

*La guía esencial*

de **Audio IP**  
sobre **IP**

**PARA LAS EMISORAS**



## 1. ¿Por qué usar IP para transmitir audio?

1. Razones para migrar a audio sobre IP.....	8
2. Flexibilidad.....	8
3. Costo .....	8
4. Escalabilidad .....	9
5. Confiabilidad (¡real!!) .....	9
6. Disponibilidad .....	9
7. Control y monitoreo .....	9
8. Consolidación de la red .....	9
9. Ahorro potencial de los costos por el cambio de T1 a IP .....	10
10. Consolidación de capacidades .....	10
11. ¡Necesidad! .....	11

## 2. Aplicaciones de audio sobre IP

Enlaces estudio-transmisor .....	12
Transmisiones remotas o exteriores.....	13
Contribución y distribución de audio.....	13
Monitoreo de confianza.....	14

## 3. La naturaleza del audio sobre IP

1. Paquetes y tamaño de los paquetes .....	15
2. Ancho de banda, compresión y acuerdo.....	15
3. Algoritmos de audio .....	17
Nuevos formatos y algoritmos de audio .....	19
OPUS .....	19
AES67 .....	20

## 4. Acerca de las redes de IP

Tipos de redes IP.....	21
Enlaces dedicados de IP .....	21
Enlaces MPLS .....	21
Enlaces inalámbricos de IP .....	22
IP satelital .....	22
Internet publico .....	22
Dirección IP .....	24
Puerta de enlace .....	24
Máscara .....	24
Manejo de Jitter .....	24
Imperfección de la red.....	24
Manejo del retardo .....	25
Pérdida de paquetes .....	26

## 5. Superación de las imperfecciones

a. Ocultamiento .....	27
b. Corrección de errores sin retransmisión .....	27
c. Calidad del servicio .....	29
d. Acuerdos de nivel de servicio .....	30
e. Conexión alternativa .....	30
f. Streaming redundante .....	31
Ventajas del streaming redundante .....	33

La nube de audio - "Resistencia máxima" .....	34
Streaming redundante .....	35
Inteligencia distribuida .....	35
Desvío de paquetes .....	35
Multicast / Traslado de unicast múltiple .....	36

## 6. Conceptos avanzados de IP

a. La capa y los protocolos de IP .....	38
El modelo de referencia OSI .....	38
La capa de enlace (capas 1 y 2 de OSI) .....	38
La capa de Internet .....	38
La capa de transporte .....	39
Encapsulamiento de los protocolos y servicios .....	40
b. Direcciones de MAC e IP .....	40
I. Protocolo de Internet (IP)	
II. Enrutamiento de paquetes - Generalidades .....	41
III. Acerca de la traducción de direcciones de red (NAT) .....	41
Enrutamiento y NAT .....	42
NAT transversal a través de desvío de puerto .....	46
Direcciones dinámicas y estáticas de IP .....	47
VI. DNS y DNS dinámica (DDNS) .....	47
VII. SIP y SDP .....	49
IX. Etiquetado de VLAN .....	51

## 7. Pruebas y análisis de la red

Preimplementación .....	53
Prueba de ping .....	53
Verificador de conexión IP (herramienta de prueba de UDP) .....	55
Trace Route y análisis de saltos .....	55
Resolución de problemas .....	57
Resolución de problemas y emulación .....	58

## 8. Planificación previa a la implementación

1 Selección de la red.....	61
2 Plan de datos / Selección del servicio .....	62
3 Selección del equipo .....	62
Filosofía de diseño .....	63
Redundancia .....	63
Configurabilidad y calidad del servicio .....	63
Algoritmos de audio .....	64
Gestión y monitoreo .....	64

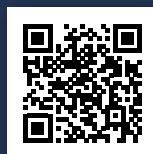
## 9. Soluciones de códec de IP de APT

### 10. Tecnología SureStream

a. Ahorre dinero: .....	69
b. Suministre audio de alta calidad: .....	69
c. Mantenga un retraso constante .....	69
d. ¡Relájese! .....	69
¿Ya lo escuchó? .....	70

# CONTENIDOS

1. Escalar el ancho de banda .....	70
2. Conmutación de enlaces .....	70
3. Latencia variable .....	70
¿Cómo funciona SureStream?.....	71
¿Dónde se puede utilizar? .....	71
Resumen .....	73
<b>Autores</b>	
Kevin Campbell .....	74
Hartmut Foerster .....	75
Tony Peterle .....	76



[www.worldcastsystems.com](http://www.worldcastsystems.com)



# Un poco de historia

Han pasado más de 12 años desde que APT diseñó y presentó su primer códec de audio capaz de transportar audio de alta calidad en tiempo real sobre una red de protocolo de Internet (IP). En 2003, la RDSI, Red Digital de Servicios Integrados, (ISDN por sus siglas en inglés) estaba ampliamente disponible, los enlaces de 950 MHz y otros enlaces analógicos de microondas junto con E1/T1 eran los estándares aceptados. Casi ningún radiodifusor confiaba en IP, ni la entendían como una tecnología de transporte de audio para la difusión.

APT comenzó su experiencia de IP con un cliente muy especial, nada menos que Skywalker Sound, la división de sonido de George Lucas Film, en el condado Marin, en California. El producto de SkyLink era absolutamente único en ese momento; lo utilizaban los actores a distancia, los productores y los ingenieros de sonido para revisar la mezcla de 5.1 sobre un enlace de IP gestionado.

Junto con el audio, se transportaba un canal integrado de código de tiempo de SMPTE para permitir la sincronización del audio con los carretes y copias de la película. SkyLink le encantó a Skywalker que supo usarlo bien, pero a los demás les resultó poco atractivo porque exigía una costosa red de IP gestionado.



Sin embargo, se convirtió en la piedra angular sobre la cual APT construyó su reputación de audio sobre IP. La experiencia acumulada y la tecnología resultante se utilizaron para desarrollar productos de difusión como

Horizon estéreo y la plataforma multicanal Oslo, exitosos en todo el mundo. Nuestra gama actual de plataformas de audio sobre IP de APT (véase la página 68) sigue liderando el sector y mantiene la calidad de audio, la fiabilidad y la innovación que nos caracterizan desde el inicio.

Con esta nueva versión del folleto, cuarta revisión, esperamos ofrecer un liberto de audio sobre IP significativamente ampliada. El guía sirve para varios propósitos: brinda una introducción general al concepto de audio sobre IP y de las redes IP, y ofrece consejos prácticos sobre pruebas y análisis de redes, antes y después de la implementación de audio sobre IP.



## **SkyLink de APT**

*Previo y posterior a la implementación del audio sobre IP*

También brinda información muy específica sobre redes para el transporte de audio, que incluye los ajustes y configuraciones óptimos para los usos y escenarios típicos de la difusión.

Confiamos en que disfrutará este folleto y esperamos que nos haga saber qué desea encontrar en la próxima revisión.


# 1. ¿Por qué usar IP para transmitir audio?

## Antes de la revolución de IP...

Una cosa queda clara al trabajar en radiodifusión: los ingenieros están sumamente contentos con la tecnología que les ha servido bien a lo largo de los años.

Esto es especialmente cierto en el nicho de la radiodifusión que representa la distribución de audio y STL (enlaces estudio-transmisor).

<b>Nombre</b>	<b><u>RDSI o ISDN</u></b>
<b>también conocido como:</b>	Red Digital de Servicios Integrados
<b>Descripción de la red</b>	Uno de los primeros enlaces digitales de «alta capacidad» que estuvieron disponibles para hogares y empresas a comienzos de los años 90. BRI (interfaz de velocidad básica) fue por lejos el método de acceso más popular para conectar mucho códecs ISDN, compuesto por 2 canales B a 64 kBits y un canal D. El códec ISDN típico de principios de los 90 era capaz de terminar una sola línea ISDN y, por lo tanto, codificaba hasta 128 kBits.
<b>Usos comunes en radiodifusión</b>	Remotos, difusión exterior, contribuciones de audio, enlaces estudio-estudio (SSL) y respaldo (STL)
<b>Ventajas</b>	Escaso retardo, confiable
<b>Desventajas</b>	No disponible universalmente, acceso medido de alto costo

<b>Nombre</b>	<b><u>POTS / PSTN</u></b>
<b>también conocido como:</b>	Sistema de telefonía fija/red de telefonía pública conmutada
<b>Descripción de la red</b>	Se refiere al uso de líneas telefónicas de banda estrecha para el suministro de audio de voz de calidad, limitado a 8 kHz de frecuencia de respuesta y codificado con G.711 basado en ADPCM. Originalmente, la red POTS era una agrupación de líneas analógicas; en la actualidad, tiene un núcleo digital con una mezcla de tecnologías en los extremos. Estas tecnologías se llaman bucle local o último tramo, y todavía pueden incluir cables de cobre, pero también pueden ser microondas o enlaces de fibra.
 <i>DSM100 ProLink, codec RNIS APT original</i>	
<b>Usos comunes en radiodifusión</b>	Remotos, difusión exterior, contribución de audio
<b>Ventajas</b>	Escaso retardo, disponible universalmente, estandarizados para ITU-T
<b>Desventajas</b>	Frecuencia limitada/respuesta

<b>Nombre</b>	<b>Microondas de 950 MHz con licencia</b>
<b>Descripción de la red</b>	En los Estados Unidos, la Comisión Federal de Comunicaciones, FCC, concedió la licencia de la banda de 950 MHz específicamente para enlaces de audio para emisoras de radio. En la banda de 950 MHz hay un canal de 500 kHz.
<b>Usos comunes en radiodifusión</b>	STL casi exclusivamente en los EE. UU.
<b>Ventajas</b>	Confiable, con licencia
<b>Desventajas</b>	Poca capacidad, falta de frecuencias disponibles, se necesita línea de visión, sujeto a atenuación por lluvia y otras interferencias.
<b>Nombre</b>	<b><u>X.21 / V.35</u></b>
<b>también conocido como:</b>	Línea arrendada
<b>Descripción de la red</b>	Los circuitos de línea arrendada se entregan en incrementos de 64 kBits y las velocidades típicas son 128 kBits, 256 kBits y 512 kBits. El circuito se entrega con una NTU (unidad de terminación de red) y es un circuito completamente sincrónico. X.21 / V.35 es el protocolo que se utiliza para conectar el equipo de terminación de datos (DTE) (en este contexto el códec) a la NTU del circuito.
<b>Usos comunes en radiodifusión</b>	STL, SSL, contribuciones de audio
<b>Ventajas</b>	Confiable, escaso retardo
<b>Desventajas</b>	Capacidad limitada, circuito punto a punto
<b>Nombre</b>	<b><u>E1/T1</u></b>
<b>Descripción de la red</b>	E1 es el componente básico de 2048 MBit de la red sincrónica conocida como SDH que se utiliza en Europa y el resto del mundo para la entrega de datos sincrónicos. T1 es el componente básico de 1,548 MBit de la red sincrónica conocida como SONET que se utiliza en EE. UU. y Japón. En esencia, los dos sistemas son técnicamente iguales con un reloj central que mantiene la sincronización y una jerarquía de multiplexación que asigna señales a grupos tributarios mayores y contenedores virtuales. La diferencia principal está en el tamaño de los grupos y contenedores.
<b>Usos comunes en radiodifusión</b>	STL, SSL, contribuciones de audio, redes nacionales
<b>Ventajas</b>	Confiable, escaso retardo
<b>Desventajas</b>	Costoso, escalabilidad limitada, disponibilidad cada vez más limitada (en los EE. UU.)

# Razones para migrar a audio sobre IP

Habrás notado que hemos utilizado repetidamente el término «confiable» para describir las tecnologías que hemos enumeramos anteriormente. A pesar de no ser inmunes a problemas e interrupciones momentáneas, en términos generales, estas tecnologías se han ganado una reputación de fiabilidad en el mundo de las telecomunicaciones.

Estas tecnologías, que han servido a las emisoras durante décadas, se están sustituyendo por IP, en forma gradual pero creciente. Para migrar de un enfoque comprobado y confiable, es necesario tener razones de peso. Más adelante examinaremos algunas de las principales ventajas que convencen a las emisoras de radio

## 1 Flexibilidad

La flexibilidad es probablemente la razón principal por la cual la transmisión de audio sobre IP es mejor que cualquiera de las tecnologías existentes o anteriores. Se pueden generar y enrutar fácilmente canales adicionales con tecnologías de multicast y de unicast múltiple. La codificación de un canal único se puede decodificar por decenas de unidades (unicast múltiples) o cientos de unidades (multicast) y, si se dispone de la red y el hardware, esto puede suceder en un cambio de configuración instantáneo.

La rigidez de las redes sincrónicas y la naturaleza punto a punto de las redes de microondas no permiten que se alcance este grado de flexibilidad. La flexibilidad de la conectividad IP también ha facilitado la implementación de enlaces en directo y con poca antelación, y de enlaces internacionales donde las soluciones sincrónicas no están disponibles.

## 2 Costo

Es importante señalar que esta flexibilidad no agrega gastos adicionales. Los enlaces en directo e internacionales remotos ya no son eventos de gran presupuesto como una vez fueron debido a los costos de las empresas de telecomunicaciones. La combinación de audio sobre IP junto con una técnica de streaming redundante como SureStream de APT (ver página 69) permite obtener la calidad y la fiabilidad de T1/E1 por solo una fracción del precio.

Para el funcionamiento continuo y fijo, como STL y SSL, los ahorros de costos por el uso de IP en comparación con otras tecnologías también pueden ser significativos a largo plazo. El ejemplo en la página 10 se basa en datos que nos facilitan clientes en Estados Unidos y destacan los ahorros que han obtenido. Los valores cambian de un país a otro y de una región a otra, pero los beneficios de los costos en la gran mayoría de los casos son suficientemente significativos para justificar el cambio.

### 3 Escalabilidad

La escalabilidad de las redes IP también está relacionada con la flexibilidad; en particular, la facilidad para escalar una red hacia arriba o hacia abajo, así como la magnitud de la escalabilidad.

Tanto con multicast como con unicast múltiple, es posible agregar fácilmente y sin problemas uno o incluso diez puntos de decodificación en una red de audio sobre IP. Si la red IP se extiende hasta ese punto, la conectividad es logable.

### 4 Confiabilidad (¡real!)

En los primeros tiempos del audio sobre IP, la confiabilidad era el obstáculo más común al considerar la migración a este tipo de red. En la actualidad, la mayoría acepta que una red IP gestionada con ancho de banda garantizado, QOS y un SLA, no presenta problemas.

En los últimos años, las técnicas de streaming redundante, como la tecnología SureStream de APT, han alcanzado los mismos niveles de fiabilidad utilizando únicamente Internet pública.

### 5 Disponibilidad

IP está disponible casi en todas partes a través de puntos de acceso cableados o inalámbricos. Ya no se necesita reservar un ISDN o línea arrendada para una emisión remota con ocho semanas de antelación. Sin embargo, la popularidad de IP puede causar algunos problemas a medida que aumenta la cantidad de usuarios de las redes IP en los recintos deportivos, estadios y otros emplazamientos. Esto afecta particularmente a las conexiones sobre redes inalámbricas, incluidas las 3G y 4G. Para compensar este problema, es

necesaria una planificación de capacidad para calcular la conectividad que se requiere para el evento y la cantidad de usuarios que probablemente compartan la conexión cuando se transmita en directo.

### 6 Control y monitoreo

Si puede hacer «PING», lo puede controlar y monitorear. Un subproducto fantástico de la era IP es el hecho de que no solo los códecs IP, sino también los transmisores, los procesadores de audio, las consolas, los enrutadores de audio, y casi todos los componentes de la cadena de aire tienen o tendrán una interfaz IP. Esto permite que los ingenieros no solo puedan controlar el funcionamiento a distancia, sino también intervenir en una situación, solucionar problemas y hacer correcciones de forma remota.

### 7 Consolidación de la red

Consolidar todo en un único tipo de red es beneficioso porque reduce costos y aumenta el conocimiento interno y el apoyo a estas redes críticas para el negocio. Sin embargo, si bien la consolidación de todas las redes de su emisora de radio en una red IP puede ser ventajoso, la mayoría de los usuarios prefiere tener una separación física o virtual de estas redes, divididas, por ejemplo, en LAN de oficina, VoIP y audio sobre IP.

## Ahorro potencial de los costos por el cambio de T1 a IP

De costa a costa		Instalación	Costo mensual	Costo de 12 meses	Costo de 24 meses	Promedio de ahorro anual (después de 2 años)
Comparación solo de enlace	Línea T1	\$1 000	\$1 600	\$20 200	\$39 400	<b>\$14 800</b>
	MPLS	\$750	\$1 000	\$12 750	\$24 750	<b>\$7 500</b>
	2 x enlaces IP (Verizon FIOS, 3 MBits bajada/ 786 Kbits subida)	\$5 960	\$156	\$1872	\$3744	

De costa a costa		Instalación	Costo mensual	Costo de 12 meses	Costo de 24 meses	Promedio de ahorro anual (después de 2 años)
Inversión en enlace y equipos nuevos	Línea T1	\$1 000	\$1 600	\$20 200	\$39 400	<b>\$14 800</b>
	MPLS	\$750	\$1 000	\$12 750	\$24 750	<b>\$7 500</b>
	2 x enlaces IP + 2 x WorldCast Horizon Next-Gen	\$5 960	\$156	\$7 832	\$9 704	

*Ahorro potencial de los costos por el cambio de T1 a IP*

## 8 Consolidación de capacidades

Como ya hemos mencionado anteriormente, IP llegó para quedarse. Al igual que la FM, podría ser una tecnología centenaria, ¡ya han pasado 45 años desde la primera prueba de concepto de la conmutación de paquetes y de la ARPANET! La ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network [red de la agencia de proyectos de investigación avanzada]), red primitiva de conmutación de paquetes, fue la primera red que implementó los protocolos TCP/IP. Ambas tecnologías

se convirtieron en la base técnica de la Internet.

Hoy vemos que casi todos los nuevos equipos de transmisión cuentan con una interfaz IP y asistimos a la desaparición de muchos otros tipos de redes de comunicación. Así, el conocimiento y la experiencia en materia de redes IP y conexiones de red son esenciales tanto para un ingeniero jefe como para un estudiante de radiodifusión.

## 9 ¡Necesidad!

Conseguir la instalación de una línea de ISDN en el extremo noreste de los Estados Unidos no es tan sencillo como antes. A pesar de que oficialmente todavía están disponibles, es cada vez más difícil. En otras regiones del mundo, como Suecia, ya no es posible obtener un servicio de ISDN. El modelo financiero que soportaba estas tecnologías sincrónicas heredadas dentro de varias empresas de telecomunicaciones en el mundo se ha desvanecido, y ha sido sustituido por IP por las razones antes mencionadas. También disminuye la base de conocimientos de estas tecnologías dentro de las empresas de telecomunicaciones, lo cual tiene un efecto obvio sobre los niveles de servicio, los índices de respuesta y la confiabilidad.

Creemos firmemente que la revolución del audio sobre IP es imparable. La tecnología no es perfecta y posiblemente no sea

un reemplazo directo de muchas de las tecnologías existentes, en particular en relación con el retardo y la latencia.

No obstante, son tantos los beneficios que ofrece el audio sobre IP que lo convierten en una alternativa indiscutiblemente atractiva para las emisoras que aprenden a compensar lo negativo y beneficiarse con las ventajas mencionadas.



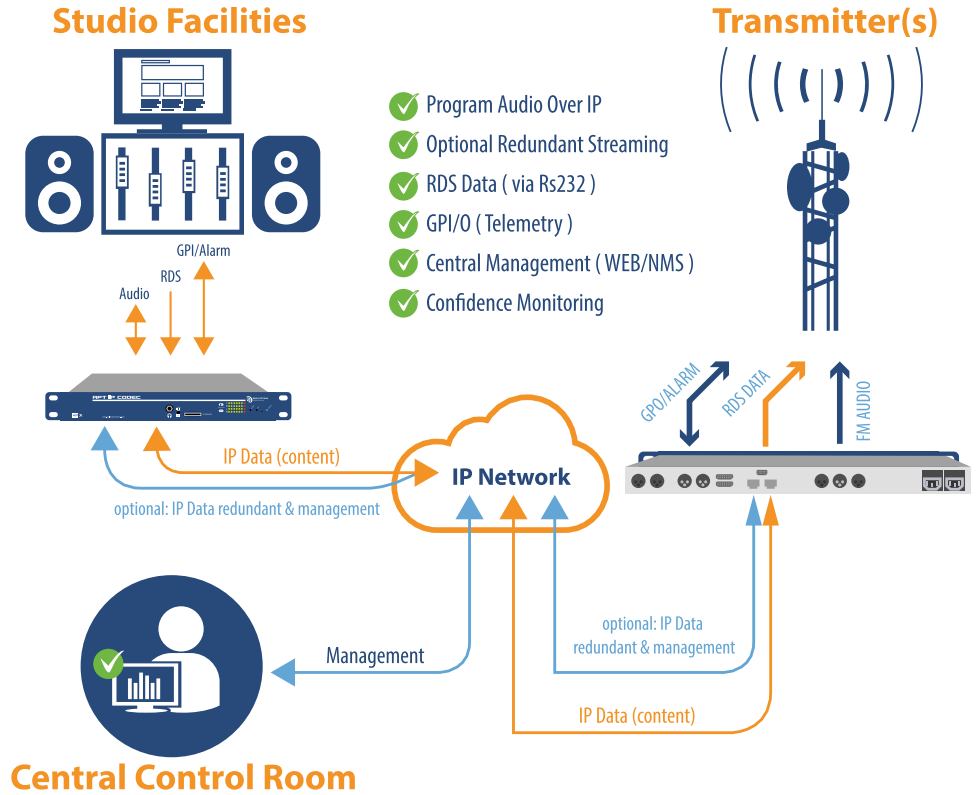
*A CONTINUACIÓN... ahora que hemos explicado los beneficios y las razones por los que las emisoras deben migrar a IP vamos a ver algunas aplicaciones típicas en nuestra próxima sección...*

# 2. Aplicaciones de audio sobre IP

## Enlaces estudio-transmisor

Una de las aplicaciones más comunes de audio sobre IP en la cadena de transmisión es la entrega de contenidos de audio desde el estudio a la ubicación del transmisor. La mayoría de los códecs profesionales permiten también el transporte de datos auxiliares y datos de telemetría por GPIO

junto con las secuencias de audio. Esta aplicación en particular muestra el streaming redundante con tecnología SureStream (consulte la página 69 para obtener más información sobre el streaming redundante).



