

Introducción al audio en red

El tema de este libro blanco es el “audio en red”.

En la pasada década el audio en red ha cambiado la forma de diseñar, construir y utilizar los sistemas de audio en la industria del audio profesional. En contraposición a la anterior generación de sistemas distribuidos punto a punto, las nuevas y potentes tecnologías basadas en red se han convertido en el estándar del mercado, y con ellas también han surgido algunos temas prácticos y estratégicos que deben tenerse en cuenta a la hora de invertir en un sistema de audio en red.

En este libro blanco se tratan los principios básicos de la conexión de audio en red en un formato sencillo y claro. Asumimos que el lector tiene un conocimiento avanzado de los sistemas de audio analógico, un conocimiento básico de los sistemas de audio digital y ningún conocimiento de las redes informáticas. Este libro blanco es solo una introducción básica al tema. Para obtener información detallada, le recomendamos que consulte en Internet los distintos documentos puestos a disposición de los usuarios por los fabricantes de equipos de TI de todo el mundo.

El equipo de Yamaha Commercial Audio.

Introducción al audio en red

1. ¿Qué es el audio en red?
2. Tres puntos que debería conocer acerca del audio en red
3. Tres puntos que deben tenerse en cuenta
4. ¿Qué es una red Ethernet?
5. Topologías de red
6. Conceptos de redundancia
7. Cableado
8. Más acerca de Dante™
9. Más acerca de EtherSound™
10. Más acerca de CobraNet™
11. Otros protocolos de redes de audio
12. Ingeniería del sistema
13. Invertir en un sistema de audio en red
14. Glosario de audio en red

1. ¿Qué es el audio en red?

Con la introducción de las tecnologías digitales, la cantidad de información que puede transportar un único cable ha crecido desde los miles de bits por segundo de los años sesenta hasta los miles de millones de bits por segundo de 2014. Las conexiones de coste asequible que normalmente se utilizan en los sistemas de información cotidianos ahora transportan uno o más gigabits de información en un único cable de fibra, cubriendo distancias que abarcan muchos kilómetros. Este ancho de banda es suficiente para transportar centenares de canales de audio de alta calidad, sustituyendo los centenares de kilogramos de cableado de los sistemas analógicos convencionales. Y lo que es más importante, las conexiones funcionales de un sistema de audio en red pueden diseñarse para permanecer completamente separadas de las conexiones físicas de la red. Esta funcionalidad abre una amplia variedad de increíbles posibilidades para la industria del audio, como por ejemplo las siguientes: cualquier número de ubicaciones de e/s pueden conectarse a la red en cualquier lugar del sistema sin las limitaciones de una gran cantidad de cables, pudiéndose gestionar las conexiones reales mediante programas de software fáciles de utilizar; los sistemas de audio en red son digitales, por lo que las conexiones de audio se mantienen en el dominio digital, alejadas de las interferencias electromagnéticas y de las capacitancias de los cables que degeneran la calidad del audio analógico; pueden incluirse señales de control en la red sin cables adicionales; mediante ordenadores que utilizan la red, se pueden controlar y monitorizar dispositivos de audio, como por ejemplo mezcladores digitales y procesadores DSP; pueden incluirse conexiones de vídeo utilizando cámaras IP asequibles, etc.

Distribución de audio digital

En el mercado existen muchos sistemas que distribuyen el audio entre un rack de escenario y la mesa de mezclas o el procesador DSP por un único cable. Para ello se utiliza cableado de fibra o de cobre compatible con conexiones "P2P" (punto a punto) tales como AES10 (MADI, 64 canales) y AES50 (SuperMac, 48 canales). Sin embargo, en la actualidad la mayoría de los sistemas requieren la conexión de más de dos ubicaciones, para lo que se necesitan múltiples cables si se configuran conexiones P2P. Con la introducción de las redes de audio se pueden configurar muchas conexiones a ilimitadas ubicaciones con un cableado mucho más rentable y fácil de implementar, incluyendo redundancia y capacidad de admitir conexiones que no sean de audio, como datos de control y vídeo.

Dante™

Dante™ es un protocolo de audio en red desarrollado por Audinate® que utiliza una red Gigabit Ethernet proporcionando varios cientos de conexiones de audio a través de cada cable de la red. Se utilizan servicios Ethernet estándares como QoS (Quality of Service, "Calidad de servicio") y PTP (Precision Time Protocol, "Protocolo de tiempo de precisión") para conseguir una latencia muy baja con una sincronización de altísima precisión. Dante™ usa una topología de conexión en estrella, y muchos productos también son compatibles con una topología de conexión en cadena.

EtherSound™ y CobraNet™

Los protocolos clásicos de redes de audio EtherSound™ y CobraNet™, desarrollados por Digigram y Peak Audio respectivamente, tienen la capacidad de dirigir 64 canales de audio en modo bidireccional a través de un cable Ethernet con una latencia muy baja. Los sistemas EtherSound™ pueden diseñarse utilizando una topología de conexión en cadena o en anillo, ofreciendo un direccionamiento tipo bus de los canales de audio, tanto de bajada como de subida. Los sistemas CobraNet™ utilizan una topología de conexión en estrella con libre direccionamiento de paquetes de canales de audio desde cualquier ubicación a cualquier destino.

Sistemas abiertos y cerrados

Dante™, EtherSound™ y CobraNet™ son sistemas abiertos que utilizan una arquitectura de red Ethernet estándar. Eso significa que para crear una red se pueden utilizar equipos de TI adecuadamente elegidos, aprovechando al máximo los desarrollos de la industria de la TI en cuestión de funcionalidad, fiabilidad, disponibilidad y, por supuesto, coste. La mayoría de los fabricantes de audio profesional más importantes del mundo tienen la licencia de estos tres protocolos, por lo que se pueden combinar sin problemas productos de distintos fabricantes que utilicen el mismo protocolo en un sistema. En el mercado existen varios sistemas de audio en red cerrados que son compatibles solamente con los productos del fabricante de la red. Es el caso de Nexus, Rocknet y Optocore.

Yamaha?

Yamaha adopta un enfoque abierto e inclusivo, abogando por la elección de una plataforma de red adecuada a los requisitos del sistema. La gama de productos de Yamaha incluye productos compatibles con Dante™, además de productos compatibles con los protocolos clásicos CobraNet™ y EtherSound™. Además, también ofrece compatibilidad con protocolos de red cerrados y conectividad punto a punto mediante tarjetas interfaces.

Ejemplo de sistema de audio en red para directo



Rack de escenario con 16 entradas y 8 salidas



Cable CAT5E



Mesa de mezclas en red



Cable CAT5E



Rack de escenario con 32 entradas y 24 salidas



Cable CAT5E



Mesa de mezclas en red

2. Tres puntos que debería conocer acerca del audio en red

Primero: flexibilidad y peso del cable

En los sistemas convencionales de audio analógico cada conexión utiliza un cable de cobre. Con un gran número de canales y cables de gran longitud, el peso del cable puede superar los 100 kilogramos. Con la creciente popularidad de los mezcladores digitales en la industria de Pro Audio, a menudo se utiliza el cableado digital, como por ejemplo AES/EBU, para sustituir los cables analógicos, por lo que se reduce el peso del cable y se aumenta la calidad del audio, ya que las interferencias electromagnéticas y los problemas de capacitancia de los cables no representan ningún inconveniente en el cableado digital (si está bien diseñado). Los formatos de audio punto a punto como AES10 (MADI) y AES50 (SuperMac) y los protocolos de red como Dante™, CobraNet™, EtherSound™, Rocknet™ y OPTOCORE® han adquirido mucha popularidad en aplicaciones en directo y en estudio, sustituyendo el cableado de cobre individual por el cableado ligero STP (“Shielded Twisted Pair”, Par trenzado blindado) o de fibra. El peso del cableado STP o del cableado de fibra es muy inferior en comparación con el cableado individual analógico y con el de cobre digital. Además, el cableado de fibra elimina los problemas de derivación a masa. Un cable multipolar analógico, o un conjunto de cables individuales, es muy voluminoso y no es demasiado flexible. En las giras, para el despliegue de los cables necesitará maquinaria pesada y personal especializado, y las posibilidades de distribución y de configuración se verán limitadas. En instalaciones fijas, una gran cantidad de cableado requiere unos conductos de gran tamaño por todo el edificio para su instalación, lo que representa un problema, especialmente en locales históricos. En comparación, los cables de fibra y STP son delgados y flexibles. Una bobina de cable de fibra de 150 metros pesa solo unos pocos kilogramos y una sola persona puede desenrollarlo y hacer el tendido hasta el restaurante “58 tour Eiffel” de la Torre Eiffel. La instalación es sencilla, puesto que los cables de red de un sistema de audio requieren muy poco espacio y pueden colocarse en un conducto de cables ya existente.

Segundo: separación física y funcional

Para los protocolos de conexión de audio en red como Dante™, las conexiones funcionales están separadas del cableado físico. Eso significa que cuando se haya distribuido el cableado de red con suficiente ancho de banda, podrá realizarse cualquier conexión sin tener que cambiar el cableado. De esta forma, durante las giras podrá utilizar esquemas de conexión “obvios”: solo tendrá que conectar los equipos de e/s en cualquier punto del sistema y encenderlos. En instalaciones fijas en edificios, los inevitables cambios en el sistema después de la inauguración de un proyecto solo requerirán un tiempo de programación corto para cambiar los ajustes de red, ahorrándose mucho trabajo de cableado. Independientemente del diseño del cableado de fibra y STP, las señales pueden llegar a las ubicaciones más remotas de una red. Ya no importan donde estén conectadas las entradas y salidas en el sistema de audio, cualquier toma de conexión de fibra o STP será suficiente. Por ejemplo, en una gira en directo, podrá distribuir pequeños grupos de entradas y salidas por el escenario en lugar de utilizar voluminosas cajas de conexión centralizadas. En instalaciones fijas dispondrá de más libertad de elección para utilizar múltiples ubicaciones de e/s en un local, sin las limitaciones del cableado físico.

