

# TRANSMISIÓN DIGITAL DE AUDIO SOBRE REDES ETHERNET

HORACIO H. CONTRERA<sup>1</sup> y JULIO A. VILCA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Ingeniería Electrónica, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional (FRC, UTN),  
Maestro López Esq. Cruz Roja Argentina. CP X5016ZAA. Córdoba, Argentina.  
hernan\_c47@hotmail.com, julio.xt225@gmail.com

*Resumen – Originalmente la transmisión de audio multicanal se realizó utilizando señales analógicas en líneas balanceadas blindadas. Este sistema presentaba múltiples desventajas como: elevado costo, empleo de una línea balanceada por cada canal de transmisión, baja inmunidad al ruido, desgaste mecánico de conectores y líneas, entre otros. Actualmente, es posible digitalizar canales de audio y enviarlos por redes digitales lo cual introduce múltiples ventajas. Este trabajo describe los conceptos básicos de la transmisión de audio digital, abarcando transmisiones simples punto a punto hasta transmisiones multicanal a través de redes Ethernet.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Como consecuencia de los avances tecnológicos de las últimas dos décadas, y en particular, al aumento de las velocidades de funcionamiento de los sistemas electrónicos, actualmente es posible digitalizar canales de audio y enviarlos a gran velocidad por redes digitales ya implementadas, sin deteriorar la calidad de sonido [1]. Esto último permite sistemas de audio con mejores prestaciones, pero con complejos procesamientos de señal. El método de transporte de audio se basa en la codificación y decodificación digital de la señal de audio, para poder transportar esta información de un lugar a otro.

Esta forma de transportar canales de audio introduce múltiples ventajas como: flexibilidad para re-direccionamiento de canales, facilidad de copiar canales de audio, reducción del material usado (conductores, conectores, etc.) por disponer de múltiples canales en una sola línea, control y monitoreo de las señales de audio, menor costo de implementación, y mayor inmunidad al ruido eléctrico que se introduce a través de las líneas en transmisión, por el empleo de señales digitales.

En este trabajo se analizan y comparan protocolos de transmisión de audio para redes ethernet y otros tipos de protocolos con sus respectivas interfaces.

## 2. TRANSMISIÓN DE AUDIO DIGITAL

La interconexión directa entre los dispositivos de audio digital, fue estandarizada por la interfaz AES/EBU (Audio Engineering Society/European Broadcasting Union) para equipos de audio digital profesional, y la interfaz S/PDIF (Sony/Philips Digital Interface Format) para los equipos de uso comercial. Estas normas se extendieron al publicarse la norma MADI (Multichannel Audio Digital Interface) ó AES 10 para interconexiones multicanal.

Todos estos trabajan el audio sin comprimir en PCM (Pulse Code Modulation) [2].

Como las redes informáticas son cada vez más utilizadas para propósitos de audio. Este puede transmitirse en redes como ethernet, ISDN, ATM e internet. Aquí la compresión de datos puede o no ser utilizada, por lo que la transmisión podrá ser en tiempo real ó diferido.

Cualquiera sea el medio de transmisión, un requisito universal es un sistema de sincronización fiable. En los sistemas basados en PCM, la sincronización de la velocidad de muestreo entre las fuentes es necesaria. En las redes basadas en paquetes, la sincronización permite que la tasa de muestreo original se establezca en el receptor, a pesar de la entrega de paquetes intermitente. En los sistemas de televisión digital, la sincronización entre la imagen y el sonido es un requisito adicional.

### 2.1 Protocolos para transmisión de audio digital

Las interfaces tratadas en este punto son las más importantes en la transmisión de audio en formato digital, sin tener en cuenta las que usan redes ethernet que se desarrollan en otra sección.