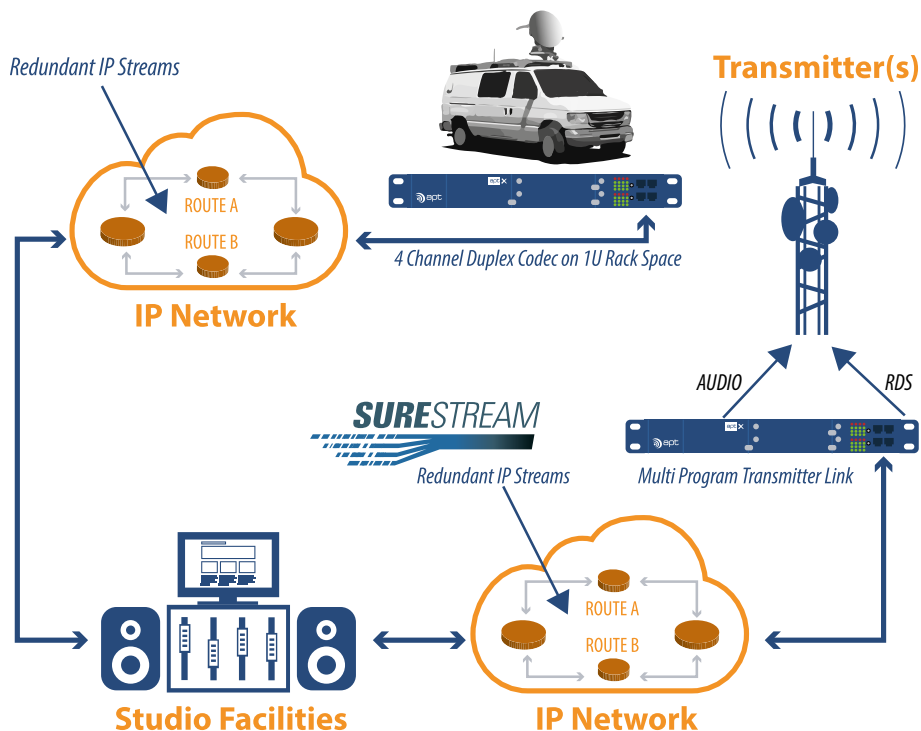
- ✓ Program Audio Over IP
- ✓ Optional Redundant Streaming
- ✓ RDS Data ( via Rs232 )
- ✓ GPI/O ( Telemetry )
- ✓ Central Management ( WEB/NMS )
- ✓ Confidence Monitoring



## Transmisiones remotas o exteriores

Las redes IP están reemplazando rápidamente a las ISDN como tecnología preferida para las transmisiones remotas o exteriores y las aplicaciones de programas en directo. La aplicación se muestra a continuación representa una transmisión

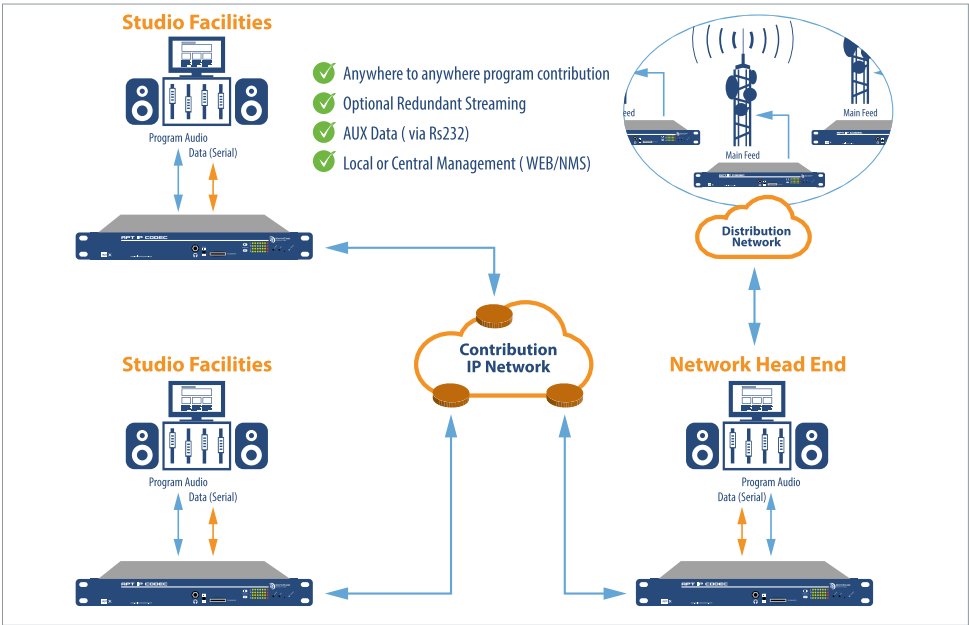
multicanal en directo donde tanto el enlace entre el sitio remoto y el estudio como el STL operan sobre la Internet pública usando SureStream para proteger la integridad del contenido.



## Contribución y distribución de audio

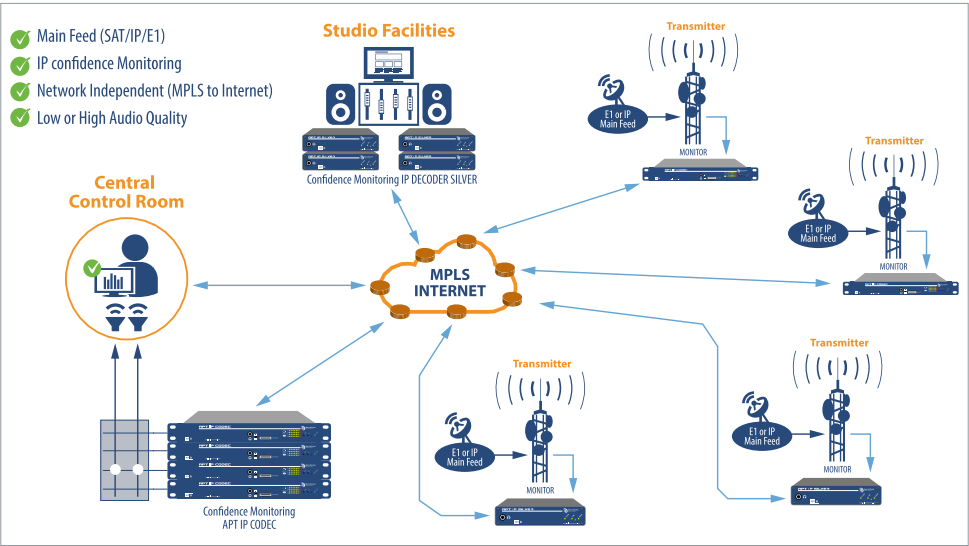
El transporte de audio sobre IP permite una red altamente flexible en la que se pueden enviar múltiples canales de audio de alta calidad entre varios sitios. Cuando las contribuciones de audio se realizan desde varios estudios regionales, es de particular importancia que se preste atención a la calidad de los contenidos de audio para que no exista degradación

antes de que comience la transmisión a través de toda la cadena de difusión. El audio sobre IP puede utilizarse para distribuir el contenido de audio a múltiples ubicaciones de transmisores, cabeceras de red o enlaces de subida de satélite. Para la distribución se usan frecuentemente multicast o unicast múltiple (véase la página 23).



## Monitoreo de confianza

El monitoreo de confianza requiere una plataforma confiable y rentable. En el ejemplo que se muestra, se utiliza una mezcla de códecs APT IP estéreo y codificadores/decodificadores APT independientes para cumplir con las necesidades de cada ubicación.



*A CONTINUACIÓN... ahora que hemos mostrado algunas aplicaciones típicas, en la próxima sección analizaremos algunas consideraciones comunes para quienes implementan las aplicaciones de audio sobre IP en el mundo real.*

# 3. La naturaleza del audio sobre IP

## 1 Paquetes y tamaño de los paquetes

Una de las razones por las cuales los sistemas y las redes IP son capaces de funcionar de la forma en que lo hacen es el concepto de paquetes. Todo el tráfico en una red IP se transporta en pequeños paquetes de datos, estos paquetes pueden ser de varios tamaños, pero generalmente no son lo suficientemente grandes como para llevar todo un documento, una canción, un video clip o una grabación de audio. La estructura de IP dictamina que estos paquetes de datos de mayor tamaño se dividan y distribuyan en una cantidad de paquetes.

Cada paquete contiene un pequeño trozo de la carga de datos, pero otra sección del paquete, llamada «cabecera», contiene la información de la corrección de errores, el tamaño del paquete, el tipo de datos contenidos, y lo más importante, la dirección de red a la que se envían los datos (dirección IP de destino). La información de la cabecera también incluye la dirección desde la que se envía (IP de origen). Los enrutadores y conmutadores, que constituyen la inteligencia de enrutamiento de la red, examinan la cabecera del paquete y la información y deciden cómo, cuándo y a dónde encaminar cada paquete.

## 2 Ancho de banda, compresión y acuerdo

Las opciones de ajustes de audio, es decir, el algoritmo, el modo (estéreo o mono) y la frecuencia de muestreo, definen el ancho de banda que se necesita para transportar el audio codificado sobre la red IP.

Para las conexiones sincrónicas es igual al ancho de banda necesario para transportar el audio comprimido o lineal. Pero en el dominio IP hay que sumarle un adicional necesario para paquetizar los datos de audio. La figura en la página 16, a continuación, muestra el espacio adicional obligatorio (cabecera

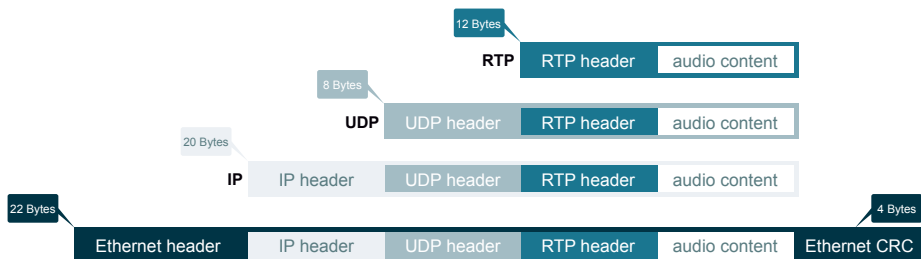
y CRC) de una trama de Ethernet para la transmisión RTP/UDP independientemente de la carga transportada en un paquete IP.

También muestra que un paquete de Ethernet se compone de varios encapsulamientos. Estos encapsulamientos son típicos para una secuencia de medios RTP/UDP.

Aunque el usuario puede controlar el tamaño de sus paquetes, estos ajustes solo afectan a la cantidad de datos en cada paquete, el tamaño de la cabecera sigue siendo el mismo. Cuanto menor sea el tamaño del paquete, más paquetes se necesitarán para transportar los datos del punto A al punto B.

Pero para servicios de tipo streaming, tales como video y audio en tiempo real, estas variaciones en la demora de la entrega serían inaceptables. Los datos se deben reproducir aproximadamente a la misma velocidad que llegan y es probable que algunos paquetes de datos se pierdan durante la transferencia.

Un efecto obvio de un paquete perdido es que los datos de ese paquete no están. En términos de audio, sería un breve silencio. En streaming de video, podría causar pixelado o incluso un congelamiento de la trama. La selección de un mayor tamaño de paquete reducirá los requisitos de ancho de banda y jitter de la red, también significa que si falta un paquete se pierde una mayor cantidad de datos de la carga.



*La cabecera Ethernet y las subcabeceras de una trama de Ethernet con datos RTP/UDP*

Por otra parte, la reducción del tamaño del paquete disminuye el retardo de la paquetización, a expensas de mayores requerimientos de ancho de banda. Dado que la información de la cabecera ocupa una cantidad fija de bytes por paquete, el ancho de banda necesario para transferir una secuencia de datos en tiempo real aumenta a medida que disminuye el tamaño de los paquetes. El tamaño óptimo de los paquetes será siempre un valor de equilibrio entre la eficiencia del ancho de banda, la latencia de la red y la calidad del audio.

Un valor recomendado para transmisiones en tiempo real es un intervalo de 4 ms. Esto significa que un paquete contiene 4 ms de audio (conocido como tiempo p) y se envía cada 4 ms. Según sea el formato de audio seleccionado, estos 4 ms de audio generan un tamaño correspondiente de carga de datos.

La tabla al dorso (ver página 17) muestra la relación entre un tamaño de paquete en Bytes y el tiempo p (retardo de paquetización) de un algoritmo sin trama ADPCM (apt-X mejorado).

La carga mínima de RTP depende de la cantidad mínima de información que proporciona un algoritmo de audio.

Para PCM lineal y todos los algoritmos ADPCM (Eapt-X, G.711, G.722, MICDA etc.) el valor mínimo está dado por una muestra de PCM definida por la frecuencia de muestreo.

**Como ejemplo :** una muestra de PCM de FS=48 kHz es de 20.8  $\mu$ s y para Eapt-X, 83.3  $\mu$ s; con este tipo de algoritmo se puede lograr un paquete de tamaño o tiempo p muy pequeño (generalmente ~1 ms).

## Algoritmos de trama

Todos los algoritmos de trama necesitan información adicional sobre el esquema de compresión, lo que significa que deben recibir un número de muestras antes de codificar. Esa cantidad de muestras y la información que las acompaña está encapsulada en «tramas» del algoritmo. Como recomendación, el tamaño de la trama del algoritmo define la menor cantidad de información que debe encapsularse en un paquete IP y esta cantidad es significativamente mayor que en un algoritmo sin trama.

Tasa de datos de audio	Bytes de carga (RTP) de paquete	Bytes de trama de Eth.+66 Bytes)	Paq.IP/s	Retardo de paq. en ms	Eth. Tasa de datos
64 kbits/s	128	194	62,5	16	97,0 kbits/s
64 kbits/s	256	322	31,25	32	80,5 kbits/s
64 kbits/s	512	578	15,625	64	72,3 kbits/s
64 kbits/s	1280	1346	6,25	160	67,3 kbits/s
128 kbits/s	128	194	125	8	194,0 kbits/s
128 kbits/s	256	322	62,5	16	161,0 kbits/s
128 kbits/s	512	578	31,25	32	144,5 kbits/s
128 kbits/s	1280	1346	12,5	80	134,6 kbits/s
256 kbits/s	128	194	250	4	388,0 kbits/s
256 kbits/s	256	322	125	8	322,0 kbits/s
256 kbits/s	512	578	62,5	16	289,0 kbits/s
256 kbits/s	1280	1346	25	40	269,2 kbits/s
384 kbits/s	128	194	375	2,7	582,0 kbits/s
384 kbits/s	256	322	187,5	5,3	483,0 kbits/s
384 kbits/s	512	578	93,75	10,7	433,5 kbits/s
384 kbits/s	1280	1346	37,5	26,7	403,8 kbits/s
576 kbits/s	128	194	562,5	1,8	873,0 kbits/s
576 kbits/s	256	322	281,25	3,6	724,5 kbits/s
576 kbits/s	512	578	140,625	7,1	650,3 kbits/s
576 kbits/s	1280	1346	56,25	17,8	605,7 kbits/s

FIG. A. Relación entre la carga de audio, el tamaño del paquete, el tiempo  $p$  (retardo de la paquetización) y la velocidad de datos Ethernet.

### 3 Algoritmos de audio

Al seleccionar el mejor formato de envío de audio en un enlace IP, las restricciones de ancho de banda disponible, latencia mínima y requisitos de calidad de audio influyen en

la elección del formato de audio adecuado o del algoritmo de compresión de audio. Hay varios tipos principales de formatos y algoritmos:

### **Audio digital sin comprimir**

- PCM lineal de 16/20/24 Bit
- AES transparente (PCM lineal en una trama AES)

### **Sistemas digitales de compresión**

- ITU J.41/J.42
- ITU J.57
- G.711

### **Algoritmos basados en ADPCM (modulación por codificación de pulsos diferenciales adaptables)**

- G.722
- Apt-X, Enhanced apt-X
- 4SB ADPCM

### **Algoritmos de percepción**

- Todos los derivados de los algoritmos MPEG
- OPUS

Los algoritmos basados en la percepción utilizan principios de psicoacústica que analizan el contenido del audio y determinan qué es audible para el oído humano. El algoritmo elimina todo el contenido inaudible y es, por lo tanto, un algoritmo «con pérdida» por definición. Las relaciones de compresión que pueden lograrse con los algoritmos de percepción son impresionantes; mucho más altas que con cualquier otro método. La desventaja de este enfoque es que el uso de varios ciclos de codificación y decodificación agrega elementos al contenido y genera un retardo relativamente alto del proceso.

Los algoritmos ADPCM ofrecen una mejor calidad de señal y una latencia muy baja por su enfoque de codificación no destructivo. Por eso, los códecs ADPCM se suelen utilizar en aplicaciones de contribución en las que la alta calidad de la señal y el bajo retardo son de gran importancia. La relación de compresión que se puede alcanzar con ADPCM es comparativamente baja. Los algoritmos apt-X y 4SB ADPCM alcanzan relaciones de 4:1.

Un sistema de compresión digital es, desde el punto de vista actual, una tecnología heredada de codificación, pero todavía puede encontrarse en aplicaciones de contribución de difusión y de distribución. El principio basado en la compresión dinámica en la que una muestra de señal alta se digitaliza con una resolución de bits inferior a las muestras de señal baja. La idea es minimizar el ruido de la cuantificación en el contenido de bajo nivel y mantener una tasa de bits definida en la cadena de transmisión. Los principales sistemas de compresión digital son ITU J.57, un formato de 20 kHz utilizado principalmente en aplicaciones de contribución y J.41, restringido a un ancho de banda de 15 kHz exclusivamente para fuentes de transmisores de FM. La calidad que se logra con ambos formatos es muy alta y la demora es muy baja. En su momento, los sistemas de compresión fueron el más alto estándar de calidad, pero actualmente han sido casi completamente sustituidos por ADPCM o formatos lineales PCM.

Hoy, la transmisión de audio sin comprimir es cada vez más frecuente. El constante aumento de ancho de banda disponible en los enlaces de sitio a sitio, tanto PCM lineal como AES/EBU transparente son ahora alternativas viables. Con PCM lineal, la máxima calidad de audio está garantizada y la baja latencia se convierte en una preocupación exclusiva de aquellos que diseñan la arquitectura de la red.

Durante los últimos 20 años, el desarrollo de algoritmos de codificación se ha centrado en la optimización de parámetros como tasa de bits, calidad, codificación y decodificación, latencia y compatibilidad; actualmente se puede encontrar una solución óptima para casi todas las aplicaciones de difusión.

La siguiente tabla muestra los formatos y algoritmos más comunes en las aplicaciones de difusión. Las tasas de bits que se indican son solo ejemplos; los algoritmos permiten otras tasas de bits y la lista no es exhaustiva.

## Nuevos formatos y algoritmos de audio

### OPUS

Es un algoritmo de codificación bastante nuevo y utiliza dos enfoques establecidos de codificación/decodificación. De la combinación de una versión modificada de

SILK (basado en un códec de voz de Skype) y una versión ampliada de CELT surge OPUS, un códec de audio muy flexible.

Formato de algoritmo (estéreo)	Ancho de banda	Tasa de datos kbps	Promedio de latencia	Aplicación
PCM lineal 16 Bit	22 kHz	1.536	Muy baja	Contribución
PCM lineal 20 Bit	22 kHz	1.920	Muy baja	Contribución
PCM lineal 20 Bit	22 kHz	2.304	Muy baja	Enlace de calidad más alta
Eapt-X 16 bits	22 kHz	64-384	Muy baja	Distribución
Eapt-X 24 bits	22 kHz	192-578	Muy baja	Contribución
G.711	3.400Hz	64	Muy baja	Discurso
G.722	7.000Hz	64	Muy baja	Voz HD
ITU J.41	15 kHz	384	~5 ms	Distribución
ITU J.57	20kHz	1.920	~5 ms	Contribución
MPEG1 LII	Hasta 20 kHz	64-384	~50 ms	Distribución
MPEG1 LIII (MP3)	Hasta 20 kHz	64-384	~100 ms	Distribución
MPEG2 LII	Hasta 20 kHz	64/128	~90 ms	Distribución
MPEG2/4 LD2	Hasta 20 kHz	128-256	~30 ms	Distribución
MPEG2/4 LC3	Hasta 20 kHz	32-384	~50 ms	Distribución
MPEG2/4 ELD4	Hasta 20 kHz	128-256	~20 ms	Distribución

*Relación entre la carga de audio, el tamaño del paquete, el tiempo p (retardo de la paquetización) y la velocidad de datos Ethernet.*

CELT es un algoritmo gratuito de compresión de audio con pérdida, inicialmente desarrollado y mantenido por Xiph Org Foundation. Ahora, CELT se integró en OPUS y es un códec independiente. SILK y CELT funcionan de modo híbrido con una conmutación perfecta, en la que CELT es más eficiente para el audio de la banda completa (FS 48 kHz), mientras que SILK (modificado) es muy bueno para la palabra en banda estrecha y banda ancha hasta aprox. 32 kbps.

Los principales atributos del OPUS son su alta escalabilidad y su baja latencia. Por su escalabilidad, OPUS es apto para casi todas las aplicaciones, desde VoIP hasta video conferencias de alta calidad, o desde streaming de música con baja velocidad de transferencia hasta aplicaciones de difusión con bajo retardo. OPUS también puede ser la opción de formato para el audio musical de alta calidad.

### **Características principales:**

- Velocidad de muestreo: 8 – 48kHz
- Velocidades de transferencia: 6 – 510 kbps
- Tamaño de trama: 2,5 – 20 ms
- Compatibilidad mono y estéreo
- Soporte para voz y música
- Conmutación perfecta entre todas las anteriores
- Bajo retardo en el rango de 20 ms

El códec OPUS ya está integrado en los modernos navegadores web como Mozilla Firefox, Opera y Google Chrome (otros se incluirán pronto).

## **AES67**

Todos los algoritmos de audio que hemos discutido hasta ahora son aptos para las redes de audio en un entorno WAN (red de área extensa). En estos esquemas, la velocidad de transferencia de una secuencia de audio puede modificarse según el ancho de banda disponible de la WAN.

AES67 es un estándar desarrollado recientemente para lograr la interoperabilidad de las redes de audio exclusivamente en el dominio de LAN. En términos de aplicaciones, por tanto, permite el streaming en tiempo real entre los equipos de los estudios de producción y difusión de audio mediante una interfaz AES67.

El estándar describe el formato de transporte (streaming) del audio multicanal sobre redes IP; esencialmente audio multicanal en un solo conector RJ45. No permite la compresión de audio ni ninguna otra adaptación de la velocidad de transferencia, a excepción de la definición de un número definitivo de canales de audio, pero incorpora mecanismos de sincronización basados en el protocolo de tiempo de precisión (PTPv2 IEEE 1588). A medida que la tecnología se vuelva más popular, los fabricantes de códec de audio proveerán interfaces AES67 junto con los actuales conectores analógicos y AES-3.

*A CONTINUACIÓN... esperamos que esta sección haya sido útil para comprender las consideraciones principales relacionadas con el audio sobre IP. En la sección siguiente analizaremos un conjunto de opciones de redes sobre las cuales se puede implementar la red de audio sobre IP (AOIP, audio over internet protocol) También examinamos algunas consideraciones generales y los problemas que pueden surgir en el camino...*



# 4. Acerca de las redes de IP

## Tipos de redes IP

Las redes IP se diseñaron para transportar datos no urgentes desde el punto A al punto B en un plazo aceptable. Si los datos se pierden o se demoran, se pueden volver a enviar los archivos o actualizar las páginas web. Sin embargo, esto no es posible en un entorno de difusión, en el que la transmisión de audio confiable y en tiempo real es imperativa.

Para lograr la difusión exitosa de audio sobre IP, los ingenieros deben familiarizarse con la naturaleza y las características inherentes de las redes paquetizadas.

Los proveedores de servicios ofrecen las emisoras una variedad de diferentes opciones para la transmisión de audio sobre IP, desde enlaces dedicados con una calidad de servicio garantizada hasta internet abierta o enlaces compartidos de ADSL. Examinaremos cada opción y evaluaremos su utilidad para las emisoras.

El concepto clave es que ninguna red es perfecta. Incluso en los sistemas cerrados y monitoreados como los enlaces dedicados, de microondas y MPLS pueden haber pérdidas de paquetes y jitter, y afectar negativamente la calidad del audio.

### Enlaces dedicados de IP

Los enlaces entre transmisores y las redes internas de los estudios profesionales requieren una confiabilidad y robustez que normalmente no pueden obtenerse en las redes públicas no administradas. Su naturaleza crítica exige un nivel de servicio garantizado que asegure el flujo ininterrumpido de paquetes desde el emisor hasta el receptor con un retraso mínimo y sin pérdida de calidad de audio.

Para estas aplicaciones, algunos proveedores de servicios ofrecen algún tipo de conexión de IP dedicada que permita el acceso permanente y una selección de opciones seguras

que garanticen la conectividad de misión crítica. El servicio no debe ser compartido y tener un ancho de banda exclusivo que impida la alteración del contenido enviado. Si esto no es posible, la emisora debe solicitar la proporción que se comparte sea la más baja posible.

Generalmente, el servicio de acceso dedicado de IP está respaldado por un contrato de nivel de servicio (SLA) y un mecanismo de prioridad de tráfico, como el de calidad de servicio (QoS). Sin un contrato de este tipo, la emisora no tiene control sobre las condiciones de la red IP y, por lo tanto, no controla la calidad del audio que genera de esa red.

### Enlaces MPLS

Las redes MPLS (conmutación por etiquetas multiprotocolo) ofrecen uno de los más altos niveles de servicio que se puede lograr con IP y están reemplazando cada vez más a las líneas arrendadas como opción de mecanismo de transporte para STL y SSL. Esta tecnología ofrece muchos de los beneficios de las líneas arrendadas por ser un servicio orientado a la conexión y, por eso, tiene la capacidad de reservar ancho de banda y garantizar el servicio. Además, como complemento de las transferencias IP, ofrece los beneficios de costo, flexibilidad y eficiencia de las redes de audio sobre IP.