Tercero: ¡control!

Utilizar la tecnología de la información (TI) en red para distribuir audio ofrece la ventaja de incluir... tecnología de la información. Las señales de control pueden incluirse en el mismo cableado de fibra o STP, por lo que ya no tendrá que distribuir cables GPI, RS232, RS422 o RS485 adicionales. Un ejemplo de ello son las conexiones de vídeo IP, el control del software por Ethernet, el control de los equipos utilizando convertidores serie RS422, incluso el acceso a Internet. Los puntos de acceso inalámbrico se pueden utilizar para controlar los componentes del sistema mediante tablets.

Sistema analógico para distribución en directo



Cableado analógico



Panel posterior de una mesa de mezclas analógica (PM5000)

Sistema en red para distribución en directo



Racks de e/s en red



Cable CAT5E



Panel posterior de una mesa de mezclas en red (CL1)

3. Tres puntos que deben tenerse en cuenta

Primero: latencia

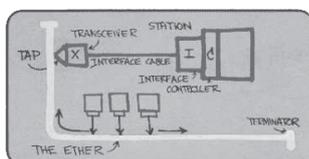
Los elementos básicos de las redes Ethernet son los cables y los switches. Para poder dirigir información a través de una red, un switch tiene que recibir información, estudiar los bits de direccionamiento y, a continuación, enviar la información al cable más adecuado para llegar al destino. Este proceso tarda unos microsegundos. A medida que las redes crecen, también lo hace el número de switches por los que tiene que pasar una señal, aumentando el retardo con cada switch. En los sistemas de audio en directo de tamaño medio, la red, la conversión AD/DA y el procesamiento DSP provocan cada uno de ellos aproximadamente un tercio de la latencia total del sistema. La latencia total del sistema debe tenerse en cuenta y tratarse con cuidado para asegurar el mejor sonido. Las aplicaciones de monitor in-ear son las más exigentes y menos tolerantes con la latencia, sea del tipo que sea; una latencia de entre 5 y 10 milisegundos ya es perceptible, y por encima de 10 milisegundos el retardo es demasiado obvio. Para el sistema principal (FOH) y el sistema de monitores de un equipo de PA, el problema es relativamente pequeño: un aumento de un milisegundo en la latencia equivale a colocar un altavoz solo 30 centímetros más lejos. La latencia de los protocolos de audio en red que corren sobre redes gigabit, como Dante™, puede perfectamente estar por debajo de un milisegundo, lo que no supone problema alguno, ni siquiera en sistemas de monitorización in-ear.

Segundo: redundancia

En los sistemas analógicos, las señales de audio pasan por cables individuales, por lo que si un cable se avería, normalmente solo se verá afectada una conexión. En muchos casos se planifican conexiones adicionales en cables multinúcleo, por lo que la funcionalidad del sistema no queda gravemente afectada si surge algún problema y es más fácil dar una solución. Sin embargo, en una red un fallo en un único cable de larga distancia puede desactivar todo el sistema, por lo que el trabajo que deberá realizar el técnico para solucionarlo será considerable. Por este motivo, los sistemas en red se diseñan con mecanismos de redundancia: el sistema debería incluir conexiones redundantes que asuman la funcionalidad del sistema automáticamente en caso de surgir algún problema. En los últimos años, la industria de la TI ha desarrollado distintas y excelentes funciones de redundancia, puesto que los bancos, las centrales nucleares y las agencias espaciales también necesitan redundancia en sus sistemas en red. Los cables pueden ser dobles en las conexiones de larga distancia más importantes, por lo que si se produce un error en un cable, el otro asume la función. Especialmente durante las giras, también es aconsejable utilizar hardware redundante, puesto que los equipos de TI principalmente están diseñados para utilizarse en salas con aire acondicionado y pueden ser más vulnerables al enfrentarse a las duras condiciones de las giras. Para el caso de aplicaciones críticas o muy sensibles, existen switches especiales para giras adecuados para entornos difíciles.

Tercero: complejidad

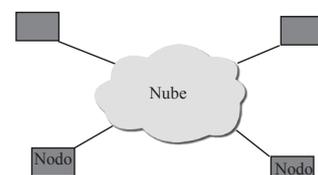
En cada conexión funcional de un sistema analógico, la forma física de la conexión es visible, normalmente un cable XLR. Cualquier persona que observe el sistema o los cables que cuelgan por la parte posterior de la mesa de mezclas, sabrá qué está conectado con qué. En una red, eso es totalmente diferente puesto que las conexiones funcionales están completamente separadas de las conexiones físicas. Si un detector de errores observa un sistema en red, solo verá dispositivos conectados a otros dispositivos con unos pocos cables de fibra o STP. Un cable puede transportar dos señales de audio o tal vez trescientas sesenta y ocho, no hay forma de saberlo. Mientras que los sistemas analógicos permiten que los usuarios sin experiencia realicen el diseño y la instalación ellos mismos, el diseño del sistema de audio en red requiere técnicos de sistemas con experiencia que conozcan la tecnología de las conexiones en red. Eso cambia drásticamente el papel que desempeñan los integradores, propietarios y usuarios de sistemas en el proceso de adquirir, diseñar, crear, mantener y utilizar los sistemas de audio, un nuevo papel al que tendrán que acostumbrarse todas las personas involucradas en el proceso.



Primer borrador de Ethernet de Robert Metcalfe



Switch



Arquitectura de red

4. ¿Qué es una red Ethernet?

Ethernet

En los setenta, el centro de investigación Palo Alto Research Center de California en EE.UU. (www.parc.com) desarrolló algunas tecnologías informáticas ingeniosas: el ratón, la impresora láser y las redes informáticas. Desde las primeras versiones de redes como Aloha-Net y ARPANet, Internet ha evolucionado. Robert Metcalfe, que trabajó en PARC y más adelante fundó su propia empresa 3COM, desarrolló un práctico estándar de conexión en red para utilizarlo en oficinas conocido como Ethernet. Más de 30 años después, todo el mundo utiliza este estándar para crear sistemas de información, y prácticamente todos los ordenadores personales, smartphones y tablets que se venden actualmente disponen de alguna clase de puerto Ethernet integrado. El protocolo Ethernet está estandarizado como 802.3 por la organización de estándares IEEE.

Elementos básicos

Los elementos básicos de las redes Ethernet son las tarjetas de interfaz de red (conocidas como NIC e integradas en dispositivos como ordenadores o mezcladores digitales), los cables para conectarlas a la red y los switches, que son dispositivos que vinculan todos los cables de una red y se ocupan de la dirección correcta de toda la información a través de la red. La velocidad de funcionamiento de estos elementos básicos, en función de la cantidad de información que una red puede transportar, ha evolucionado de 10 megabits por segundo en 1972 a un gigabit por segundo y más en 2014.

Direccionamiento

Ethernet funciona dividiendo flujos de información en pequeños paquetes y enviándolos a través de la red a una determinada dirección receptora especificada por el emisor. Cada tarjeta de interfaz de red (NIC) dispone de una dirección y los switches conservan listas de las direcciones conectadas a la red en su memoria para saber dónde deben enviar los paquetes. Cada NIC del mundo dispone de una única dirección "Media Access Control" (MAC) (Control de acceso al medio) programada por el fabricante. Existen 280 billones de direcciones MAC distintas y solo existe una empresa en el mundo, la organización de estándares IEEE, que distribuya estas direcciones a los fabricantes. De esta forma, todas las direcciones MAC de todas las NIC del mundo son únicas, no existen duplicados y el sistema siempre funciona. Además de las direcciones MAC, se utiliza una capa de direccionamiento "definible por el usuario" para que la gestión de la red sea más fácil para las redes locales. Esta dirección de usuario adicional se conoce como dirección Internet Protocol y se abrevia como dirección "IP". La dirección IP normalmente tiene 4 bytes de longitud ("IPv4"), divididos en un número de red y una dirección host. Esta división está determinada por una clave que también tiene una longitud de 4 bytes y se conoce como "máscara de subred"; cada bit de la dirección IP que tiene un número 1 en la máscara de subred pertenece al número de red, y todos los bits con un cero pertenecen a la dirección host. El truco es que solo las NIC con el mismo número de red pueden intercambiar información. En la mayoría de los casos, el número de red de las redes de oficinas pequeñas tiene una longitud de 3 bytes y la dirección host es de un byte. Un byte (8 bits) puede tener un valor entre 0 y 255. En las pantallas de ajustes de red de los ordenadores personales, el software rellena los valores de subred e IP con cuatro números decimales (0-255) que corresponden a los cuatro bytes de la dirección y de la máscara de subred. En las redes de oficinas pequeñas, la máscara de subred a menudo tiene el valor por defecto de 255.255.255.0, de forma que el administrador de la red puede utilizar 255 direcciones host, puesto que solo el último byte puede cambiarse y asignarse a los dispositivos de la red. Los primeros tres bytes no cambian y son el número de red. Para redes mayores, puede cambiarse la máscara de subred para obtener más espacio para más direcciones host. Normalmente los usuarios tienen que programar la dirección IP de la NIC manualmente para que la red funcione, pero en muchos casos puede programarse un dispositivo central (switch, router u ordenador) para que lo haga de forma automática cuando se conecte una NIC utilizando el Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP). En 2008 se implementó una dirección IP de 16 bytes ("IPv6") porque la cantidad de dispositivos activos en Internet había superado el rango de direcciones de 4 bytes. Sin embargo, para redes industriales, incluyendo las redes de audio, todavía se utiliza la versión de 4 bytes.