#### 2.1.1 AES3

La interfaz AES3 también conocida como AES/EBU es una interfaz de comunicación pensada para transmitir en tiempo real señales digitales de audio, sin compresión entre dispositivos de audio. La misma fue diseñada para transportar audio digitales sin compresión en PCM. Cada muestra es cuantificada a 20 ó 24 bits de resolución, y las frecuencias de muestro usadas pueden ser de 48 kHz o 44,1 kHz [3].

Los datos de audio se muestrean y cada muestra se coloca entonces dentro de una palabra de longitud fija utilizando PCM. Las recomendaciones describen

dos muestras, una de cada uno de los dos canales estéreo, colocados dentro de un *subframe* de 32 bits y transmitida a través de un período de muestra.

Dentro de estos subframes además de un canal digital correspondiente se colocan otros datos de información y control. A cada uno de los bits que componen ésta palabra se les llama *time slots*. Los subframes se unen por parejas (canal de audio derecho + canal de audio izquierdo) formando *frames*. A su vez éstos se agrupan en grupos de 192 frames formando las unidades de más alto nivel conocidas como audio *blocks*, ver figura 1.

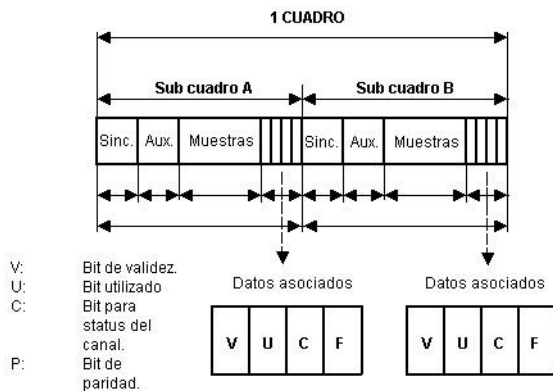


Figura 1: Trama de datos AES3

La señal de datos que se trasmite tiene niveles de tensión que puede ser de 3 a 10 V y se codifican en un esquema de marca bi-fase, ver Figura 2, como por ejemplo el mecanismo de codificación Manchester permitiendo recuperar la señal del reloj permitiendo el sincronismo entre dispositivos.

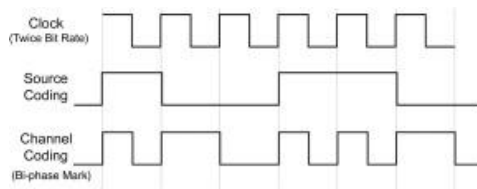


Figura 2: Codificación de bi-fase usada en AES3

Para la transmisión de datos mediante AES3 la conexión física se realiza por una línea balanceada de 3 hilos conductores, con par trenzado y una impedancia característica de 110 Ohms terminando en un conector XLR-3.

### 2.1.2 S/PDIF

La Interfaz Sony/Philips Digital Interface Format se basa en el estándar profesional AES3 ya descrito, a nivel de protocolo S/PDIF es idéntico a AES3 diferenciándose de esta principalmente en la capa física, se observa en la Tabla 1 las diferencias.

Según las especificaciones de S/PDIF la conexión entre equipos pueden estar basados en cable coaxial, utilizando en este caso conectores RCA o BNC, donde los niveles de tensión van desde 0,5 a 1 V y en fibra óptica, donde los conectores serán del tipo TOSLINK [3]. El uso de la versión óptica está más extendido debido a su inmunidad al ruido eléctrico.

Características	AES3	S/PDIF
Nivel de señal	3 a 10 V	0,5 a 1 V
Conector	XLR de 3 pines	RCA, BNC o Toslink
Cableado	Par trenzado (110 Ω)	Coaxial (75 Ω) o fibra óptica

Tabla 1: Diferencias entre AES3 y S/PDIF.

### 2.1.3 AES10

La interfaz AES10 o MADI también se basa en las recomendaciones AES3-1985 y está diseñado para ser transparente a los datos AES/EBU. Esta permite hasta 56 canales de audio, utiliza transferencia en serie de la información y una velocidad de transferencia elevada debido la mayor cantidad de datos con respecto AES/EBU. La velocidad de transferencia de datos especificada es de 125 MB/s, independientemente de la frecuencia de muestreo o el número de canales [3].

