un protocolo (120) de tiempo de red que implica un intercambio bidireccional de mensajes con el fin de permitir el cálculo tanto de la desviación del reloj como del retardo de red entre un reloj maestro y relojes esclavos locales.
- 45 32. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 31, en el que los paquetes de medios contienen por lo menos una de señales de medios de audio y vídeo.

- 5
33. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 32, que comprende, además, sintetizar una señal (130, 132) de reloj de medios usando por lo menos una de síntesis de reloj modulada por anchura de impulsos, una síntesis digital directa, un oscilador controlado digitalmente, un oscilador controlado por voltaje, controlado mediante un conversor digital a analógico, o un temporizador de *software* que se hace que siga a la señal (126, 128) del reloj local sincronizada.
- 10
34. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 33, que comprende, además, usar el protocolo (120) de tiempo de red para soportar relojes maestros redundantes.
35. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 34, que comprende, además, configurar los dispositivos (108, 110, 111) de red para calcular un tiempo de reproducción en un receptor añadiendo una latencia al sello de tiempo de la fuente.
- 15
36. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 35, que comprende, además, priorizar la transmisión de paquetes en la red que contienen información de tiempo de red.
37. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 36, que comprende, además, la etapa de configurar los dispositivos (108, 110, 111) de red seleccionando un tiempo de inicio aleatorio y para transmitir paquetes de medios a partir de su tiempo de inicio aleatorio respectivo.
38. Programa de *software* que comprende medios de código de programa de *software* adaptados para llevar a cabo las etapas del método según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 37.