MPLS asigna etiquetas cortas (20 bits) a cada paquete de red, con la descripción del camino que debe tomar ese paquete. A diferencia de las redes IP tradicionales, en las que cada enrutador toma decisiones independientes sobre el enrutamiento, el tráfico de MPLS se analiza cuando ingresa a la nube MPLS y se le asigna una 'etiqueta' que determina su camino a través de la red. Al evitar que cada enrutador deba buscar la dirección del siguiente nodo, MPLS ofrece un servicio más rápido y más eficiente que una conexión IP estándar. La etiqueta de MPLS también puede incluir información adicional para la clase de servicio (prioridad) del tráfico para garantizar que se priorice el contenido crítico y urgente. En general, las redes MPLS ofrecen una solución atractiva para las redes de difusión. Están, típicamente, disponibles a un costo inferior al de las líneas arrendadas tradicionales sincrónicas con un desempeño mejor que los enlaces IP convencionales. Habilitan redes escalables y flexibles, son compatibles con QoS, y se integran con muchos métodos de transporte, entre otros, IP, ATM y Frame Relay

## Enlaces inalámbricos de IP

Las mejoras de la escala y las capacidades de las redes IP inalámbricas y de microondas las convierten en una opción sólida para las emisoras. Según la clase del servicio de microondas implementado, los datos IP pueden estar enlazados en las direcciones a velocidades respetables (100 mbps o más). Existen dos clases de IP de microondas, en general. La clase «sin licencia» opera en la banda de 5,8 GHz y la banda de 2,4 GHz, entre otras. Tiene bajo costo y es útil para ciertas aplicaciones, pero no ofrece protección contra la interferencia. La clase de IP de microondas con licencia funciona a 6, 11, 18 y 23 GHz, con velocidades aún más rápidas y protección contra interferencias. A pesar de que un enlace de IP de microondas es esencialmente un sistema «cerrado», puede haber pérdida de paquetes y jitter.

## IP satelital

Los enlaces IP vía satélite son la única opción para algunas emisoras con ubicaciones tan remotas que no es posible utilizar enlaces IP de ADSL o de microondas. Los principales desafíos del uso de IP vía satélite son la latencia (el tiempo que tarda un paquete de datos para viajar de un extremo del enlace al otro) y los costos. La latencia típica de un enlace IP vía satélite puede ser de 2 segundos o más. Generalmente, los enlaces satelitales tienen el ancho de banda más costoso, y eso puede ser un factor importante al planificar un enlace que transporte audio de alta calidad todos los días del año.

## Internet público

Como hemos observado, es difícil utilizar redes no administradas como internet abierta para las aplicaciones de difusión profesional, sin importar si la conexión es por cable, ADSL o fibra. Sin embargo, se ha desarrollado una tecnología que prácticamente puede eliminar los efectos negativos del uso de internet pública para la transmisión de audio de calidad en tiempo real. Internet también puede usarse para transmisiones remotas y es posible lograr la transferencia de audio de alta calidad en tiempo real con enlaces IP compartidos. El uso de la internet pública implica que las emisoras están más expuestas a los riesgos asociados con los enlaces IP y, por lo tanto, deben tomarse precauciones especiales para eliminar cualquier riesgo relacionado con los equipos y la tecnología de los códecs empleados. Como mínimo, el códec debe estar basado en DSP para ser sumamente confiable y contar con configuración y control remoto sobre IP. Por otra parte, también deberá asegurarse lo siguiente:

- Códec con reconexión automática: el códec debe posibilitar la reconexión rápida si se pierde el enlace. Los códecs de algunos fabricantes requieren un reinicio manual en ambos extremos para volver a establecer la conexión.

- Codificación ADPCM, bajo retardo: las tecnologías de codificación basadas en la percepción, como MPEG Layer 2, AAC, etc. se basan en las tramas y requieren que se almacene como mínimo una trama del algoritmo en el búfer antes de aplicar la compresión. Si el enlace se cae debido a interrupciones de la red, este almacenamiento en el búfer presentará un retraso adicional de la secuencia de audio. Los algoritmos ADPCM codifican y decodificación «sobre la marcha» y habilitan audio instantáneo inmediatamente después de la reconexión. También permiten flexibilidad de tamaños de paquetes que pueden minimizar los efectos de los paquetes perdidos en la secuencia de audio.
- Resecueñador de paquetes IP: en las redes compartidas, como la internet pública, hay una mayor probabilidad que se entreguen los paquetes fuera de secuencia. Los códecs desarrollados para uso profesional deben ofrecer una tecnología de resqueñación para garantizar que todos los paquetes recibidos se reproduzcan en orden, y se minimicen problemas con el audio. Un resqueñador de paquetes IP trabaja dentro del búfer de recepción reordenando los paquetes según su número de secuencia RTP.

Streaming redundante: la tecnología Sure Stream de APT (ver página 69) transmite múltiples secuencias de audio desde el origen hasta el destino, de forma de poder corregir las eventuales pérdidas de paquetes o de la conexión de una secuencia con los datos de las secuencias redundantes. Esta solución requieren más ancho de banda de IP en cada extremo, pero hace más confiables las redes cuando se utiliza la internet pública. Así, los anchos de banda de bajo costo como ADSL o cable pueden

sustituir de manera confiable y permanente a los enlaces sincrónicos como E1, T1 e ISDN sin pérdida de calidad de audio o de confiabilidad.

La naturaleza altamente flexible de las redes IP permite utilizarlas de muchas formas. Una de las ventajas más importantes es la capacidad de enviar datos desde un host a muchos otros al mismo tiempo.

Una conexión simple entre un host y otro se llama **unicast**, es el tipo más básico de conexión de streaming permanente..

También se pueden establecer enlaces de datos individuales que transmiten en tiempo real desde un host a varios destinos, esto se llama un **unicast múltiple**. Cada uno es un enlace punto a punto independiente y requiere su propio ancho de banda desde el host común. Estos tipos de conexión son generalmente simples, y los datos se transmiten únicamente desde el host hacia las diversas ubicaciones.

También existe una configuración especial y muy singular que se llama **multicast**. En multicast, un host genera una secuencia simple de contenido y la envía a una dirección IP que está en una clase única. Luego se duplican los datos en el hardware de la red y se transmiten a cualquier otro host que haya solicitado recibir streaming desde esa dirección de multicast.

Esto tiene la ventaja de que requiere menos ancho de banda en el host de origen para que el contenido llegue a varias ubicaciones, pero requiere que la red cuente con configuraciones y hardware específicos, y raramente puede ser utilizado fuera de una red privada. Internet no es compatible con multicast, en general.

# Los componentes de una red IP

Hay tres datos esenciales para cada host en una red, porque definen el alcance de la estructura de la red local, y cómo se conectan los hosts de esa red local con las redes más amplias e Internet. Estos tres elementos se definen a continuación:

## Dirección IP

Una dirección IP consta de 4 octetos separados por puntos. Un octeto son 8 bits de información, por eso cada octeto puede tener cualquier valor entre 0 y 255 (en decimal), y nos da el formato familiar xxx.xxx.xxx.xxx. Cada host de cualquier red debe tener una dirección IP única. Ciertos grupos de direcciones IP han sido designados como no enrutables, porque a esas direcciones no se puede llegar desde segmentos de la red externa. Grupos no enrutables comunes son 192.168 y 10.0.xxx.xxx. Para que estos dispositivos puedan tener acceso fuera de sus redes, deben comunicarse a través de la puerta de enlace de su red.

## Puerta de enlace o Gateway

a puerta de enlace es el puente entre una red y las redes exteriores más amplias. Cuando se inicia sesión en una computadora y se solicita que se conecte a internet, la computadora se comunica con la puerta de enlace y la puerta de enlace transfiere la solicitud a la red exterior y enruta la información de retorno hacia el host local. Esto normalmente involucra un puerto de transferencia y traducción de direcciones de red (NAT) que se definen más detalladamente en la página 41. El hardware de la puerta de enlace es, generalmente, un enrutador y puede incluir un firewall para impedir que el tráfico no autorizado desde la red externa alcance a las direcciones IP de la red de área local (LAN).

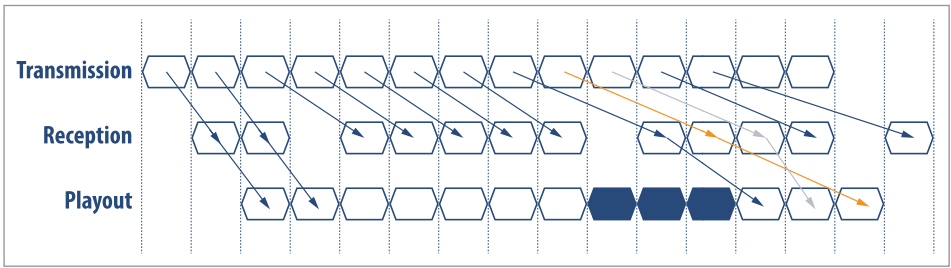
## Máscara

La máscara es como una valla que rodea la red local y determina a qué direcciones IP puede acceder directamente un host local y con cuáles debe contactarse a través de la puerta de enlace. Por ejemplo, con una dirección IP local común 192.168.1.23 y una máscara típica 255.255.255.0, cualquier dirección IP que coincide con los tres primeros octetos de la dirección del host (192.168.1) se considera una IP local. Una solicitud de contacto con una dirección fuera de esa valla —por ejemplo 192.168.2.xxx— se enviará a la puerta de enlace.

## Imperfección de la red

### 1 Manejo de Jitter

Es una característica de las redes con conmutación de paquetes que cualquier paquete puede tomar cualquier ruta entre el origen y el destino, por eso, es inevitable que algunos de esos paquetes lleguen fuera de secuencia. Todos los códecs de streaming tienen un búfer y otras tecnologías que permiten almacenar y reproducir los paquetes en su orden correcto, pero la mayoría de esas soluciones tienen limitaciones. Jitter es el resultado de la imposibilidad del códec de reproducir en tiempo real los paquetes que llegan antes o después del momento previsto de llegada.



*Efectos de jitter en la red*

Cuanto más grande y más compleja sea la estructura de la red, más susceptibles al jitter serán las secuencias de datos; la internet pública es el entorno más difícil en términos de gravedad de jitter. El diagrama muestra el efecto de jitter de la red en la recepción de audio y los subsiguientes problemas de reproducción en un sistema de audio. Normalmente, la profundidad del búfer estará dada en milisegundos, pero a los efectos de este ejemplo está fijada en dos paquetes. Si el jitter de la red es reducido, el sistema no se ve afectado y reproduce los paquetes recibidos en secuencia.

Sin embargo, si el jitter aumenta más allá del búfer predeterminado, los paquetes que lleguen después del tiempo determinado de reproducción se perderán y el audio se dañará. Otra vez es necesaria una compensación entre el tamaño del búfer de jitter y el retardo adicional que se agrega a la reproducción. Configurar un búfer grande para minimizar los efectos del jitter puede aumentar considerablemente el retardo global de la red.

## 2 Manejo de la demora

Todas las redes tienen latencia de transporte debido a las leyes naturales de la física. Transportar una señal electrónica a través de cualquier medio tomará una cantidad finita de tiempo que no se puede eliminar. En una red IP, a la demora de una transmisión estándar se le suma la demora necesaria para paquetizar los datos de audio, por eso, en el mejor de los casos, la latencia

de una red IP será por lo menos de entre 10 y 30 milisegundos. Como se indicó anteriormente, el tamaño de los paquetes y el búfer de jitter también afectan la demora. La latencia citada representa la latencia inherente a lo largo de la red, a medida que los datos pasan a través de conmutadores, enrutadores, etc. y no incluye la demora para la compresión del audio ni los efectos de la frecuencia de muestreo. Cualquier demora para la codificación resultante del uso de compresión se sumará directamente a la latencia existente del sistema. Y, por supuesto, en una red de área extensa (WAN) o en conexiones de internet pública, la demora puede aumentar hasta cientos de milisegundos. Además, la latencia puede variar ampliamente a medida que los paquetes de datos se transmiten a través de las redes y enlaces. Cuando se utiliza una conexión IP estándar, la única manera de compensar este factor de compensar este factor latencia grande y variable consiste en establecer un búfer de recepción de tamaño suficiente.

La elección del algoritmo de compresión de audio también es importante en la determinación de la latencia de un extremo al otro del sistema. La compresión de audio lineal o las técnicas de codificación con compresión de baja demora, como Enhanced apt-X normalmente se seleccionarán para las aplicaciones de audio en tiempo real sobre IP. Con la expansión de la difusión de audio digital, la latencia del enlace de transmisión se ha convertido en un factor menos crítico.

### 3 Pérdida de paquetes

En función de la calidad de un enlace IP y del ancho de banda disponible, los sistemas basados en paquetes pueden ser susceptibles a las pérdidas de paquetes. Como vimos en el capítulo anterior, la pérdida de audio resultante dependerá directamente del tamaño y de la cantidad de los paquetes perdidos y de la relación de compresión utilizada.

Con los algoritmos basados en tramas, tales como MPEG, la pérdida de cualquier paquete en una trama exige que se deseche la trama. Por lo tanto, el uso de un tamaño pequeño de paquetes junto con estas tecnologías de codificación no implica ningún beneficio ni

reduce los efectos de la pérdida.

El algoritmo Enhanced apt-X no requiere ningún búfer de trama y ofrece una mayor flexibilidad para la selección del tamaño del paquete. Esto reduce la susceptibilidad de una secuencia de audio a las consecuencias de la pérdida de paquetes. Los tamaños de paquetes con duraciones de hasta 1 ms se logran fácilmente con Enhanced apt-X.

Algoritmo	Modo	Velocidad de transferencia	Tamaño de paquete	Nº de muestras de audio	Perte audio
MPEG Layer 2	16 Bit estéreo	256 kbps	768	2304	24 ms
Enhanced apt-X	16 Bit estéreo	256 kbps	512	64	16 ms
Enhanced apt-X	16 Bit estéreo	256 kbps	64	8	2 ms

*La tabla muestra cómo afecta la elección del algoritmo a la pérdida de paquetes*

*A CONTINUACIÓN... ahora debe tener una idea de los desafíos que puede enfrentar al implementar una solución de AOIP. En la siguiente sección veremos las técnicas utilizadas para contrarrestar algunos de estos problemas o imperfecciones inherentes a muchas redes IP...*

# 5. Superación de las imperfecciones

Dados los enormes beneficios que se pueden obtener de la migración hacia una arquitectura de audio sobre IP, no es sorprendente que los departamentos de investigación y desarrollo, los diseñadores de códecs y los ingenieros en todo el mundo hayan dedicado muchos años a tratar de encontrar soluciones para superar las desventajas e imperfecciones del audio sobre IP para poder aprovechar su bajo costo y su flexibilidad. Más abajo, describiremos algunos de los métodos que se han estudiado y adoptado con diferentes grados de éxito.

## **a** Ocultamiento

Pueden utilizarse diversos métodos para ocultar los paquetes perdidos en la reproducción final del audio. Van desde la simple repetición del último paquete recibido correctamente, hasta intercalar un silencio o ruido, o la interpolación y la retransmisión. Todos impactan el audio reproducido.

En pruebas de escucha la intercalación de silencio produjo cortes inaceptables del audio que llegaron a cierto nivel de incoherencia. El uso de ruido blanco mejora la inteligibilidad del audio reproducido pero también era notorio. El uso de la repetición de la última trama aceptable produjo resultados más favorables.

El uso de interpolación o un patrón coincidente o una sustitución en forma de onda para ocultar la pérdida de paquetes es posible pero los beneficios comparados con la complejidad se rigen por una ley de rendimientos decrecientes. Los resultados de estas técnicas están todos regidos por las mejoras subjetivas de la calidad del audio y dependen también de la cantidad de audio perdido que debe ser ocultado o reparado.

Ninguna de estas opciones de ocultamiento produce una solución fácilmente realizable; la opinión generalmente aceptada es que es preferible minimizar la pérdida de paquetes en lugar de tratar de disimularla.

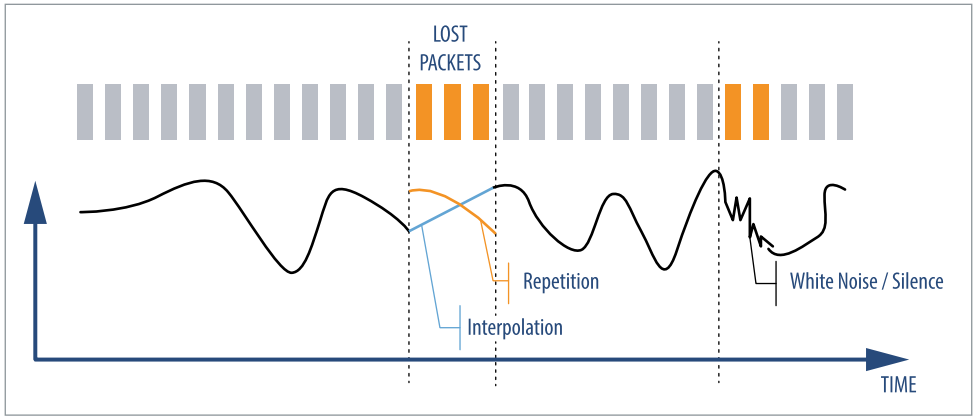
## **b** Corrección de errores sin retransmisión

La corrección de errores sin retransmisión (FEC) es un medio por el cual se pueden reconstruir los paquetes perdidos para la reproducción. La forma más simple de FEC agrega datos redundantes basados en el XOR de los datos en cada paquete con al menos uno o dos paquetes adicionales (figura al dorso). El paquete de FEC resultante se agrega a la transmisión y se usa junto con los datos recibidos para corregir los errores existentes y reconstruir la secuencia de audio.

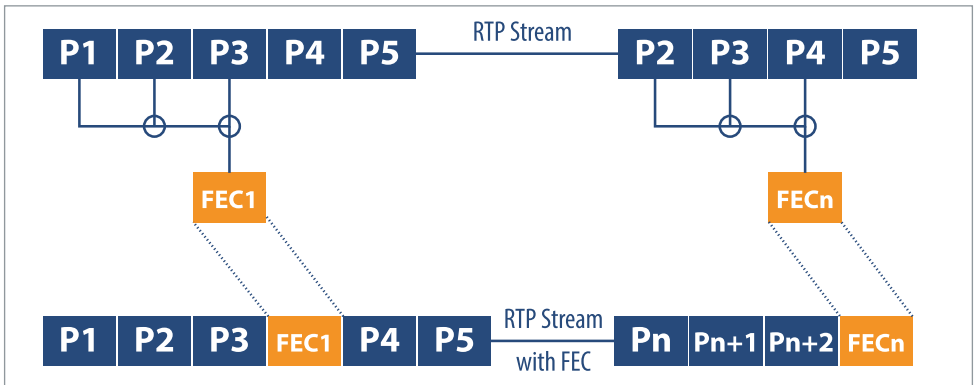
Si bien esta forma básica de FEC funciona correctamente para pequeñas cantidades de pérdida de paquetes al azar, no puede manejar la situación más común de pérdida de paquetes en ráfaga (es decir varios paquetes adyacentes perdidos de una vez). Para poder manejar los errores en ráfaga, se requiere un esquema de FEC más complejo como el que se muestra en la página 29. Este esquema de FEC calcula en dos dimensiones para proporcionar más datos para el motor de la recuperación.

Como se puede ver en las ilustraciones siguientes, cualquier forma de FEC añade una sobrecarga sustancial a la secuencia de audio y, en algunos casos, efectivamente se duplica el ancho de banda de la transmisión. En aquellas redes en las que la limitación de ancho de banda o la congestión es un problema, el uso de FEC no es una opción viable. Además de los problemas de ancho de banda que presenta, la generación de FEC en el codificador hace un uso intensivo del procesador y aumenta la latencia.

La complejidad de la FEC, el tamaño del paquete y la relación de compresión utilizados son factores que influyen en el retardo resultante. Por ejemplo, una FEC de dos por dos requiere almacenar en búfer cuatro paquetes.



*Ocultamiento de pérdida de paquetes*

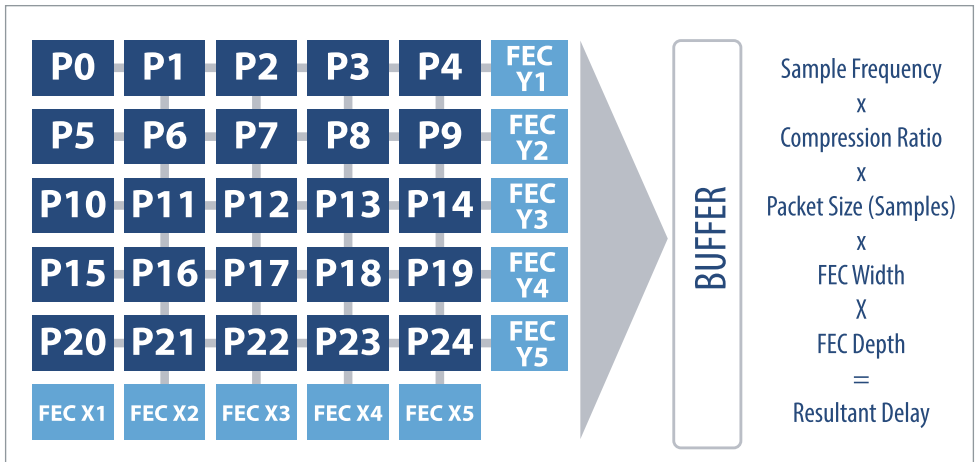


*Esquema básico de FEC*

Teniendo en cuenta nuestros cálculos anteriores de la cantidad de audio en un paquete MPEG L2, esto equivale a 96 ms. Una FEC de dos por dos solo protege contra un pequeño error de ráfaga, y la FEC más realista de cinco por cinco (como se muestra en la figura siguiente) requiere almacenar en búfer 25 paquetes, lo que equivalente a 600 ms de retardo, según los mismos cálculos. La recuperación del lado del decodificador también hace un uso intensivo del procesador. El proceso de acumular el bloque necesario de paquetes, determinar

la ubicación de los paquetes perdidos y resolverlos uno por uno puede ser un procedimiento largo y complejo. Al igual que en el caso del ocultamiento, el uso de FEC puede causar tantos, o más, problemas que los que resuelve. Puede avanzar hasta cierto punto en la superación de las insuficiencias del mecanismo de transporte basado en IP, pero a costa de demora adicional, complejidad, ancho de banda y la sobrecarga de procesamiento.





*Esquema de FEC bidimensional*

## **C** Calidad del servicio

Para mejorar el servicio de transporte básico ofrecido por las redes IP, llamado «Servicio de mejor esfuerzo», muchos proveedores de servicios ofrecerán mecanismos que permitan garantizar la entrega de contenido urgente. Una secuencia de audio en un STL requiere que las interrupciones al flujo de paquetes sean mínimas, mientras que los datos pueden exigir solamente llegar a su destino en un plazo razonable. La calidad de servicio (QoS) fue diseñada para proporcionar un mecanismo que asigna diferentes niveles de servicio o prioridad en función de la importancia y la urgencia del tráfico.

Hay dos métodos principales para la mejora de la calidad del enlace: RSVP y DiffServ.

- **RSVP** (Protocolo de reserva de recursos) es más complejo e implica reservar y ceder los recursos necesarios en toda la red.
- **DiffServ** (Servicios diferenciados), por otro lado, ofrece un marco de clasificación de tráfico que evalúa la prioridad de tráfico de la red «por salto». Cuando se usa DiffServ, cada paquete se

clasifica y se le otorga un valor de DSCP (punto de código de DiffServ) que la red evalúa para determinar la prioridad correspondiente.

Este esquema puede ser muy eficaz en redes internas, en las que el usuario puede controlar y seleccionar los enrutadores y demás hardware de red que admiten los códigos DiffServ. Sin embargo, la internet pública —incluso si es una VPN privada o un enlace WAN configurado a través de la internet pública— no es compatible con QoS en ninguna forma que pueda considerarse lo suficientemente robusta como para soportar enlaces críticos de audio en tiempo real.

## **d** Acuerdos de nivel de servicio

Algunas empresas de telecomunicaciones u otros proveedores de servicios pueden ofrecer un acuerdo de nivel de servicio (SLA) para un enlace IP, que habitualmente garantiza el tiempo de actividad en términos porcentuales. Este porcentaje puede conciliarse con criterios tales como pérdida de paquetes y tiempo real fuera de servicio del enlace.

Un SLA típico consta de los siguientes parámetros:

- El rendimiento que garantizará el proveedor del servicio para el tráfico del cliente. Generalmente, esto incluye la demora en la red, el jitter máximo y los niveles de pérdida de paquetes.
- La disponibilidad garantizada del servicio, que para aplicaciones de difusión debe ser de 99,999 % o superior.
- El alcance del servicio, es decir, los enrutadores específicos entre los que prevalece el SLA. En el caso de STL profesionales y backhaul de audio, el énfasis debe ponerse en las formas de minimizar la pérdida de paquetes. La implementación de métodos para ocultar o corregir errores es una distracción innecesaria del objetivo principal que es asegurar una transmisión de audio confiable y robusta sobre un enlace IP.
- El perfil de ancho de banda de la secuencia entregada al proveedor de servicios.
- Los procedimientos de monitoreo de rendimiento y los niveles esperados de informes
- Procedimientos de asistencia y resolución de problemas que incluyen el tiempo para la respuesta y la solución y las consecuencias del incumplimiento
- La parte administrativa/legal

Generalmente, el SLA especifica la forma en que el cliente supervisará el rendimiento de acuerdo con el SLA, que suele ser mediante una herramienta en línea.

