

Diseño de sistemas de audio en red con ES100™

El tema de este libro blanco es el diseño de sistemas de audio en red con ES100™.

Los conceptos de diseño de este libro permiten sistemas que van desde configuraciones para pequeños eventos de giras hasta instalaciones para directo integradas a media escala. Esto no significa que estos conceptos de diseño sean la mejor solución para todas las especificaciones del sistema; siempre deberían considerarse otras topologías de red y protocolos de audio en la fase inicial del proyecto de diseño. La ventaja de estos conceptos de diseño Yamaha System Solutions es que se basan en Ethernet/ES100™, dos protocolos abiertos que utilizan componentes informáticos de red totalmente disponibles en el mercado. En los conceptos de diseño pueden incluirse otras marcas compatibles tanto de equipos de audio como de red, para garantizar la máxima flexibilidad y eficiencia del proyecto para integradores de sistemas. También conviene saber que los conceptos de diseño no son sólo un ejercicio teórico; hemos diseñado, probado e instalado muchos sistemas basados en estos conceptos de diseño, por lo que puede estar seguro de que funcionarán en la vida real.

Asumimos que el lector es un integrador de sistemas con amplios conocimientos de audio analógico y digital, y con conocimientos básicos de las tecnologías de red que se tratan en el libro blanco “Yamaha System Solutions - introducción al audio en red”.

El equipo Yamaha Commercial Audio.



El paquete completo

Sistemas de audio en red ES100™

1. Diseño del sistema
2. EtherSound
3. ES100
4. Direccionamiento de audio ES100
5. Temas de redundancia
6. Temas de conectividad
7. Diseño de anillo redundante de ES100 sólo para audio
8. Diseño de anillo redundante de ES100 integrado
9. Dispositivos Yamaha ES100
10. Programar dispositivos ES100
11. Documentación
12. Solucionar problemas
13. Ejemplo 1: Una consola FOH y una consola MON de 48 canales, y un rack de escenario
14. Ejemplo 2: Una consola FOH y una consola MON de 32 canales, dos racks de escenario y un rack para amplificadores

1. Diseño del sistema

Requisitos del cliente

El primer paso en cualquier proceso de diseño es definir los requisitos del cliente. Ocasionalmente, los requisitos pueden aparecer de modo formal, si un consultor ya se ha involucrado en el proceso de especificación del sistema del cliente.

En muchos casos, el consultor o integrador de sistemas debe discutir los requisitos del cliente en profundidad para encontrar las especificaciones del sistema más apropiadas, y puede sugerir posibilidades adicionales para que el sistema se pueda conseguir a través de las nuevas tecnologías del mercado.

Especificaciones del sistema

El segundo paso es preparar una especificación del sistema basada en los requisitos del cliente. Un documento de especificación del sistema contiene los requisitos para que un sistema cumpla con los parámetros operativos. Las especificaciones del sistema no deberían decantarse por soluciones reales, ya que esto reduciría la gama de posibilidades en el proceso de diseño. El diseñador sólo podrá considerar verdaderamente la amplia gama de posibilidades si se mantienen las especificaciones del sistema y las opciones de solución del diseño estrictamente separadas, lo cual permitirá una máxima flexibilidad, calidad y creatividad en el proceso de diseño.

Opciones de diseño

Teniendo en cuenta el documento de especificaciones del sistema, pueden concebirse las opciones básicas de diseño. La principal decisión a tomar es la selección de la tecnología que se utilizará: plataformas analógicas o digitales, de punto a punto o en red, cerradas (patentadas) o abiertas (independientes del fabricante), etc. Estas decisiones son fundamentales ya que determinan el grado de libertad que se permitirá en fases posteriores del diseño.

Selección de los dispositivos de audio y red

Después de seleccionar las plataformas de la tecnología, deben seleccionarse los dispositivos reales de audio y red para el sistema. Los parámetros de entrada para la selección incluyen el grupo de funciones, la calidad de audio, la fiabilidad técnica, la fiabilidad del distribuidor y, por supuesto, el nivel de coste. Existen pocos productos con una "puntuación A" en todos estos parámetros; la calidad va unida a costes más elevados, y también la fiabilidad. El diseñador debe estudiar en profundidad el grupo de funciones de cada componente del sistema para valorar si cumple o no las especificaciones del sistema, y concebir soluciones creativas en caso de no estar disponibles los productos ideales.

Herramientas de diseño

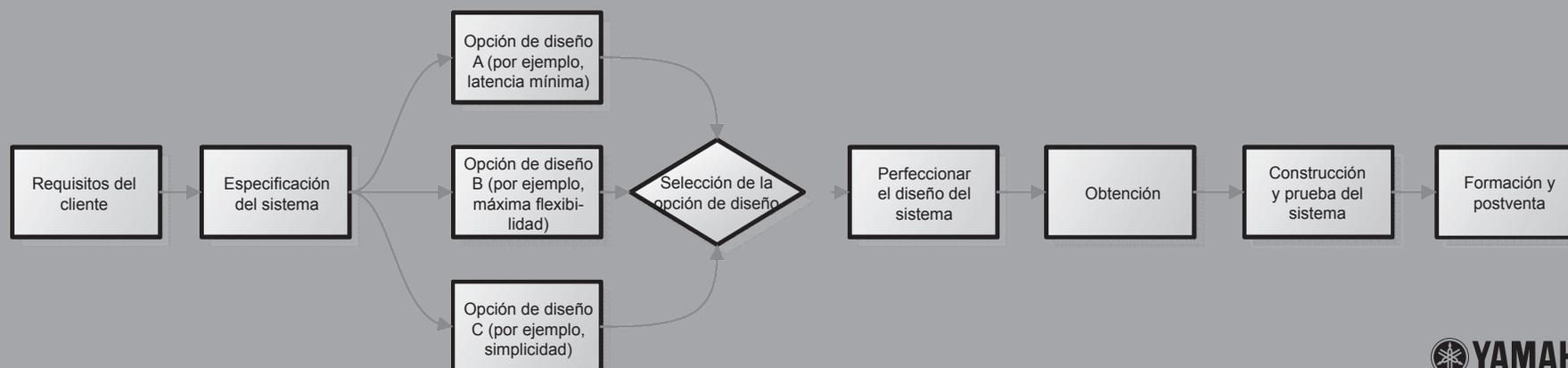
Cuanto más complejo es el sistema, más importantes son las herramientas de diseño. Un sistema pequeño puede definirse en una hoja de excel o word, pero los sistemas más complejos deben definirse mediante planos para poder presentarlos a todos los integrantes del proyecto. En la actualidad, se utilizan programas software para realizar el diseño del sistema, como AutoCAD en los negocios de contratación, StarDraw en los mercados de audio.

Prueba del sistema

Una parte muy importante del proceso de diseño en red es llevar a cabo pruebas del (sub) sistema. Los sistemas en red especiales que utilizan switches gestionables ofrecen un nivel de funcionalidad extremadamente alto que requiere pruebas del sistema para verificar que todos los parámetros se han programado correctamente.

Formación y postventa

Un sistema de audio en red ofrece una funcionalidad distinta en comparación con los sistemas analógicos. Por lo tanto, el diseño de actividades postventa y de formación apropiadas para futuros usuarios del sistema en una parte importante del proceso de diseño.



2. EtherSound

El principio

Al cambiar de siglo, tres ingenieros de I+D de Digigram estudiaron métodos de distribución de audio de acuerdo con Ethernet, con CobraNet como estándar mundial en ese momento. CobraNet estaba desarrollado para funcionar en aplicaciones complejas a gran escala, pero los tres ingenieros no concebían una aplicación tan amplia en sus mentes. Lo reducían al mercado de refuerzo del sonido en directo, que requería topologías y protocolos mucho más simples. El resultado fue EtherSound versión 1.0, que se exhibió en la convención IBC de Ámsterdam en 2001 y luego en la convención NAB de Las Vegas en 2002. La versión 1.0 se desarrolló para utilizarse en conexiones de una vía de una consola de mezcla a un controlador de altavoces/configuración de amplificadores utilizando un único y asequible cable CAT5. Su nueva tecnología la aplicó por primera vez en un acontecimiento en directo a gran escala en Septiembre de 2003 el departamento de refuerzo del sonido de Radio France durante una interpretación de la ópera Carmen. El sistema dirigía 16 pilas de altavoces distribuidas por el estadio de 80.000 asientos “Stade de France” de París. Todos los implicados se sorprendieron: Digigram proporcionó un sistema de trabajo completo, que llevaba a cabo justo lo que necesitaban, pero de una forma mucho más simple.

El protocolo

¿Recuerdas cómo los ingenieros de Peak Audio solucionaron el problema de temporización y sincronización, provocado por la latencia Ethernet, en el protocolo CobraNet? Un dispositivo CobraNet envía un paquete sincronizado en un momento de baja actividad de la red, para que pueda transmitirse a todos los otros dispositivos con un retardo extremadamente bajo.