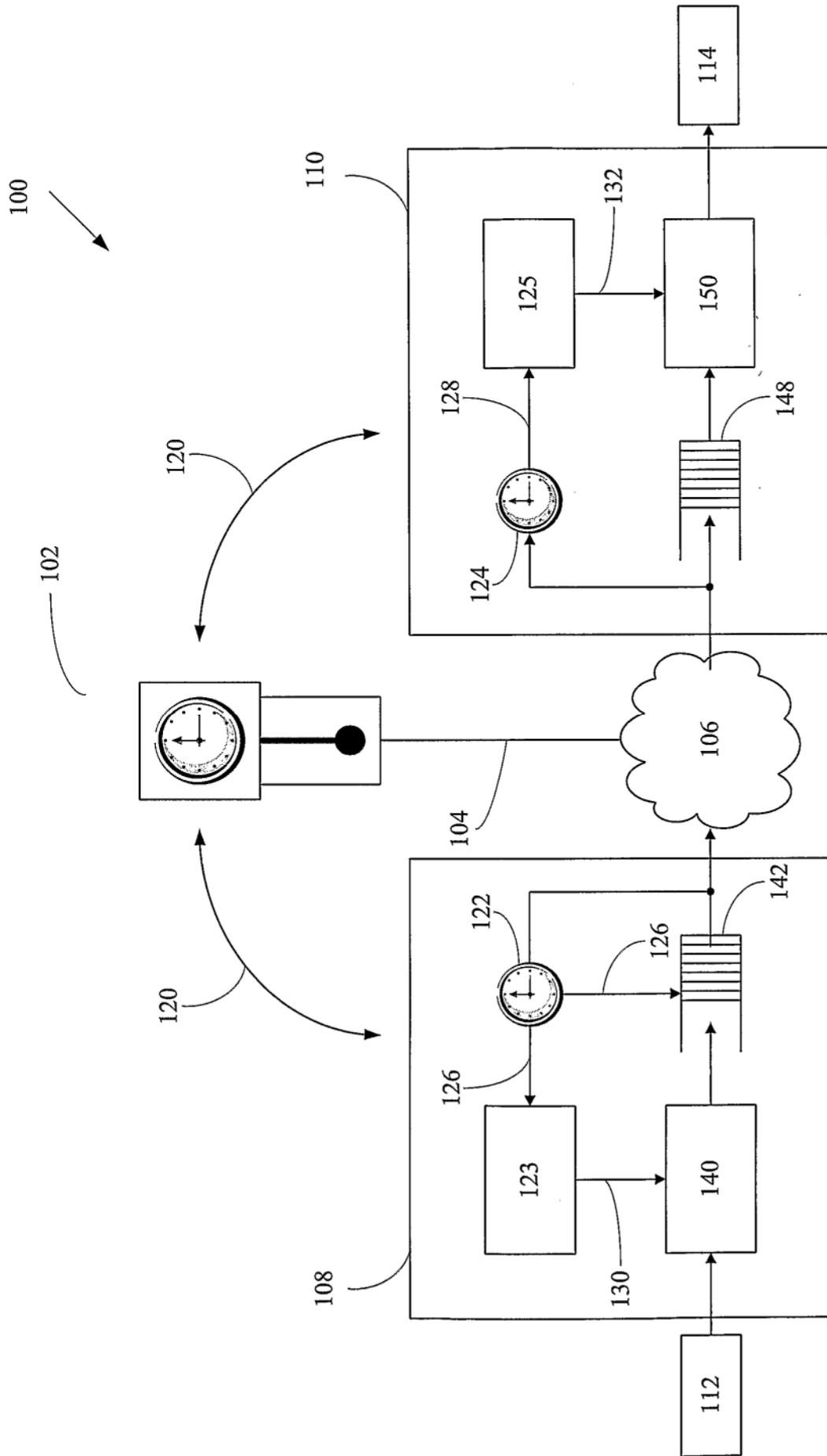


Fig. 1