Si el rendimiento no alcanza las cifras especificadas, el SLA también incluye las fórmulas para determinar las sanciones al proveedor de servicios (las más frecuentes son créditos para el cliente, no reembolsos). Es posible que un SLA solo esté disponible para emisoras con ciertos compromisos de ingresos (monto del contrato) o períodos (duración del contrato). Queda claro que ni el SLA más estricto puede proteger contra la pérdida de paquetes, solo puede compensar por la pérdida del servicio después del hecho.

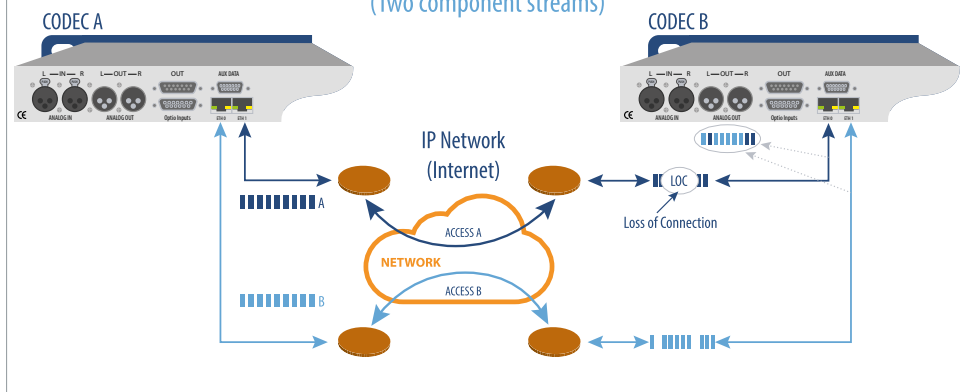
## **e** Conexión alternativa

Aunque se haya aplicado la diligencia debidamente necesaria para la selección de la red IP y del proveedor del servicio, sigue existiendo la posibilidad de una interrupción importante en la red. Esto puede dejar a la emisora fuera del aire, salvo que se haya dispuesto una solución de respaldo. Un enlace IP primario puede respaldarse con un enlace IP secundario suministrado por otro proveedor de servicios, con un enlace IP de microondas o por otros medios.

Los códecs de audio profesional cuentan con la capacidad de activar el respaldo del enlace IP primario al secundario con varios criterios diferentes, tales como silencio en la salida de audio de un módulo específico del audio o un umbral definido en el registro del monitoreo.

## SureStream - Dual Port Configuration

(Two component streams)



### f Streaming redundante (SureStream)

Los códecs y tecnologías más avanzadas pueden generar y entregar varias secuencias redundantes de audio desde una fuente a uno o varios destinos. Los datos en todas las secuencias son idénticos, y el enrutamiento de estas secuencias múltiples a través de rutas divergentes en la red —especialmente cuando se usan múltiples ISP en cada extremo del enlace— posibilita un alto nivel de confianza en la entrega de los paquetes, sin elementos audibles por la «conmutación» de un enlace a otro.

Esta redundancia «siempre activa» ofrece la solución ideal para los enlaces de audio en tiempo real a largo plazo y altamente confiables en cualquier tipo de red por paquetes. Se puede utilizar cualquier tipo de ancho de banda para la red: internet por microondas, DSL, satélite o cable.

Los únicos sacrificios son el almacenaje en búfer (necesario para todo el streaming de red por paquetes) y el ancho de banda. Dado que la secuencia redundante ocupa su propio ancho de banda de la red, el envío de secuencias redundantes exige una mayor velocidad de red. Sin embargo, con el algoritmo Enhanced apt-X pueden enviarse múltiples secuencias redundantes a través de casi cualquier enlace de red.

El streaming redundante «siempre activo»

proporciona el mejor rendimiento posible para streaming de audio sobre redes imperfectas. Aplica las fortalezas de una red —buen ancho de banda y diversidad de rutas que permite la autorreparación— para resolver los problemas inherentes a esa misma red.

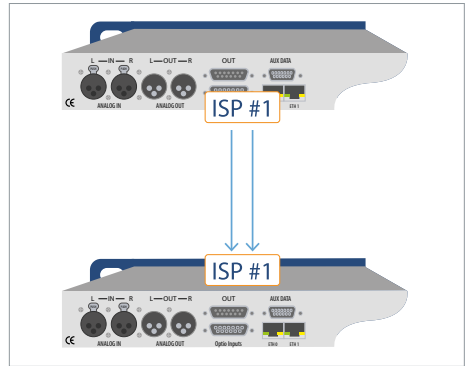
La pérdida de paquetes puede eliminarse casi totalmente, y las múltiples rutas de red en cada extremo permiten, incluso, anular el impacto de la pérdida de conexión sobre la carga de audio. Si se pierde un paquete de una de las secuencias «contribuyentes», se sustituye por su gemelo de otra secuencia antes de que ese audio salga del búfer.

No hay fallas, ni pops, ni clics, ni variaciones de la calidad de audio, ni cambios de sincronización de la reproducción, lo cual es esencial para las redes de contribución y otras que necesitan cubrir una ventana de tiempo precisa con el audio.

En cuanto a la arquitectura de red, el streaming redundante puede implementarse en varias configuraciones.

## **BUENO:** streaming redundante en una única conexión de red en cada extremo.

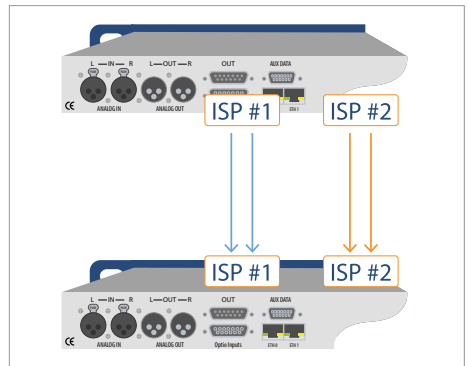
Esta configuración brinda una buena protección contra la pérdida de paquetes, pero una sola conexión sigue siendo vulnerable a eventos de pérdida de conexión (LoC) y pérdidas en «ráfaga», en las que se pierden muchos paquetes en un período corto. Si el ancho de banda lo permite, se pueden enviar tres o más secuencias en esa única conexión y mejorar algo el rendimiento, pero las pérdidas en ráfaga y eventos de LoC todavía pueden afectar el audio.



*BUENO*

## **ALGO MEJOR:** Rutas de red doble paralelas.

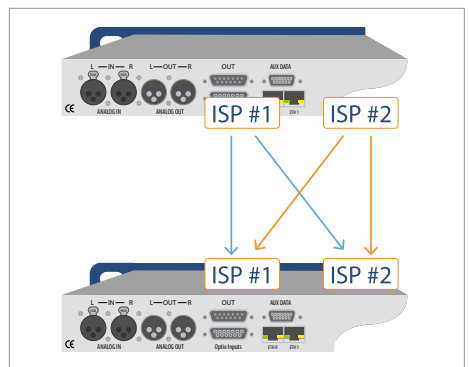
Esta configuración ayuda a eliminar cualquier punto único de falla. Reduce en gran medida las posibilidades de que un evento de LoC afecte el audio y también mejora mucho el rendimiento contra pérdida de paquetes, incluso pérdidas en ráfaga. Las rutas comunes utilizadas en este tipo de implementaciones incluyen las redes MPLS, WAN, transporte de IP por microondas, conexiones de DSL, 4G, cable, fibra óptica y satélite.



*ALGO MEJOR*

## **MUCHO MEJOR:** Rutas de red doble cruzadas paralelas

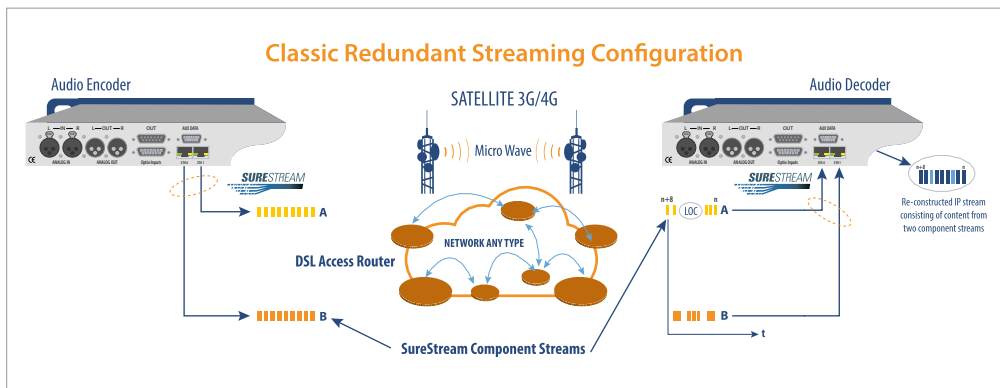
Donde la arquitectura de red lo permite, una o más secuencias contribuyentes pueden enviarse desde cada una de las redes de origen a cada uno de los puertos de red en el extremo receptor. Esta configuración es la más robusta contra cualquier tipo de interrupción de la red. Aunque se pierda completamente una conexión de red, seguirán habiendo secuencias redundantes que utilicen todos los puertos que funcionen. Cualquier configuración que utilice rutas de red dobles será extremadamente robusta.



*MUCHO MEJOR*

Las pruebas de funcionamiento a largo plazo de SureStream (tecnología de streaming redundante de APT) han mostrado un rendimiento superior al de T1 e ISDN, de hasta 99,999999 % y una mayor fiabilidad

para la entrega de paquetes en conexiones de internet pública abierta, con proveedores de DSL básico en cada extremo.

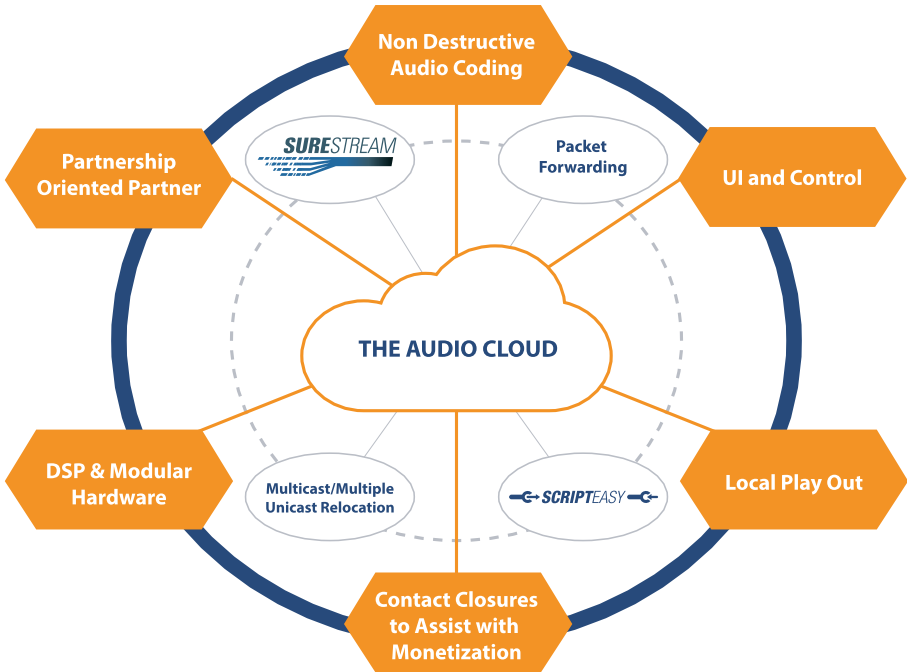


## Ventajas del streaming redundante

El streaming redundante tiene varias claras ventajas que lo convierten en la mejor solución actual para la entrega confiable de audio y otros contenidos de streaming sobre la internet pública.

- La tecnología de streaming redundante es independiente del contenido
- El streaming redundante es independiente de la ruta
- El streaming redundante ofrece «redundancia siempre activa», es decir, no hay enlaces primarios y de respaldo, no hay fallas ni «conmutación» de un enlace a otro.
- El streaming redundante es totalmente escalable en cuanto a costo y tecnología
- El streaming redundante sirve para casi todas las aplicaciones de difusión, STL, SSL, remotas (reemplazo de ISDN)
- Las principales ventajas sobre otros métodos son:

- \* Cero interrupciones de servicio
- \* Calidad de audio constante
- \* Demora de audio constante



## La nube de audio - “Resistencia máxima”

La «nube de audio» es un concepto nuevo en radiodifusión que permite que las emisoras y, más genéricamente, los distribuidores de contenido de audio cuenten con una arquitectura que es intrínsecamente redundante y autónoma en cuanto al enrutamiento y el respaldo del audio.

En última instancia, la «nube de audio» permite que la emisora transmita audio desde el punto A al punto B o, incluso, desde el punto A a B hasta Z de la forma más económica posible con el mayor grado de confiabilidad y el menor grado de intervención del usuario. Similar a la topología de anillo y a la capacidad de extracción e inserción de las redes T1/E1, el concepto de nube de audio aumenta las oportunidades de las emisoras para migrar de las infraestructuras de transporte tradicionales de la radiodifusión y la

distribución satelital y pasarse a un ancho de banda mucho más rentable y ampliamente disponible. Ya sea que se implemente de forma completa o parcial, representa una solución para todas las aplicaciones de difusión, desde STL hasta remotas, y de contribución o distribución.

Hay cuatro componentes principales de la nube de audio:

- Streaming redundante
- Inteligencia distribuida
- Desvío de paquetes
- Multicast / Traslado de unicast múltiple

Los componentes pueden utilizarse en combinación o seleccionadas «a la carta» para crear la nube de audio adecuada para las aplicaciones, el presupuesto y la disponibilidad de la red IP de las emisoras.

### **iii Streaming redundante**

Esta tecnología, explicada anteriormente, es el núcleo sobre el que se construye cualquier nube de audio. Es la capacidad de transmitir múltiples copias del mismo paquete de audio sobre redes divergentes para proteger contra la pérdida de conexiones o de paquetes.

### **iii Inteligencia distribuida**

Para administrar una red de audio de múltiples emplazamientos, y específicamente el funcionamiento de las unidades ubicadas en la nube de audio, es necesario algún tipo de control inteligente. La inteligencia extrae información de una combinación de entradas en forma de cierres de contacto, alarmas y parámetros medidos, y usa esta información para tomar decisiones que van a determinar cómo enrutar el audio, qué perfiles de audio utilizar y qué medidas deben tomarse en caso de fallas de secuencia del componente. Un sistema inteligente es capaz de tomar medidas automáticas, tanto programadas, por ejemplo, la inserción de contenido local de una programación precargada, como no programadas, por ejemplo, la conmutación por error del audio a un sistema de respaldo. Por lo tanto, la «inteligencia» examina continuamente eventos y registros y luego toma decisiones basadas en los datos recibidos para que la nube funcione y se autorrepare con una intervención limitada de los usuarios. También proporciona funciones esenciales de informes y alarmas que pueden ser enviadas al ingeniero por correo electrónico, SMS o DTMF.

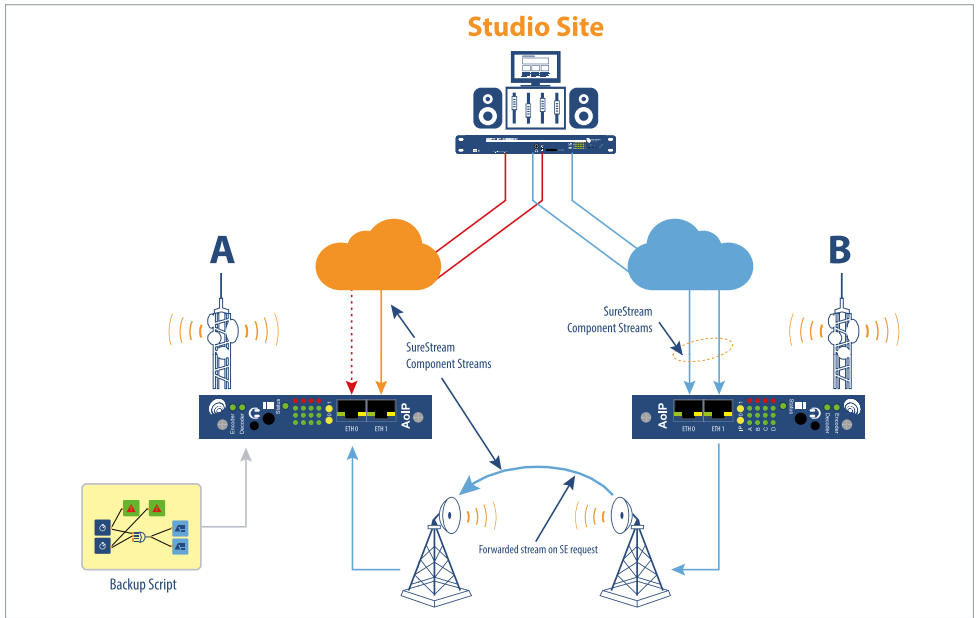
A diferencia de un sistema de gestión centralizado, si la inteligencia puede alojarse en el códec de audio, podrá distribuirse en toda la red y garantizar que no exista ningún punto único de falla. Cada códec tiene su propio cerebro y es capaz de tomar decisiones independientemente de los otros códecs de audio dentro de la nube. La inteligencia distribuida actúa como el controlador autónomo automático de todos los códecs de audio dentro de la nube, que reacciona en caso de falla.

En el caso de los códecs IP de APT, esta inteligencia distribuida es una cortesía de ScriptEasy, una tecnología desarrollada inicialmente para la gama de unidades de control remoto y telemetría de Audemat. Además de tomar decisiones sobre todo, ScriptEasy es capaz de enviar notificaciones al personal correspondiente cuando se ha producido una acción predefinida o algún otro evento de la red (planificado o no).

En caso de que una emisora se traslade de un servicio administrado o una red de distribución satelital provista por una empresa de telecomunicaciones, la inteligencia distribuida efectivamente reemplaza al NOC (centro de operación de red) que la empresa de telecomunicaciones usaba para monitorear la red y tomar acciones correctivas.

### **iii Desvío de paquetes**

El concepto del desvío de paquetes es muy similar al concepto de extracción e inserción de T1/E1 (SDH/SONET) en el mundo sincrónico. El desvío de paquetes sobre IP es esencialmente la capacidad de transformar cualquier punto de decodificación de la red en un nodo capaz de suministrar paquetes de audio a otros decodificadores, ya sean primarios o de respaldo automatizado. Esto permite que las emisoras tengan múltiples codificadores como fuentes potenciales de codificación, evitando así un punto único de falla. El punto único de falla podría ser una falla real del hardware del codificador o una falla catastrófica en ambos puntos de la red en el punto de origen del codificador. Mencionamos específicamente «el punto de origen del codificador» porque si la emisora está utilizando la tecnología de streaming redundante no puede ocurrir una falla total en ningún punto de la red.



*Una combinación de SureStream y desvío de paquetes, controlada por inteligencia distribuida*

Esta capacidad es intrínsecamente útil para la construcción de una nube de audio autorreparable. En el caso de una falla de la red que lleve a la pérdida de la secuencia contribuyente, el elemento de inteligencia distribuida enrutaría nuevamente los paquetes y los desviaría a otro códec o nodo si existe un camino alternativo en esa ruta. El desvío de paquetes significa que no se requiere decodificar y recodificar innecesariamente el audio, un paquete puede atravesar simplemente un códec o un nodo en la ruta a un decodificador final.

### **Multicast / Traslado de unicast múltiple**

Cada vez más, las emisoras ven a las redes IP como reemplazo de las grandes redes de distribución y difusión de audio. Muchas de estas redes tradicionalmente han sido provistas por distribución satelital para entrega de contenido sindicado o entrega de STL donde existe un gran número de transmisores en una ubicación geográfica extensa. Estas redes de distribución por satélite no están exentas de problemas: puede ser difícil y costoso de obtener el

permiso para montar la antena necesaria para la recepción, especialmente en algunas áreas metropolitanas donde solo una parte del edificio se arrienda para la instalación de los estudios de la estación de radio. La recepción de la señal también es una preocupación cuando el hielo y la nieve afectan la recepción de la señal, y también existe atenuación por la lluvia. Por lo tanto, el interés se vuelca hacia IP.

Para las emisoras que implementan una red de códecs de IP a gran escala, donde es necesario alimentar varios decodificadores desde un solo codificador, el traslado de la función de generación de secuencias múltiples del códec de audio alejándola del codificador de origen y acercándola a los decodificadores puede ofrecer un beneficio significativo.

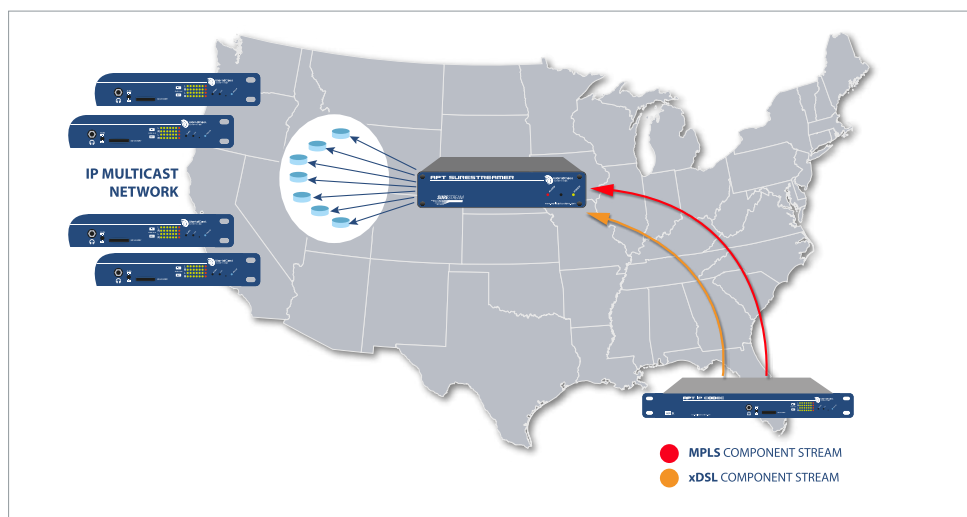
Si la tecnología preferida para usar en una red a gran escala es multicast, tiene sentido, desde el punto de vista financiero, crear un nodo multicast las cercanías de varios decodificadores que ofrecería un ahorro significativo de los costos con respecto a una nube de multicast nacional de costa a costa. En el contexto de unicast múltiples, los



beneficios del traslado de las capacidades de unicast múltiples más cerca de los decodificadores están más relacionados con la fiabilidad; cuanto más cerca esté la generación de las secuencias múltiples de los decodificadores, tanto menor será la distancia y número de saltos de estos paquetes tendrán que atravesar. Estadísticamente, esto significa que se pierden menos paquetes y si se usa streaming redundante, se reducen aún más las posibilidades de pérdida de los paquetes duplicados en las secuencias de los componentes.

Una manera de crear un nodo es utilizar un producto como el APT SureStreamer de WorldCast (ver página 69). Diseñado inicialmente para permitir que las emisoras que usaban códecs de IP heredados con un solo puerto y sin capacidad de streaming redundante pudieran añadir la funcionalidad SureStream a la infraestructura existente. Sin embargo, como no es necesario

ubicarlo junto con el códec IP de envío, puede trabajar bien en el establecimiento de nodos como los descritos arriba.



*APT SureStreamer actuando como nodo de multicast o unicast múltiple*

*A CONTINUACIÓN... en esta sección debe haber entendido claramente las metodologías utilizadas para superar los problemas de las redes IP. La siguiente sección tiene como objetivo una comprensión más profunda de conceptos genéricos de IP. Entender estos conceptos puede ayudar mucho para la toma de decisiones sobre la implementación y para la localización de fallas y la resolución de problemas...*

## 6. Conceptos avanzados de IP

Los capítulos anteriores de esta guía han intentado brindarle una base sólida de los elementos clave que intervienen en las redes de audio sobre IP.

Sin embargo, hay algunas áreas donde una explicación más detallada puede ser útil y ayudar a profundizar la comprensión. Esta sección de la guía las describe en mayor detalle.

### **a** La capa y los protocolos de IP El modelo de referencia OSI

El modelo de referencia OSI se usa para explicar fácilmente la interacción entre las conexiones físicas y lógicas en cualquier sistema de comunicación. Da una visión abstracta de las técnicas, los protocolos y los servicios utilizados.

Según el modelo de referencia ISO/OSI, la comunicación en el entorno de red se basa en siete capas, el sistema completo de las capas se denomina pila. La capa inferior del modelo representa a las funciones relacionadas con la red, y las capas superiores son específicas de cada aplicación.

En cualquier sistema de comunicación, la interacción del emisor avanza de arriba (capa 7) hasta abajo (capa 1) y del lado del receptor, en sentido inverso (capa 1 a capa 7).

Para obtener una visión más simplificada, puede reducirse a un modelo de cuatro capas según RFC 1122.