Luego, después de recibir el paquete sincronizados prácticamente a la vez, todos los dispositivos de audio envían el audio y cada dispositivo espera una cantidad de tiempo fija, antes de que se envíe el audio recibido. Este método proporciona el búfer de tiempo requerido para tratar con retardos de cola y almacenamiento/avance en la red. Esto es CobraNet, en pocas palabras. Los inventores en Digigram realizaron una simplificación genial, afirmando que la red debe ser una conexión en cadena o una topología de árbol. En una conexión en cadena, cada dispositivo tiene sólo un dispositivo fuente del que recibir datos y un dispositivo de destino al que enviarlos, por lo que el dispositivo no debe estudiar la dirección MAC del paquete Ethernet para decidir a dónde debe dirigirse el paquete. Esto también significa que en un sistema EtherSound nunca se producen retardos de cola y almacenamiento/avance. Los chips EtherSound de Digigram son capaces de impulsar un paquete Ethernet en tan sólo 1,4 microsegundos. En el terreno del audio, empezamos a preocuparnos sólo si un retardo supera los 11 microsegundos (que es la mitad de una muestra a 48kHz), así que una conexión en cadena con hasta 7 dispositivos no representa ningún tipo de problema. Y puesto que el retardo puede calcularse con exactitud, teniendo en cuenta el retardo de 1,4 microsegundos de un dispositivo EtherSound, los sistemas con más de 7 dispositivos pueden ajustarse sincronizados con retardos digitales cortos de algunas muestras.

EtherSound versión 1

EtherSound versión 1 incluye las muestras de 24 bits de 64 canales de audio en un paquete y lo envía por la conexión en cadena con un ritmo de 48.000 paquetes por segundo.

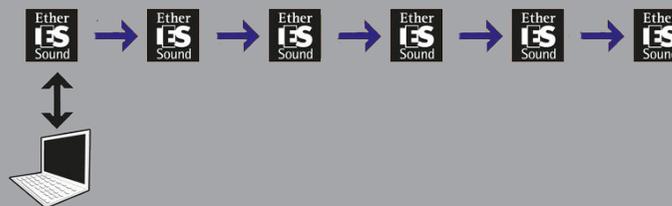
El número de paquetes es igual a la frecuencia de muestreo de 48kHz, por lo que el dispositivo receptor puede utilizar el flujo de paquetes como una fuente para conseguir un wordclock estable. Todos los dispositivos de la conexión en cadena reciben los paquetes uno detrás del otro, sustituyendo y/o insertando rápidamente muestras individuales en los paquetes antes de que éstos continúen su trayecto, y todo ello en 1,4 microsegundos. Un dispositivo que inserta audio en el flujo de paquetes se denomina dispositivo “maestro”, un dispositivo que extrae canales del flujo de paquetes se denomina dispositivo “esclavo”. Al final de la conexión en cadena, en el último dispositivo, los paquetes de audio se envían al último conector sin nada conectado. Estos paquetes terminan en el cielo del silicio (no le sepa mal, es como quedarse atrapado en un ascensor con Brigitte Nielsen).

Dentro de los paquetes, el primer dispositivo de la red también transmite algunos datos de control para controlar los ajustes del resto de los dispositivos. El primer dispositivo siempre es “maestro”: el primero en recibir los canales de audio en el flujo de paquetes.

Por lo tanto, todo el audio fluye del conector IN de los dispositivos al conector OUT; esta dirección se denomina “downstream”. La conexión Ethernet también tiene una conexión que fluye del último dispositivo EtherSound al primero, denominado “upstream”. Esta conexión la utilizan los dispositivos para enviar la información de estado de nuevo al primer dispositivo. Un ordenador conectado al primer dispositivo puede controlar y monitorizar el resto de los dispositivos de la conexión en cadena utilizando software EtherSound Monitor.



Carmen en el Stade de France, París



EtherSound 1.0: conexión en cadena downstream.

3. ES100

EtherSound versión 2

Después de distribuirse las primeras licencias de EtherSound y de diseñar los primeros productos, como los de Digigram, Fostex/Nectira y Auvitran, los ingenieros de Digigram decidieron rellenar la conexión upstream también con audio, de forma que éste pudiera desplazarse no sólo del primer dispositivo al último, sino también a la inversa. Esto era posible con EtherSound versión 2 y posteriores, pero sólo si el hardware era compatible con este modo bidireccional. En este modo, el último dispositivo de la conexión en cadena hace que el flujo de paquetes entre en un bucle, ofreciendo un sistema capaz de conectar 64 canales downstream y 64 canales upstream simultáneamente, lo que totaliza 128 canales.

Para que esto funcione, el último dispositivo debe estar programado para que aplique un bucle al audio, de downstream a upstream. Los datos upstream terminarán de nuevo en el primer dispositivo de la conexión en cadena (donde terminan en el cielo del silicio), lo que significa que no se envían al conector IN, ya que esto sobrecargaría la NIC del ordenador conectado para controlar y monitorizar el sistema. Para permitir el modo bidireccional, el vocabulario de EtherSound se amplió con “dispositivo loopback” y “Primary Master” respectivamente.

Las últimas actualizaciones del protocolo EtherSound incluían los ajustes “principio del bucle” y “final del bucle”, que permiten la existencia de múltiples bucles en una conexión en cadena.

ES100

Utilizando una topología de conexión en cadena, EtherSound ofrece una configuración muy simple, baja latencia y una alta capacidad de canales. Pero existe un inconveniente... las conexiones en cadena son peligrosas. Si se estropea un cable o un dispositivo, la red se corta en dos partes. Utilizando los protocolos de enlace de Ethernet en un switch gestionable o en unidades específicas como la AV-RED de Auvitran, se pueden proteger cables específicos de una conexión en cadena, pero el sistema en sí no se puede recuperar de la mayoría de fuentes de errores en la red. Excepto si...

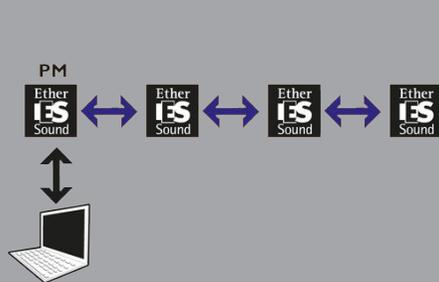
El ES100 es la versión más reciente de EtherSound, con lo que se añade un protocolo de redundancia similar al Spanning Tree de Ethernet. Con este protocolo, la conexión en cadena se puede cerrar para convertirse en un anillo redundante, capaz de recuperarse con gran rapidez de cualquier fallo de la red. Para este caso, el vocabulario de EtherSound se ha ampliado con un nombre para el dispositivo que gestiona el enlace de reserva en el anillo: el “Preferred Primary Master”. Para permitir que la redundancia se recupere de todas las conexiones de la red, debe utilizarse una forma especial de direccionamiento independiente del orden (más información sobre este tema, en un capítulo posterior).

La recuperación de fallos de los anillos ES100 con el reloj de emergencia activado en todos los dispositivos se produce prácticamente sin problemas. Sin el reloj de emergencia, son menos de 3 segundos.

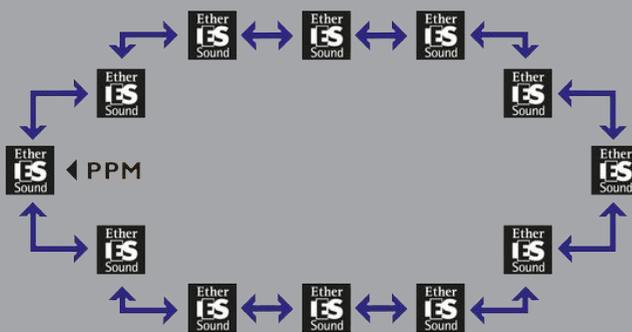
Integrar el ES100

Un dispositivo ES100 envía audio como paquetes Ethernet estándar: difusión para downstream, un único destinatario para upstream. Esto permite que los flujos de paquetes del ES100 recorran la red utilizando VLANs. En una red de topología en estrella, esto terminaría en un sistema no redundante, pero cuando el ES100 pasa en túnel por una topología en anillo, el sistema permanece redundante y ofrece la posibilidad de aplicar un túnel a otras VLANs junto con el flujo de audio del ES100, como vídeo IP, datos de control para los controladores de los altavoces, StudioManager, DME Designer, controles de luz DMX. Si un anillo del eje central de un gigabit se fija con Spanning Tree Protocol, el tiempo de recuperación del ES100 se ralentiza según el intervalo de tiempo de recuperación del STP. Si se permite que sólo el ES100 sea una topología en anillo y el resto de la red una conexión en cadena sin ninguna redundancia, la recuperación del ES100 es prácticamente continua cuando se activa el reloj de emergencia.