A fin de lograr similitud con las recomendaciones AES3, AES10 utiliza la misma estructura básica subtrama, ya sea con 20 o 24 bits de datos de audio, junto con la estructura de estado al igual que AES3. Con el fin de transmitir múltiples canales, hay algunas diferencias importantes, una de ellas son los primeros 4 bits de la subestructura se utilizan como información de cabecera a diferencia con AES3 que eran para el inicio fin de la codificación de bi-fase. Además, las tramas AES/EBU están unidas entre sí para formar una trama MADI que contiene hasta 56 subtramas tipo AES/EBU, ver figura 3.

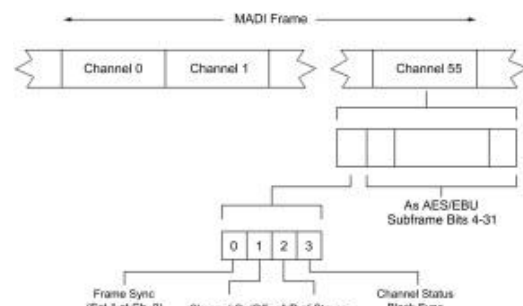


Figura 3: Trama MADI ó AES10

Al igual que en AES3, el audio se muestrea y codifica en PCM y se coloca dentro de una palabra de longitud fija. Dentro de la trama MADI, las muestras de audio no deben utilizar diferentes tipos de muestreo entre canales, así que cuando hay un cambio de frecuencia de muestreo de un canal se requiere que todos los canales lo hagan a la vez, para mantener la sincronización.

Los canales de audio están correctamente identificados en la trama mediante el uso de un simple proceso de orden, es decir cada canal tiene siempre la misma posición dentro de la trama por lo tanto se requiere una tasa de datos constante en el canal de comunicación, y un mecanismo de relleno para completar los canales vacíos no utilizados. Con este esquema de direccionamiento no hay necesidad de direcciones dentro de la estructura de la trama, reduciendo el tamaño de la misma.

## 2.2 Parámetros relevantes para la transmisión de audio en vivo

Los parámetros analizados son de importancia para la transmisión de audio en vivo sobre redes de datos, ya que esta situación introduce mayores exigencias.

### 2.2.1 Latencia

En redes de datos se denomina latencia a la suma de retardos temporales dentro de la red. Un retardo es producido por la demora en la propagación y transmisión de paquetes dentro de la misma, también a medida que las redes crecen también lo hace el retraso [4]. En los sistemas de audio digital la conversión AD/DA y el procesamiento mediante DSP (Digital Signal Processor) causa aproximadamente un tercio de la latencia del sistema total. La latencia total del sistema debe ser considerada y manejada con cuidado para garantizar la mejor calidad de sonido.

En aplicaciones de *In-Ear Monitor* las cuales son las más exigentes ya que requieren mínimas latencias de cualquier tipo, una latencia de 1 a 5 ms puede provocar efectos de filtro peine, y por encima de 5 ms puede ser percibido como reverberación. Por lo cual para redes de transmisión de audio digital en vivo la latencia es un factor importante y a tener en cuenta.

### 2.2.2 Redundancia

Los sistemas de transmisión redundantes realizan conexiones con el mismo origen y destino, ya que si por algún motivo alguna dejara de funcionar o colapsara, inmediatamente la otra tendría que ocupar su lugar y realizar las tareas de la anterior, presentando una solución a los problemas de protección y confiabilidad de sistemas de transmisión de audio digital [4].

### 2.2.3 QoS

Quality of Service (QoS) es la capacidad de dar un buen servicio por lo tanto está asociado con las tecnologías que garantizan una transmisión de cierta cantidad de información en un tiempo con seguridad [3]. Es decir que parámetros como los destacados anteriormente la latencia y la redundancia determinan la calidad del servicio entre otros.