Define el modelo de cuatro capas, en el que las capas tienen nombres, no números. La imagen en la página siguiente compara los dos modelos, el modelo ISO/OSI y el modelo «TCP/IP».

La estructura del modelo de 4 capas de TCP/IP proporciona todo lo que necesitamos para una mejor comprensión de la aplicación de audio sobre IP.

### Las cuatro capas del modelo TCP/IP La capa de enlace (capas 1 y 2 de OSI)

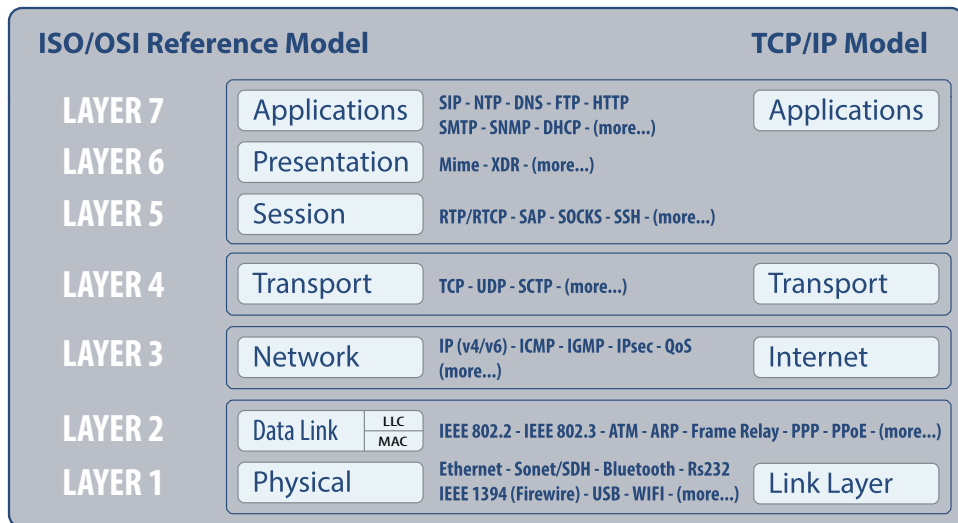
La función básica de la capa de enlace es brindar conexión física y disponibilidad operativa continua. Aquí se definen los parámetros eléctricos, mecánicos y funcionales de la transmisión física. Otras funciones de la capa 2 del modelo ISO/OSI que se asignan a la capa de enlace:

El protocolo MAC (control de acceso a los medios) Entre otras cosas, este protocolo es responsable de administrar el acceso a los medios físicos. Identifica los dispositivos de hardware conectados por su dirección MAC.

El protocolo LLC El LLC (control de enlace lógico) es una subcapa de la capa de enlace en el modelo de referencia TCP/IP (capa 2 del ISO/OSI). Provee mecanismos de multiplexación que hacen posible que varios protocolos de red coexistan dentro de una red multipunto y se transporten sobre los mismos medios de la red, y también pueden ofrecer mecanismos de control de flujo.

### La capa de Internet

Mediante el uso de direcciones lógicas, esta capa selecciona una ruta para la transmisión de paquetes desde el dispositivo de origen al de destino. El procedimiento de enrutamiento selecciona un camino adecuado según diferentes criterios, como la distribución uniforme de la carga, la alta capacidad de procesamiento de datos, el bajo costo o la mayor seguridad posible.



Comparación de las capas de TCP/IP y OSI



## La capa de transporte

La capa de transporte proporciona un canal de transmisión para las necesidades de comunicación de las aplicaciones. La aplicación no necesita conocer las características particulares del canal de transmisión. UDP es el protocolo básico de la capa de transporte y provee un servicio simple pero poco confiable de datagramas. Por eso, los protocolos de las capas superiores deben proporcionar protección contra secuencias de paquetes falsos o pérdidas de paquetes.

## La capa de aplicación

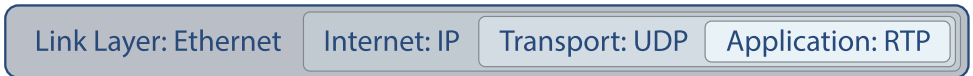
La capa de aplicación contiene todos los protocolos que trabajan junto con los programas de la aplicación y usan la infraestructura de la red para el intercambio de datos específicos de la aplicación. La capa de aplicación en el modelo TCP/IP se considera a menudo como equivalente a una combinación de las capas superiores del modelo completo (OSI); quinta (sesión), sexta (presentación) y séptima (aplicación).

## Encapsulamiento de los protocolos y servicios

En el modelo OSI, cada capa sirve a la capa inmediata superior y se sirve de la capa inmediata inferior. Por ejemplo, una capa que proporciona comunicaciones sin errores a través de una red proporciona la ruta que necesitan las aplicaciones por encima de ella, y solicita que la capa inmediata inferior envíe y

reciba los paquetes que conforman el contenido de esa ruta.

En general, una aplicación (el más alto nivel del modelo) usa un conjunto de protocolos para enviar sus datos a las capas inferiores; en cada nivel se encapsula más.



*Encapsulamiento de protocolos y servicios a través de la estructura de capas*

### **b** Direcciones de MAC e IP

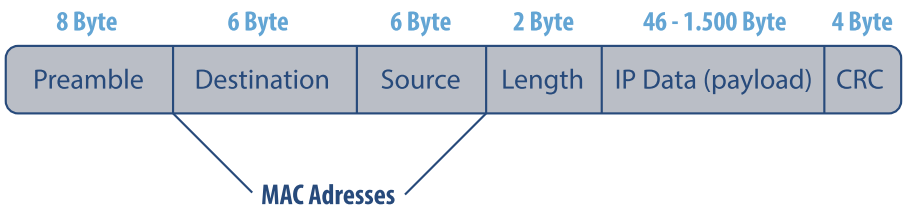
Para intercambiar datos de audio o información entre varios participantes en una red, es necesario que exista un método para dirigirse e identificar de forma única a cada participante. Dentro de una red IP, usamos direcciones MAC (control de acceso a los medios) para identificar cada componente. Una dirección MAC es la dirección física de un componente de Ethernet. Es única en todo el mundo y está compuesta por seis bytes. El IEEE (Instituto de ingenieros de electricidad y electrónica) gestiona las direcciones MAC y asigna bloques de direcciones únicas a los fabricantes de componentes de Ethernet.

En el modelo TCP/IP que hemos estudiado, la capa de enlace administra las direcciones MAC.

Además de la dirección MAC única, que no se puede cambiar en circunstancias normales, un participante de la red requiere una dirección lógica que lo identifica en la red.

Se la llama dirección IP y puede asignarse como una dirección estática o dinámica.

La relación entre la dirección física MAC y dirección IP lógica se establece mediante el Protocolo de resolución de direcciones (ARP). ARP es un protocolo de la capa de enlace.



*Encapsulamiento de protocolos y servicios a través de la estructura de capas*

La imagen anterior muestra una trama de Ethernet; contiene las direcciones MAC de origen y destino. Las direcciones MAC contienen la información pertinente para el

enrutamiento. Las direcciones IP están en la capa tres; el ARP (protocolo de resolución de direcciones) mapea las direcciones IP en direcciones MAC.

## I Protocolo de Internet (IP)

El protocolo de Internet versión 4 (IPv4) es la base de las redes IP actuales. La próxima generación de este protocolo (IPv6) ya está actualmente en la fase de implementación y, en el futuro, reemplazará al actual.

La versión 6 no es solo la base de las futuras redes IP sino la de las redes de celulares de tercera y cuarta generación. Es la evolución de IPv4 y, por tanto, está muy relacionada y es compatible con la mayoría de las características de IPv4.

Además, ofrece ventajas significativas como resultado de importantes mejoras. Se amplió significativamente el espacio para la dirección IP y la estructura del paquete ha sido adaptada para que el proceso sea mucho más eficiente.

El protocolo de Internet se le asigna a la capa de Internet (capa 3 de OSI) En esta capa se lleva a cabo el enrutamiento y el acoplamiento de secciones de la red y subredes.

## II Enrutamiento de paquetes - Generalidades

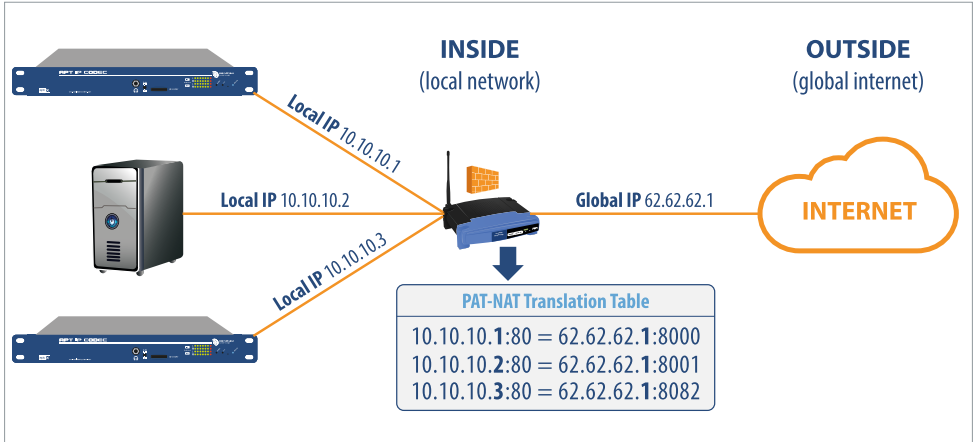
La red IP tiene la tarea de entregar paquetes desde el host de origen al host de destino basándose exclusivamente en las direcciones IP contenidas en las cabeceras de los paquetes. Para ello, la red IP define métodos de direccionamiento que se utilizan para etiquetar los paquetes con información del origen y el destino.

Las secciones siguientes describen cómo se realiza el enrutamiento de paquetes en la red IP.

## III Acerca de la traducción de direcciones de red (NAT)

Las puertas de enlace de red son generalmente enrutadores con funcionalidades adicionales. Una función muy común de una puerta de enlace es NAT. NAT es el término colectivo para los procedimientos que sustituyen automáticamente la información de la dirección IP de los paquetes de datos con otras direcciones, para conectar diferentes redes. Por eso, se usan generalmente en enrutadores y puertas de enlace.

Debido a la limitada disponibilidad de direcciones públicas de IP, NAT se utiliza principalmente para conectar redes privadas con varias direcciones IP con una única dirección pública a la internet o redes de área extensa. Este tipo de NAT se conoce comúnmente como «sobrecarga de NAT». El término «sobrecarga de NAT» fue inicialmente establecido por Cisco y se deriva del hecho de que este método mapea muchas direcciones IP privadas a una única dirección global. En otras palabras «sobrecarga» la dirección IP real utilizando traducción de direcciones de puerto o PAT. Hay otros tipos de configuraciones de NAT en uso, p. ej., NAT agrupada o NAT estática. La imagen al dorso muestra una aplicación típica de la «sobrecarga» de NAT: Las líneas de DSL normalmente terminan en un enrutador de NAT que conecta la red local a una red pública. El enrutador de NAT actúa como puerta de enlace a la que debe conectarse un códec de audio.

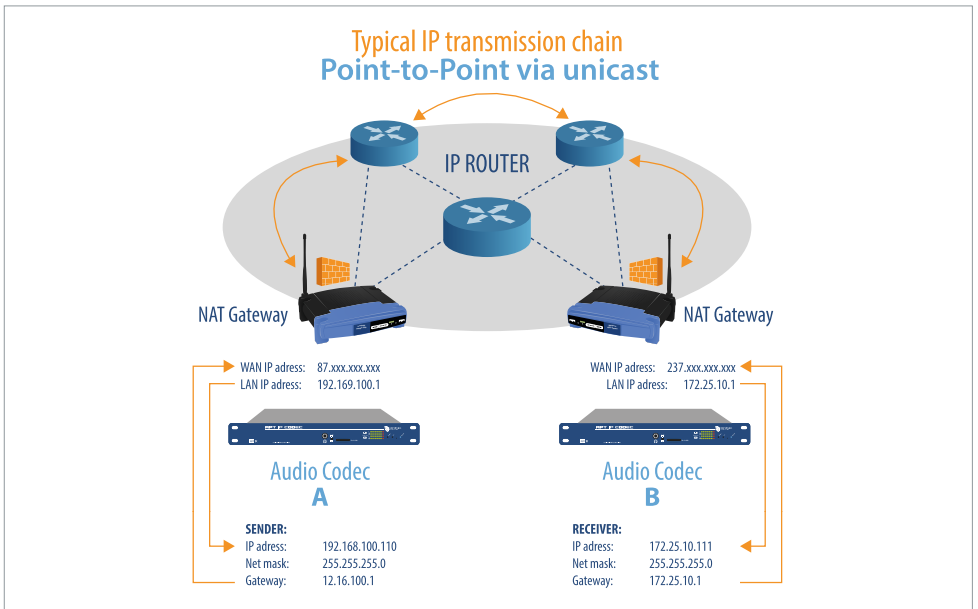


*La dirección IP principal de la «sobrecarga» de NAT de muchos a uno.  
La tabla de PAT/NAT se almacena en el enrutador*

## Enrutamiento y NAT

En general, el enrutamiento de paquetes es siempre necesario si el emisor y el receptor están en redes diferentes. Si un códec envía

datos de audio a un receptor que está fuera de su red local, el proceso de comunicación funciona como sigue (simplificado):



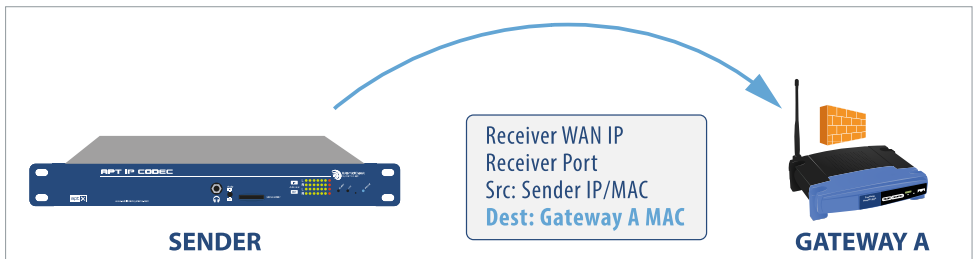
*La imagen anterior muestra una típica cadena de transmisión de punto a punto*

## PASO 1

El códec emisor (A) determina el enrutador más cercano (la dirección IP de la puerta de enlace); generalmente, es la puerta de enlace del NAT local. Luego, el códec determina mediante ARP (protocolo de resolución de direcciones) la dirección MAC única (control de acceso a los medios) de la puerta de enlace y construye los paquetes en consecuencia: Los paquetes contienen la dirección MAC de destino de la puerta de

enlace de NAT local, la dirección IP de la WAN (B) del receptor en

el destino (237.xxx.xxx.xxx), el puerto de destino (p. ej., 5004 para carga RTP) y las direcciones MAC e IP del códec emisor (IP 192.168.100.110). Con estos datos en la cabecera, los paquetes proporcionan la información necesaria a la red IP (origen y destino). La puerta de enlace de NAT local recibe y procesa estos paquetes porque se enviaron a su dirección MAC. 2

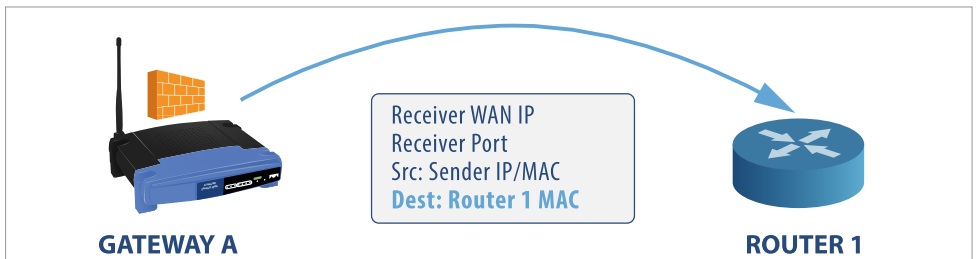


*La dirección de la WAN del receptor está representada por la puerta de enlace de NAT del receptor (237.xxx.xxx.xxx)*

## PASO 2

Una vez que llegan los paquetes a la puerta de enlace de NAT local, esta lee la dirección IP de la WAN del destino y usa ARP para determinar el siguiente enrutador adecuado al que deben enviarse los paquetes. Los paquetes se modifican para contener la dirección MAC del siguiente enrutador, la dirección IP de la WAN del receptor en el destino (237.xxx.xxx.

xxx), el puerto de destino (5004), la dirección MAC y la dirección IP pública de la puerta de enlace de NAT de origen (87.xxx.xxx.xxx) así como la carga, que sigue siendo la misma. Con NAT, los paquetes pasan por cambios significativos en la capa 3 (IP, del modelo OSI) a medida que recorren la red.

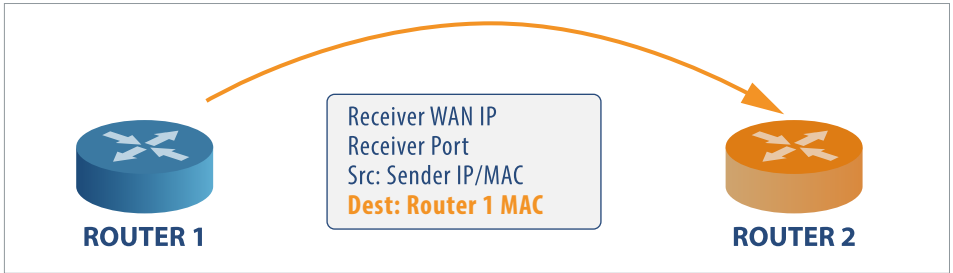


*La puerta de enlace de NAT sustituye la dirección IP del origen con su propia dirección en la capa 3. Una secuencia de retorno encuentra a la puerta de enlace como la dirección IP de destino*

### PASO 3

Durante el procesamiento en los enrutadores siguientes, los paquetes se modifican solo en la capa 2. El enrutador determina cuál es el siguiente enrutador, identificado por la dirección MAC utilizando ARP. Los paquetes se reconstruyen y la dirección MAC de destino pasa a ser la dirección MAC del siguiente enrutador; la dirección MAC de origen se reemplaza con la propia.

Se conservan, tanto la dirección IP de la WAN del destino final (receptor 237.xxx.xxx.xxx), la dirección del puerto receptor (5004) y la dirección IP de origen del enrutador de NAT (87.xxx.xxx.xxx), como los datos de la carga. Esto significa que en la capa 2 (IP) no se vuelven a modificar los paquetes.



*Todos los enrutadores siguientes solo cambian las direcciones MAC de origen y destino en la capa 2. La dirección IP del origen sigue siendo la dirección de la WAN de la puerta de enlace.*

### PASO 4

Este proceso se repite hasta que el último enrutador encuentra la dirección WAN de destino en la red; entonces los paquetes quedan así: contienen la dirección MAC del último enrutador de la red como dirección

de origen, las direcciones Mac e IP de destino (237.xxx.xxx.xxx), la dirección del puerto de destino (5004), la dirección IP del enrutador de NAT del emisor (87.xxx.xxx.xxx) y, por supuesto, la carga.



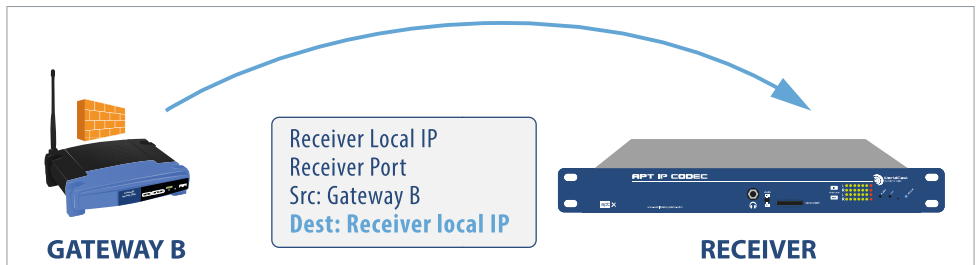
*La dirección IP de la WAN del receptor está representada por la puerta de enlace de NAT del receptor (237.xxx.xxx.xxx).*



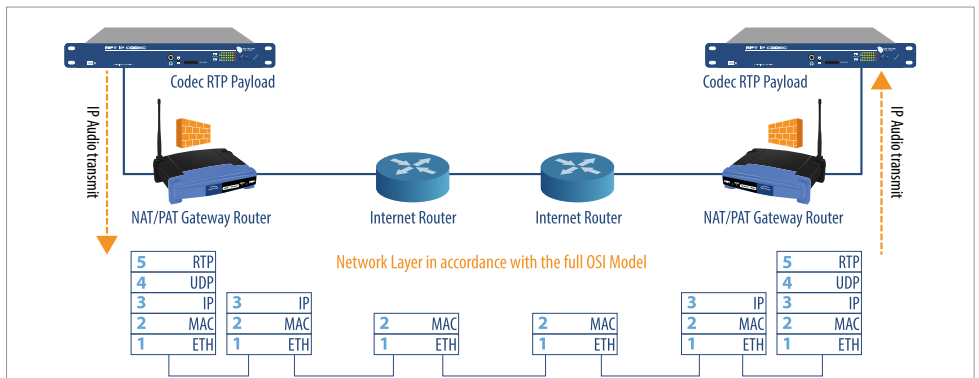
## PASO 5

Por último, la tabla NAT/PAT de la puerta de enlace de NAT de destino mapea la secuencia a la dirección IP local del destino final (el receptor de audio). La siguiente imagen

muestra la ruta de los paquetes a través de la red y las capas del modelo de referencia OSI (completo) como se describe arriba.



La información del puerto se usa para mapear la secuencia hasta la dirección IP final por medio de la puerta de enlace de NAT.



Los enrutadores de internet no vuelven a modificar la información de la capa 3 (enrutador de capa 2)

## IV Modo NAT transversal

El párrafo anterior explica el funcionamiento básico del enrutamiento y de NAT. La «sobrecarga» de NAT permite la conexión a internet de una red privada con múltiples direcciones IP a través de una única dirección IP pública utilizando PAT (traducción de direcciones de puerto). Por lo tanto, se puede acceder a diferentes códecs y otros servicios a través de una única dirección de la WAN. Las técnicas de NAT transversal se requieren, generalmente, para las conexiones punto a punto en internet que involucran códecs conectados en redes privadas.

Los códecs detrás de enrutadores habilitados para NAT no tienen conectividad de extremo a extremo en todos los servicios. Una manera de hacer frente a esto es utilizar una técnica de NAT transversal como STUN (utilidades transversales de sesión para NAT). STUN es un protocolo cliente-servidor que proporciona al cliente información de la dirección IP pública y del tipo de NAT detrás del cual se encuentra. El uso de STUN para NAT transversal requiere un servidor de STUN fuera del dominio de la red privada. Otra forma de resolver este problema es utilizar el desvío de puerto local.

## NAT transversal a través de desvío de puerto

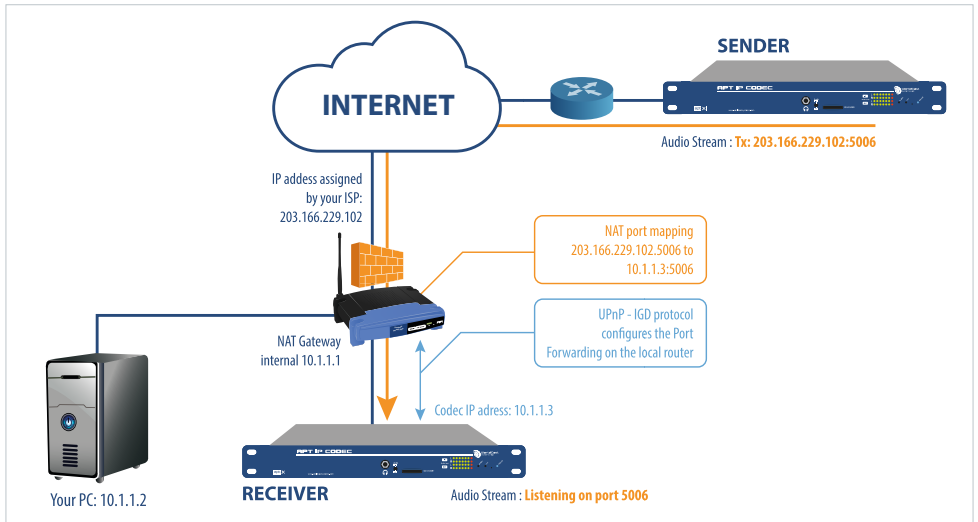
A diferencia de STUN, el desvío de puerto no requiere servidor externo ni infraestructura dedicada. Es simplemente una cuestión de configuración, manual o automática, en la puerta de enlace de NAT local.