VLAN

El estándar 802.1q de Ethernet permite crear redes de área local virtuales (VLAN) en una red de gran velocidad. De esta forma, pueden coexistir múltiples redes lógicas que utilicen el mismo hardware para soportar el flujo de trabajo de un sistema, por ejemplo para crear redes lógicas independientes para audio, vídeo y datos de control. La mayoría de switches gestionados son compatibles con el estándar VLAN.

Audio en red

Cada dispositivo de audio en red compatible con Ethernet, como por ejemplo los dispositivos Dante™, Cobra-Net™ y EtherSound™, tiene una NIC integrada para poder enviar y recibir información en una red Ethernet. Los protocolos de audio utilizan la capa de dirección MAC para enviar y recibir los datos. Puesto que las direcciones MAC son únicas, los dispositivos funcionarán en cualquier red Ethernet del mundo.

5. Topologías de red

P2P

Estrictamente, una topología Punto a Punto (“Point to Point”, P2P) no es una red, aunque puede usarse una red para crear este tipo de sistemas. Un sistema P2P incluye solo dos ubicaciones con una conexión multicanal fija. Los ejemplos de formatos de audio digital para sistemas P2P son AES3 (AES/EBU, 2 canales), AES10 (MADI, 64 canales) y AES50 (SuperMac, 48 canales). Puede utilizarse un dispositivo de distribución como un separador (splitter) o un router de matriz para incluir más ubicaciones en el sistema.

Conexión en cadena

La conexión en cadena es una topología simple que conecta dispositivos en serie. El protocolo EtherSound™ permite realizar conexiones utilizando una topología de conexión en cadena, con dispositivos que leen y escriben canales de audio en un flujo de datos bidireccional con un ancho de banda fijo de 64 canales en ambas direcciones. Una de las ventajas de esta topología es que el direccionamiento de la información de red es relativamente simple y, por lo tanto, rápido; un dispositivo EtherSound™ conectado en cadena añade latencia de solo 1,4 microsegundos a la red. El inconveniente de la topología de conexión en cadena es el comportamiento del sistema en caso de fallo de un dispositivo de la cadena: si falla un dispositivo, el sistema se corta en dos partes, sin ninguna conexión entre ellas. Las conexiones en cadena EtherSound™ pueden dividirse utilizando switches en una topología de conexión en estrella, pero en este caso los datos de audio pueden fluir por los switches del sistema solo en una dirección. Algunos dispositivos Dante™ tienen un pequeño switch integrado que les permite también ser compatibles con una topología de conexión en cadena.

Anillo

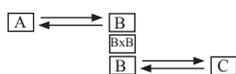
Una topología en anillo es una conexión en cadena donde el último dispositivo se conecta al primero para formar un anillo. Puesto que todos los dispositivos conectados al anillo pueden llegar a otros dispositivos en dos direcciones, la redundancia está integrada: si un dispositivo falla, solo se desactiva ese dispositivo. Para mayor redundancia, puede utilizarse un doble anillo. OPTOCORE® ofrece un sistema patentado que utiliza una topología en anillo redundante con un gran ancho de banda de hasta 500 canales de audio, vídeo y conexiones en serie. Rocknet ofrece una topología de conexión en anillo redundante patentada con capacidad de 80 o 160 canales. El estándar EtherSound™ ES-100 permite una topología en anillo redundante que ofrece 64 canales de audio.

Estrella

Puesto que una topología en estrella consigue la máxima eficiencia de uso del ancho de banda de una red, la mayoría de redes informáticas se diseñan en estrella. El centro de una red en estrella, que soporta el máximo tráfico de información de la red, se puede diseñar con más potencia de procesamiento y redundancia, mientras que las ubicaciones finales no necesitan tanta potencia de procesamiento. Las variaciones de una topología en estrella son el “árbol” y la “estrella de estrellas”. Una topología en estrella también permite una fácil ampliación, ya que se pueden conectar nuevas ubicaciones en cualquier lugar de la red. Un inconveniente es el importante papel de la ubicación central, porque toda la información de la red hacia y desde los dispositivos conectados pasan por la misma; si falla, queda afectada una gran parte de la red. Una red que utilice una topología en estrella puede hacerse redundante utilizando el protocolo Ethernet Spanning Tree (Árbol de expansión). Dante™ y CobraNet™ utilizan topología en estrella, permitiendo una total redundancia al ofrecer dobles enlaces a la red.

Seleccionar una topología

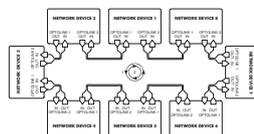
Para cada aplicación individual será más apropiada una de estas cuatro topologías o la combinación de algunas de ellas. Los parámetros de decisión incluyen el número de ubicaciones, el número de canales, la latencia, los costes estimados del sistema, la fiabilidad, la capacidad de ampliación, la elección entre tecnología Ethernet estándar o sistemas patentados, etc. Para elegir la topología, se requiere cierto nivel de experiencia en la tecnología de redes, que puede encontrar en un consultor externo o un integrador de sistemas cualificado con experiencia en diseño de sistemas de audio en red.



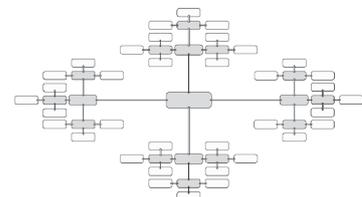
Topología P2P (MADI)



Topología de conexión en cadena (EtherSound™)



Topología en anillo (OPTOCORE®)



Topología en estrella (CobraNet™)

6. Conceptos de redundancia

Troncalización/agregación de enlaces

El estándar de agregación de enlaces/troncalización Ethernet IEEE 802.1.ad permite conectar switches gestionados con 2 o más cables, distribuyendo el tráfico de información que pasa por los cables. Si falla un cable, los otros cables asumen la conexión perdida automáticamente. El enlace agregado pasará a una velocidad inferior cuando pierda un cable, por lo que los enlaces agregados deberán diseñarse con un margen amplio. La troncalización solo hace redundante la conexión: si falla uno de los switches, se desconectan los dispositivos ligados al mismo.

Anillo

Un anillo es básicamente una serie de dispositivos conectados en cadena, con el último dispositivo y el primero también conectados entre sí. Cada dispositivo se conecta a la red con dos cables, por lo que si un cable del sistema falla, la conexión queda intacta. Un segundo fallo cortaría la red en dos. Una topología en anillo redundante con protocolos de red de transmisión de paquetes, como EtherSound, Optocore y Rocknet, ofrece una redundancia excelente ya que requiere menos cables en comparación con las topologías en estrella. Aunque una topología en anillo puede diseñarse para trabajar también con protocolos de red de conmutación de paquetes como Dante™ o CobraNet™, no es recomendable porque hay que utilizar switches adicionales.

Árbol de expansión

En las redes en estrella los paquetes de información se envían a través de la red basándose en direcciones IP y MAC. Es vital que la red disponga de una arquitectura lógica: para cada combinación de origen-destino, puede haber solo una ruta a través de los switches y los cables. Si hay más rutas pueden producirse bucles, con el peligro de que los paquetes de información fluyan siempre por el bucle congestionando la red. Por lo tanto, los bucles no se permiten en las redes en estrella, excepto si se utilizan switches gestionados compatibles con el protocolo de Árbol de expansión (Spanning Tree Protocol) IEEE 802.1w, abreviado STP. Los switches compatibles con STP pueden bloquear los puertos que provocan un bucle y desbloquearlos cuando el puerto activo del bucle falla. Se pueden crear varios bucles en una red para proteger áreas de la red. Para una redundancia total, una red puede simplemente construirse doble, con dobles switches en todas las ubicaciones conectadas entre ellas. La ventaja es que el sistema puede recuperarse de cualquier fallo y la desventaja es que tarda un poco, varios segundos para redes grandes. La mayoría de switches gestionados permiten alguna forma de STP, como posiblemente RSTP (STP rápida) o MSTP (STP múltiple).

Dante™ y CobraNet™ Dual Link

Cada dispositivo Dante™ y CobraNet™ dispone de dos puertos Ethernet integrados, marcados como “primario” y “secundario”, que funcionan de forma redundante. En general, las tareas las ejecuta el puerto primario, pero si la conexión falla, el puerto secundario entra en acción automáticamente. Con Dante™ se puede tener plena redundancia con solo utilizar una red doble, mientras que con CobraNet™ dicha red necesita además utilizar el protocolo STP.

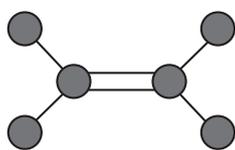
EtherSound™ ES-100 PPM

El estándar EtherSound™ ES-100 permite conectar dispositivos utilizando una topología en anillo, ajustando un dispositivo como “Maestro primario preferente” (PPM según las siglas en inglés). Este dispositivo PPM bloquea el anillo en un funcionamiento normal y lo desbloquea cuando el anillo falla en algún punto; una función similar al árbol de expansión.