## 3. ETHERNET Y NORMA IEEE 802.3

Ethernet es utilizando en todo el mundo como norma para construir redes de información, y prácticamente todos las computadoras personales que se venden actualmente tienen un puerto Ethernet incluido, esto le ha dado un atractivo para el desarrollo de redes de audio sobre este protocolo que fue estandarizado como 802.3 por el IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

### 3.1 División de normas

Desde el año 1980 varias organizaciones se han involucrado en la elaboración de normas para

estandarizar las diferentes versiones de Ethernet. El alcance de IEEE se encuentra en la capa de enlace de datos que se han subdividido en el control de enlace lógico, LLC (Logical Link Control) y el control de acceso al medio, MAC (Media Access Control).

#### 3.1.1 Estándar para la capa física

En la capa física tanto TIA (Telecommunications Industry Association) como EIA (Electronic Industry Association) se unieron para desarrollar normas para los distintos medios de transmisión, como la conocida serie de cables de cobre CAT [5]. Las distintas categorías de estos cables definen el uso y la velocidad de transmisión, un ejemplo es el CAT5 que soporta señales hasta 100 MHz y datos hasta 155 MHz en uso 10 BASE-T, 100 BASE-T.

#### 3.1.2 Estándar para la capa de red

Los estándares para la capa de red y superiores están definidos por cada organización. Por ejemplo en un entorno TCP/IP los estándares son definidos por la IETF (Internet Engineering Task Force).

La Figura 4 ilustra como las normas relacionadas con ethernet encajan dentro de la interfaz de estándares abiertos (OSI), modelo desarrollado por la ISO (International Organization for Standardization).

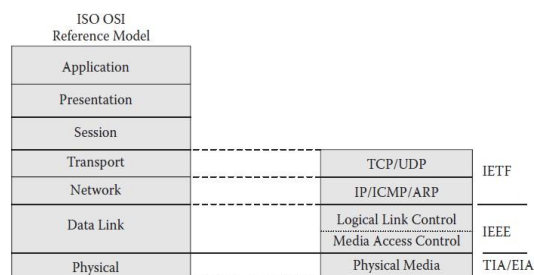


Figura 4: Relación de Ethernet a OSI

La línea de trazos en la capa física representa el hecho de que los estándares IEEE 802 incluyen la definición de muchos aspectos de la operación en la capa física [5].

#### 3.1.3 Estándar para la capa de enlace de datos

La tarea principal de la capa de enlace de datos es la transferencia de datos desde la capa de red de un dispositivo hacia la capa de red de otro dispositivo. Además, la capa de enlace de datos convierte la cadena de bits de la capa física en grupos de bits, que forma bytes que a su vez forman los campos de una trama. En un entorno LAN IEEE está subdividida la capa de enlace de datos en subcapas, control de enlace lógico (LLC) y control de acceso al medio (MAC) [5].

##### 3.1.3.1 Control de enlace lógico

La subcapa LLC maneja el control de errores, control del flujo, entramado, control de diálogo y direccionamiento de la subcapa MAC. El protocolo LLC más generalizado es IEEE 802.2, que incluye

variantes no orientado a conexión y orientadas a conexión local, ver figura 5.

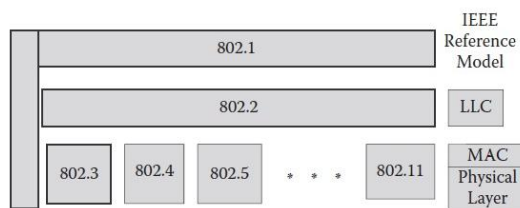


Figura 5: Familia de normas del estándar IEEE 802

### 3.1.3.2 Control de acceso al medio

La transmisión y recepción de datos se controla a través de la subcapa MAC. Las redes Ethernet más modernas pueden funcionar en modo half-duplex o full-duplex dependiendo si la capa física es compatible con estos modos.