Cuando se configura el desvío de puerto, el administrador de red asigna un número de puerto a la puerta de enlace para el uso exclusivo de un servicio en la red privada. En el caso de los servicios de audio sobre IP, estas configuraciones pueden ser complejas y consumir mucho tiempo, dado que cada secuencia individual de audio requiere una configuración de desvío de puerto. Algunas marcas de códecs, como APT, ya han implementado un método para configurar

automáticamente el desvío de puerto en la puerta de enlace local mediante UPnP.

El protocolo Universal Plug and Play (UPnP) cuenta con una función para instalar automáticamente instancias de desvío de puerto en las puertas de enlace residenciales de Internet para secuencias individuales de audio. UPnP define el protocolo de dispositivos de puerta de enlace de internet (Internet Gateway Device, IGD), que es un servicio de red por medio del cual una puerta de enlace de internet anuncia su presencia en una red privada.

Por tanto, un códec compatible con UPnP puede descubrir una puerta de enlace de NAT y reservar un número de puerto en la puerta de enlace, y solicitar que la puerta de enlace desvíe las secuencias de audio al número de su puerto receptor y su dirección



*Desvío de puerto mediante IGD de UPnP en el sitio del receptor*

IP (socket para esta secuencia). La siguiente imagen muestra el principio: En el diagrama anterior, el códec del emisor envía audio sobre IP a la dirección global de la puerta de enlace NAT del lado del receptor en el puerto 5006. El receptor está configurado

para recibir audio en el puerto 5006. El IGD de UPnP configura automáticamente el desvío de puertos en la puerta de enlace de NAT para esta secuencia.

## V Direcciones dinámicas y estáticas de IP

Una dirección del protocolo de Internet (también conocida como dirección IP) es una etiqueta numérica asignada a cada dispositivo (por ejemplo, computadora, códec de audio) que participa en una red que utiliza el protocolo de Internet para la comunicación. Una dirección IP cumple dos funciones principales: identificación de la interfaz de red y direccionamiento de ubicaciones.

Las direcciones IP se asignan a dispositivos de red (códecs, entre otros), ya sea de forma dinámica en el momento del arranque por medio de un protocolo adecuado, o de forma permanente mediante la configuración fija de su hardware o software. Una configuración fija se conoce como una dirección IP estática, cuando la dirección IP del códec se asigna cada vez, se conoce como una dirección IP dinámica. La asignación de direcciones IP depende de la estructura de la red a la que está conectado el códec. En algunas estructuras de red, una dirección IP estática puede ser ventajosa, mientras que en otras redes se requiere la asignación de direcciones dinámicas. Una dirección estática tiene la ventaja de que el códec siempre está accesible en esta dirección.

La dirección IP de un receptor es la dirección de destino que el emisor debe conocer, y si esta dirección cambia será necesario aplicar otras técnicas para encontrar el destino deseado.

Actualmente, en muchas redes, los servidores de DHCP (protocolo de configuración dinámica de host) configuran dinámicamente los parámetros de dirección IP en los dispositivos de red, tales como computadoras y códecs. Una red, claramente, se estructura de acuerdo con la organización lógica de la emisora de radio o la empresa de difusión, y puede constar de diferentes segmentos de red conectados por enrutadores. Es común que estos segmentos de red se compongan de diferentes subredes, cada una con un

servidor DHCP. Por eso, un cliente DHCP es imprescindible en los códecs de difusión actuales. Si se utiliza un enlace estándar xDSL de cualquier proveedor de servicios con el fin de transmitir audio por Internet, el proveedor asignará direcciones IP dinámicas a través de un servidor DHCP.

## VI DNS y DNS dinámica (DDNS)

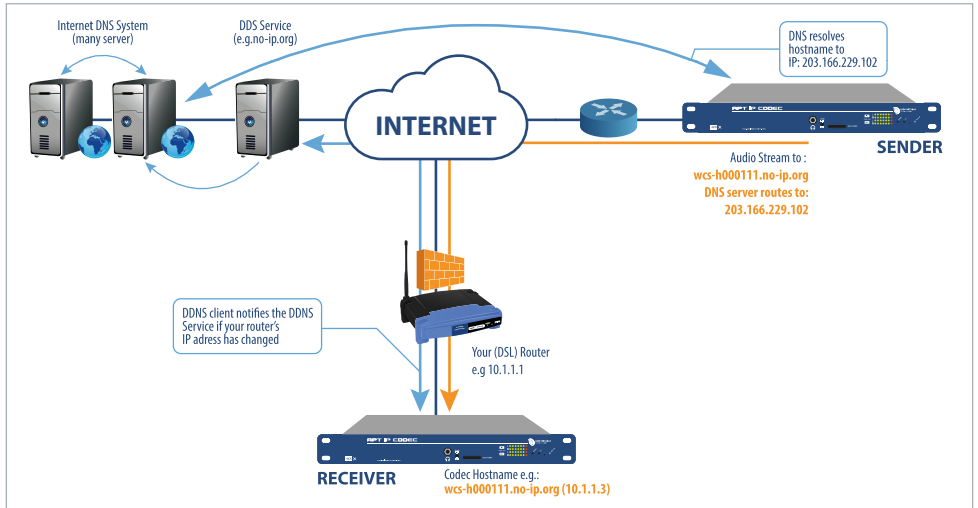
Dentro de una red IP, muchos protocolos y servicios diferentes trabajan en conjunto para lograr un servicio confiable, uno de los más importantes de las redes públicas es el Sistema de nombres de dominio (DNS). Es el directorio de todos los nombres de host y de dominio registrados en la red. Traduce los nombres conocidos y de fácil comprensión en las direcciones IP numéricas necesarias con el fin de localizar servicios y dispositivos (incluidos los códecs IP) en todo el mundo. Como ya hemos mencionado, los servidores DHCP y las puertas de enlace de NAT asignan las direcciones IP de forma dinámica, por eso, sería útil que dispositivos como los códecs IP pudiesen registrar sus nombres de host con un servicio de nombres de dominio.

Hoy en día, numerosos proveedores, llamados proveedores de servicios de DNS dinámico, ofrecen este tipo de tecnología y de servicios en Internet. DDNS se utiliza para convertir un dominio o un nombre de host conocidos en una dirección IP que puede cambiar con frecuencia. Proporciona un método constante para direccionar los códecs que pueden cambiar su ubicación o su configuración, por medio del nombre de host registrado, en lugar de la dirección IP dinámica. El DNS dinámico ofrece otra tecnología que ayuda a automatizar la conectividad de un códec en un entorno de red en constante cambio.

Los códecs de APT de WorldCast Systems implementan un cliente versátil de DDNS que es capaz de conectarse a varios proveedores de servicios de DDNS. El siguiente diagrama

muestra la interacción del cliente de DDNS del códec con el sistema de DNS en la red.

El códec emisor envía la secuencia de audio



*Desvío de puerto mediante IGD de UPnP en el sitio del receptor*

al nombre de host conocido del códec receptor (no a la dirección IP). El cliente de DNS del códec emisor envía una solicitud que requiere la búsqueda del nombre de un host o de un dominio y el DNS de internet le devuelve la respuesta. En el ejemplo, solicita la dirección IP asignada al nombre de host: wcs-h000111.no-ip.org, la respuesta es: 203.166.229.102; es la dirección pública de una puerta de enlace de NAT.

Cada minuto el cliente lee la dirección IP pública de la puerta de enlace de NAT y envía esta información al proveedor de servicios de DDNS. Cada vez que cambia la dirección IP de la puerta de enlace de NAT, el servicio de DDNS actualiza el DNS de Internet en consecuencia, y brinda esta información a todas las solicitudes de DNS.

- El nombre de host del códec fue registrado por el proveedor del servicio de DNS dinámica "No-IP.org".
- El nombre describe un dispositivo (códec de destino) registrado en el dominio "no-ip.org".
- La dirección IP de retorno es el valor del DNS de Internet y describe códec el destino seleccionado.
- El códec de destino alberga al cliente de DDNS que se comunica permanentemente con el proveedor de servicios de DDNS configurado.

La técnica de DNS dinámico traduce el nombre de host estático en una dirección IP que cambia dinámicamente y permite que el códec de destino que se encuentra desde cualquier parte del mundo.

## VII SIP y SDP

SIP es un protocolo de señalización ampliamente recomendado por los organismos de normalización. Hasta ahora, los códecs de IP se comunicaban, generalmente, dentro de una LAN privada o WAN dedicada, pero en la actualidad es cada vez más común que los códecs se conecten a través de cualquier red pública y usen cualquier proveedor de servicios. Por eso, se necesita un protocolo de señalización para realizar la conexión. Si no se hace con SIP, el DNS dinámico y el streaming del nombre de host sigue siendo una alternativa adecuada. SIP (protocolo de inicio de sesión) es un protocolo de señalización para crear y cerrar una sesión con uno o más participantes basado en el protocolo de Internet (IP). SIP es un protocolo liviano, basado en texto, con solo seis mensajes, que minimiza la complejidad y también es independiente del transporte, por lo que se puede utilizar tanto con UDP como con TCP.

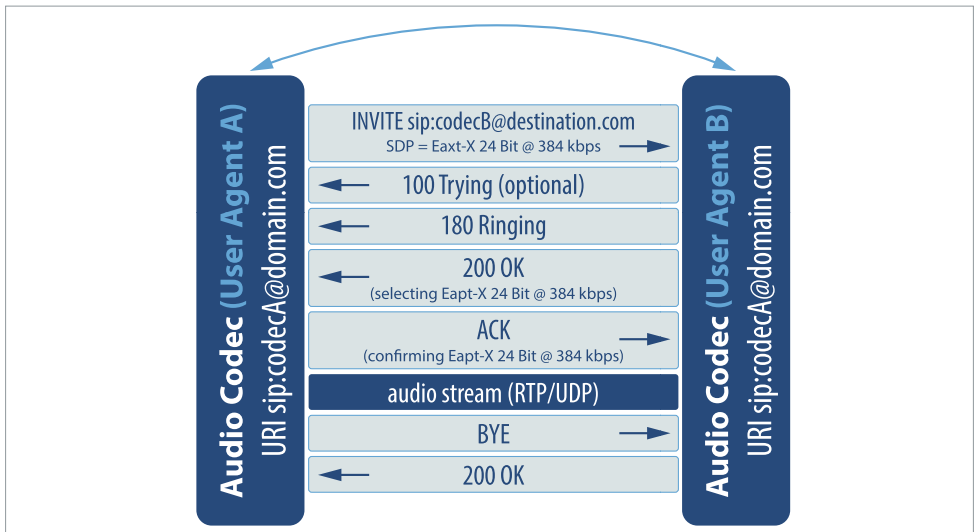
Si se dispone de TCP/IP y RTP/UDP para la negociación, se utiliza preferentemente RTP sobre UDP para el transporte de datos de medios. Por ser un protocolo punto a punto, es posible que los componentes individuales

se conecten directamente sin un servidor central. Un componente individual en el contexto de SIP se llama «agente de usuario» y tiene su propio URI (identificador uniforme de recursos) de SIP.

La sintaxis de un URI de SIP es similar a una dirección de correo electrónico sip:usuario@host. «Usuario» es un nombre de usuario predefinido, mientras que «host» es un nombre de dominio o dirección de red, por ejemplo, sip:miCodec@miDominio.com. En una situación en la que un agente de usuario (A) quiere conectarse con otro agente de usuario (B) sin un dispositivo de conexión en el medio, el usuario A debe conocer el URI de SIP del usuario B (ver figura abajo). Si el usuario B cambia su ubicación a otra red, el URI de SIP temporal también cambia.

En los sistemas de conexión más grandes o globales, se necesita un servidor proxy de SIP para desviar o conectar llamadas de SIP a los destinos previstos. Una vez que el códec se registra en el servidor de registro de SIP, el URI de SIP temporal del códec se envía al servidor de ubicación de SIP. El servidor de ubicación pone el actual URI de SIP de este códec a disposición del servidor proxy de SIP, que es la conexión negociadora. Con este mecanismo, la visibilidad del códec es global, y una llamada SIP se puede establecer

### Comunicación punto a punto SIP/SDP



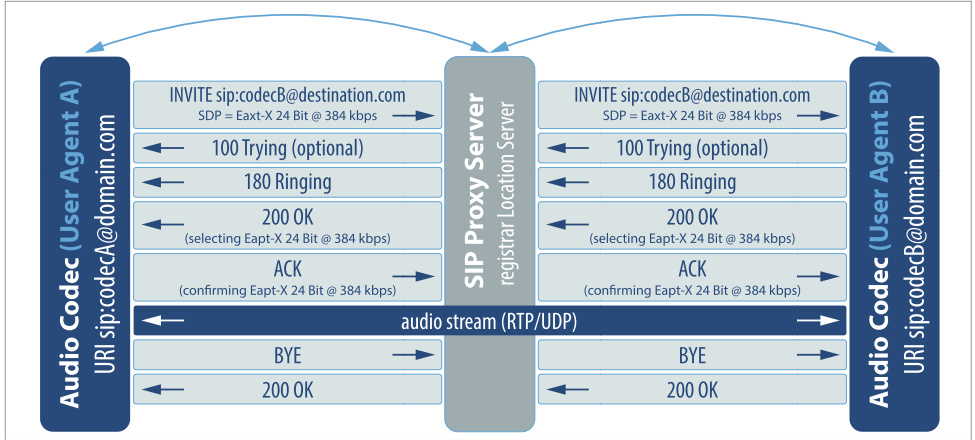
*Conexión punto a punto sin un proxy de SIP y un servidor de ubicación*

independientemente de la ubicación actual del códec. El servidor de ubicación es una gran base de datos que traduce entre URI de SIP temporal y URI de SIP principal. El SIP actúa como un portador para el Protocolo de descripción de sesión (SDP)

## VIII STUN (utilidades transversales de sesión para NAT)

STUN es un conjunto estandarizado de métodos y protocolos de red que permite

### Comunicación SIP/SDP a través de infraestructura de SIP



Comunicación SIP/SDP simplificada a través de infraestructura de SIP para códec A y B

integrado. EL SDP negocia las propiedades de la conexión de datos de medios. Describe el contenido de medios de una sesión, p. ej., qué puerto IP usar, qué algoritmo se está utilizando o las listas de prioridades de intercambio, que se pueden sustituir o modificar por el sitio remoto. Una vez establecida la conexión, los extremos del SIP simplemente intercambian secuencias de medios, generalmente con RTP sobre UDP.

El SIP se puede entender dentro del contexto de las conexiones ISDN y los mecanismos de transporte de medios en el dominio IP. El canal D de ISDN es responsable de la negociación de la conexión y los datos de medios se transportan en los canales B de ISDN. El SIP hace la negociación de la sesión y gestiona las conexiones; el mecanismo de transporte RTP/UDP o TCP/IP representa el transporte de medios en una red IP. Con SIP, los procesos de conexión y de transporte de medios pueden estar en diferentes redes.

que un host final (el códec) muestre su dirección IP pública si se encuentra detrás de un enrutador de NAT (véase también el modo NAT transversal). El protocolo STUN permite que el SIP detrás de un traductor de direcciones de red (NAT) descubra la presencia del NAT y obtenga la dirección IP (pública) mapeada y el número de puerto que el NAT ha asignado a la secuencia UDP del códec. STUN requiere un servidor de STUN ubicado del lado opuesto (público) del NAT, en general, la Internet pública.

El dispositivo códec detrás del enrutador de NAT ejecuta el cliente de STUN; el cliente de STUN se comunica con el servidor de STUN

a través de solicitudes vinculantes y respuestas vinculantes de STUN. La respuesta del cliente de STUN permite que el agente de usuario de SIP (el códec) use la información pública de contacto para la cabecera de SIP o para modificar el parámetro de SDP.

El dispositivo códec detrás del enrutador de NAT ejecuta el cliente de STUN; el cliente de STUN se comunica con el servidor de STUN a través de solicitudes vinculantes y respuestas vinculantes de STUN. La respuesta del cliente de STUN permite que el agente de usuario de SIP (el códec) use la información pública de contacto para la cabecera de SIP o para modificar el parámetro de SDP.

## **IX** Etiquetado de VLAN

Una red de computadoras puede dividirse para crear varios dominios de difusión diferentes, aislados entre sí, de tal modo que los paquetes solo pueden pasar de uno a otro a través de enrutadores; un dominio de este tipo se denomina una red virtual de área local, LAN virtual o VLAN.

En el contexto de los códecs IP, las VLAN tienen la ventaja de separar lógicamente la red de administración del dominio del streaming de audio. En la actualidad, la mayoría de códecs de audio IP cuenta con dos puertos de Ethernet para uso polivalente.

Habitualmente, el software permite la configuración de un puerto como puerto de streaming y otro como puerto de administración. Este es un enfoque adecuado, siempre que se use un solo puerto para streaming de audio. Pero, si

es necesario utilizar ambos puertos para streaming redundante, la administración debe compartir uno de los puertos físicos. Esto es posible si el códec está habilitado para VLAN y puede generar etiquetas de VLAN.

El etiquetado de VLAN descrito aquí es un método basado en protocolo y definido en IEEE 802.1q. Como se indicó, un enrutador para VLAN es capaz de aceptar paquetes etiquetados de diferentes VLAN y mantenerlos estrictamente separados. Los conmutadores de VLAN están conectados físicamente a otras VLAN a través de los llamados VLT (puertos de interfaz de VLAN). La capacidad de datos entre los conmutadores está limitada por el diseño de la red, sin embargo, el conjunto de protocolos IEEE 802.1 permite la periodización de paquetes para cada VLAN asignada a esos puertos de interfaz. Esto se describe en IEEE 802.1p

Un códec que puede marcar paquetes por medio del etiquetado ofrece grandes beneficios. Puede conectarse físicamente a cada conmutador o enrutador habilitado para VLAN conectado con otra VLAN a través del puerto de interfaz. Esto significa que no es necesario instalar una nueva infraestructura física desde la ubicación del códec hasta el siguiente dispositivo de VLAN asignado.

Un códec debe ser capaz de gestionar un número de interfaces virtuales para streaming de audio y servicios de administración de conformidad con IEEE.802.1q y 802.1p.

*A CONTINUACIÓN... con una mejor comprensión de cómo funcionan las redes IP, existen muchas herramientas que pueden ayudarle en la etapa previa a la implementación de su red AOIP y también en la resolución de problemas; la siguiente sección describe algunas...*





# 7. Pruebas y análisis de la red

## Preimplementación

Antes de recibir los códecs de audio, hay muchas herramientas que pueden ser utilizadas para ver con qué rendimiento puede funcionar la red. En la oración anterior, decimos «puede funcionar» y no «funcionará», porque las redes IP, si hablamos de internet, tienen rendimientos enormemente variables de un día a otro, de una hora a la siguiente. Esta variación del retardo se debe, en gran medida, a la naturaleza compartida del ancho de banda que se utiliza para conectarse a la internet abierta.

Generalmente, las conexiones xDSL se comparten con otros usuarios en proporciones de 1:25, es decir, una unidad de ancho de banda compartida entre 25 usuarios potenciales. Entonces, a las 20:00 h en una zona residencial, podemos ver un pico de uso, a medida que las personas encienden su servicio de Netflix u otros servicios de streaming de medios, y la proporción en que se comparte es mucho mayor que a mediodía, por ejemplo, en este tipo de zona y en este tipo de enlace.

Por eso, la prueba previa a la implementación puede darle una idea de si es posible manejarse con un enlace único o si debe considerar el uso de tecnología de streaming redundante, como SureStream, para que la Internet abierta le brinde un servicio aceptable de STL y otros enlaces de difusión de audio.

En el caso de los enlaces de IP administrados, tales como MPLS, WAN y LAN, se usan las mismas herramientas pero el contexto será diferente. En este escenario, podrá medir un muy alto nivel de rendimiento (se espera) y ver si el enlace MPLS está en consonancia con el SLA de la empresa de telecomunicaciones o si el ancho de banda que le prometieron y la QoS están a la altura de las expectativas. Esta sección presenta las herramientas básicas que se requieren antes y después de la implementación, y explica la aplicación de estas herramientas para la preparación de la instalación de códec IP.

## Prueba de ping

Esta es la prueba más básica de la conectividad entre los dos extremos de la red que se espera conectar con códecs de audio. La sintaxis de la prueba de ping se muestra en la página siguiente; generalmente, se envía desde una PC o un dispositivo de red del lado emisor a otra PC o dispositivo de red del lado receptor.

Para los usuarios de Windows, el comando básico en la ventana de comandos (CMD) es ping xxx.xxx.xxx.xxx donde las X representan la dirección IP de destino. También se pueden enviar pings a una URL, siempre que exista un servidor DNS con una configuración válida en la PC de origen. Si se agrega -t a la sintaxis después de la dirección IP, se podrá ejecutar un ping continuo y puede ser útil si está intentando encontrar físicamente el RJ45 correcto para conectar a la PC emisora o receptora.

El ping solo confirma el hecho de que los dos extremos están disponibles y accesibles. Sin embargo, los puertos que los códecs de audio necesitan para conectarse y administrarse también deberán estar abiertos y disponibles. Esto no se puede determinar con ping.

El ping es un buen indicador de la demora de ida y vuelta entre los dos extremos y también de los niveles de jitter de la red. Pero no es un indicador de pérdida de paquetes. A veces no se comprende este punto. Cuando alguien ejecuta ping -t durante unos días y no ve pérdida de paquetes, suele creer que su enlace está limpio y es ideal para códecs de audio IP.

Esta suposición es incorrecta, ping utiliza un ancho de banda mínimo y el protocolo ICMP, por eso, los paquetes perdidos estarán presentes si el receptor no envía un paquete de acuse de recibo (ACK) al remitente.

Los códecs de audio, por varias razones, entre ellas la latencia, usan UDP-IP (sin conexión o sin confirmación), por eso el ping resulta

irrelevante para la pérdida de paquetes, ya que los protocolos son diferentes. Existe otra herramienta para este propósito.

```
C:\Users\kcampbell>ping

Usage: ping [-t] [-a] [-n count] [-l size] [-f] [-i TTL] [-v TOS]
          [-r count] [-s count] [[-j host-list] | [-k host-list]]
          [-w timeout] [-R] [-S srcaddr] [-4] [-6] target_name

Options:
  -t          Ping the specified host until stopped.
              To see statistics and continue - type Control-Break;
              To stop - type Control-C.
  -a          Resolve addresses to hostnames.
  -n count    Number of echo requests to send.
  -l size     Send buffer size.
  -f          Set Don't Fragment flag in packet (IPv4-only).
  -i TTL     Time To Live.
  -v TOS     Type Of Service (IPv4-only. This setting has been deprecated
            and has no effect on the type of service field in the IP Head
            er).
  -r count    Record route for count hops (IPv4-only).
  -s count    Timestamp for count hops (IPv4-only).
  -j host-list Loose source route along host-list (IPv4-only).
  -k host-list Strict source route along host-list (IPv4-only).
  -w timeout  Timeout in milliseconds to wait for each reply.
  -R          Use routing header to test reverse route also (IPv6-only).
  -S srcaddr  Source address to use.
  -4          Force using IPv4.
  -6          Force using IPv6.
```

*Sintaxis de ping desde el símbolo del sistema en Windows*

```
C:\Users\kcampbell>ping 66.166.242.173

Pinging 66.166.242.173 with 32 bytes of data:
Reply from 66.166.242.173: bytes=32 time=192ms TTL=240
Reply from 66.166.242.173: bytes=32 time=209ms TTL=240
Reply from 66.166.242.173: bytes=32 time=233ms TTL=240
Reply from 66.166.242.173: bytes=32 time=151ms TTL=240

Ping statistics for 66.166.242.173:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 151ms, Maximum = 233ms, Average = 196ms
```

*Ping desde Belfast a un códec en Miami, indicando la demora promedio de ida y vuelta*

En resumen, ping puede ayudar a establecer si el equipo está activo y accesible y cuál es el nivel de jitter en la red. El valor del jitter puede calcularse restando la variable más baja de la más alta, la cifra resultante en milisegundos puede insertarse manualmente junto con cierto adicional, para permitir una variación en el tiempo, en el ajuste del búfer de jitter en el códec de audio.

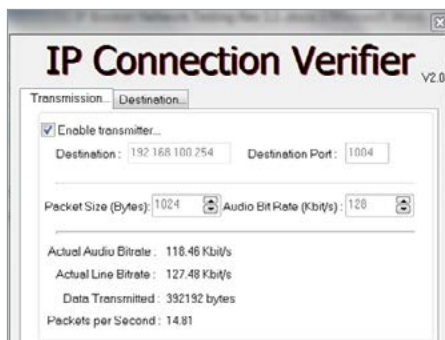
## Verificador de conexión IP (herramienta de prueba de UDP)

La herramienta de software de verificación de la conexión IP ha sido específicamente desarrollada por APT y se suministra de forma gratuita a cualquier cliente o posible cliente. Esencialmente, es un generador y receptor de paquetes UDP que se ejecuta en cualquier PC. La idea es generar una secuencia de paquetes UDP y simplemente contar el número de paquetes recibidos en el extremo opuesto del enlace. Así se obtiene un porcentaje bruto de los paquetes perdidos en el enlace que se pretende usar para la implementación del códec de IP, a lo largo de un período de horas y días. Puede considerarse como una herramienta de ping con registro.