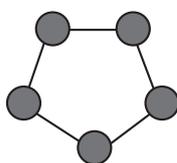
Seleccionar un concepto de redundancia

Para cada aplicación individual, puede seleccionarse uno de los conceptos de redundancia que veremos a continuación o la combinación de algunos de ellos. Un parámetro de decisión es el nivel de redundancia requerido: en aplicaciones de giras sería recomendable el uso de switches redundantes, mientras que en sistemas instalados serían suficientes switches individuales. En general, el mínimo es disponer de cableado redundante de larga distancia, con los cables separados al máximo físicamente. Otro parámetro de decisión es el tiempo de recuperación: el tiempo que necesita el sistema para recuperarse del fallo de un cable o de un switch.

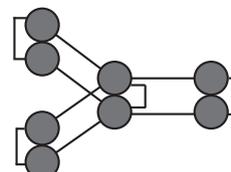
Si se utiliza un sistema cerrado como OPTOCORE® o Rocknet™, el concepto de redundancia lo selecciona el fabricante. Si se utilizan equipos Ethernet estándar, se requieren algunos conocimientos para seleccionar el concepto de redundancia y programar todos los switches en un sistema de audio en red.



Troncalización



Anillo



Árbol de expansión con dobles switches

7. Cableado

Cable UTP y STP

La mayoría de redes Ethernet están constituidas por cuatro pares trenzados de cables de cobre. Este tipo blindado recibe el nombre de STP, que significa Shielded Twisted Pair (Par trenzado blindado), y evita las interferencias electromagnéticas. El tipo no blindado más utilizado es el UTP, que significa Unshielded Twisted Pair (Par trenzado sin blindar). Existen diferentes calidades de cables y conectores dependiendo del tipo de aplicación, estandarizadas por la Telecommunications Industry Association (Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones, TIA) www.tiaonline.org) de la categoría 1 a la 7. Las categorías varían según el material utilizado y el trenzado de los pares de cables por metro. CAT3 es un cable de baja calidad que se utiliza en las redes Ethernet 10Mb de baja velocidad. Para las redes basadas en Ethernet 100Mb, debe utilizarse el tipo CAT5 o superior. Precaución: Los cables del tipo CAT3 son muy parecidos a simple vista a los del tipo CAT5, con lo cual siempre debe comprobar las indicaciones que figuren en la cubierta protectora del cable. Está disponible una versión mejorada de CAT5 para utilizarla con sistemas Gigabit: CAT5E. Las características de las prestaciones de los tipos CAT6 y CAT7, recientemente presentados, todavía son mejores. Las categorías TIA son compatibles con categorías inferiores. A su vez, hay diferentes calidades dentro de una misma categoría: núcleo sólido para instalaciones, núcleo flexible para realizar patches, cubiertas de protección y blindado apantallado (S/FTP) para resistir los rigores de una gira.

Conectores UTP y STP

Los cables de cobre de las redes Ethernet utilizan conectores de factor de forma RJ45. La mayoría de las empresas venden los cables y los conectores por separado, y los integradores de sistemas y los instaladores pueden montar los cables con herramientas específicas de uso sencillo. Los cables de instalación (núcleo sólido) y los cables flexibles (núcleo trenzado), en sus versiones UTP y STP, necesitan diferentes tipos de conectores RJ45. La mayoría de fabricantes de switches denominan "TX" a los conectores de red de cobre CAT5 (por ejemplo, "1000BASE TX"). En el campo del audio, a menudo se utiliza EtherCon® de Neutrik para los sistemas de conectividad RJ45 por su resistencia a las exigencias de una gira.

Cables de fibra

Los cables de fibra óptica resisten frecuencias mucho mayores que el cableado STP, y se pueden usar tiradas de cable de más de 10 kilómetros. Existen dos tipos de sistemas de fibra: multimodo y unimodo. Las fibras multimodo gestionan conexiones gigabit de hasta 2 kilómetros. Las fibras del tipo unimodo requieren un diodo láser más caro, pero gestionan conexiones de hasta 80 kilómetros. Ambos tipos pueden encontrarse en tiendas de TI como fibras de instalación; algunas empresas como Fiberfox® ofrecen cables de fibra de altas prestaciones para resistir los rigores de una gira.

Conectores de fibra

Los conectores de cables de fibra se presentan en diferentes variedades denominadas SC, ST, LC, etc. Puesto que montar los conectores de fibra es muy complicado, los cables se venden mayoritariamente con los conectores incluidos. Los switches a menudo utilizan sistemas modulares para ofrecer conectividad de fibra; los estándares de la industria para estos módulos son GigaBit Interface Converter (GBIC) y su versión mini denominada Small Formfactor Pluggable (SFP). La mayoría de fabricantes de switches se refieren a las conexiones de red de fibra como 'FX', 'LX' o 'SX' (por ejemplo, "1000BASE FX"). Para sistemas de conectividad resistentes a las exigencias de una gira, Neutrik desarrolló el sistema de conexiones OpticalCon®, que ofrece protección adicional a los conectores de fibra más vulnerables. Connex ofrece Fiberfox®, un sistema de conexiones que utiliza lentes para dispersar la señal de la fibra y que sea menos sensible a los arañazos y a la suciedad.

Convertidores de soporte

Puede usarse un switch sin módulo de fibra para trabajar con una conexión de fibra utilizando un convertidor de soporte y viceversa. Existen muchos convertidores de soporte disponibles en el mercado para conexiones con gran ancho de banda. Sin embargo, es recomendable utilizar switches con módulos de fibra internos para mantener la latencia en el mínimo posible.



Conector RJ45



Neutrik EtherCon®



Conector de fibra SC



Fiberfox® EBC52



Neutrik OpticalCon



GBIC

8. Más acerca de Dante™

La compañía australiana Audinate® inventó Dante™ en 2006, que utiliza redes Gigabit Ethernet como una alternativa más potente a las redes CobraNet™ y EtherSound. Dante™ es un protocolo bajo licencia y lo han implementado más de 100 fabricantes en 2014. Dante™ funciona en las redes utilizando switches comerciales estándares compatibles con los protocolos QoS y PTP, y permite que se deshabilite el modo EEE (Energy Efficient Ethernet). Para redes más grandes, los switches también deberían ser compatibles con el protocolo IGMP Snooping.

Concepto

Dante™ gestiona los datos de audio agrupando en “flujos” canales que viajan desde el mismo transmisor al mismo receptor. Cada flujo consistirá en 8 canales como máximo y normalmente se creará sin intervención del usuario. Los dispositivos Dante™ también tienen un mecanismo de averiguación automática que permite que el direccionamiento de audio se base simplemente en los nombres de los dispositivos y los nombres de los canales. Este mecanismo utiliza Ethernet OSI capa 3 (direccionamiento IP). La mayoría de los equipos Dante™ requieren el uso de switches Gigabit Ethernet, lo que significa que los retardos de almacenamiento-envío y de cola son mucho más bajos que en las redes de 100Mb. De hecho, todos los dispositivos Dante™ se comunican periódicamente con el dispositivo Dante™ maestro para determinar el tiempo de retardo. Y ajustarán su propio ritmo de transmisión de audio en consecuencia. Para esta función utilizan el protocolo estándar Ethernet PTP (“Precision Time Protocol”, Protocolo de tiempo de precisión), asegurando una precisión de sincronización de un microsegundo. Es más, Dante™ utiliza una función Ethernet QoS (“Quality of Service”, Calidad de servicio) estándar para asegurar que los datos de audio y la sincronización Dante™ se procesan en los switches más rápidamente que cualquier otro dato. Esto permite al protocolo Dante™ compartir redes con equipos informáticos de oficina y otros equipos de TI.

Direccionamiento

Dante™ proporciona el software “Dante™ Controller” que cuenta con una interfaz de usuario de tipo matriz visual para el direccionamiento de los canales, y que es compatible con todos los dispositivos Dante™ existentes en el mercado. Algunos fabricantes proporcionan medios alternativos para el control del direccionamiento Dante™, como por ejemplo la interfaz de usuario de direccionamiento Dante™ implementada en las mesas de mezclas CL y QL de Yamaha. El software también controla los ajustes de latencia y de sincronización. Audinate® también comercializa una tarjeta de sonido virtual llamada Dante™ Virtual Soundcard (DVS) que es capaz de enviar y recibir hasta 64 canales a y desde la red Dante™ utilizando el puerto Ethernet de un ordenador personal. Esta funcionalidad por fin incorpora los ordenadores personales como dispositivos de e/s en las redes sin el coste de un hardware adicional.

Redundancia

De forma similar a CobraNet™, los dispositivos Dante™ ofrecen puertos primario y secundario para la conexión a la red. Ambos puertos pueden conectarse a una red gigabit con topología de conexión en estrella. Si, por ejemplo, también es necesario hacer redundantes las partes de control y de vídeo, se pueden utilizar funcionalidades de redundancia adicionales como la troncalización y el árbol de expansión.

Conexión en cadena

Algunos productos Dante™ incorporan un pequeño switch gestionado para conectar los puertos primario y secundario a una red. Este switch se puede programar para reemplazar el puerto secundario por un segundo puerto primario, permitiendo utilizar conexiones en cadena simples para configuraciones sencillas de sistemas de sonorización en directo. Esta funcionalidad está incorporada en los productos QL, CL, Ri/o, MTX5D y XMV-D de Yamaha. Observe que la topología en anillo redundante no es compatible con este método. Para crear redundancia en el cableado, se puede aplicar troncalización utilizando switches adicionales.



Dante™ Controller



DVS Dante™ Virtual Soundcard



Interfaz Dante™ MY16-AUD

9. Más acerca de CobraNet™

CobraNet™ fue inventado por la compañía estadounidense Peak Audio en 1966 utilizando el estándar común de Ethernet (100Mb) en aquellos tiempos. Desde entonces, el protocolo ha evolucionado hasta convertirse en un estándar mundial de gran fiabilidad y que se utiliza en muchos proyectos de instalaciones, incluso en 2014.