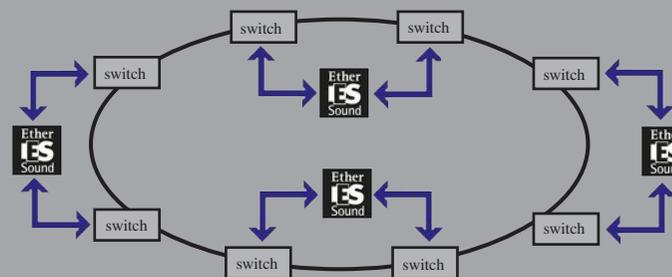
Para conectar ramas conectadas en cadena a un anillo del ES100, debe utilizarse un router de hardware como el AVM500-ES de Auvitran. También pueden formarse separaciones del anillo, utilizando un dispositivo versión ES100SPKR especial, como el Barix Extreamer. La versión ES100SPKR sólo recibe el audio downstream broadcast, pero no envía información upstream, por lo que no se entorpece la temporización de audio del anillo. Las ramas del ES100SPKR no se pueden conectar en cadena y la conexión no puede convertirse en redundante.



conexión en cadena bidireccional



anillo redundante



anillo redundante integrado

4. Direccionamiento de audio ES100

Direccionamiento ES100

Un flujo de paquetes ES100 consta de 48.000 paquetes por segundo, cada uno con 64 muestras. Este arreglo utiliza una anchura de banda Ethernet de aproximadamente 85 MB.

Un dispositivo de un anillo ES100 acepta dos flujos de paquetes llamados “downstream” y “upstream”. Los paquetes downstream son paquetes de emisión, recibidos del par RX del conector IN de 100 MB y enviados al par TX del conector OUT de 100 MB. Los paquetes upstream son paquetes unicast, recibidos del dispositivo downstream conectado al par RX del conector OUT, y enviado a la dirección MAC del dispositivo. Después de insertar/extraer canales, estos paquetes se envían a la dirección MAC del dispositivo upstream conectado al par TX del conector IN de 100 MB.

Aunque la explicación anterior suena muy compleja, es muy fácil de utilizar. Un dispositivo puede recibir canales del exterior en un flujo de paquetes downstream o upstream, seleccionando uno de los 64 canales del paquete. En el software ES Monitor, esto se visualiza como una cuadrícula de direccionamiento con las entradas físicas en la escala vertical y los canales del ES100 en la escala horizontal. Si hace clic con el botón izquierdo del ratón en una casilla de la cuadrícula, la entrada física se envía al canal downstream, si hace clic sobre ella con el botón derecho, se envía al canal upstream. Los dispositivos de salida utilizan la misma visualización.

Si hace clic con el botón izquierdo, se envía un canal ES100 downstream a la salida física del dispositivo, si hace clic con el botón derecho, se envía el canal ES100 upstream a la salida.

Direccionamiento independiente del orden

La capacidad de enviar canales tanto downstream como upstream, significa que cada dispositivo puede enviar canales a 128 destinos: 64 canales downstream y 64 canales upstream. Pero esto tiene una trampa: al direccionar canales de esta forma, se asume un orden fijo de los dispositivos del anillo. Imaginemos una conexión en cadena del ES100 con un dispositivo que envía audio a un dispositivo downstream, utilizando el flujo de paquetes downstream. El dispositivo receptor recibe los canales del flujo de paquetes downstream y lo envía al terreno analógico (consulte la figura 1). Entonces, por algún motivo el dispositivo receptor se mueve a una posición upstream. Ahora el downstream ya no puede llegar al dispositivo receptor (consulte la figura 2).

Esto significa que el direccionamiento de 128 canales depende del orden: si cambia el orden de los dispositivos, el direccionamiento será incorrecto. Para los sistemas con componentes varios, como los utilizados por las compañías de giras, esto puede suponer un problema.

La solución es el direccionamiento independiente del orden. Esto puede conseguirse simplemente insertando sólo canales downstream y extrayendo sólo upstream.

De esta forma, el direccionamiento permanece válido, independientemente del orden de los dispositivos en la conexión en cadena. (consulte las figuras 3 y 4). Esto limita el recuento total de canales a 64.

Ajustes en anillo del ES100

Una de las características principales del protocolo ES100 es la topología en anillo redundante, que asigna un dispositivo como “Preferred Primary Master” (PPM). El PPM bloqueará la entrada y la desbloqueará, tan pronto como se rompa el anillo.

En el estado redundante, el anillo funciona como una conexión en cadena, con el audio downstream empezando en el PPM y el upstream del dispositivo relativo al PPM operando como un dispositivo loopback. Si el anillo está dañado, el PPM desbloqueará la entrada y el dispositivo downstream de la desconexión relevará la función Primary Master. Por lo tanto, se formará una nueva conexión en cadena, con un Primary Master y un dispositivo loopback distintos, comparado con el estado redundante, con lo cual cambiará el orden de los dispositivos en la conexión en cadena funcional resultante.

Para que un sistema en anillo redundante pueda recuperar no sólo las conexiones, sino también el direccionamiento de audio, debe utilizarse el método de direccionamiento independiente del orden. De hecho, tan pronto como se activa el modo de anillo en un sistema ES100 (asignando el PPM), la página de direccionamiento del software ES Monitor, permite inserciones sólo en los canales downstream y extracciones en los canales upstream. El software no aceptará ningún otro direccionamiento.

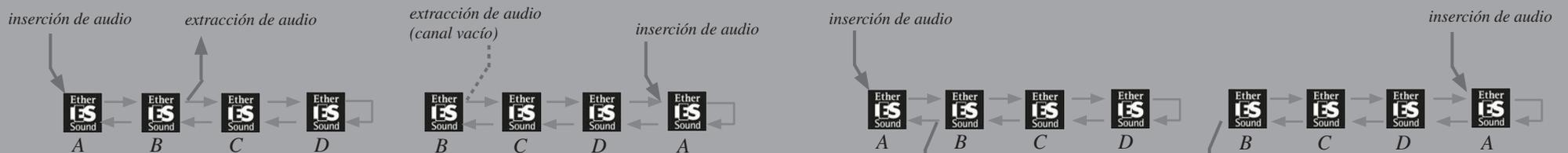


figura 1: direccionamiento bidireccional
insertar downstream en A
extraer downstream en B

figura 2: cambio de orden
insertar downstream en A
extraer downstream en B
(B extrae canales vacíos)

figura 3: direccionamiento independiente del orden
insertar downstream en A
extraer upstream en B

figura 4: cambio de orden - aún funciona

5. Temas de redundancia

Tasa de redundancia

Un sistema de audio en red combina dispositivos de red con dispositivos de audio. En comparación con los sistemas de audio analógicos, la red es el factor desconocido, que afecta gravemente al rendimiento del sistema, en caso de emergencia como cuando se estropea un cable o se desactiva un dispositivo. Para solucionarlo, las redes normalmente tienen una redundancia integrada, de forma que el sistema puede recuperarse automáticamente de estados de emergencia.

La suma equilibrada de probabilidades de que un sistema se recupere de fallos aleatorios en el sistema, se denomina tasa de redundancia. Esta tasa indica la capacidad de la red para recuperarse de uno o más fallos en una secuencia. Las distintas topologías y protocolos de redundancia llevan a tasas de redundancia diferentes.

Para todas las topologías en anillo único redundante, la tasa de redundancia es siempre del 100%: la red puede recuperarse de cualquier fallo individual.

En comparación, una red en doble estrella o doble anillo tiene tasas de redundancia más elevadas, y una conexión en cadena truncada tiene una tasa de redundancia inferior.

Tasa de seguridad

Mientras que la tasa de redundancia indica la capacidad de una red para recuperarse de un estado de emergencia, la probabilidad de que se produzca este estado viene determinada por el número de fallos en la red: cuantos más cables y NICs, más probabilidades de fallo.

La tasa de seguridad se define como la tasa de redundancia dividida por el número de fuentes de fallo de la red.

De todas las configuraciones de redes de audio posibles, la configuración en anillo redundante sólo de audio ES100 tiene las fuentes de fallo más bajas. Como resultado, tiene la tasa de seguridad más alta para configuraciones a pequeña y media escala, incluso superior a la de doble estrella o doble anillo.

Redundancia

Los protocolos de redundancia Ethernet, como Spanning Tree Protocol y Trunking ofrecen protección contra desastres a gran escala, como roturas de cables y desactivaciones de dispositivos. Estos protocolos no pueden proteger un sistema de fallos intermitentes, como por ejemplo a causa de conectores flojos. Para tratar las fuentes de fallos intermitentes de un sistema, es necesario implementar altos estándares para la calidad del diseño y los componentes.