Hay diversas herramientas que permiten probar el rendimiento y el ancho de banda de un enlace. Lo que se puede medir en una conexión de Internet abierta o en un enlace administrado es diferente, pero las herramientas son las mismas. En un enlace administrado, como MPLS, el ancho de banda, al igual que la entrega de paquetes, debe ser constante e invariable dentro de un rango predefinido. El ancho de banda de un servicio MPLS de una empresa de telecomunicaciones debe estar indicado en el contrato de nivel de servicio o el contrato de alquiler de línea y no debe desviarse significativamente. Así, si cuenta con un servicio que garantiza un ancho de banda en 1,5 Mbits por segundo, debe ser capaz de medir el ancho de banda y alcanzar siempre esa cifra.

Sin embargo, debido a la naturaleza compartida de la conectividad con otros usuarios de la internet abierta, el ancho de banda, al igual que la pérdida de paquetes, se ve afectado por el número de suscriptores o usuarios que disputan ese ancho de banda. Por eso, en la internet abierta, el ancho de

banda de un enlace de subida (salida de sitio) y de un enlace de bajada (entrada al sitio) es altamente variable en función de la



*Ilustración del ancho de banda de la herramienta de prueba de UDP en el enlace*

cantidad de suscriptores que compiten por el ancho de banda a través de los diversos saltos desde el punto A al punto B en ese momento particular. Además, al usar una herramienta como las que se indican abajo para medir el ancho de banda en un enlace abierto de internet, solo se mide la salida y entrada a ese punto, pero, de hecho, no se miden los cuellos de botella que pueden presentarse en otros puntos de la red.

<http://www.speedtest.net/>  
<http://www.bandwidthplace.com/>

### Trace Route y análisis de saltos

Un salto es simplemente un dispositivo intermediario en la ruta entre dos códecs. Puede ser un enrutador o una puerta de enlace entre redes. La cantidad de saltos afectará la latencia, la probabilidad de pérdida de paquetes y también afectará el ancho de banda disponible. Es lógico suponer que una mayor cantidad de saltos significan más latencia y más posibilidades de encontrar un cuello de botella en el ancho de banda. Por eso, siempre que sea posible, minimice el número de saltos. No se logra tan fácilmente como se dice.

A menos que tenga una MPLS o un circuito gestionado, una vez fuera de la red de su empresa estará a merced

de la Internet abierta, y los paquetes atravesarán dinámicamente la Internet lo mejor que puedan. El Trace Route (sintaxis de la ventana de CMD xxx.xxx.xxx) que ejecute ahora puede diferir significativamente del que llevó a cabo cinco minutos antes. Algunos proveedores de Internet afirman que pueden mantenerlo «en su red» por el mayor tiempo posible, y limitar el número de saltos durante, al menos, una parte del trayecto en la Internet abierta. Sin embargo, finalmente, los paquetes tendrán que pasar a través de una puerta de enlace hacia la internet real y en ese momento, obviamente, se pierde el control.

## Requisitos de ancho de banda

Ahora que ha confirmado la veracidad del vínculo mediante el Verificador de conexión IP, o bien, posiblemente, ha confirmado que un único enlace no es suficiente y ha optado por el streaming redundante, todavía tiene que calcular el ancho de banda necesario para cada enlace. Como hemos aprendido en los capítulos anteriores, el ancho de banda necesario se compone de la carga de audio más la información de la cabecera del paquete.

```
C:\Users\kcampbell>tracert 66.166.242.173

Tracing route to h-66-166-242-173.miat.fl.megapath.net [66.166.242.173]
over a maximum of 30 hops:

  0  1 ms  1 ms  1 ms  217.33.179.81
  1  17 ms 14 ms 14 ms 212.140.153.173
  2  17 ms 15 ms 14 ms core2-pos4-6.sheffield.ukcore.bt.net [217.32.171.117]
  3  38 ms 120 ms 25 ms core2-pos0-14-5-0.ealing.ukcore.bt.net [62.172.103.117]
  4  25 ms 22 ms 22 ms peer2-xe9-1-0.telehouse.ukcore.bt.net [109.159.254.114]
  5  26 ms 24 ms 24 ms t2c3-xe-2-1-3-0.uk-lon1.eu.bt.net [166.49.211.194]
  6  27 ms 25 ms 25 ms 195.66.224.130
  7  152 ms 101 ms 103 ms ub1042.rar3.nyc-ny.us.xo.net [207.88.13.202]
  8  167 ms 158 ms 204 ms te-3-0-0.rar3.washington-dc.us.xo.net [207.88.127.74]
  9  191 ms 137 ms 179 ms te-3-0-0.rar3.atlanta-ga.us.xo.net [207.88.12.9]
 10 206 ms 201 ms 206 ms ae0d0.mcr2.miami-fl.us.xo.net [216.156.0.230]
 11 226 ms 204 ms 203 ms ip65-47-56-154.z56-47-65.customer.alg.net [65.47.56.154]
 12 x x x Request timed out.
 13 x x x Request timed out.
 14 168 ms 204 ms 200 ms h-66-166-242-173.miat.fl.megapath.net [66.166.242.173]

Trace complete
```

### Trace Route desde Belfast a Miami

**Mayor tamaño de paquetes = menor requerimiento de ancho de banda = mayor latencia**

**Menor tamaño de paquetes = mayor requerimiento de ancho de banda = menor latencia**

Si nosotros usamos el ejemplo del algoritmo de audio, Enhanced apt-X, 16 Bit a una velocidad de datos de 256 kBits, un estándar de facto de STL sin pérdida con una calidad de FM de 15 kHz, los requerimientos de los datos varían significativamente:

por eso, al usar un tamaño de paquete de 512 Bytes en lugar de un tamaño de paquete 64 Bytes, los requerimientos de los datos en el enlace se reducen significativamente de 472 kBits a 283 kBits. Sin embargo, la demora ha aumentado de 2 a 16 ms. Estas cifras de

demora solo se relacionan con el proceso de paquetización y deben sumarse a la demora por propagación en el códec por hardware y software y a la demora de la red, para tener un dato verdadero de la demora de ida y vuelta.

En resumen, el tamaño del paquete seleccionado afectará en gran medida el ancho de banda requerido en cada enlace; la disyuntiva es siempre entre la demora tolerable y el uso de ancho de banda. No es necesario que usted haga estos cálculos para

Vel. de audio bits/s	Paq./s	Bytes sob recarga/s	Bytes totales/s	Bits/s absolutos	kBytes/s	kbits/s	Demora paquetiz. (ms)
256000	62,50	3375,00	35375,00	283000	34,55	283,00	16,00

*Tamaño de paquete = 512 Bytes*

Vel. de audio bits/s	Paq./s	Bytes sob recarga/s	Bytes totales/s	Bits/s absolutos	kBytes/s	kbits/s	Demora paquetiz. (ms)
256000	500,00	27000,00	59000,00	472000	57,62	472,00	2,00

*Tamaño de paquete = 64 Bytes*

cada situación, APT cuenta con una serie de hojas de cálculo y calculadoras, de uso libre y gratuita, que pueden calcular el uso de ancho de banda para cualquier algoritmo basado en el tamaño del paquete seleccionado. Estas calculadoras solo se refieren a la gama de hardware y las implementaciones de APT, sin embargo, pueden ser utilizadas como una guía para los requisitos de otros fabricantes.

## Resolución de problemas

De vez en cuando las cosas salen mal y, en ese sentido, el audio sobre IP no es diferente de las tecnologías de transporte de audio que le han precedido. Sin embargo, el audio sobre IP tiene una clara ventaja en la gama de opciones de respaldo y redundancia de audio, que se pueden implementar a un costo no lineal. Una de estas tecnologías es nuestra propia SureStream, líder del mercado.

Si ha planificado e implementado su red de audio sobre IP correctamente, las interrupciones de la emisión debidas a una falla de STL deben ser cosa del pasado. En consecuencia, la resolución de problemas de STL en audio sobre IP o del enlace contribuyente puede ser menos estresante que los problemas de STL y transporte de audio en el pasado.

Sin embargo, la complejidad puede ser

abrumadora y, para localizar y solucionar un problema, puede ser necesaria la interacción con varios terceros, desde el proveedor códec de audio, al proveedor del enlace y el departamento de TI.

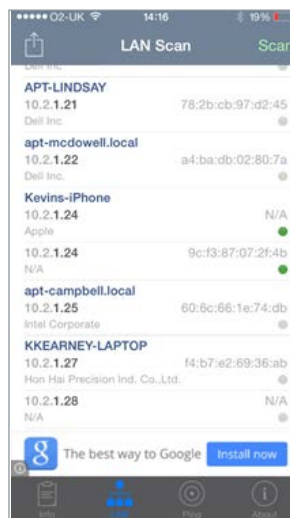
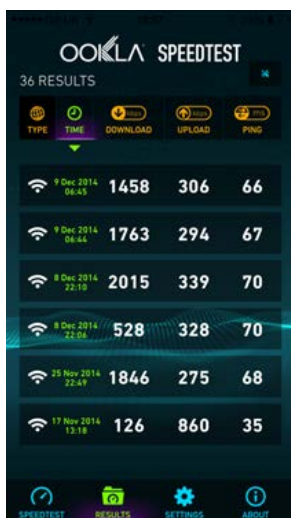
Las mismas herramientas utilizadas para las pruebas previas a la implementación se pueden utilizar en el proceso de resolución de problemas para determinar si el códec del extremo opuesto está activo y accesible en la red. El verificador de la conexión IP puede confirmar que el porcentaje de pérdida de paquetes esté, en líneas generales, dentro del rango del valor de referencia registrado cuando se hizo la prueba de preimplementación con la misma herramienta.

Trace Route puede confirmar, una vez más, que el número de saltos está, razonablemente, dentro de los valores de referencia registrados antes de la implementación. La importancia de las pruebas y los registros de referencia relacionados con el rendimiento de la red debe enfatizarse.

Como se mencionó antes, el rendimiento de la red, especialmente de la Internet abierta, es sumamente variable, por eso, tener un rendimiento «promedio» de cada enlace o red es absolutamente útil para solucionar problemas.

Además de estas herramientas básicas para ayudar a localizar y solucionar los problemas, hay muchas más que pueden permitir un análisis más detallado. Normalmente, el ingeniero «común» de radiodifusión pasa los temas relacionados con la red al personal de TI o al proveedor del servicio, una vez que determina que el problema está relacionado con la propia red. Sin embargo, también estamos viendo, cada vez más, profesionales con certificación de CISCO y

Juniper integrando el equipo de ingenieros de difusión. Esta es una tendencia que seguramente continuará.



*Ejemplo de herramientas, inicio de sesión de la aplicación Speedtest.com IOS de Ookla y un escaneo de LAN de la aplicación de IOS de Net Analyser de Technet.net*

## Resolución de problemas y emulación

Algunos proveedores de códecs de audio también ayudan a los clientes con el diagnóstico de fallas y el análisis de redes, como parte de un compromiso permanente de atención al cliente. WorldCast Systems es una de esas organizaciones. Algunas de las herramientas que utilizamos con buenos efectos incluyen la emulación y la captura de red. Tenemos un banco de pruebas muy completo en nuestra sede principal de I+D en Belfast. Una herramienta específica de nuestro arsenal para la resolución de problemas es la serie de emuladores de WAN de Apposite Technologies.

Los emuladores de WAN permiten la simulación en el banco de pruebas de todas las características típicas de los enlaces IP, incluidos el ancho de banda, jitter, latencia, pérdida de paquetes, LoC, etc.

Estos emuladores son herramientas vitales para el desarrollo de productos robustos que cumplan con las exigencias del mundo real, la enorme cantidad de redes IP y las condiciones que se encuentran.

Con respecto a la solución de problemas, WorldCast Systems puede enviar una herramienta de grabación a cualquier

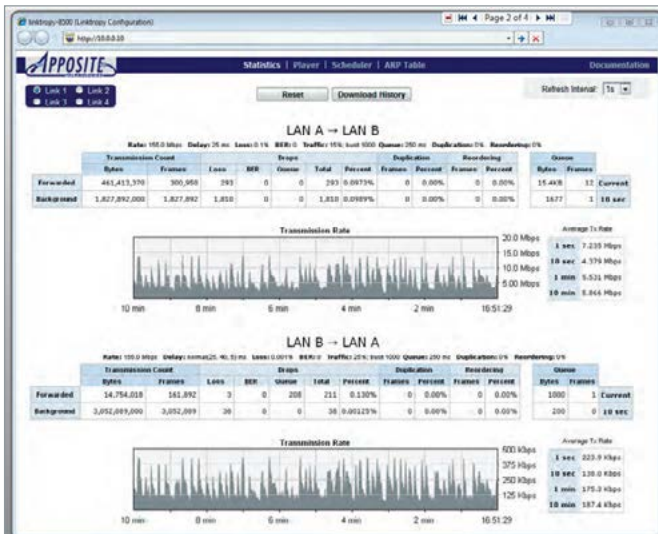


cliente a nivel mundial. Esta herramienta puede instalarse en una única computadora de escritorio o portátil y se utiliza para capturar exactamente el rendimiento de una red específica desde el punto A al punto B. Esta captura se envía por correo electrónico a nuestro departamento de I+D, donde se carga en el emulador. Así, tendremos su red en nuestro banco de pruebas con un conjunto completo de herramientas de prueba y un equipo de ingenieros y desarrolladores dispuestos a analizar cualquier problema específico de su red.

La emulación por parte de su proveedor de códec de IP, como herramienta de solución de problemas terciaria, permite descubrir muy rápidamente algunos

problemas muy específicos que subyacen en la red.

En el pasado, la emulación nos ha ayudado a encontrar problemas para nuestra base de clientes relacionados con las deficiencias del búfer y las colas del enrutador o la configuración del umbral de paquete del backbone de IP de los proveedores. Una vez diagnosticada a través de la emulación, la solución suele ser una modificación de la red o, en ocasiones, un cambio del firmware de códec y su posterior liberación.



Interfaz de monitoreo del emulador

A CONTINUACIÓN... ya tiene el «conocimiento», es el momento de hacer una lista final de comprobación del audio sobre IP previa a la implementación, la siguiente sección tiene exactamente eso...





## 8. Planificación previa a la implementación

En ediciones anteriores de este folleto, hemos publicado una lista de comprobación con nuestras recomendaciones para una emisora a punto de embarcarse en su primera implementación de audio sobre IP.

Con el paso del tiempo y el avance de la tecnología, estas listas de comprobación se vuelven menos útiles. Dada la variedad de opciones para elegir, ya no hay una «estrategia recomendada» que se adapte a todos los usuarios; usted puede adaptar su red de audio sobre IP para que cumpla con los requisitos particulares de su emisora.

Por lo tanto, nuestro consejo de cierre ya no es una serie de recomendaciones, sino una lista de puntos de considerar para garantizar que todos los puntos relevantes se entiendan bien, antes de comprometerse en una compra o un contrato. Con la información de esta guía, usted estará en condiciones de decidir qué es lo mejor para su instalación.

mayor calidad y confiabilidad de conexión. Si necesita enlazar sitios nacionales o internacionales, cambian significativamente la confiabilidad y la demora previstas. Asegúrese de determinar si están implicados múltiples portadores.

- Disponibilidad de conexiones. Los diferentes proveedores de servicios ofrecen soluciones diferentes y, posiblemente, no se pueda acceder a todos los tipos de conexión desde cada uno de ellos. En el caso de los enlaces administrados, un estudio detallado de los acuerdos de nivel de servicio (SLA) ofrecido debe permitirle comprender la confiabilidad que puede esperar.

### 1 Selección de la red

El conocimiento de los diferentes tipos de enlaces IP que pueden ofrecerle, le permitirá investigar el mercado y las opciones de que disponen sus proveedores locales. Su elección final se verá afectada por las siguientes consideraciones:

- El tipo de enlace que necesita para la difusión. Si se trata de una STL o un enlace de distribución permanente o una conexión remota temporal.
- La distancia de la conexión. Es probable que un salto local involucre a un solo proveedor y ofrezca



## 2 Plan de datos / Selección del servicio

- Requisitos de datos. Deberá calcular de antemano el ancho de banda que necesitan todos los enlaces en función del tipo de contenido, la conexión (unicast, multicast o unicast múltiples), el número de canales de audio y los algoritmos de codificación utilizados.
- Requisitos del negocio. Algunas estaciones pueden elegir no usar un enlace dedicado para las conexiones de audio, sino compartir una conexión corporativa grande (a menudo fibra o IP administrado) para sus operaciones diarias de negocio. Si se adopta este enfoque, será necesario implementar QoS en toda la red interna para asegurarse de que se le dé prioridad al audio.
- Su presupuesto. Debe mencionarse que, a menudo, la solución perfecta para el transporte de audio está fuera de las limitaciones del presupuesto. En este caso, será necesario hacer concesiones.

## 3 Selección del equipo

Una red IP típica se compone de mucho más que enlaces para la transferencia de audio. Un enfoque profesional para el transporte de audio sobre IP requiere dominar no solo la red, pero también las herramientas de hardware y software que permiten controlar, supervisar y hacer funcionar la transmisión de audio por paquetes.

Estas herramientas permiten no solo el monitoreo de la red y los equipos, sino también la aplicación de medidas correctivas, la redundancia de hardware y la mitigación de fallas. Siempre que sea posible, la emisora debe procurar una solución integral que ofrezca todos estos servicios en un solo producto, específicamente, en un códec de audio. Esta solución integral permite que el administrador gestione tanto el audio como los servicios de datos desde una ubicación central, ya sea mediante un software de control unificado o, en un nivel superior, por SNMP. Entre los factores a considerar al comparar los equipos están:

## a Filosofía de diseño

La filosofía de diseño del producto es un factor clave a considerar cuando se compran equipos para usar en un entorno de difusión profesional. Hay dos enfoques principales: Desarrollo de productos basado en DSP o PC

La arquitectura de PC utiliza placas base estándares que son plataformas genéricas, plataformas de bajo costo, no diseñadas para operación continua todo el año. La inestabilidad y la pérdida de memoria dentro del núcleo operativa pueden llevar a que el sistema «se cuelgue», como sucede con las computadoras.

Por otro lado, los sistemas basados en DSP están diseñados desde el principio pensando en la entrega de audio de alta calidad y la integridad de la señal. Su arranque es, generalmente, más rápido, y tienen mucha mayor estabilidad y profundidad de bits operativos (resolución).

Si bien puede ser aceptable para un usuario doméstico tener que reiniciar su PC, definitivamente no es aceptable para aplicaciones de difusión profesionales y arquitectura basada en PC se debe evitar para aplicaciones «siempre activas» con uso intensivo del procesador.

## b Redundancia

Para aplicaciones críticas de STL, la redundancia de hardware es imprescindible para garantizar el respaldo en caso de falla de la red o los equipos. Una emisora debe tener en cuenta la importancia de cada enlace y del equipamiento de origen que brinde las opciones de seguridad necesarias de forma conveniente. Los módulos de audio intercambiables «en caliente», las fuentes de alimentación redundantes y la funcionalidad de respaldo automático son solo algunas de las opciones que deben considerarse.

Para asegurar una confiabilidad aún mayor, un códec debe ser compatible con la tecnología de streaming redundante,

como SureStream de APT que proporciona «redundancia siempre activa».

SureStream funciona de tal manera que no existe un enlace «principal» y uno de «respaldo» sino que cada conexión contribuye a la secuencia. Esto significa que no hay fallas ni retardo cuando se conmuta al respaldo, sino que el servicio continúa sin ninguna dificultad, cualquiera sea la situación o el enlace contribuyente.



## c Configurabilidad y calidad del servicio

Como se ha señalado a lo largo de este folleto, existen muchas variables en el mundo de las redes IP. Por eso, es vital que el códec de audio seleccionado le brinde a la emisora la flexibilidad el control para manejar las anomalías de la red IP y obtener el mejor rendimiento posible de audio de calidad dentro del ancho de banda disponible. Esto incluye, normalmente, configuración de audio, control del tamaño del paquete, capacidad de almacenar audio en búfer para compensar el jitter, y la posibilidad de fijar la calidad del servicio en el punto de transmisión. El códec también debe proporcionar una flexibilidad máxima con respecto a la configuración de la red y permitir que la emisora implemente fácilmente aplicaciones unicast, unicast múltiples y multicast.

## d Algoritmos de audio

Cuando haya preparado la red IP para el transporte de audio, el paso siguiente es seleccionar el mejor método de transmisión de audio en el enlace. Las restricciones del ancho de banda disponible pueden descartar el audio lineal o PCM y, generalmente, se necesitará alguna forma de compresión. Hay dos tipos principales de técnicas de compresión: ADPCM y algoritmos basados en la percepción.

Los algoritmos basados en la percepción (como MPEG L2, MPEG L3 [MP3], AAC y sus múltiples derivados) utilizan principios de psicoacústica que analizan el contenido del audio y determinan qué es audible para el oído humano. El algoritmo elimina todo el contenido inaudible y es, por lo tanto, un algoritmo «con pérdida» por definición. El uso de múltiples pasadas de un códec de percepción (por ejemplo, considere la cadena de transmisión para Radio HD o DAB) genera contenidos con mucha carga de elementos audibles. En última instancia, esto causará la «fatiga del oyente», rápidamente seguida por el cambio de sintonía a una estación que ofrezca mayor calidad de audio.

Además, la codificación basada en la percepción agrega una demora a la transmisión, que generalmente es inaceptable para aplicaciones de audio. Al trabajar bajo el supuesto de que la secuencia de IP y la paquetización introducirán naturalmente una demora mínima de 20 milisegundos, es imperativo reducir la latencia del algoritmo de compresión empleado. Esto implica que el uso de un codificador basado en la percepción, aun en las versiones con menor retardo, hace que la solución sea inviable para cualquier forma de difusión en tiempo real, como aplicaciones de intercomunicación y monitoreo fuera del aire.

Los algoritmos ADPCM ofrecen una mejor alternativa por su enfoque de codificación no destructivo. La tecnología Enhanced apt-X®, basada en ADPCM, ofrece tanto una acústica excepcional como una demora muy

baja, lo que la hace particularmente apta para las aplicaciones de audio sobre IP. Enhanced apt-X® supera los problemas asociados con las múltiples pasadas psicoacústicas del audio en la cadena de difusión, ya que es extremadamente resistente frente a la codificación en tándem, y conserva la integridad acústica hasta 10 ciclos (y más) de codificación/decodificación. Junto con las características bien documentadas de baja latencia y rendimiento de audio, Enhanced apt-X® cuenta con la función AutoSync™, un patrón de texto integrado que ayuda a la conexión y la sincronización, y complementa la naturaleza de paquetes de UDP/IP. Por no ser un algoritmo basado en tramas, Enhanced apt-X® admite un menor tamaño de los paquetes (tan solo 64 bytes), contribuye a reducir la demora y permite una sincronización más rápida. La capacidad de iniciar la sincronización al recibir la siguiente muestra válida y alcanzar la sincronización plena en 3 ms @  $F_s=48$  kHz asegura una recuperación más rápida de la pérdida de paquetes, de modo que las pérdidas son menos audibles.



## e Gestión y monitoreo

Dada la gran cantidad de variables y las condiciones siempre cambiantes de la red en el campo del audio sobre IP, es vital que las emisoras tengan amplias posibilidades de control y monitoreo. Esto puede lograrse ya sea por medio del control del panel frontal, SNMP o de un paquete de software del sistema de gestión dedicado.

Cualquiera que sea la opción seleccionada, el usuario debe asegurarse de que cuente con las siguientes capacidades:

- Vista instantánea del estado de todos los códecs de la red
- Configuración flexible de los ajustes de audio: algoritmo, tasa de muestreo, velocidad de datos, modo, etc.
- Posibilidad de definir perfiles de audio que permitan la configuración rápida y sencilla
- Configuración flexible del enlace de transporte. En el caso de IP, esto significa configuración del tamaño de los paquetes, el búfer de jitter, las rutas de IP de unicast y multicast, y los enlaces de respaldo
- Supervisión de rendimiento con estadísticas de los paquetes transmitidos y recibidos, la cuenta de errores, los errores de secuencia, etc.
- Posibilidad de definir las condiciones de alarmas críticas, graves y leves relacionadas con problemas como detección de silencios, pérdida de conexión, pérdida de sincronización y desborde del búfer de jitter
- Posibilidad de definir las situaciones que se activan en caso de alarma, p. ej., conmutar automáticamente al respaldo y revertirlo luego de «n» segundos de estabilidad de la secuencia de audio.
- Registro de eventos y de alarmas que permita el análisis de errores recurrentes y el diagnóstico preciso de la red.
- Controles de actualización del software remoto.