Concepto

Los datos de audio se fragmentan en paquetes Ethernet. Dichos paquetes con los fragmentos de las señales de audio se denominan “bundles” y contienen una cadena de muestras de audio de uno, dos, cuatro u ocho canales. Los bundles se pueden direccionar utilizando Ethernet capa 2 (direccionamiento MAC), convirtiendo CobraNet™ en una verdadera red: dentro del ancho de banda disponible, el direccionamiento es completamente independiente del cableado físico. El gran reto de la transferencia de audio en una red Ethernet es conseguir la sincronización de los tiempos, dicho con otras palabras, que el audio llegue a todas las ubicaciones de la red al mismo tiempo. Para superar los retardos causados por la latencia de almacenamiento y envío en los switches de la red, Peak Audio aportó una solución de sincronización ciertamente brillante. Uno de los dispositivos CobraNet™ de la red recibe la asignación (automáticamente o por decisión del usuario) de actuar como reloj maestro, y se le nombra “conductor” para que envíe unos cientos de pequeños “paquetes de tiempo” por segundo. En el momento en que se envía un paquete de tiempo, la red está inactiva, pero en cuanto todos los demás dispositivos lo reciben, todos empiezan a transmitir todos los paquetes de audio (bundles) y se congestiona la red. Resolver esto lleva algún tiempo, dependiendo de la cantidad de paquetes y de las colas que se formen en los puertos de salida de los switches de la red. La clave está en que todos los dispositivos CobraNet™ que reciban paquetes de audio esperen una cierta cantidad de tiempo antes de enviar datos de audio a sus salidas, siendo las opciones 5,3/2,6/1,3 milisegundos, dependiendo del tamaño de la red. Este tiempo de retardo es suficiente para que los switches de la red solucionen toda la congestión y entreguen todos los paquetes de audio a los dispositivos receptores. Como los bundles contienen suficientes muestras para llenar exactamente el periodo de espera, los dispositivos de salida nunca se quedan sin datos y pueden enviar continuamente señales de audio. Dado que el paquete de tiempo se envía cuando la red está inactiva (sin señales de audio), el paquete de tiempo tarda muy poco en viajar hasta los demás dispositivos, haciendo que todas las salidas se sincronicen con una precisión que oscila pocos microsegundos. Después del periodo de espera, la red vuelve otra vez a estar inactiva y el conductor envía un nuevo paquete de tiempo, volviendo otra vez a comenzar el proceso desde el principio. CobraNet™ permite implementar otras funcionalidades Ethernet en la red, como por ejemplo vídeo y control de dispositivos, siempre y cuando el ancho de banda no exceda de 100Mb.

Direccionamiento

El direccionamiento se hace asignando números a los bundles. Un bundle puede ser multicast (transmitido a todos los dispositivos CobraNet™ de la red) o unicast (transmitido a un solo dispositivo). Como un bundle multicast se envía a todos los demás dispositivos, ocupa ancho de banda en todos los cables. Con un número máximo de 64 canales por conexión de 100Mb, esta es la limitación de una red multicast CobraNet™. Cuando una señal de audio solo necesita ser enviada a un único destino, se puede utilizar unicast, ocupando ancho de banda solamente en los puertos y cables situados en la ruta que va del transmisor al receptor. De esta forma se pueden utilizar más canales en la red. El ajuste del número de bundles, del tamaño, del modo de latencia o de la prioridad del conductor, entre otros, se puede hacer por software. Cirrus Logic, la compañía que posee en la actualidad las licencias CobraNet™, proporciona el paquete de software “CobraNet Discovery”, mientras que los fabricantes de dispositivos CobraNet™ individuales también proporcionan su propio software, como es el caso de “CobraNet Manager lite” de Yamaha. Aunque CobraNet™ es completamente compatible con Ethernet, Cirrus Logic nunca ha sacado un controlador (driver) para ordenador que permita la transmisión y recepción directa en ordenadores personales.

Redundancia

Para poder proporcionar redundancia, los dispositivos CobraNet™ tienen dos puertos, primario y secundario, de modo que el puerto secundario se activa cuando se pierde la conexión del puerto primario. Este método de “doble enlace” se puede utilizar a la vez que el árbol de expansión y la troncalización para hacer redundantes los sistemas.

Desaparición gradual

En los comienzos de CobraNet™, los switches tenían un gran retardo de almacenamiento/envío, requiriendo que se seleccionase el modo de latencia de 5,3 milisegundos incluso en redes pequeñas. Como esta latencia es problemática para los sistemas en directo, CobraNet™ se aplicó principalmente en instalaciones fijas. Cuando salieron los potentes y rápidos switches gigabit, allá por el año 2000, ya se pudo utilizar el modo de 1,3 milisegundos para los sistemas de tamaño medio en directo. Puesto que CobraNet™ ha dejado de recibir mantenimiento por parte de Cirrus Logic sus actuales propietarios, y Dante™ se ha convertido en una alternativa más potente, CobraNet™ está desapareciendo poco a poco.

CobraNet®



Circuito integrado CobraNet™

Direccionamiento
CobraNet™
(DME Designer)



Tarjeta de interfaz CobraNet™

10. Más acerca de Ethersound™

La compañía francesa Digigram inventó EtherSound™ en el año 2001 como alternativa más sencilla y más rápida a CobraNet™ para los sistemas en directo, argumentando que una sencilla conexión en cadena es suficiente para conseguir funcionalidad en la sonorización en directo. Cuando se utiliza una topología de conexión en cadena, deja de hacer falta el direccionamiento porque cada dispositivo tiene un dispositivo al que enviar y un dispositivo del que recibir. Esto significa que no hacen falta switches, de modo que no hay retardos de almacenamiento/envío en la red. Igualmente, como en los cables no hay más que una única transmisión de paquetes de audio en cada momento, nunca se producen colas de espera. Este uso simplificado de Ethernet permite que los dispositivos EtherSound™ tengan una latencia de solo 1,4 microsegundos. A causa de esta baja latencia, el sistema utiliza los paquetes de audio para sincronizar, y ya no hay necesidad de un método inteligente de sincronización. Aunque EtherSound™ no depende del direccionamiento de los paquetes Ethernet, sigue siendo una verdadera red: dentro del ancho de banda disponible de 64 canales, se pueden hacer las conexiones de audio independientes del cableado físico.

Concepto

Un dispositivo EtherSound™ no tiene puertos primario y secundario como los dispositivos CobraNet™ y Dante™, sino que en su lugar tiene puertos de entrada (IN) y de salida (OUT). Los puertos admiten Ethernet 100Mb, con el ancho de banda completamente ocupado con una transmisión de 48.000 paquetes por segundo, y cada paquete contiene 64 canales de muestras de audio sencillas a 48 kHz. No queda espacio para nada más y por eso, aunque EtherSound™ es completamente compatible con Ethernet, una red EtherSound™ no puede utilizarse para otras funciones Ethernet como vídeo y control, a menos que se direcciona de forma aislada a través de una VLAN utilizando una red gigabit.

Direccionamiento

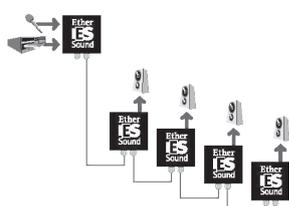
La transmisión de datos procedente del dispositivo conectado al puerto IN y que se envía al dispositivo conectado al puerto OUT se llama "bajada", y permite el envío de canales desde el primer dispositivo hasta el último (y a todos los dispositivos que haya entremedias). La transmisión de datos procedente del dispositivo conectado al puerto OUT y que se envía al dispositivo conectado al puerto IN se llama "subida", y permite el envío de canales de vuelta desde el último dispositivo hasta el primero (y a todos los dispositivos que haya entremedias). El direccionamiento de los canales se hace utilizando el software AVS-Monitor de Auvitran, seleccionando los canales que se van a coger de las transmisiones de subida/bajada y se van a enviar a las salidas de los dispositivos, y los canales que se van a coger de las entradas de los dispositivos y se van a insertar en las transmisiones de subida/bajada. Auvitran también proporciona un controlador (driver) ASIO, permitiendo el envío y la recepción de hasta 64 canales por un ordenador personal a través de un puerto Ethernet estándar.

Redundancia

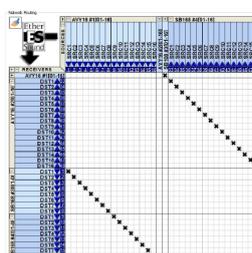
La última versión de EtherSound™ se llama ES100 y permite cerrar la conexión en cadena con todos los dispositivos ejecutando un protocolo de redundancia similar a un árbol de expansión, formando un anillo redundante. El tiempo de recuperación es muy rápido, solo unas pocas muestras. Además, se pueden utilizar configuraciones de troncalización y árbol de expansión para sistemas más grandes que utilicen switches gigabit.

Desaparición gradual

Aunque EtherSound™ tiene un ancho de banda limitado, es muy fácil de configurar y se puede utilizar sin switches con una latencia que es lo suficientemente baja como para trabajar con sistemas en directo. Al igual que CobraNet™, EtherSound™ también está desapareciendo gradualmente, siendo remplazado por Dante™ como una alternativa más potente.