Monitorización de la redundancia

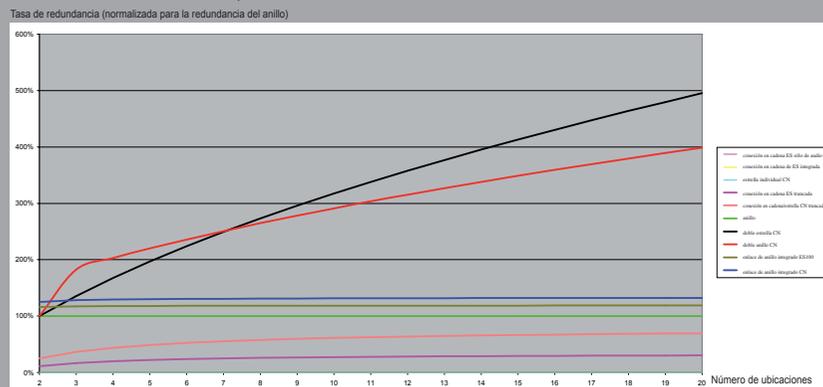
Tener una red redundante es una cosa, saber que una red es redundante es otra. El hecho es que sin sistemas de monitorización especiales, un usuario no puede ver si un sistema es redundante o no. Sin este tipo de sistemas, es posible que un usuario piense que una red es redundante, cuando en realidad no lo es.

En la mayoría de casos, no resulta conveniente utilizar programas de motorización como HP-Openview, 3COM Network Monitor o ES Monitor. Para la mayoría de aplicaciones, puede integrarse un sistema de monitorización simple que utilice detección de paquetes o audio.

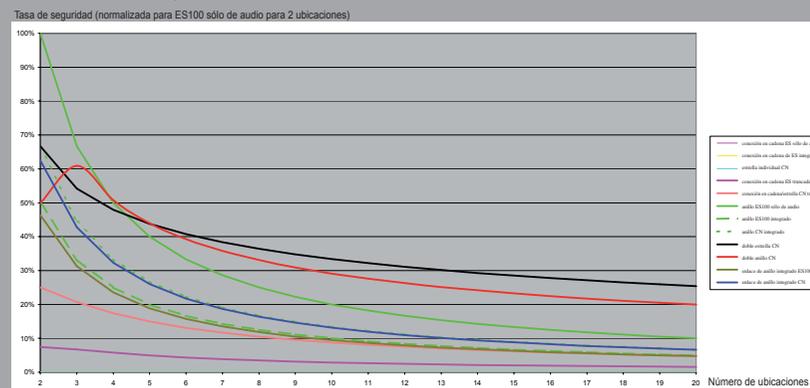
En el caso de la detección de paquetes, se transmite un pulso de detección lógico en la red, forzado por todos los cables y switches utilizando múltiples VLANs. La señal de retorno puede monitorizarse para evaluar si la red es redundante o no.

En el caso de un anillo ES100 sólo de audio, el PPM puede enviar una señal de audio utilizando un canal ES100 no utilizado. Entonces, un dispositivo ES100 puede recibir la señal de audio downstream antes de que vuelva a la entrada del PPM. Cuando esta señal se intercepta desde el downstream (direccionamiento dependiente del orden), se desconectará en caso de emergencia, mientras que el resto del audio se recuperará, indicando el estado del sistema.

Resultado de la tasa de redundancia para las redes con 2 a 20 ubicaciones



Resultado de la tasa de seguridad para las redes con 2 a 20 ubicaciones



6. Temas de conectividad

Cables

Los sistemas ES100 utilizan un cableado CAT5E o superior. Conectado en línea recta desde un puerto OUT a un puerto IN, y en condiciones ideales, el cable puede tener hasta 100 metros de longitud.

Sin embargo, en el mundo real las condiciones nunca son las ideales. Además, cuando se utilizan dispositivos ES100 durante las giras, los conectores RJ45 se desgastarán en un momento u otro. Para evitar que esto suceda durante un concierto pop a gran escala, es recomendable utilizar un campo particular, por ejemplo con conectores EtherCon, y sustituir los cables y los conectores regularmente.

En aplicaciones del mundo real, los cables estarán usados, se conectarán a través de paneles del patch Ethercon, y se encontrarán cerca de reguladores de voltaje y de racks para amplificadores de alta potencia. En estos casos, aconsejamos restringir las longitudes de los cables de cobre, para cubrir sólo las distancias en el escenario y pasar a conexiones de fibra para distancias más largas, como para las conexiones entre la consola FOH y el del rack de escenario.

Conectores

Para la conexión directa, la mayoría de dispositivos ES100 disponen de conectores Ethercon especiales para giras. En los campos particulares también se pueden utilizar cables y conectores EtherCon.

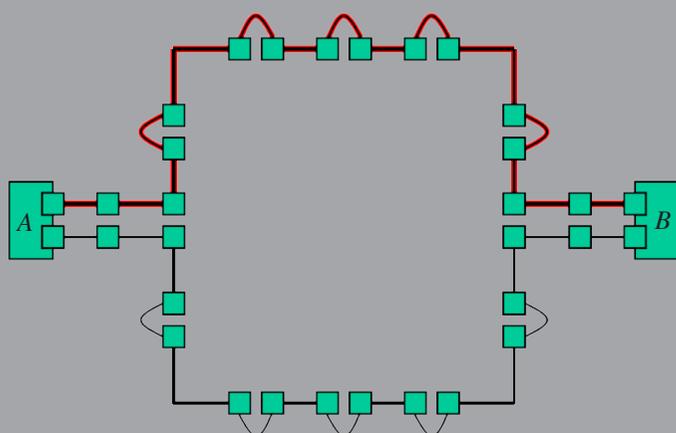
Una conexión puede convertirse a fibra de modo múltiple o modo individual, utilizando un convertidor. En los mercados de audio, Neutrik OpticalCon y Connex Fiberfox son los sistemas de conectividad utilizados con más frecuencia.

Se recomienda inspeccionar frecuentemente la calidad del conector y del cable. Sustitúyalos en un intervalo de tiempo programado para evitar problemas intermitentes en los conectores de la red, de los que los protocolos de redundancia no pueden recuperarse.

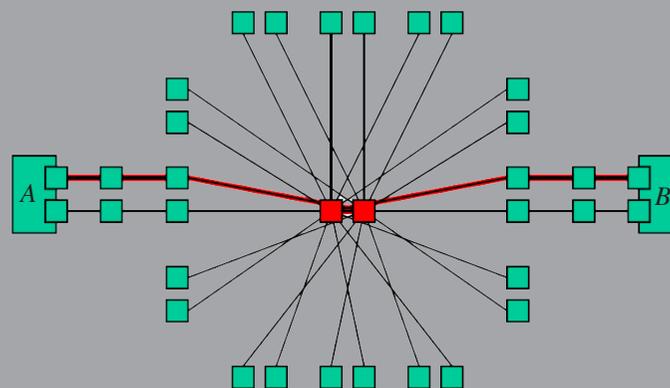
Con un cableado de audio analógico, se adopta un sistema de conectores macho y hembra: macho para la salida y hembra para la entrada. Ethernet es bidireccional, por lo que la distribución es diferente: macho para los cables, hembra para los conectores del chasis. Por ello es muy importante etiquetar los conectores de los cables y del chasis, al igual que también lo es la correcta formación de los usuarios del sistema para que utilicen la información etiquetada cuando conecten las distintas partes del sistema.

Múltiples puntos de acceso y sistemas amplios

El ES100 está diseñado para utilizarse en sistemas de directo de topología en anillo redundante a pequeña y media escala. En un sistema instalado fijo con muchos puntos de acceso (como sistemas de directo para teatros, locales culturales y salas de conciertos) la topología en anillo no es adecuada, ya que los puntos de acceso que no se utilizan deben conectarse de forma pasiva, lo cual termina en segmentos del anillo con demasiadas conexiones pasivas. Esto provoca muchas más fuentes de fallos (cada cable y conector es una), y también el deterioro de la calidad de la señal Ethernet provocada por demasiados conectores mecánicos en los segmentos del anillo. Para sistemas con múltiples puntos de acceso y sistemas instalados fijos con más de 5 ubicaciones activas y/o 64 canales, debería considerarse como alternativa una topología de doble estrella utilizando Cobranet.



*topología en anillo con 12 puntos de acceso.
A -> B pasa 5 enlaces pasivos.*



*topología en estrella con 12 puntos de acceso.
A -> B pasa sólo enlaces activos.*

7. Diseño de anillo redundante de ES100 sólo para audio

¡Sin TI!

Un sistema ES100 sólo de audio, acepta 64 canales de audio y una conexión en serie para el control del amplificador principal. No se pueden integrar más servicios IP sobre Ethernet. La ventaja principal de este tipo de sistemas es que no incluyen ningún componente de TI. La red se diseña con varios dispositivos ES100 y la misma cantidad de cables. No se requiere nada más.

Los dispositivos ES100 de este tipo de sistemas se pueden conectar en cualquier orden, siempre que los conectores OUT se conecten a los conectores IN, igual que en un cableado de audio analógico.