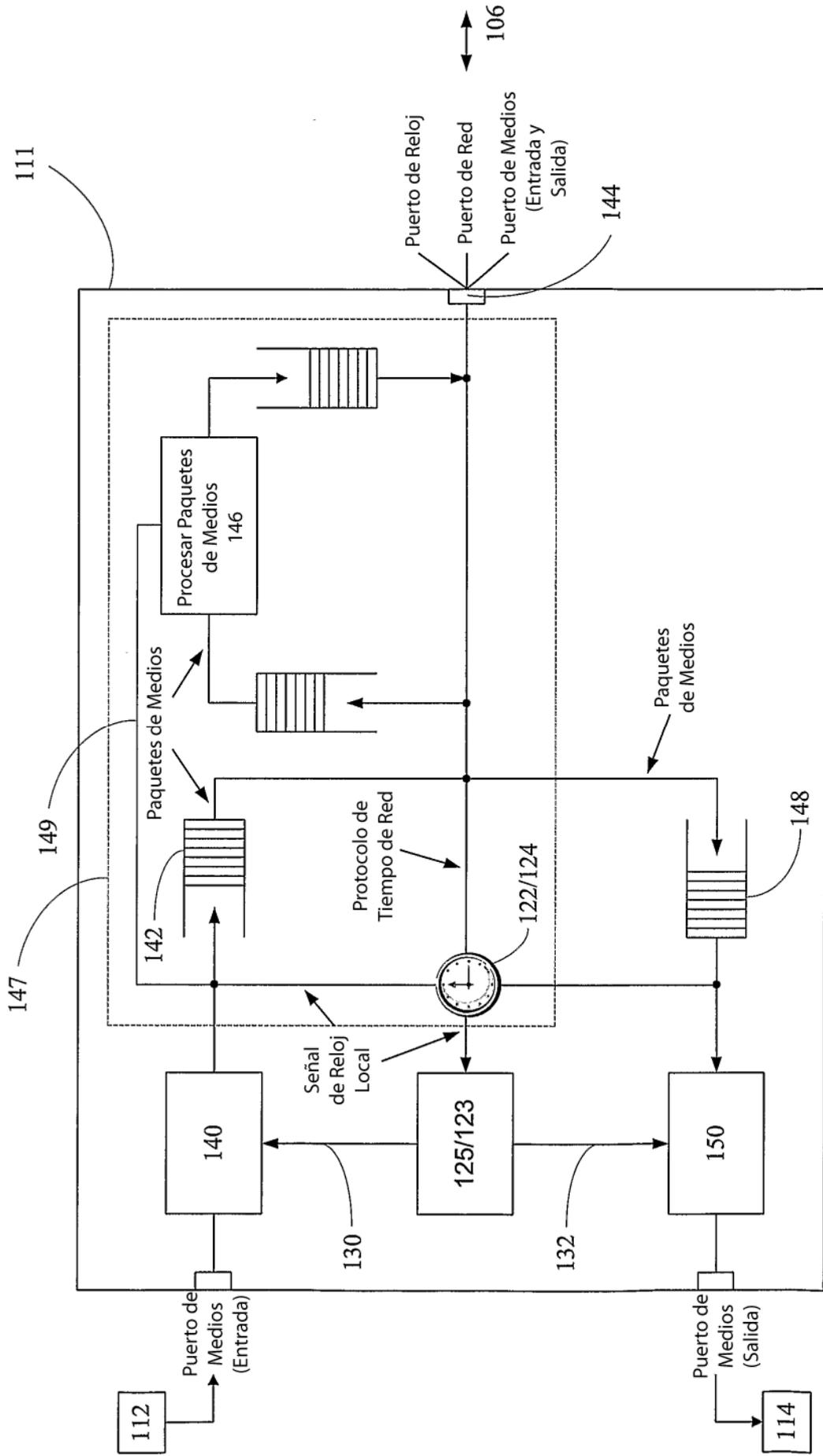


Fig. 2

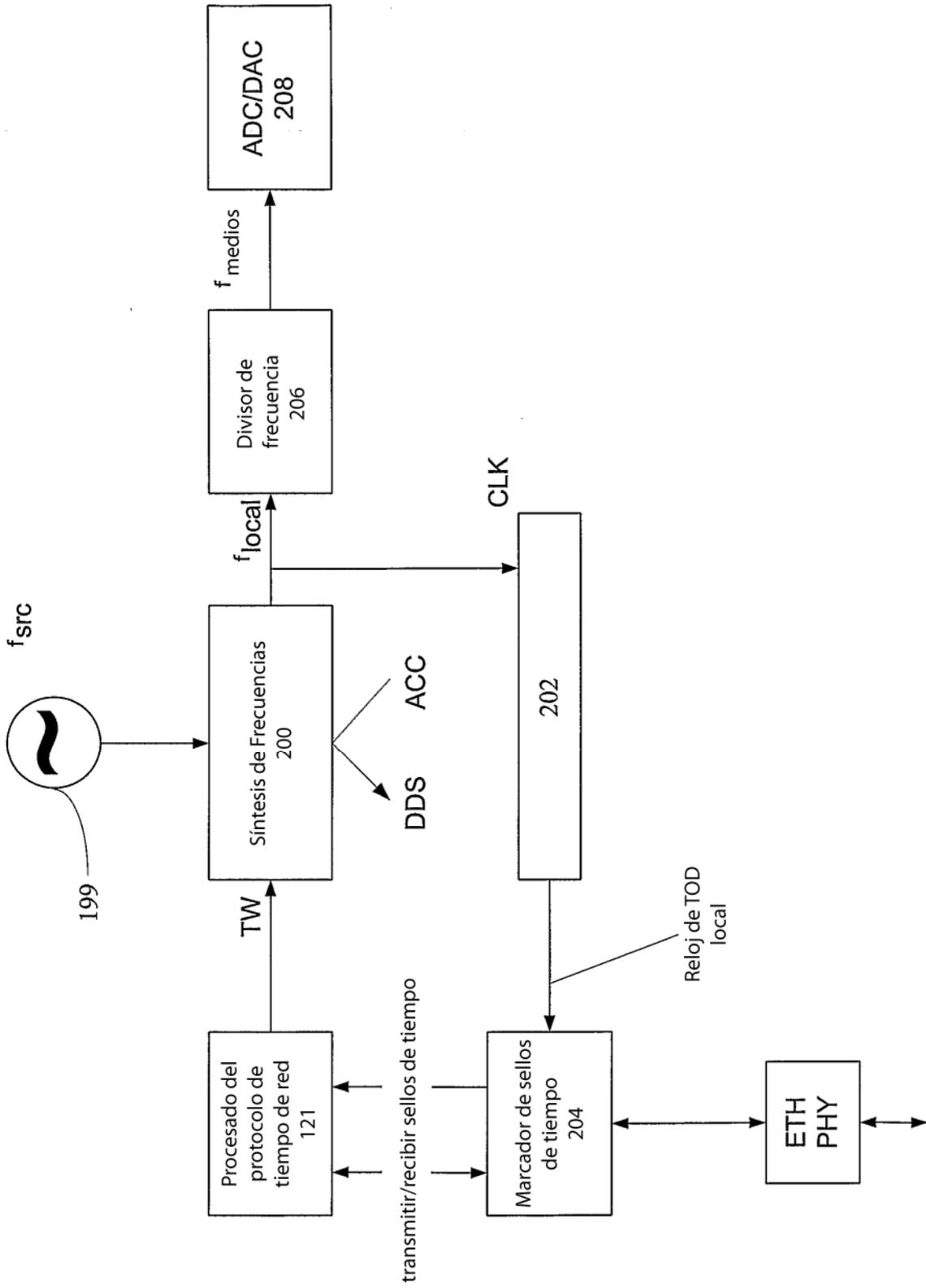