Topología de conexión en cadena



AVS-Monitor de Auvitran



Tarjeta de interfaz MY16-ES64

11. Otros protocolos de redes de audio

En la actualidad se están introduciendo en el mercado otros protocolos o estándares de redes de audio compatibles con Ethernet. Estos protocolos están basados en OSI capa 3, como Dante™, pero no han conseguido tanta aceptación. Todos ellos tienen una serie de ventajas ligeramente diferentes.

AVB

Audio Video Bridging (AVB) es el nombre por el que se conoce a una red que implementa un grupo de protocolos esbozados por el comité de estándares 802.1 del IEEE. Estos protocolos incluyen características que aseguran una sincronización precisa entre todos los dispositivos de la red, para garantizar la disponibilidad del ancho de banda de red que requieren los datos de audio y vídeo, y para garantizar la transmisión constante de datos en lugar de que se produzcan ráfagas y pausas en la red. Un grupo de fabricantes de equipos de AV y de TI formaron la alianza AVnu para trazar las directrices que asegurasen la compatibilidad entre todos los dispositivos con capacidad AVB que ellos fabricaban. En 2014 ha salido al mercado el primer equipo AVnu con certificación AVB. Sin embargo, las redes AVB requieren el uso de unos switches de hardware especiales, bastante caros y que no se encuentran fácilmente. A la hora de redactar estas páginas, tampoco se había acordado un mecanismo de redundancia. Tanto Yamaha como Audinate® han sido partícipes de la alianza AVnu.

AES67

En septiembre de 2013, se anunció el estándar AES67 para audio de altas prestaciones en redes IP. Operando en la capa 3 de la red, proporciona recomendaciones en diversas áreas, entre las que se incluyen la sincronización, la identificación del reloj de los soportes y el transporte en la red. Audinate® estableció en 2014 que Dante™ incorporase el estándar AES67, permitiendo a los equipos Dante™ compartir audio con otros equipos AES67.

Ravenna

Ravenna es el nombre de la ciudad italiana donde está enterrado Dante Alighieri, el autor de La Divina Comedia. Con este nombre tan oportunista fue presentada la red Ravenna en el año 2010 por un grupo de fabricantes de Pro Audio enfocados a la industria de la emisión y radiodifusión (broadcast). Al igual que Dante™, Ravenna es una solución IP basada en capa 3 y utiliza estándares IEEE como PTP para la sincronización de reloj y QoS para la gestión del tráfico de datos. Ravenna ya es compatible con el estándar AES67 y ha sido adoptada por fabricantes de Pro Audio como Lawo, Genelec y Merging Technologies.

OCA

Open Control Architecture (OCA) no es un protocolo de red de audio, sino un grupo de especificaciones acordadas por la alianza OCA (varios fabricantes de equipos de audio profesional entre los que se incluye Yamaha). El objetivo es crear y lanzar un estándar de control de red y de comunicación de monitorización de libre uso al que se adhieran en el futuro los dispositivos de audio en red. Este estándar promete mejorar la compatibilidad entre el software y los dispositivos de los diferentes fabricantes.



Logotipo de AVB



Logotipo de RAVENNA

12. Ingeniería del sistema

Usuarios del sistema

Desde el punto de vista del usuario, un sistema de audio en red bien diseñado no debe tener problemas: debe ofrecer una conectividad fácil y una logística flexible y debe ser compatible con las aplicaciones más complejas y exigentes, como los sistemas instalados en teatros, salas de conciertos, centros de ocio, comunidades, escuelas, etc. Además, las aplicaciones de giras en directo como producciones teatrales, conciertos de pop, musicales, operas, etc. que utilizan sistemas propios o alquilados a una empresa de alquileres pueden beneficiarse de los sistemas de audio en red.

Ingeniería del sistema

A nivel de ingeniería, normalmente una parte del proceso de la ingeniería del sistema la maneja el personal técnico del propietario del sistema, y la otra parte queda a cargo de un especialista o integrador de sistemas. Puesto que la ingeniería de redes requiere unos profundos conocimientos de la tecnología de redes, que normalmente no tienen los ingenieros de audio, el papel de los expertos e integradores de sistemas cualificados aumentará cada vez más para poder cubrir las necesidades de especificación de redes, de diseño y programación de sistemas de audio en red, y de diseño de procedimientos para que el manejo y la instalación resulte fácil para los usuarios de sistemas.

Especificación del sistema

En primer lugar, debe configurarse la especificación del sistema. El audio en red abre una amplia gama de nuevas posibilidades, pero todavía hay limitaciones; sin una comprensión profunda de la tecnología de redes, es muy difícil valorar si las especificaciones son factibles o no. La especificación de un sistema incluye el número de canales de audio, el número de ubicaciones, las distancias entre las ubicaciones, los ajustes de calidad de audio necesarios, el nivel de redundancia, los servicios de control, etc. Si un sistema de instalación fija utiliza una infraestructura de TI existente, también debe incluirse al administrador del sistema de TI en el proceso de especificación. Para aplicaciones de gira deben incluirse especificaciones de manejo especiales, como la calidad de conectores y cables y la estandarización de la conectividad. En base a las especificaciones del sistema puede seleccionarse el formato de red, el formato de audio en red, la topología de red, la configuración de redundancia y la conectividad que mejor se adapten a dichas especificaciones.

Componentes de audio

Los sistemas cerrados ofrecen una variedad de componentes de audio determinados por el fabricante. En los sistemas abiertos puede incluirse cualquier marca de componentes de audio que sea compatible con el estándar de la red de audio. Los ejemplos actuales de sistemas de audio en red son Dante™, CobraNet™ y EtherSound™.

Componentes de red

Para sistemas cerrados el fabricante suministra el hardware de red. La variedad de componentes de red para sistemas abiertos es abundante. El avanzado mercado de TI ofrece muchas marcas de diferentes calidades y niveles funcionales de equipamiento para la red. Para los sistemas Dante™ es necesario que los switches cumplan los requisitos básicos de funcionalidad; los fabricantes normalmente recomiendan switches que está demostrado que funcionan.

Futuras ampliaciones

Los sistemas cerrados permiten ampliaciones utilizando una selección limitada de opciones de ampliación de hardware del fabricante. Los sistemas abiertos que utilizan tecnología de red estándar ofrecen una escalabilidad definible por el usuario: después de adquirir un sistema, se pueden añadir componentes de red y de audio, sin tener que restringirse a las marcas de los componentes utilizados en el sistema original.

Integrador de sistemas cualificado

Todos los sistemas de audio en red requieren que un especialista cualificado o un integrador de sistemas cualificado se responsabilice de la ingeniería del sistema. No existe ningún estándar para estas cualificaciones, aparte de un profundo conocimiento y experiencia en ingeniería de audio en red y en diseños de sistemas que se utilicen en el mercado.

13. Invertir en un sistema de audio en red

Costes del sistema

El coste total de un sistema es la suma de los costes de los componentes y de los costes de la mano de obra necesarios para diseñar, construir y mantener el sistema. Básicamente, un sistema de audio en red aumenta los costes de los componentes y disminuye los de mano de obra. La inversión en un sistema de audio en red también influye en los costes de uso y mantenimiento de un sistema una vez que éste se ha entregado. Utilizar sistemas de audio en red en la industria de las giras permitirá disminuir notablemente los costes en logística y ahorrar tiempo de configuración. Los sistemas de instalación fija pueden beneficiarse del bajo coste de los cambios que se han producido en este tipo de sistemas.

Costes de componentes

Dado que el cableado analógico de larga distancia ha sido sustituido por las redes P2P y de audio, los costes de los componentes ahora se han trasladado de los cables a las interfaces. Donde los sistemas basados en P2P (por ejemplo AES10-MADI, AES50-SuperMAC) necesitan routers de hardware patentados en cada punto de conexión, los sistemas en red pueden utilizar switches de red estándares que son menos caros. Si solo hace falta conectar dos dispositivos (por ejemplo, un solo mezclador con un solo rack de escenario), entonces la diferencia no es demasiado grande, pero en cuanto los sistemas se hacen más complejos, las redes de audio suelen ser más rentables.

Costes de mano de obra

En los sistemas P2P, los requisitos de cableado del sistema están directamente relacionados con los requisitos funcionales, y por lo tanto el cableado es algo de lo que ha de encargarse personal experimentado. En los sistemas de audio en red, dentro de los límites del ancho de banda, el cableado es algo completamente independiente de los requisitos funcionales, por lo que hace falta menos personal experimentado. En sistemas de instalación fija, cualquier cambio funcional después de la puesta en marcha puede implementarse sin afectar al cableado, reduciéndose aún más los costes de mano de obra.

Beneficios en competitividad

La calidad y el nivel de funcionalidad de un sistema de audio en red son mucho mayores que los de un sistema P2P. A medida que los proyectos son cada año más complejos, hay más trabajos que no pueden realizarse sin utilizar sistemas de audio en red, de forma que quien invierte en este tipo de sistemas dispone de unos claros beneficios en competitividad con respecto a las soluciones P2P. Estas ventajas en competitividad deben también incluirse en los cálculos de costes.

Resultado final

Cada sistema consta de sus propias características económicas, y existen demasiadas variables para proponer unas normas básicas para comparar los costes. En general, al sustituir un sistema analógico o un sistema P2P por un sistema de audio en red, el coste de los componentes será igual o menor, el coste en mano de obra disminuirá y los beneficios en competitividad aumentarán. Cuanto más grande y complejo es el sistema, mayores son los ahorros en costes.