Ubicaciones

Para el usuario, un sistema ES100 sólo de audio incluye ubicaciones y cables de larga distancia.

Una ubicación puede contener un dispositivo ES100 o varios dispositivos ES100 conectados en cadena con cables de patch. Se recomienda fijar mecánicamente los cables de patch del rack de e/s, para evitar problemas de conectividad intermitentes en los mismos. Los cables de patch no se extraen después de cada aplicación, por lo que no es necesario programarlos.

Wordclock

El anillo ES100 debe permitir que cualquier dispositivo sea el Primary Master. Puesto que el Primary Master también es la fuente wordclock, un sistema ES100 no puede sincronizarse al mundo exterior, ya que fijaría la posición del dispositivo wordclock, y si se produjera una emergencia y el Primary Master cambiara, entonces el dispositivo sincronizado al mundo exterior dejaría de estar sincronizado al anillo ES100. Esto puede resultar un problema especialmente en las aplicaciones de emisión y en aplicaciones que requieren más de 64 canales, ya que los anillos múltiples no se pueden sincronizar.

Recuperación

El protocolo de redundancia del ES100 es muy rápido; el anillo redundante se recupera de un fallo casi de forma inmediata. La sincronización de los dispositivos ES100 tarda entre 2 y 3 segundos en resincronizar antes de restaurar las conexiones de audio. Cuando todos los dispositivos del anillo permiten la función “reloj de emergencia” del ES100, la resincronización también se lleva a cabo prácticamente sin problemas, con lo cual se produce una recuperación inmediata del sistema.

Control HA

El protocolo ES100 incluye un túnel serie con una anchura de banda baja capaz de soportar una conexión RS422. Esta conexión se puede utilizar para proporcionar control del preamplificador en consolas de mezcla Yamaha con preamplificadores de micro AD8HR y DME SB168-ES.



componentes de la ubicación

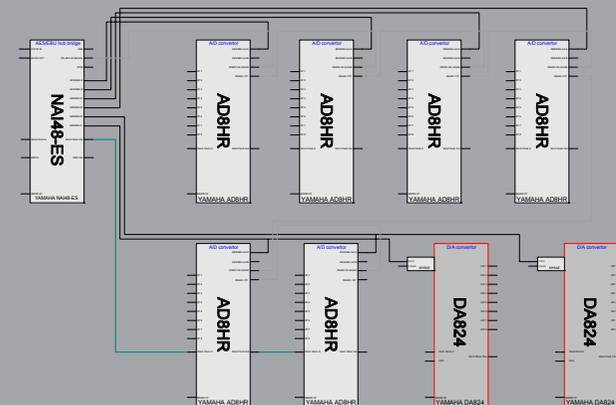


diagrama funcional de la ubicación

8. Diseño de anillo redundante de ES100 integrado

¿Por qué la integración?

Compartir una aplicación ES100 con otras conexiones Ethernet puede resultar muy eficaz. Pueden añadirse al sistema muchas IP por servicios Ethernet como DMX, vídeo, VoIP etc. utilizando el mismo cableado. Además, pueden integrarse los protocolos de control como DME Designer, Studio Manager y sistemas de control como AMX y Crestron.

Para sistemas más complejos, pueden añadirse ramas adicionales de la conexión en cadena ES100 y dispositivos ES100spkr; estos segmentos de la red, sin embargo, no serán redundantes. Para diseños “híbridos” redundantes, las ramas Cobranet se pueden añadir al anillo con un router de hardware, como un DME o una consola de mezcla.

VLANS

Existen dos formas de integrar el ES100 en una red de un gigabit.

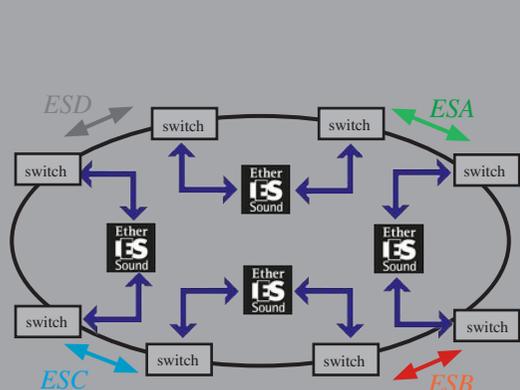
Una forma sería diseñar una estructura VLAN que conecte los segmentos del ES100 individualmente, considerando sólo la anchura de banda de los segmentos entre los dispositivos conectados; en la siguiente imagen las VLANs ESA, ESB, ESC y ESD conectan todos los segmentos del anillo. Esto permite utilizar switches de baja capacidad asequibles. El inconveniente es que este tipo de sistemas ya no es independiente del orden; las ubicaciones deben conectarse de una forma predeterminada. Aunque ahora físicamente, el sistema depende del orden, la conexión funcional de los dispositivos ES100 sigue siendo independiente del orden, por lo que sigue aceptando la redundancia del ES100.

Otra forma es diseñar las VLAN del segmento para cubrir todas las ubicaciones. Esto permite que las conexiones físicas de las ubicaciones sean independientes del orden. El inconveniente es que todas las ubicaciones contendrán los flujos de paquetes de emisión de todos los segmentos (una carga de aproximadamente 85 MB por flujo de paquetes, en la siguiente imagen 4 flujos por cable/8 flujos por switch), por lo que los switches deben ser de alta capacidad.

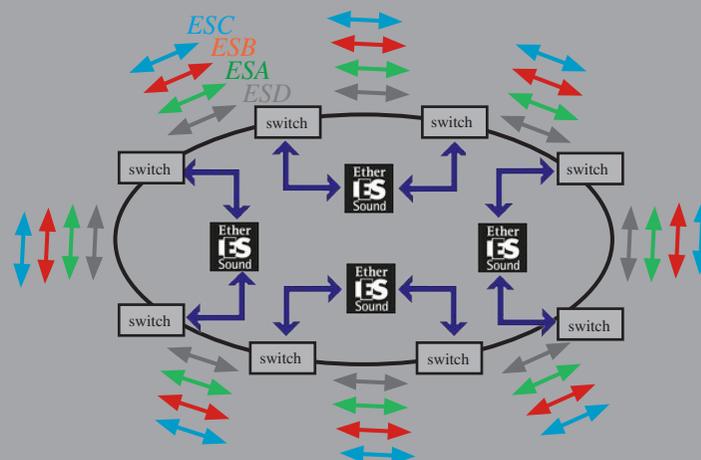
Redundancia

Un sistema de topología en anillo ES100 integrado combina el protocolo de redundancia ES100 con el protocolo de redundancia de red Ethernet. El protocolo de redundancia ES100 es muy rápido; si se activa el reloj de emergencia en todos los dispositivos, prácticamente no surgen problemas. Desafortunadamente, cuando el Spanning Tree Protocol del anillo Ethernet (que soporta el anillo ES100 a través de una estructura VLAN) empieza a reaccionar frente a un evento de emergencia, es posible que bloquee todos los puertos de la red durante un corto periodo de tiempo, impidiendo que el protocolo ES100 se restablezca de manera uniforme.

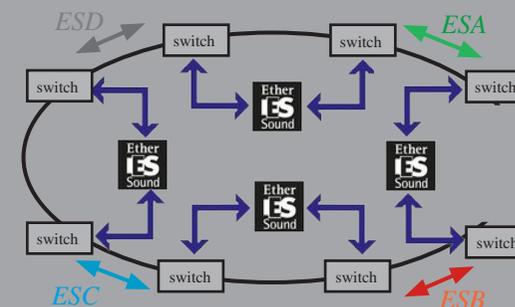
De nuevo, existen dos formas de utilizar los dos protocolos de redundancia. Una forma es utilizarlos ambos, en cuyo caso el tiempo de recuperación del audio es lento, como mínimo de varios segundos. Una forma alternativa es utilizar el sistema Ethernet como una conexión en cadena, cerrando el anillo sólo entre dos dispositivos ES100. En este caso no es necesario STP, ya que la red física es una conexión en cadena no redundante. Sin embargo, las conexiones del ES100 forman un anillo redundante, con un tiempo de recuperación rápido.



Sistema integrado ES100, dependiente del orden



Sistema integrado ES100, independiente del orden



Anillo ES100 en una conexión en cadena integrada

9. Dispositivos Yamaha ES100.

MY16-ES64 & MY16-EX

El MY16-ES64 ofrece una conexión de 64 canales a una red ES100. Sin embargo, la tarjeta sólo puede direccionar 16 de estos canales al dispositivo host (una consola o un DME). Los otros 48 canales se pueden conectar al host conectando en cadena hasta tres tarjetas MY16-EX.

NAI48-ES

El NAI48-ES es un interfaz AES/EBU bidireccional a una red ES100. A 48kHz el NAI48-ES puede interconectar 48 canales, a 96kHz 32 canales. Existen 6 puertos subD AES/EBU de 25 pines, compatibles con la configuración de pines AD8HR y MY8-AE.