Fig. 3

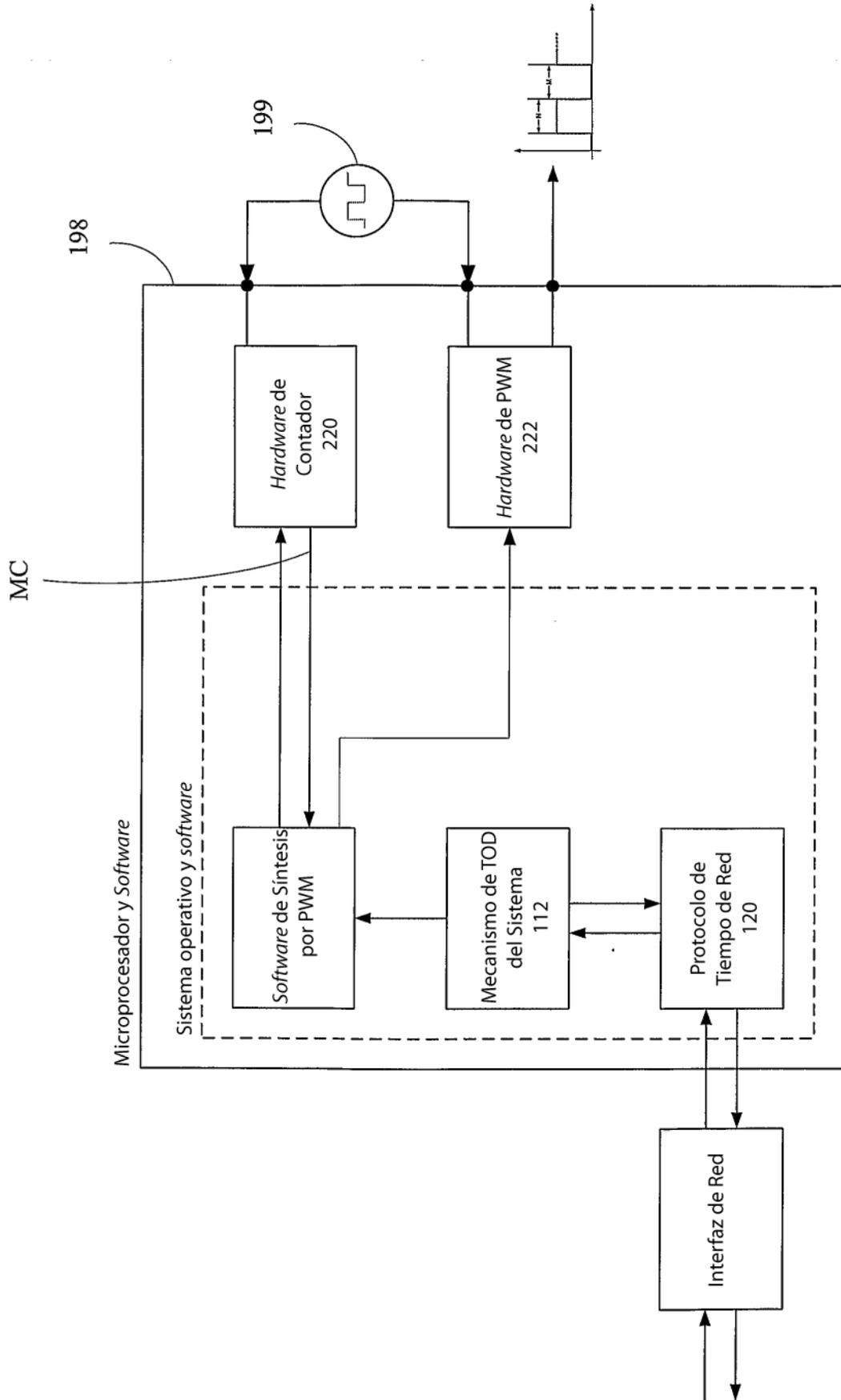