La subcapa MAC recibe datos de las capas superiores y encapsula los datos en el formato de trama Ethernet. En la dirección opuesta, las tramas recibidas son de-encapsuladas y los datos se pasan a las capas superiores. Debido a que la capa MAC es independiente de la capa física sólo se necesita conocer la velocidad de esa capa y no importa mucho acerca del tipo de capa física en uso [5].

## 3.2 Protocolos MAC

Hay dos protocolos MAC definidos para la mayoría de las versiones de ethernet: half-duplex y full-duplex. El half-duplex se refiere a la transmisión de datos en una dirección a la vez y utiliza el protocolo CSMA/CD.

Las operaciones half-duplex eran el único modo de transmisión con el soporte de bus-based ethernet y redes que necesitan el uso de repetidoras para detectar las colisiones. Con el uso de dispositivos de par trenzado sin blindaje y, después, de múltiples filamentos de fibra se hizo posible transmitir y recibir simultáneamente, esta técnica es conocida como transmisión full-duplex. De este modo, el modo full-duplex permite el intercambio de datos entre dos estaciones al mismo tiempo a través de una conexión punto a punto que proporciona independencia de transmisión y recepción. En efecto, el rendimiento total de la conexión se duplicó, sin embargo, la mayoría de las estaciones de trabajo rara vez deben transmitir y recibir simultáneamente, sólo conexiones de servidor a una red LAN se pueden beneficiar de una conexión full-duplex [5].

### 3.2.1 El protocolo CSMA/CD

Las redes Ethernet CSMA/CD, están formadas por un canal donde se conectan las distintas estaciones. Una estación que desea transmitir espera a que el canal esté libre de portadora (Carrier Sense), se emplea el método CSMA 1- persistente (escuchando mientras se habla "Listen While Talk", LWT). Si el canal está libre de portadora la estación puede empezar con la transmisión. Si está ocupado se espera a que este libre y luego de un retardo de 9,6 µs

(separación intertramas) comenzara a transmitir. Siempre se monitoriza el canal mientras se transmite. Si otro empieza simultáneamente a transmitir se produce una colisión. Ante una colisión se para la transmisión, se trasmite una breve señal de interferencia (32 bits) para que todas las estaciones sepan que hubo una colisión. Se espera un tiempo aleatorio para retransmitir y se reintenta. El límite son 16 reintentos y luego se descarta el paquete, red sobrecargada. En la figura 6 se observa el diagrama de flujo descrito por el método CSMA 1-persistente [6].

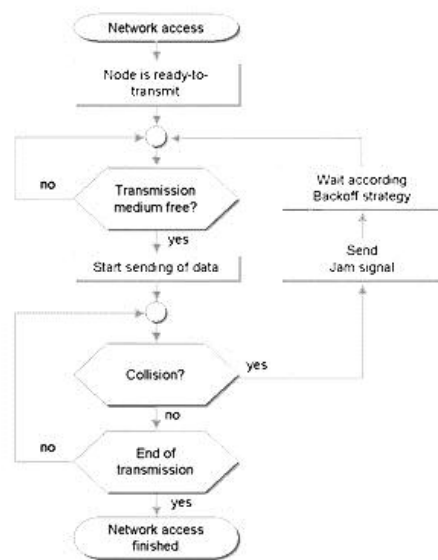


Figura 6: Diagrama de flujo de CSMA/CD

## 4. PROTOCOLOS DE TRANSMISIÓN DE AUDIO POR ETHERNET

La transmisión de audio a través de Ethernet requiere una red de alto rendimiento, los requisitos que pueden ser satisfechos a través del uso de una red dedicada. Hay varios protocolos utilizados para transportar audio digital, todos ellos utilizan estándares propietarios e incompatibles, aunque estos se basen en el estándar IEEE 802.3 son incompatibles a nivel de transporte y aplicación, no así en las capas más bajas del sistema OSI, pudiendo utilizar: routers, convertidores de medios, Cables CATV, fibra óptica, entre otros productos orientados a las redes Ethernet. Los protocolos más destacados son:

- CobraNet
- EtherSound

Además de estos existen otros no muy difundidos como:

- Soundweb
- AES51
- REAC
- Hydra

### 4.1 CobraNet

Peak Audio (CobraNet) ideó un esquema para transmitir audio digital con un determinado QoS en tiempo real en torno a una infraestructura física que

cumpla con las recomendaciones de fast ethernet 100 Mbits/s.

En la capa física, las redes CobraNet adoptan 100 Mbits/s de cableado Ethernet estándar y es capaz de transmitir simultáneamente hasta 128 canales de audio digitalizado en formato PCM a una frecuencia de muestreo de 48 kHz y 20 bits de resolución.

#### 4.1.1 Normas y administración

CobraNet es una marca registrada por Peak Audio. Se ofrece como una tecnología con licencia para el transporte de múltiples canales de audio y datos de control [3].

##### 4.1.1.1 Capa física

La diferencia fundamental entre el transporte de datos digitales y audio digital, se plantea en la definición de una red determinística, más que aleatoria.

La incapacidad del protocolo Ethernet IEEE 802.3 para ofrecer una red determinista sumado a la carga impuesta por la comprobación de errores de la capa de enlace de datos lo hace inadecuado para la transmisión de audio digital, ya que es necesario recomponer los datos de audio en un tiempo mínimo para mantener inalterada la señal de audio [1].

La solución de CobraNet es evitar una red aleatoria mediante la imposición de un nuevo conjunto de reglas en el algoritmo Ethernet CSMA/CD, de esta forma se organiza la transmisión de datos y como consecuencia se eliminan las colisiones. Sin colisiones en tiempo real, se logra mejorar el rendimiento y la mayor utilización de una red Ethernet [3].

##### 4.1.1.2 Capa de enlace de datos

La subcapa adicional para el mecanismo CSMA/CD del protocolo IEEE 802.3 se conoce como O-persistente, y se encuentra en la capa de enlace de datos, ver Figura 7.

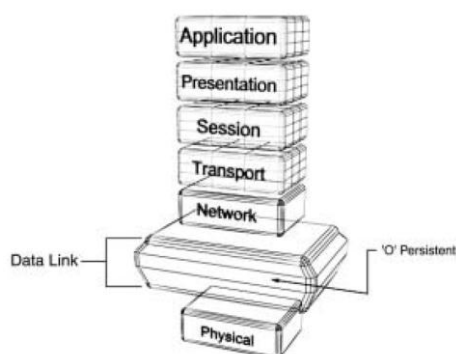


Figura 7: Capa o-persistente (CobraNet)

Los dispositivos que no implementan las reglas de O-persistente no pueden utilizar la misma red, ya que pueden provocar colisiones y una vez más dar lugar a la invocación mensajes confusos o tiempos indeterminados de espera. Las transmisiones son pre-seleccionadas por la nueva subcapa y las capas

superiores a esta son descartadas y reemplazadas con nuevas soluciones de capa de red [3].

##### 4.1.1.3 Tipos de paquetes

CobraNet utiliza tres tipos de paquetes básicos. Todos los paquetes están identificados con un identificador de protocolo único (0x8819) asignado a Peak Audio.

*Beat packet:* contiene los parámetros de funcionamiento de la red, la base de tiempo común a todos los dispositivos y los permisos de transmisión. El beat packet se transmite desde un dispositivo CobraNet único en la red e indica el inicio del ciclo isócrono. El beat packet pesa alrededor de 100 bytes en una red típica, aunque esto aumenta dependiendo del número de canales activos [3].