SB168-ES

El SB168-ES ofrece 16 entradas de micro/línea de gran calidad y 8 salidas de línea a 48kHz. Las entradas de micro/línea se pueden controlar de forma remota mediante consolas de mezcla digital de Yamaha y fuentes DME. Las entradas y las salidas se pueden asignar a cualquiera de los 64 canales en un sistema ES100.

Un sistema de tres unidades SB168-ES ofrece 48 entradas de micro/línea en total y 24 salidas de línea (que suman 72 canales). Un anillo redundante del ES100 sólo acepta 64 canales, por lo que en este caso pueden utilizarse 8 canales, por ejemplo salidas, para realizar un doble envío desde el mismo canal del ES100.

Satélite DME-ES

Los satélites DME se presentan en 3 variaciones: 8 entradas de micro/línea controlables de forma remota, 8 salidas de línea y 4 entradas + 4 salidas. Todos tienen la misma potencia DSP: un 80% del DME24N, pero sin los componentes SPX.

El lado ES100 de los satélites DME ofrece 16 entradas y 16 salidas a la red ES100, lo cual supera las e/s analógicas. Los satélites DME son ideales para utilizarlos en sistemas de “DSP distribuido”, donde la potencia del DSP no está concentrada en un dispositivo sino en varios, enlazados con el protocolo de baja latencia ES100. El DSP del satélite DME es compatible con EQs dinámicos y gráficos, funciones de mezcla y dinámica, y procesamiento de altavoz potente y de gran calidad.

SB168-ES



NAI48-ES



MY16-ES64



DME Satellite-ES



MY16-EX



10. Programar dispositivos ES100

Ajuste y olvídense.

Puesto que el protocolo ES100 incluye la temporización de audio, no permite ningún otro tráfico Ethernet en el anillo, ya que esto causaría colas de espera y entorpecería la sincronización. Por lo tanto, no es posible conectar un ordenador a un anillo ES100 cerrado para programar y monitorizar, a menos que se utilice un dispositivo de un 3er fabricante que disponga de un "3er puerto".

En la práctica, las aplicaciones más adecuadas para ser diseñadas con el ES100 son las que pueden "ajustarse y listos". Esto significa que el direccionamiento se programa una vez y luego se guarda en los dispositivos del sistema para proporcionar la funcionalidad especificada cada vez que el sistema se conecta y se activa.

Durante la programación, no es necesaria la redundancia, por lo que puede realizarse anulando el anillo en una ubicación aleatoria y conectando un PC al puerto IN del dispositivo a mano. Luego, el software ES Monitor puede controlar todos los dispositivos del anillo. Después de programar y guardar los ajustes de todos los dispositivos, simplemente retire el PC, vuelva a cerrar el anillo e inicie la prueba.

El uso on-line del software ES Monitor durante el funcionamiento del anillo redundante requiere un dispositivo ES100 con un 3er puerto como los AVM-500ES o AVY16-ES100 de Auvitran.

Qué ajustar

Primero, seleccione el modo de anillo en el sistema activando un dispositivo como el PPM. El sistema pasa automáticamente al modo de anillo y el PPM mostrará un icono para indicar que el anillo está roto.

A continuación, active el reloj de emergencia en todos los dispositivos

Luego, programe el direccionamiento para cada dispositivo. Cuando los dispositivos están en modo de anillo, el software acepta sólo ajustes independientes del orden: entradas a downstream, salidas de upstream.

A continuación, ajuste el modo "Control HA" para cada dispositivo: velocidad en baudios, destinos unicast y activación del túnel serie.

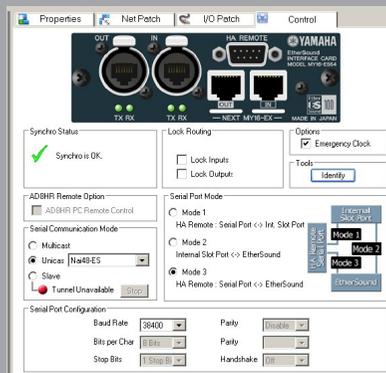
Luego, guarde los ajustes en la memoria no volátil para cada dispositivo individual. De esta forma, el sistema siempre se activará con los ajustes correctos.

Último paso: retire el PC del dispositivo y cierre el anillo. Confirme la redundancia sabotando el cableado.

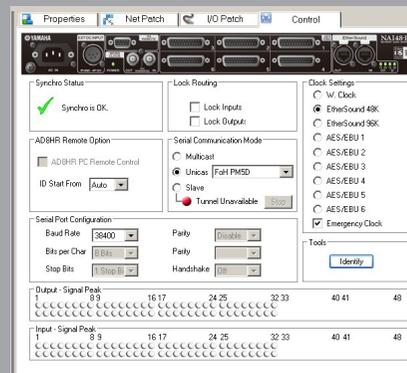
Control HA

El protocolo de control Head Amp (HA) de Yamaha puede utilizarse para controlar el amplificador principal de una unidad de entrada externa con un mezclador o un dispositivo DME. Utiliza una conexión RS422, a la que se puede aplicar un túnel a través de una red ES100 directamente con un dispositivo Yamaha como el satélite DME y el LS9, o a través de la conexión RS422 del MY16-ES64 en hosts como los PM5D, M7CL, DM2000, DME24N y DME64N.

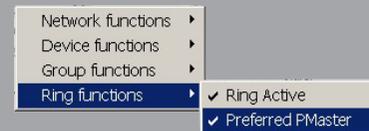
El Control HA puede ser una única conexión entre un mezclador y un rack de e/s, pero también una serie de conexiones a múltiples racks de e/s; para cada dispositivo ES100 las IDs de HA a controlar, pueden programarse individualmente.



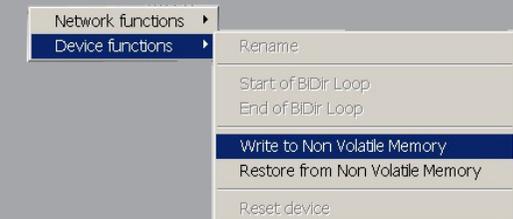
Control HA MY16-ES64 (en PM5D)



Control HA NAI48-ES



activar PPM



almacenar en memoria no volátil

11. Documentación

La importancia de la documentación

Solucionar problemas en sistemas analógicos es todo un arte, pero resulta relativamente fácil si se compara con solucionar problemas en una red. En un sistema analógico cada conexión está visible como un cable. En un sistema de red, las conexiones funcionales están completamente separadas del cableado físico/visible. Sin la documentación adecuada sobre cómo están programadas las conexiones, es extremadamente difícil solucionar problemas en un sistema. El tiempo en que se tarda en encontrar la causa de un problema en un sistema puede reducirse notablemente si se incluye la documentación adecuada en el lugar. Recomendamos incluir la documentación del sistema en papel, empaquetada con el sistema. El formato electrónico debería ser pdf, para que cualquiera pueda leerla sin tener que instalar un programa especial.

La documentación debería incluir como mínimo el diagrama de la capa 1 y la lista VIMP, y debería estar actualizada con todos los cambios y mejoras aplicadas al sistema. Debe incluirse información adicional como las versiones del firmware y el software, un manual del usuario del sistema y el protocolo de mantenimiento.

El diagrama de la capa 1

La jerarquía de red se divide en siete capas de acuerdo con el modelo OSI. La capa 7 representa el interface de usuario con las personas, por ejemplo en una pantalla de ordenador. La capa 1 representa la electrónica en el hardware del sistema.

Los técnicos en TI normalmente trabajan en las capas 2 a 7. Los técnicos de audio están acostumbrados a trabajar en la capa 1: conectores y cables. En ambos casos, el punto de inicio de cualquier documentación del sistema de audio es el diagrama de la capa 1, que tanto los técnicos en TI como de audio pueden entender, aunque los primeros a veces incluso niegan la existencia de la capa 1.

El diagrama de la capa 1 incluye todo el hardware de red, todo el hardware de audio y las conexiones principales. Para los sistemas más grandes suelen incluirse dos diagramas separados, uno para la red (que sólo muestra el hardware de red y las conexiones) y uno para el audio (que muestra tanto el hardware de red como de audio, y las conexiones).

La lista VIMP

Los dispositivos de una red se identifican con las direcciones MAC e IP. Suele utilizarse software como escáneres IP, el monitor ES y Cobranet Discovery para monitorizar la red y poder analizarla, y encontrar lo que está mal. Para conectar el hardware del sistema con las direcciones MAC e IP, deben estar registradas en la documentación del sistema, o en caso contrario, las direcciones MAC deberán identificarse una por una visualmente, lo cual es bastante largo.

Además de las direcciones MAC e IP, las asignaciones del puerto VLAN de los conmutadores del sistema y los ajustes del protocolo de audio deben estar claramente registrados.