Fig. 4

Modulación PWM

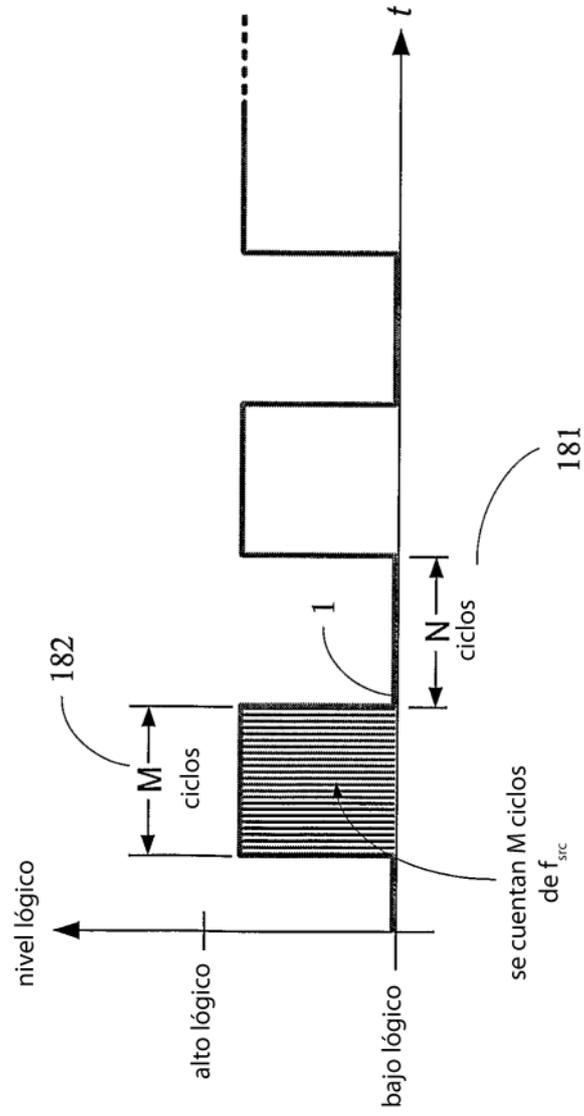