Ahorros en costes de componentes
(en comparación con el cableado analógico)



Sin necesidad de multinúcleo analógico

Costes del sistema de audio en red



Inversión en cableado y equipamiento de red

Ahorros en costes de mano de obra



Giras: ahorro en transporte y despliegue

Beneficios en competitividad



Más funcionalidad y flexibilidad



Sin necesidad de cable de distribución, manguera de escenario ni separador (splitter)



Inversión en equipamiento de E/S



Instalaciones fijas: ahorro en cables



Mejor calidad de audio

14. Glosario de audio en red

<u>AES/EBU</u>	Formato de audio digital estandarizado por la Audio Engineering Society y la European Broadcasting Union, como por ejemplo AES3. Utiliza cableado de cobre balanceado con 2 canales por conexión.
<u>AES67</u>	Una lista de recomendaciones de la Audio Engineering Society para transportar audio de altas prestaciones en redes IP. No es un protocolo de transporte de audio propiamente dicho.
<u>Anillo</u>	Una red conectada en cadena con ambos extremos conectados, formando un anillo. A diferencia de la conexión en cadena, un anillo que puede transmitir los datos en ambas direcciones tiene la redundancia ya integrada: en caso de fallo, todos los dispositivos permanecen conectados.
<u>AVB (Audio Video Bridging)</u>	Un tipo de red que utiliza switches y otros equipos especializados que llevan implementado el conjunto de protocolos AVB. Así se garantiza la sincronización, el ancho de banda y la consistencia.
<u>AVnu Alliance</u>	Un foro dedicado a promover el uso de AVB y la interoperatividad de los equipos fabricados por sus miembros.
<u>CAT5</u>	Cable de categoría 5 capaz de transportar 100Mb en señales de red hasta una longitud máxima de 100 metros.
<u>CAT5E</u>	Especificación ampliada del cable de tipo CAT5 para frecuencias más altas. Los cables CAT5E pueden manejar conexiones Gigabit Ethernet.
<u>Clase de red</u>	Categorización de la máscara de subred de la red; determina qué parte de la dirección IP es el número de red y qué parte es la dirección host. Clase A: número de red de 1 byte (8 bits), dirección host de 3 bytes (24 bits). Clase B: número de red de 2 bytes (16 bits), dirección host de 2 bytes (16 bits). Clase C: número de red de 3 bytes (24 bits), dirección host de 1 byte (8 bits). En general, en las oficinas pequeñas se utilizan redes de la clase C.
<u>CobraNet™</u>	Protocolo de red que utiliza Ethernet para transportar audio, así como para controlar y monitorizar los datos de una red de 100Mb con una capacidad máxima de 64 canales por enlace.
<u>Concentrador (Hub)</u>	(Concentrador de repetición). Dispositivo simple de red que reenvía a todos los puertos los paquetes entrantes sin comprobar las direcciones. Los concentradores de repetición se utilizan para conectar entre sí los segmentos de red y formar una gran red. La tecnología de los concentradores de repetición está obsoleta y no debe utilizarse en sistemas nuevos.
<u>Conexión en cadena (Daisy chain)</u>	Método de conexión de dispositivos. En caso de fallo en el dispositivo, el sistema se divide en dos.
<u>Convertidor de soporte</u>	Dispositivo para convertir una conexión de fibra a una conexión de cobre RJ45 y viceversa. Existen convertidores de soporte para la mayoría de conectores de fibra y de velocidades.
<u>Dante</u>	Una tecnología de red multicanal sobre soporte digital que se basa en estándares de la industria de la TI, con muy baja latencia y alta precisión de sincronización. Dante™ admite una capacidad de más de 500 canales por enlace.
<u>Dirección global</u>	Dirección IP que puede conectarse a Internet. Las direcciones globales se encuentran en InterNIC (www.internic.org), y de esta forma cada dirección global es única.
<u>Dirección IP</u>	Dirección del protocolo Internet, una dirección que puede definir el usuario para gestionar flujos de información en una red. Las direcciones IP incluyen un número de red y un número de host. Permite direccionar la información tanto en una red de área local (una red de oficina que normalmente utiliza IPv4 con direccionamiento de 4 bytes) como en una red de área extensa (Internet, que normalmente utiliza direccionamiento IPv6 de 16 bytes).
<u>Dirección MAC</u>	Media Access Control (MAC) es un sistema para direccionar que utiliza una dirección de 48 bits (6 bytes), asignada por la organización de estándares IEEE. 48 bits equivalen a 280 billones de direcciones únicas, sin que se repitan.
<u>Dirección privada</u>	Dirección IP para utilizar en redes privadas sin obtener la aprobación de InterNIC. Clase A: 10.0.0.0-10.255.255.255 Clase B: 172.16.0.0-172.31.255.255 Clase C: 192.168.0.0-192.168.255.255. Existen direcciones no direccionables y están restringidas para utilizarlas solo en una subred local.
<u>Dispositivo de bucle invertido (Loopback)</u>	El dispositivo de bucle invertido (o "loopback") EtherSound™ no solo envía sus datos de bajada al siguiente dispositivo como paquetes de emisión, sino que también los envía de subida al dispositivo maestro primario (o al dispositivo final de bucle, V2.09 o superior) como paquete unicast, creando un segmento bidireccional de conexión en cadena entre los dos.
<u>Dispositivo final de bucle</u>	La versión 2.09 de EtherSound™ y superiores, incluyendo ES-100, permite crear múltiples segmentos bidireccionales en una conexión en cadena. Además del maestro primario, cualquier dispositivo puede configurarse en modo "Dispositivo final de bucle" (End Of Loop), bloqueando la transmisión de datos de subida.
<u>EEE (Energy Efficient Ethernet)</u>	También conocido como "Green Ethernet", es una tecnología estandarizada como IEEE 802.3az. Su objetivo es reducir el consumo eléctrico de los switches en un 50% aproximadamente. Sin embargo, no siempre es compatible con los equipos de las redes de audio como Dante™, por lo que es mejor evitarla o deshabilitarla.
<u>Emisión (broadcast)</u>	El estándar Ethernet 802.3 permite enviar información a todos los dispositivos de una red como paquetes de emisión. EtherSound™ utiliza este método para enviar canales de audio en una conexión en cadena.
<u>Enlace doble (Dual link)</u>	Método de redundancia CobraNet™ conectando un dispositivo a un red con dos enlaces; si un enlace falla, se utiliza el otro.
<u>ES-100</u>	Una nueva versión de EtherSound™ que ofrece mayor funcionalidad. ES-100 permite usar una topología en anillo redundante.
<u>Estrella</u>	La topología de red más utilizada. El centro de la estrella puede estar diseñado con switches de alta potencia de procesamiento, mientras que los extremos de una red en estrella pueden diseñarse con menos potencia de procesamiento. "Estrella de estrellas" o estructuras "en árbol" son también variantes comunes de esta topología.
<u>EtherCon®</u>	Un conector RJ45 combinado con carcasa XLR resistente a los rigores de una gira, fabricado por Neutrik.