Toda esta información se resume como la lista VIMP: Asignación del puerto VLAN + tabla IP + tabla MAC + ajustes del protocolo.

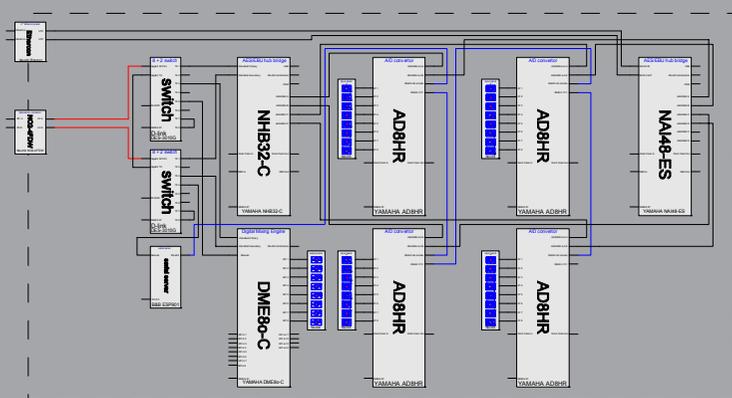


diagrama de la capa 1

Input rack TS1										
Prim	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
192.168.0.31	CH	CH	DEF	DEF	DEF	ES A	ES B	Rec 1	UL	UL
Sec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
192.168.0.23	CH	CH	DEF	DEF	DEF	ES A	ES B	Rec 2	UL	UL
	2	2	1	1	1	9	9	4	UL	UL

Mix rack TS2										
Prim	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
192.168.0.25	CH	CH	DEF	DEF	DEF	ES A	ES B	Rec 1	UL	UL
Sec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
192.168.0.30	CH	CH	DEF	DEF	DEF	ES A	ES B	Rec 2	UL	UL
	2	2	1	1	1	9	9	4	UL	UL

Amprack TS3										
Prim	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
192.168.0.28	CH	CH	DEF	DEF	DEF	ES A	ES B	Rec 1	UL	UL
Sec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
192.168.0.24	CH	CH	DEF	DEF	DEF	ES A	ES B	Rec 2	UL	UL
	2	2	1	1	1	9	9	4	UL	UL

Amprack TS4										
Prim	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
192.168.0.27	CH	CH	DEF	DEF	DEF	ES A	ES B	Rec 1	UL	UL
Sec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
192.168.0.22	CH	CH	DEF	DEF	DEF	ES A	ES B	Rec 2	UL	UL
	2	2	1	1	1	9	9	4	UL	UL

Rack	Módulo	IP	MAC	OS/PROSP	Notes
TS1	DMESB-C	65	35	7	NOT MGMT only, defective
TS2	DMESB-C	61	32	7	
TS3	DMESB-C	62	33	3	assigned to DMESB-C
TS4	DMESB-C	63	34	3	
TS5	DMESB-C	64	35	4	assigned to DMESB-C
TS6	DMESB-C	65	36	3	
TS7	DMESB-C	66	37	2	

VLAN	Output
1	Control
2	Control
3	Rec 1
4	Rec 2
5	Rec 3
6	ES A

Lista VIMP

12. Solucionar problemas

1. Buscar información.

Paso número uno: buscar la documentación del sistema. Sin la documentación, se tarda aproximadamente 10 veces más en solucionar problemas. La información debe entregarse como copia en papel, o como pdf en un CD, en una memoria USB o en un sitio web.

Si no existe información disponible, entonces el punto de inicio pasa por una inspección del sistema: debe esbozarse el diagrama de la capa 1, definiendo las direcciones MAC e IP siempre que sea posible. Si el sistema incluye switches gestionables, también debe definirse la estructura VLAN, ya que sin ella es imposible ver qué está conectado a qué. A menudo, esto significa tener que llamar a muchas personas para encontrar el número de teléfono del programador de la red.

2. Hacer ping sobre la VLAN predeterminada.

Si el sistema contiene switches, el segundo paso es hacer ping sobre la VLAN predeterminada con un escáner IP y comparar las IPs activas con la documentación, teniendo en cuenta que la VLAN predeterminada se utiliza para la gestión y el control de la red. Si falta una IP, ahí es donde debemos buscar el problema.

Si la red no contiene switches, entonces saltamos al paso 2.

3. Ejecutar ES Monitor.

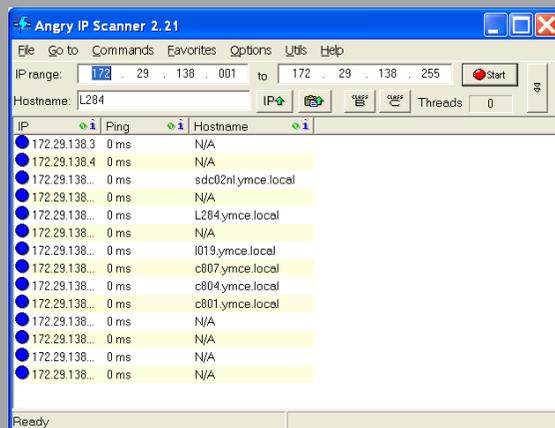
Desconecte un cable del puerto OUT de cualquier dispositivo ES100, conéctelo al ordenador y, a continuación, ejecute ES Monitor.

ES Monitor le mostrará todos los dispositivos ES100 en el anillo; si falta alguno, ahí es donde debemos buscar el problema.

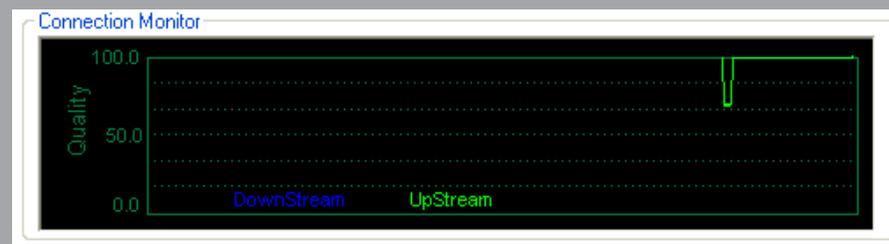
Si todos los dispositivos están activos, compruebe “Connection Monitor” en la parte inferior de la ficha “Properties”. El monitor debe estar activado en las preferencias de ES Monitor. El gráfico Connection Monitor muestra la historia de estabilidad de la red de las conexiones downstream y upstream. Si aparece alguna caída, ahí es donde debemos buscar el problema.

4. Comprobar las 3 principales fuentes de problemas.

- 1) ajustes wordclock en los host de las tarjetas MY.
- 2) cables de patch sueltos
- 3) cables/conectores de larga distancia defectuosos



'Angry IP scanner'



ES Monitor
monitor de conexión

13. Ejemplo 1: Una consola FOH y una consola MON de 48 canales, y un rack de escenario

Consolas de mezcla

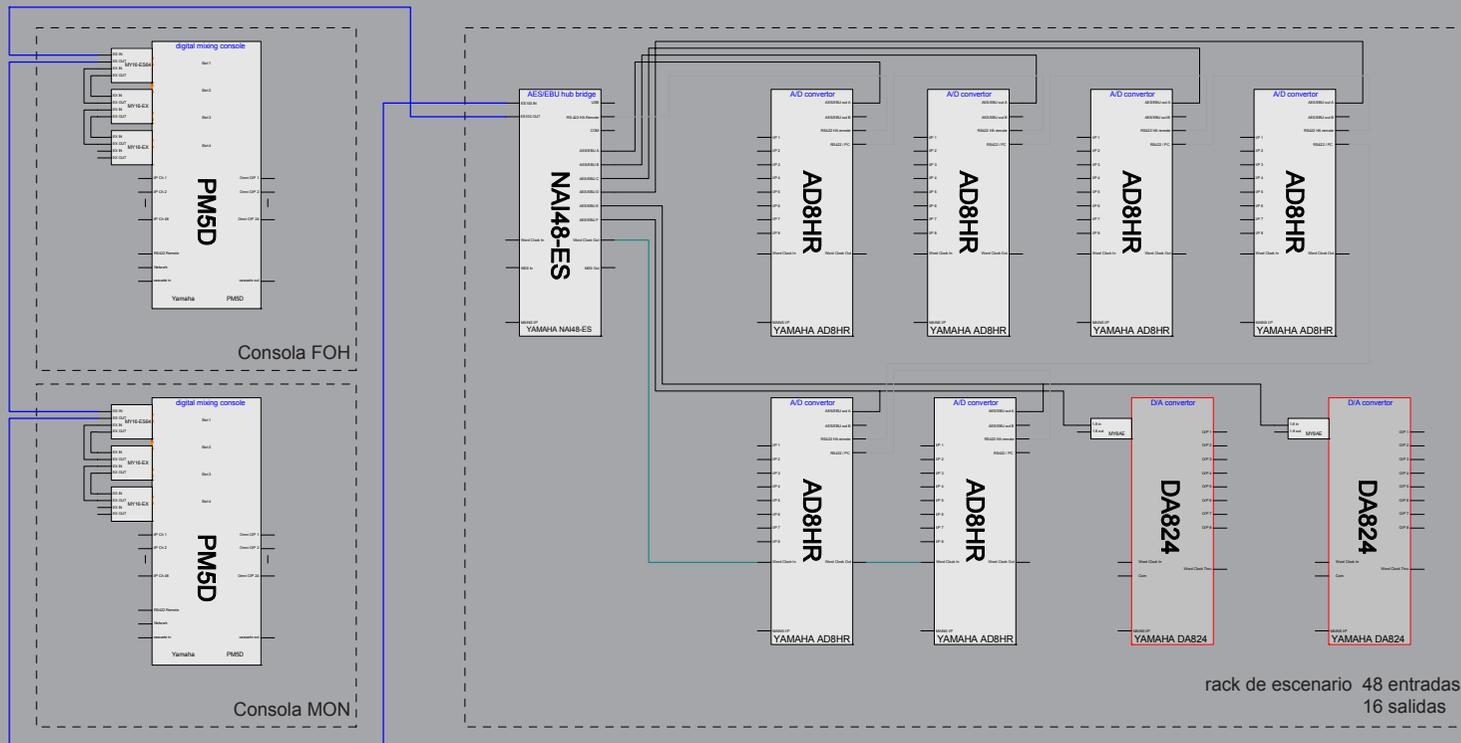
El sistema incluye dos PM5Ds para ubicaciones FOH y MON. Ambas consolas disponen de una tarjeta MY16-ES64 y de dos tarjetas MY16-EX para un total de 48 canales desde el rack de escenario. Los 16 canales restantes del anillo ES100 de 64 canales se pueden utilizar para conectar cualquier combinación de salidas de consolas FOH y MON a las salidas del rack de escenario.