Fig. 5

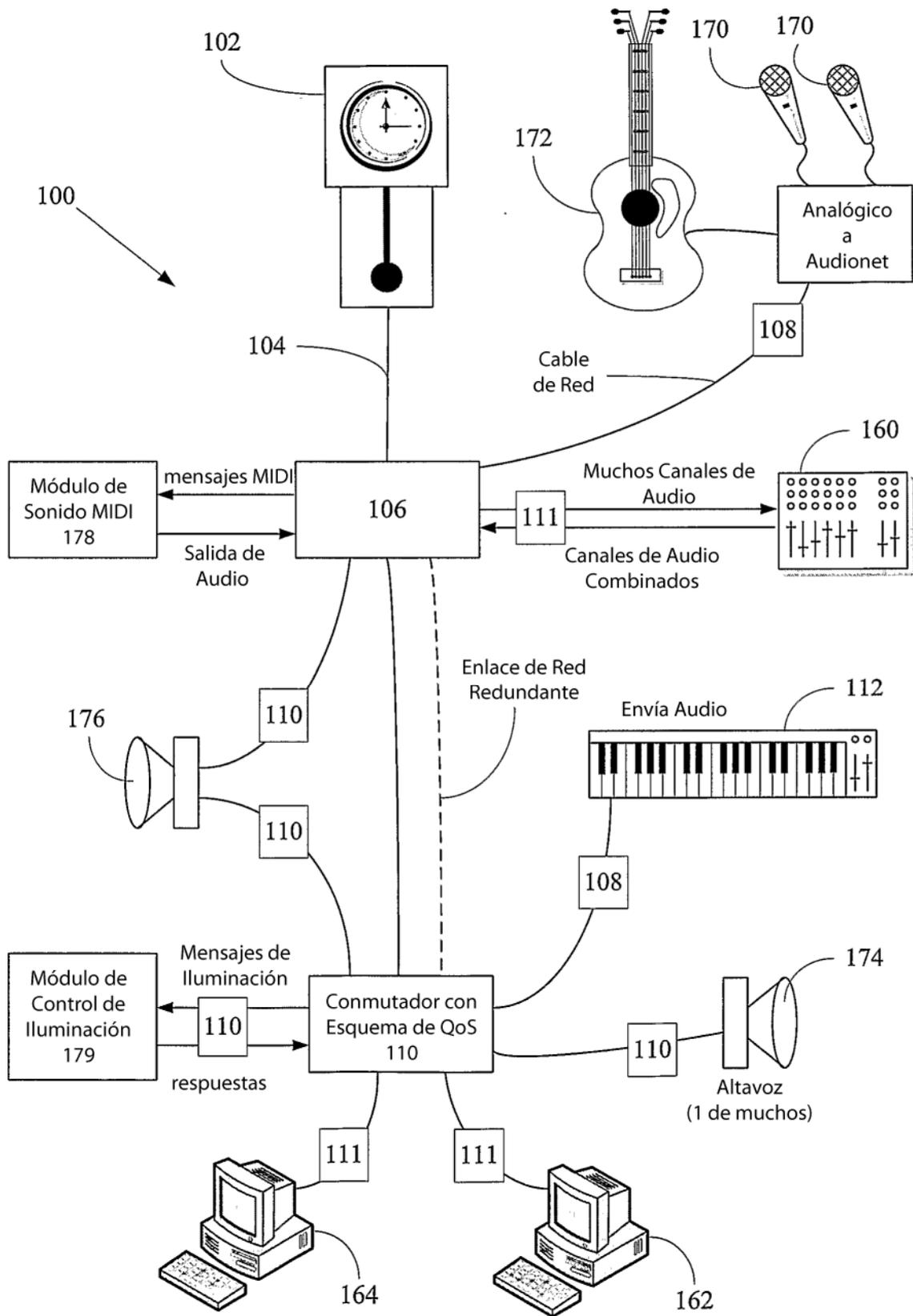


Fig. 7