<u>Ethernet</u>	El protocolo de red más utilizado del mundo, estandarizado por el Institute of Electrical and Electronics Engineers como estándar IEEE802.3.
<u>EtherSound™</u>	Protocolo de red que utiliza Ethernet para transportar audio, así como para controlar y monitorizar los datos de una red de 100Mb. EtherSound™ utiliza una topología de conexión en cadena con un flujo de datos de ancho de banda fijo de 64 canales y una latencia determinista (variable según la topología de la red) muy baja. En 2006 se presentó como ES-100 una nueva versión de EtherSound™ con mas funcionalidad.
<u>Fiberfox®</u>	Un sistema resistente a los rigores de una gira para conectar cables de fibra que dispersa la señal de la luz con una lente para aumentar la superficie de contacto del conector. Una superficie grande es menos sensible a los arañazos y a la suciedad.
<u>Fibra</u>	Medio utilizado para transportar la información utilizando la luz. Existen los modos de fibra unimodo y multimodo. Las fibras pueden gestionar flujos de información de gran ancho de banda y tener una longitud de varios kilómetros.
<u>Fibra multimodo</u>	Conexiones capaces de gestionar grandes flujos de datos en una distancia de hasta un máximo de 2 kilómetros, dependiendo del estándar de la red. Las conexiones multimodo utilizan un tipo de láser que no es caro.
<u>Fibra unimodo</u>	Conexiones capaces de gestionar grandes flujos de datos en una distancia de hasta un máximo de 80 kilómetros, dependiendo del estándar de la red. Las conexiones unimodo utilizan un tipo de láser de alta potencia que es caro.
<u>GBIC (Convertidor de interfaz gigabit)</u>	Módulo de intercambio activo para añadir conectividad óptica o de cobre gigabit a un switch.
<u>Gigabit</u>	Mil millones de bits (1.000.000.000 de bits; Gb). Un enlace gigabit puede transportar un gigabit de información por segundo, un volumen de datos 10 veces superior al de los enlaces 100Mb (100 Megabits por segundo, también conocido como Ethernet rápido).
<u>IGMP Snooping</u>	Un función de switch que permite al dispositivo escuchar los mensajes del protocolo IGMP (Internet Group Management Protocol). Esto significa que el switch puede bloquear el tráfico multicast para que no llegue a los sitios si no es necesario, liberando de este modo ancho de banda de la red.
<u>Latencia</u>	(latencia de red, retraso de transmisión). El tiempo que transcurre desde que el dispositivo de envío emite el paquete de información hasta que el dispositivo de destino lo recibe.
<u>MADI</u>	Multichannel Audio Digital Interface (MADI) es un protocolo estandarizado por AES como AES10. MADI utiliza una sola conexión para transferir 64 canales de audio de 24 bits.
<u>Maestro primario (Primary Master)</u>	El primer dispositivo de una conexión en cadena EtherSound™ recibe el nombre de maestro primario e inicia el flujo de datos de 64 canales enviado de bajada por la conexión en cadena. En modo bidireccional, el maestro primario es el último dispositivo en recibir los datos de subida. Se puede conectar un ordenador con software ES Monitor al puerto de entrada (IN) del maestro primario para monitorizar y controlar todos los dispositivos EtherSound™ de la red.
<u>Maestro primario preferente (Preferred Primary Master, PPM)</u>	Los dispositivos EtherSound™ ES-100 pueden usarse en una topología en anillo redundante, definiendo un dispositivo como maestro primario preferente. Entonces este dispositivo bloquea el anillo (por lo tanto, es una conexión en cadena), pero lo desbloquea cuando se pierde una conexión.
<u>Máscara de subred</u>	Número que especifica qué parte de la dirección IP representa el número de red y cuál la dirección host.
<u>Megabit</u>	Un millón de bits (1.000.000 de bits; Mb). Un enlace de Ethernet rápido puede transportar 100 Mb de información por segundo, y un enlace gigabit transporta 1000Mb. En este documento, la velocidad o el ancho de banda de una conexión de 100 Megabits por segundo aparece abreviada como "100Mb".
<u>Modelo OSI</u>	Modelo estandarizado para protocolos de red publicados por la International Organization for Standardization (Organización Internacional para la Normalización) ISO (www.iso.org). El modelo OSI define siete capas, definiendo desde la forma física de los datos eléctricos (capa 1) hasta la aplicación del servicio de red que utiliza la red (capa 7). El direccionamiento MAC se define en la capa 2; el direccionamiento IP en la capa 3.
<u>Multi Unicast</u>	Algunos dispositivos de audio permiten el envío de información como "multi unicast" a un número limitado de destinos. Para enviar bundles a muchos destinos, debe utilizarse el método multicast.
<u>Multicast</u>	El estándar Ethernet 802.3 permite enviar información como paquetes multicast a varios dispositivos de una red. La información puede obtenerse desde cualquier lugar de la red.
<u>OCA (Open Control Architecture)</u>	Una arquitectura de interoperatividad para el control y monitorización de sistemas diseñada para simplificar el diseño y la integración de las redes de soporte profesional.
<u>OpticalCon®</u>	Carcasa de conector XLR de Neutrik para conectores de fibra de tipo LC, que protegen de arañazos y suciedad los extremos vulnerables de las fibras.
<u>OPTOCORE®</u>	Un estándar de red de audio de topología en anillo capaz de gestionar más de 500 canales, vídeo y conexiones en serie con latencia baja.
<u>Protocolo Spanning Tree (Arbol de expansión)</u>	Estándar Ethernet IEEE802.1d. Protocolo para que los switches Ethernet bloqueen bucles en redes y reservarlos para utilizarlos en caso de que un enlace activo falle.
<u>PTP Precision Time Protocol</u>	Estándar de sincronización de reloj IEEE 1588. Utiliza una arquitectura maestro-esclavo y tiene una precisión de submicrosegundos, lo que la hace adecuada para que la utilicen los equipos de audio en red.
<u>Puente</u>	Dispositivo de red que se utiliza para conectar redes entre sí. Los puentes trabajan con direcciones MAC e ignoran las direcciones IP. Para conectar redes a nivel de direcciones IP es necesario un router.
<u>Puente serie (Serial bridge)</u>	Conexión en serie en una red CobraNet™ que permite usar la red para comunicarse con dispositivos RS232.
<u>QoS (Quality Of Service)</u>	(Calidad de servicio) Funcionalidad de Ethernet que permite a los switches proporcionar ciertos tipos de datos con una prioridad más alta, admitiendo un transporte más rápido a través de un switch. Dante™ utiliza esta funcionalidad para asegurar una baja latencia.

<u>Ravenna</u>	Un red sin licencia basada en IP que utiliza protocolos y equipos de TI estándares. Se utiliza principalmente en la industria profesional del "broadcast" (emisión y radiodifusión), y los fabricantes pueden participar en su continuo desarrollo.
<u>Redundancia</u>	Se llama así al diseño de redes con funcionalidad adicional para recuperarse de los fallos del sistema.
<u>RJ11</u>	Conector utilizado para el cableado de cobre de las aplicaciones telefónicas.
<u>RJ45</u>	Conector utilizado para el cableado de cobre de las aplicaciones de red (por ejemplo, CAT5).
<u>Router</u>	Dispositivo de red que se utiliza para conectar redes entre sí. Un router funciona con direcciones IP y es capaz de direccionar datos entre redes conectadas con diferentes números de red. Los routers raramente se utilizan en sistemas de audio en red.
<u>RS232</u>	Conexión en serie estandarizada por la alianza Electronics Industry Alliance (EIA) que define las características técnicas y mecánicas, compatible con conexiones P2P de baja velocidad de bits (bitrate). En 1991 se presentó un estándar RS232C mejorado.
<u>RS422</u>	Conexión en serie estandarizada por la alianza Electronics Industry Alliance (EIA) que define características técnicas y mecánicas.
<u>RSTP</u>	Protocolo IEEE802.1w Rapid Spanning Tree (árbol de expansión rápido), una versión más rápida que la del protocolo IEEE802.1d Spanning Tree (árbol de expansión).
<u>Servidor serie (Serial server)</u>	Dispositivo para convertir RS232 o RS422 en Ethernet y viceversa, de modo que puedan usarse las señales en serie a través de una red.
<u>SFP</u>	Small Formfactor Pluggable, versión mini de GBIC.
<u>SNMP</u>	Simple Network Management Protocol, un método basado en los estándares para controlar y monitorizar los dispositivos de una red.
<u>STP</u>	Acrónimo de Spanning Tree Protocol (Protocolo de árbol de expansión) o de Shielded Twisted Pair (Par trenzado blindado).
<u>SuperMAC</u>	Estándar de distribución de audio punto a punto de Oxford Technologies, estandarizado por AES como AES50. Transfiere 48 canales de audio de 24 bits y 48 kHz a través de un cable CAT5.
<u>Switch</u>	Dispositivo de red que conecta componentes. Los switches son concentradores inteligentes que envían los paquetes entrantes solo a los puertos conectados a la dirección de destino del paquete.
<u>Switch gestionado</u>	Un switch con capacidades adicionales como gestión de VLAN, troncalización, árbol de expansión, QoS ("Quality of Service", Calidad de servicio) unificación de estadísticas e informe de errores.
<u>Topología</u>	La forma con que los dispositivos de red están conectados en una red. Las estructuras básicas son: anillo, conexión en cadena, estrella y árbol.
<u>Troncalización</u>	El uso de dos o más cables para conectar switches compatibles con la funcionalidad IEEE802.3ad Link Aggregation (Agregación de enlaces). Permite utilizar dos o más conexiones para actuar como una conexión única de gran capacidad o conexión redundante.
<u>Unicast</u>	El estándar Ethernet 802.3, que permite enviar información solo a un dispositivo específico de una red. Puesto que los paquetes transmitidos solo utilizan el ancho de banda de subida de los puertos y cables situados en la ruta desde el transmisor hasta el receptor, la red puede admitir más conexiones en comparación con multicast.
<u>UTP</u>	Par trenzado sin blindar. El tipo más utilizado es el de categoría 5; CAT5.
<u>VLAN</u>	Virtual Local Area Network (Red de área local virtual). Un switch gestionado puede separar el tráfico en dos o más redes "virtuales" utilizando el mismo hardware.
<u>Wi-Fi</u>	Estándar IEEE802.11 para redes inalámbricas. Las variedades más utilizadas son 802.11.b (11 Mb/s), 802.11.g (54 Mb/s) y 802.11.N (hasta 150 Mb/s).

Sitios web de utilidad

www.aes.org	Audio Engineering Society (Sociedad de Ingenieros de Audio), AES3, MADI/AES10, AES50, AES67
www.audinate.com	Dante™
www.aviom.com	A-net™
www.avnu.org	Alianza AVnu
www.cisco.com	Cisco
www.cobranet.info	CobraNet™
www.dlink.com	Dlink
www.ethersound.com	EtherSound™
www.hp.com	Hewlett Packard
www.ieee.org	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)
www.iso.org	International Organization for Standardization (Organización Internacional para la Normalización)
www.internic.org	ICANN Internet Corporation for Assigning Names and Numbers (Corporación de Internet para la
Asignación de Nombres)	
www.lightviper.com	Lightviper™
www.ravenna.alcnetworx.com	Ravenna
www.riedel.com	RockNet™
www.oca-alliance.com	Alianza OCA
www.optocore.com	OPTOCORE®
www.parc.com	Palo Alto Research Center (Centro de Investigación de Palo Alto)
www.sonyoxford.com	SuperMAC/AES50
www.tiaonline.org	Telecommunications Industry Association (Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones)
www.yamahaproaudio.com	Yamaha

Libro blanco "Introducción al audio en red"

Yamaha Commercial Audio, 2014 - Ron Bakker, Andy Cooper, Atsushi Kitagawa.

CobraNet™ es una marca comercial registrada de Cirrus Logic. EtherCon® y OpticalCon® son marcas comerciales registradas de Neutrik Vertrieb GmbH. EtherSound™ es una marca comercial registrada de Digigram S.A. Fiberfox® es una marca comercial registrada de Connex Elektrotechnische Stecksysteeme GmbH. OPTOCORE® es una marca comercial registrada de OPTOCORE GmbH. Dante™ es una marca comercial registrada de Audinate®.