Rack de escenario

El rack de escenario incluye seis unidades AD8HR que ofrecen el mismo preamplificador y los convertidores AD de gran calidad que los PM5D-RH y PM5000. Los preamplificadores están controlados por la consola FOH utilizando el túnel serie a través de la red ES100. El rack de escenario también incluye 16 salidas, que aceptan cualquier combinación de señales de las consolas FOH y MON.

Red

La topología de red es un anillo redundante sólo de audio, que conecta los cables de larga distancia directamente a las tarjetas MY16-ES64 de las consolas FOH y MON y el NAI48-ES del rack de escenario. Las consolas y el rack de escenario se pueden conectar y activar en cualquier orden.



14. Ejemplo 2: Una consola FOH y una consola MON de 32 canales, dos racks de escenario y un rack para amplifica-

Consolas de mezcla

El sistema incluye un M7CL-32 para consolas FOH y un LS9-32 para consolas MON. Ambas consolas disponen de una tarjeta MY16-ES64 y de una tarjeta MY16-EX para un total de 32 canales desde los racks de escenario. Los 32 canales restantes del anillo ES100 de 64 canales se pueden utilizar para conectar cualquier combinación de salidas de consolas FOH y MON a las salidas del rack de escenario y el rack para amplificadores.

Rack de escenario y rack para amplificadores

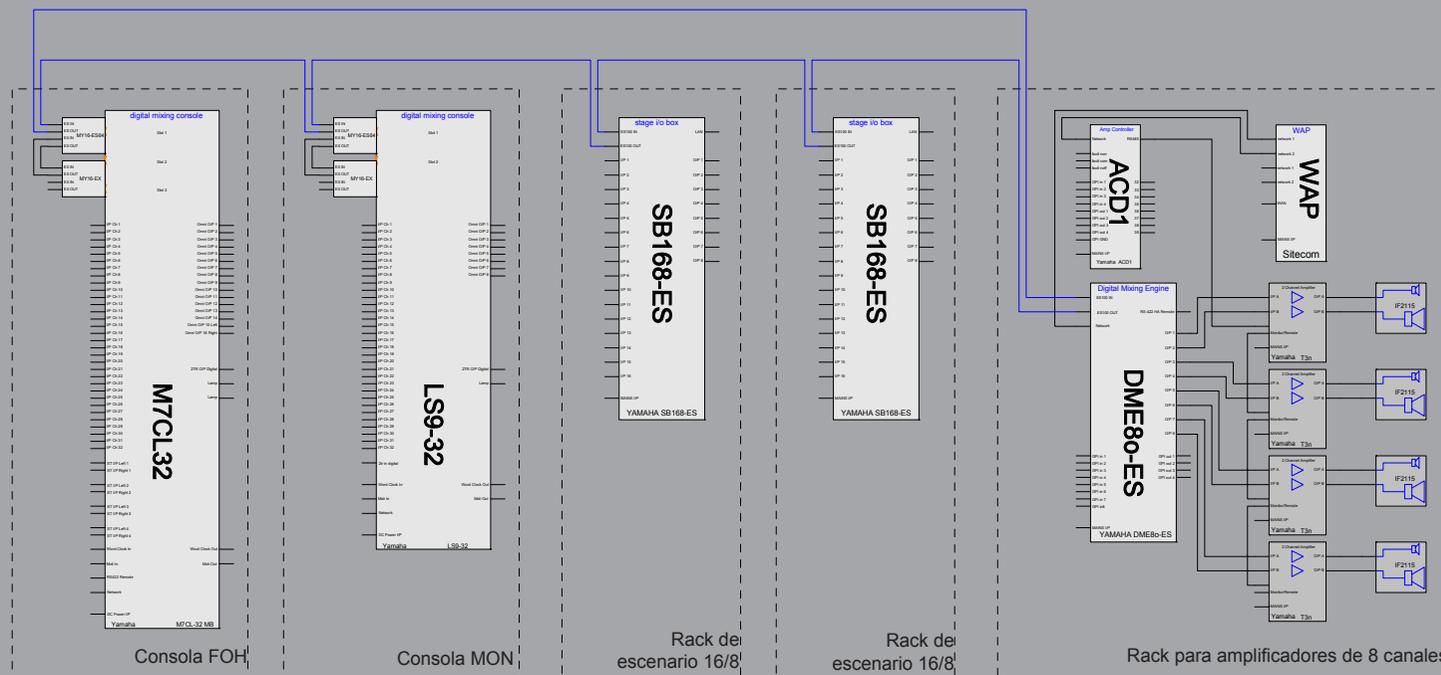
Los racks de escenario incluyen 16 canales de preamplificadores de micro y convertidores AD de gran calidad, controlados por la consola FOH utilizando el túnel serie a través de la red. Los racks de escenario también incluyen 8 salidas cada uno, para propósitos de monitorización en el escenario.

El rack para amplificadores incluye un DME8o-ES para el procesamiento de altavoces, con cuatro amplificadores T3n para dirigir los altavoces de la serie IS del PA principal.

Red

La topología de red es un anillo redundante sólo de audio, que conecta los cables de larga distancia directamente a las tarjetas MY16-ES64 de las consolas FOH y MON, los racks de escenario SB168-ES y el DME8o-ES en el rack para amplificadores. Las consolas y los racks se pueden conectar y activar en cualquier orden.

El DME8o-ES y ACD1 se conectan a un punto de acceso inalámbrico (WAP) lo que permite una monitorización y control inalámbricos del sistema de altavoces.





El paquete completo

El paquete completo

La amplia cartera para Commercial Audio de Yamaha facilita una única solución de fabricación para las instalaciones de audio y giras más complejas. Ofrecemos procesamiento y mezcla digital, así como amplificación en red y multicanal, y una amplia gama de dispositivos de salida avanzados. Además, los integradores de sistemas cualificados de Yamaha System Solutions pueden diseñar y pre-testar sistemas hechos a la medida de las necesidades exactas del mismo.

Yamaha System Solutions

Aunque estamos satisfechos de nuestra línea de productos de calidad excelente, entendemos que una solución de sistema incluye más que sólo productos: cableado, tecnología de red, herramientas de diseño, herramientas de gestión de calidad, etc. Por este motivo, trabajamos muy cerca de nuestra red de integradores de sistemas cualificados para ofrecer el paquete completo tanto para instalaciones como aplicaciones de giras.

Libro blanco “Diseño de sistemas de audio en red con ES100™”

Yamaha Commercial Audio, 2008 - Ron Bakker, Andy Cooper, Tree Tordoff

AMX™ es una marca comercial de AMX corporation. Crestron® es una marca comercial de Crestron Electronics, Inc. CobraNet™ es una marca comercial de Peak Audio, una división de Cirrus Logic. EtherSound™ y ES100™ son marcas comerciales de Digigram SA. EtherCon® y OpticalCon® son marcas comerciales de Neutrik Vertrieb GmbH. Fiberfox® es una marca comercial de Connex Elektro-technische Stecksysteme GmbH.