*Pantalla de estado de la interfaz del códec de IP de APT que muestra la configuración de audio y el estado actual de la conexión.*

las medidas necesarias para solucionar la situación. En muchos casos, su plan de respaldo puede estar activo y funcionando antes de que usted sepa que ha habido una falla.

ScriptEasy también puede consolidar el monitoreo a partir de los datos recibidos vía SNMP y los controles de E/S tradicionales, y resumir los datos en una vista de panel fácil de usar.

Este panel muestra los estados gráficos simples de muchos parámetros diferentes a través de varias unidades de la red.

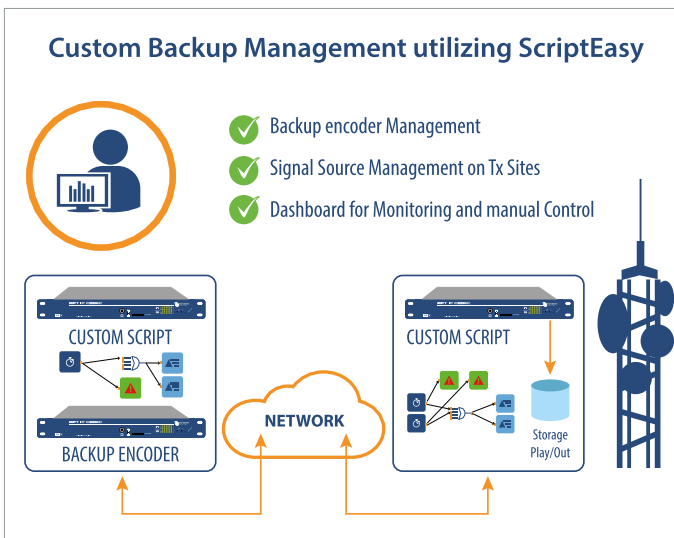
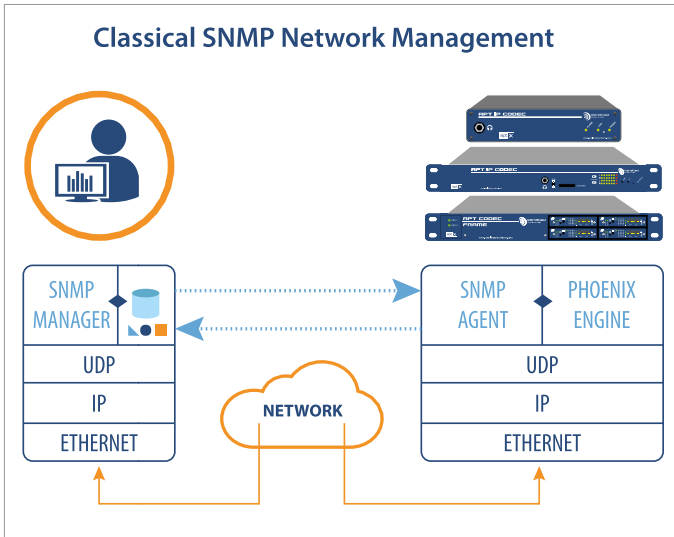
## **f** Inteligencia distribuida

Además de los requisitos básicos de supervisión mencionados, los códecs APT ofrecen una solución sofisticada que genera un mayor grado de inteligencia en la red.

Basados en ScriptEasy, la aplicación inteligente de scripts de nuestra empresa asociada, Audemat, los códecs de APT permiten personalizar el comportamiento del códec y del equipo que lo acompaña, de tal modo que no solo le envíe una alerta en caso de problemas o dudas, sino que al producirse un evento que active la alarma, el sistema pueda tomar automáticamente

## Entre muchas otras cosas, ScriptEasy le permite:

- Crear y administrar diferentes escenarios individuales de respaldo
- Usar el sistema GPI/GPO para configurar la unidad local o remota sobre la marcha
- Recibir confirmación de las acciones iniciadas por SNMP o GPI/GPO
- Definir la secuencia lógica deseada de las condiciones de alarma que iniciarán una acción u originarán una alerta
- Configurar un sistema completo de comunicación SNMP
- Visualizar el estado actual de cualquier dispositivo remoto



# 9. Soluciones de códec de IP de APT

## APT IP Silver

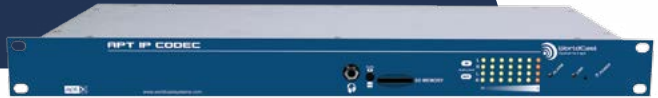


El codificador de IP Silver y el decodificador de IP Silver de APT se combinan para permitir la entrega de contenido de audio sobre redes IP de forma asequible y profesional.

Estas unidades de bajo costo pero gran funcionalidad son perfectas tanto para las aplicaciones de difusión estándar, como STL y monitoreo de confianza, como para la distribución comercial de audio sobre IP para aplicaciones de venta, hotelería, hospitales, campus y muchas más.

- Codificador y decodificador independientes de bajo costo
- Conexiones profesionales XLR
- Unidad compacta 1/2 x 1U
- Los algoritmos estándar incluyen Enhanced apt-X profesional y audio lineal, codificación MPEG 2/4 HE-AAC v1/2
- Tecnología SureStream de APT para un audio sin ninguna dificultad y calidad apta para difusión sobre enlaces públicos de IP, consulte los detalles en la página 69
- Control intuitivo de navegador basado en la web
- Control inteligente con ScriptEasy

## Codec IP APT



Perfectos para aplicaciones críticas y STL, los códecs de IP de APT ofrecen el más completo conjunto de características para

IP, que incluyen tanto nuestra revolucionaria tecnología «SureStream» como el inteligente ScriptEasy.

- Códec profesional de audio sobre IP estéreo duplex
- Compatible con unicast, unicast múltiple y multicast
- Doble puerto IP configurable para respaldo
- Arquitectura basada en DSP para un funcionamiento confiable todos los días del año
- Alimentación redundante
- Amplia gama de algoritmos: Enhanced apt-X, PCM lineal, MPEG 1/2 Layer II, MPEG 4, AAC LC/LD/ELD y MPEG 2/4 HE-AAC v1/2
- Software de gestión de red altamente intuitivo (NMS)
- Servidor web incorporado para el control desde cualquier lugar
- Datos auxiliares integrados para la transmisión de RBDS / RDS o PAD
- Hasta 4 entradas optoacopladas y hasta 4 salidas con relé
- Compatible con SNMP, y registro de alarmas y eventos
- Control inteligente con ScriptEasy
- SureStream para una difusión confiable y con calidad de audio mediante enlaces de internet abierta o publica

# Trama multicanal para audio sobre IP de APT



El códec multicanal de APT (anteriormente conocido como WorldNet Oslo) es la plataforma preferida por las emisoras de radio para el transporte de múltiples canales de audio, datos y voz a través de redes IP o E1/T1. Con un enfoque modular, de plataforma única, con varias capas de redundancia, y escalabilidad y flexibilidad excepcionales, es la solución perfecta para STL, TSL, aplicaciones de difusión remota, backhaul y enlace de estudios.

El códec multicanal de audio sobre IP de APT admite hasta 16 canales de audio en una sola unidad de rack, y aún más streams de IP cuando se usan las tecnologías de multicast o unicast múltiple. El bastidor de 1U de APT puede contener hasta 4 módulos de audio sobre IP, cada uno equivalente a un códec dúplex estéreo independiente, con una combinación de audio, transporte doble IP y datos auxiliares integrados.

- Sistema flexible y escalable
- Transporta hasta 2 canales de audio estéreo por módulo
- Entrega hasta 24 secuencias de audio por módulo
- Cuatro dominios de reloj independientes por módulo
- Baja demora, Enhanced apt-X o audio lineal puro más otras opciones de codificación
- Arquitectura basada en DSP para funcionar las 24 horas todos los días del año
- Alimentación redundante
- Módulos intercambiables «en caliente»
- Interfaz gráfica web integrada, a la que se puede acceder desde un navegador web o el NMS
- Datos auxiliares y GPI/GPO
- Ofrece un rango completo de formatos de audio: simple, dúplex, AES/EBU, AES/EBU con respaldo analógico, analógico con HI/LO o impedancia de 600 Ω.
- Funcionamiento punto a punto o punto a multipunto
- Compatibilidad con una variedad de protocolos, entre ellos: UDP RTP/RTCP, SIP/STUN#, SAP#, DHCP, DDNS, NTP, IGMP, ICMP, etiquetado VLAN#, SNMP, UPnP
- Tecnología premiada SureStream

## APT SureStreamer



Para las emisoras que desean beneficiarse con los ahorros de costos y la confiabilidad que ofrece SureStream pero no quiere invertir en nuevo hardware de códec, APT SureStreamer es la solución perfecta. Se ubica delante de los códec de audio sobre IP de puerto único y habilita el uso de conexiones IP fácilmente asequibles para lograr un audio de calidad de difusión sin interrupciones, problemas ni pérdidas. Continúa suministrando las secuencias de

audio sin interrupciones, incluso cuando uno de los enlaces contribuyentes sufre una pérdida total de conexión. Mediante el uso de dos conexiones a internet independientes, ambas cableadas o una cableada y una inalámbrica (p. ej., DSL + 3G/4G), APT SureStreamer garantiza que se reciba una secuencia reconstruida perfecta, con la fiabilidad y la calidad de audio que se esperan de E1/T1, pero con conexiones fácilmente asequibles a la Internet pública.



## 10. Tecnología SureStream

# SureStream resumido

A lo largo de este folleto, hemos destacado que se obtienen muchos beneficios al migrar a las redes IP, pero que estas también le plantean muchos desafíos a las emisoras de radio. No se puede desmontar la T1 y sustituirla al día siguiente con DSL. Por eso, es necesario encontrar una forma inteligente de explotar las ventajas de IP sin sufrir los inconvenientes.

La tecnología SureStream de APT es un enfoque innovador y ganador de varios premios, que actualmente permite que las emisoras de todo el mundo transporten sus contenidos de audio sobre redes IP públicas.

### **SureStream le permite:**

#### **a Ahorre dinero:**

Al sustituir los enlaces sincrónicos o administrados de IP con la internet pública, puede ahorrar hasta un 90 % del costo de sus facturas de transporte de audio y generar un retorno de su inversión en menos de 6 meses.

#### **b Suministre audio de alta calidad:**

La calidad de audio de la estación no debe sacrificarse por ahorrar costos. SureStream permite mantener la alta calidad de audio de forma constante sin pérdidas ni jitter.

#### **c Mantenga un retraso constante**

En la transmisión de audio profesional no es aceptable la variación o alteración de la demora de la señal. La capacidad de mantener la demora en un nivel bajo constante es particularmente útil para aplicaciones remotas de difusión e inserción de contenido.

#### **d ¡Relájese!**

SureStream le ofrece las mismas condiciones de tiempo de actividad y la confiabilidad que los mejores servicios de las empresas de telecomunicaciones. No solo le brinda protección contra pérdidas y problemas técnicos, sino también contra una pérdida completa de la conexión. Con SureStream, Internet constituye, finalmente, una alternativa viable a las redes sincrónicas existentes como T1, E1 e ISDN, sin comprometer el sonido de la estación.



**SURESTREAM**

## ¿Ya lo escuchó?

Esto puede sonarle familiar. Hay otros que dicen que ofrecen el mismo tipo de solución, pero SureStream adopta un enfoque completamente único que combate TODOS, no solo algunos, de los problemas de las redes IP. Tenga cuidado con los siguientes métodos que algunos fabricantes ofrecen:



### 1 Escalar el ancho de banda

Para algunos, el objetivo clave es garantizar la continuidad de servicio, por eso emplean esquemas que reducen la calidad del audio o ajustan el retraso en función de la disponibilidad de ancho de banda o el rendimiento del enlace. Este enfoque asegura la entrega pero sacrifica la calidad constante del audio y la demora constante. ¡SureStream no funciona así!



#### Escalar el ancho de banda

Sacrifica la constancia de la calidad de audio

### 2 Conmutación de enlaces

Un enfoque diferente que algunos ofrecen se llama conmutación de enlaces: un códec monitorea dos enlaces independientes y conmuta automáticamente al que ofrece la mejor calidad de enlace. Se asume que el desempeño pasado del enlace es un indicador adecuado del desempeño futuro y deja el enlace vulnerable a una pérdida de conexión en cualquier momento de la entrega. ¡SureStream no funciona así!



#### Conmutación de enlaces

Deja el enlace vulnerable a una pérdida de conexión

### 3 Latencia variable

Llamada a veces búfer elástico, la latencia variable causa problemas para las transmisiones remotas, y afectará la intercomunicación natural con el estudio. También resulta difícil garantizar la sincronización de la inserción de contenido local para enlaces de estudio a transmisor y enlaces de distribución de audio. ¡SureStream tampoco funciona así!



#### Latencia variable

Problemas de inconsistencia de la intercomunicación y la inserción de contenido

SureStream es único en el mercado y, a diferencia de los enfoques mencionados; no compromete ningún área. Entrega:

- Streaming robusto e ininterrumpido
- Latencia baja y constante
- Alta calidad de audio de forma constante

Todos usan enlaces IP estándares. Y no solo enlaces de ADSL estándar, sino también 3G y 4G inalámbricas, LAN, WAN y Wi-Fi también.

## ¿Cómo funciona SureStream?

Bien, en primer lugar, SureStream aprovecha el comportamiento natural de los paquetes IP.

La ruta de un paquete IP es impredecible y dependerá de los enrutadores y conmutadores que atraviese. Por lo tanto, si enviamos dos secuencias desde la misma fuente al mismo destino, recorrerán el trayecto con patrones muy diferentes, y aumentará la fiabilidad y la resistencia del sistema.

Las secuencias duplicadas son un buen comienzo, pero no suficientes para el tipo de perfección que buscamos. Del lado del codificador, SureStream emplea una cantidad de técnicas patentadas que optimizan la entrega de todas las secuencias a lo largo de la red.

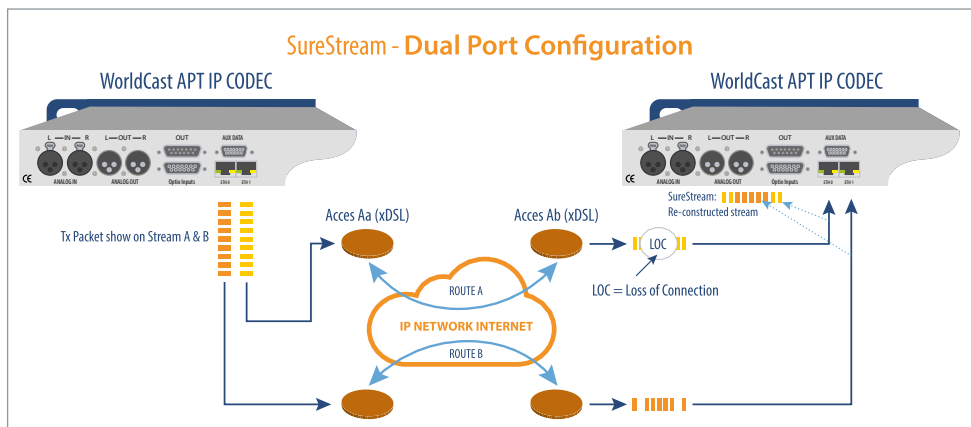
Luego, ¡es del lado del receptor donde SureStream realmente despliega su magia! A partir de las múltiples secuencias recibidas, el motor de resecuenciación avanzada de APT produce una secuencia perfectamente

reconstruida, sin interrupciones. ¡Audio perfecto en una red imperfecta!

Además, SureStream le permite configurar un nivel de búfer que compensará cualquier jitter. Una vez ajustada, la demora es constante, y permite la reproducción continua.

## ¿Dónde se puede utilizar?

SureStream funciona bien en un solo enlace IP para transmisiones remotas sin preparación o desde exteriores, pero para los enlaces críticos del transmisor del estudio y contribución o distribución de audio, recomendamos el uso de dos enlaces de diferentes proveedores para asegurar un desempeño óptimo capaz de rivalizar con los mejores servicios (de 99.999 %) ofrecidos por empresas de telecomunicaciones. Con dos enlaces separados, no solo se protege contra las condiciones de red sino también contra la pérdida de conexión.



# La primera elección de las emisoras para audio sobre Internet pública



SureStream le brinda la confiabilidad y calidad de audio de una T1, utilizando solamente enlaces economicos de internet. Actualmente, cientos de enlaces de SureStream están activos en las redes de emisoras en los Estados Unidos y en todo el mundo.

Para descubrir lo que SureStream puede hacer por usted, ¡visite

[www.surestream.ws](http://www.surestream.ws) !

*«No hemos perdido un solo paquete de audio ni cierre de GPIO desde que empezamos a funcionar hace más de 10 meses, y nuestros enlaces de red cuestan la mitad que una T1 de punto a punto.»*

**Andrew Stern**  
Cumulus San Francisco



*«No tenemos pérdidas de audio por errores de relés, problemas técnicos u otras anomalías, desde que el decodificador SureStream despliega su magia.»*

**Larry Holtz,**  
All Classical Radio, Oregon

*All Classical*

*«La tecnología SureStream ha hecho posible algo que convencionalmente se creía imposible: tener un enlace de una alta calidad de audio en tiempo real sobre Internet pública.»*

**Dan Houg, KQXE /**  
Northern CommunityRadio



contact@worldcastsystems.com  
Tél. internacional : +33 5 57 928 928  
Tél. para América : +1 305 249 3110  
[www.worldcastsystems.com](http://www.worldcastsystems.com)

# Resumen

El desarrollo de códecs de audio sobre IP ha recorrido un largo camino en los últimos 13 años. Podemos concluir ahora que el uso de IP como una tecnología de difusión ya no es nuevo, ¡ni es considerado riesgoso! Los beneficios, desde la escalabilidad hasta el ahorro de costos, son bien conocidos y aceptados por la mayoría.

Las aplicaciones de la tecnología de los códecs IP son ilimitadas, desde contribución y distribución de audio, usos remotos y STL, todo está cubierto.

Considere la gama de aplicaciones, la variedad de tipos de redes, las crecientes velocidades y el aumento de la disponibilidad de todas las formas de conectividad de IP, la cantidad de opciones que se ofrecen a los ingenieros de radiodifusión que trabajan en el campo de la radio para enviar el audio de A a B, ¡y de A a B hasta Z!

Sin embargo, como ya hemos dicho, todavía quedan desafíos por delante. Se pueden superar estos desafíos recurriendo a un socio de códecs de audio que actúe como consultor y orientador, si usted no tiene experiencia, y que pueda buscar soluciones capaces de adaptarse sin problemas para proteger el audio contra la naturaleza «no regulada» de muchos enlaces IP. Lleve a cabo una planificación previa a la implementación y consulte nuestra lista de puntos puestos a consideración en esa sección, esto le ayudará a elegir entre la siempre creciente variedad de opciones disponibles.

Por último, esperamos que este manual básico ampliado de audio le haya resultado útil e informativo. Como dijimos al principio, el espíritu de este folleto es informar a los profesionales de la radiodifusión desde una perspectiva amplia.

Con la intención de informar no solo a los ingenieros que todavía no han implementado un códec de audio sobre IP, sino también aquellos que están manejando entornos de tipo AES67 y que han migrado hace tiempo todos los códecs a IP. Por favor, guarde este folleto como una herramienta de referencia práctica y no dude en ponerse en contacto con WorldCast Systems para discutir proyectos o implementaciones. ¡Nos encantaría ayudar!

*El equipo de WorldCast Systems*



## Kevin Campbell

Director de Ventas de APT en APAC Américas

Kevin Campbell tiene una experiencia acumulada de 15 años en telecomunicaciones y radiodifusión. Comenzó como ingeniero administrador de redes a cargo de redes SDH, ATM e IP, y, hace 12 años, pasó a ser gerente de atención al cliente de los códecs de APT WorldCast Systems. Durante los últimos 11 años, Campbell ha desempeñado diferentes roles comerciales dentro de APT WorldCast Systems, entre ellos, Gerente de Ventas de Europa, Vicepresidente de Operaciones en Norteamérica, y su cargo actual, Director de Ventas de APAC/Américas.

Durante ese tiempo ha acumulado una rica experiencia en proyectos de distribución en todo el mundo,

basados en audio sobre ip y códecs. En los últimos años ha entregado algunos de los mayores proyectos de códecs IP a nivel global; entre ellos, un proyecto de € 750.000 para NHK en Japón, para monitorear la red de transmisores de AM de importancia estratégica nacional, y un proyecto de € 500.000 para un destacado proveedor de música para tiendas de Estados Unidos.

Ha presentado ponencias sobre tecnologías de codificación de audio y de IP a nivel mundial en conferencias internacionales, como NAB, NAB Radio, AES USA y AES Europa. Campbell tiene un título de grado de la Universidad de Strathclyde, Glasgow y un posgrado de la Universidad de Ulster, Belfast.

*Kevin Campbell*

[campbell@worldcastsystems.com](mailto:campbell@worldcastsystems.com)



## Hartmut Foerster

### Gerente de producto

Hartmut Foerster ha estado asociado con APT WorldCast Systems desde 1992 cuando la empresa lo designó como principal distribuidor de códecs de audio en Alemania y Austria.

Fue pionero en el concepto de los códecs de audio como dispositivos aptos para transmitir audio de calidad profesional para la radiodifusión sobre enlaces de telecomunicaciones y largas distancias, con ISDN y X.21. También fue un defensor del algoritmo Enhanced apt-X en el ámbito de MPEG, transformando al códec en el

estándar de hecho dentro de un sector significativo del grupo ARD y de la EBU.

Desde su incorporación a la empresa en el año 2004, ha dirigido la serie de códecs de APT, desde el exitoso códec multicanal Oslo hasta nuestras soluciones de actuales de códecs de audio IP NextGen, líderes en todo el mundo, y la reconocida tecnología SureStream. Foerster es un colaborador habitual del foro EBU NACIP que trabaja en la interoperabilidad y los estándares de los códecs

*Hartmut Foerster*

[foerster@worldcastsystems.com](mailto:foerster@worldcastsystems.com)



## **Tony Peterle**

**Gerente WorldCast Systems Inc**

Tony Peterle ha estado relacionado con la radiodifusión durante cinco décadas (hasta ahora), como presentador y como experimentado ingeniero en jefe. Tony trabajó en los mercados del medio oeste, Hawaii y el noroeste del Pacífico antes de unirse a Worldcast Systems en 2005. Originalmente, fue la persona de contacto para la asistencia a los clientes en EE. UU., y hoy en día, Tony es Gerente de Worldcast Systems, Inc., y aún sigue asesorando a clientes en todo el mundo, tanto por temas previos a la compra, como para la instalación y asistencia técnica de toda nuestra línea de productos.

Tony ha ayudado en la implementación de muchas grandes redes de monitoreo y control, varias de ellas sobrepasando los \$ 500.000 de

inversión, y la implementación de la red de códecs de audio sobre IP para un gran proveedor de música para tiendas, un proyecto que ha superado, hasta el momento, los \$ 750.000. Tony ha presentado ponencias técnicas en numerosas reuniones de SBE y en muchas conferencias educativas de SBE Ennes y ha colaborado con un curso sobre el uso de SNMP para sistemas de monitoreo y control en la Universidad de SBE.

Tony también ha sido invitado a presentar ponencias técnicas en la Universidad de Columbia, las conferencias técnicas de difusión de NAB, en muchos países de América Latina y, en 2014, en la Sociedad de Tecnología de la Radiodifusión de IEEE.

*Tony Peterle*

[peterle@worldcastsystems.com](mailto:peterle@worldcastsystems.com)



# **NOTAS**

A series of horizontal dashed lines for writing notes, spanning the width of the page.



## WorldCast Systems

20, av. Neil Armstrong  
33700 Mérignac  
Bordeaux-Métropole  
France

☎ +33 557 928 928

✉ [contact@worldcastsystems.com](mailto:contact@worldcastsystems.com)

## Oficina en el Reino Unido

Whiterock Buisness Park  
729 Springfield Road  
Belfast, BT12 7FP  
Royaume-Uni

☎ +44 28 90 677 200

✉ [info@aptcodecs.com](mailto:info@aptcodecs.com)

## WorldCast Systems Inc

19595 NE 10th Avenue Suite A  
Miami, FL 33179  
ÉTATS-UNIS

☎ +1 305 249 3110

✉ [ussales@worldcastsystems.com](mailto:ussales@worldcastsystems.com)



10,00 €

[www.worldcastsystems.com](http://www.worldcastsystems.com)