*Data packet:* son paquetes enviados por cada dispositivo de la red una vez que reciben el beat packet, a partir de lo cual ocurre la transmisión de un bundle de audio por cada beat packet, recibido si los parámetros de latencia son estándar. Data packet pueden ser multicast o unicast (a una sola estación) y contiene información de audio [3].

*Reservation packet:* estos paquetes son transmitidos cuando los dispositivos lo necesitan o, en su defecto al menos una vez por segundo. Su función es iniciar las interconexiones de todos los dispositivos CobraNet, controlar el status de la banda ancha y monitorizar la correcta operación de cada dispositivo de la red [3].

#### 4.1.2 Transmisión de audio digital

La transmisión de audio digital se puede clasificar en tres tipos, según la forma de enviar los paquetes de información: transmisión asíncrona, síncrona e isocrónica.

La transmisión isocrónica se basa en acuerdos mutuos de funcionamiento entre un nodo actuando como servidor y otro como cliente. Este acuerdo especifica: disponibilidad de ancho de banda, latencia en las comunicaciones y posibles variaciones a esta latencia. La clave del correcto funcionamiento de éste método, radica en emular un medio de transporte sincrónico mediante la distribución de un reloj de sincronismo común, en forma de paquete denominado *beat packet*. Los datos originales de audio transmitidos, son particionados en paquetes digitales, insertándoles una marca de tiempo antes de ser enviados, cada 1,33 ms. En la recepción, los paquetes de información son revisados en sus marcas de tiempo, para determinar su orden, recomponiendo de manera correcta la cadena de datos originales. La señal de reloj o beat packet, se envía en forma de paquetes de alta prioridad y los tiempos de llegada de cada paquete, son asegurados por el acuerdo de funcionamiento isocrónico, posibilitando un flujo continuo de audio, con niveles de latencia específicos, ver Figura 8. En éste método de transporte, además se puede enviar información

complementaria y asíncrona, estableciéndose con paquetes de baja prioridad en la red [1].

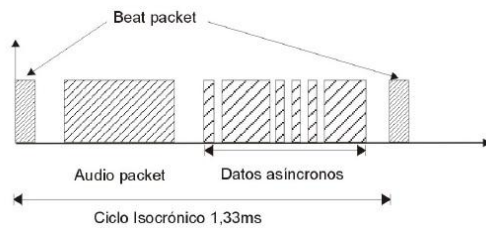


Figura 8: Estructura de la trama isocrónica.

#### 4.1.3 Enrutamiento simplificado

La implementación del sistema digital de audio multicanal, está basado en el controlador de paquetes CobraNet, debido a que presenta mayor flexibilidad a la hora de estructurar diversas topologías de red, no así su par EtherSound. Este punto se puede considerar como trascendental, ya que uno de los conflictos que los sistemas análogos presentan, es la poca flexibilidad en la estructuración de sus topologías [1].

El esquema de enrutamiento simplificado se puede ver segmentado en 4 partes específicas: Interfaz sincrónica seriales, enrutamiento de canales de audio, tx/rx SUBmap, tx/rx de Red, ver Figura 9.

##### • Paquete

Cada paquete (bundle) tiene un número de identificación, siendo el máximo 65.279 para una red estándar, que especifica el origen y destino del paquete [7].

Unicast: Son números de paquetes que se envían desde un dispositivo CobraNet a otro u otros configurados para recibir este número. Los números asignables a este paquete van desde el 256 hasta el 65.279.

Multicast: Son números de paquetes que se envían desde un dispositivo CobraNet de origen a cada destino de la red y puede obtenerse desde cualquier punto de ésta usando un Ethernet multicast addressing. Cada dispositivo receptor determina individualmente si usará o no este número. Los números reservados para este paquete van desde el 1 hasta el 255.

##### • Latencia

Cada paquete contiene hasta ocho canales de audio no comprimido con una frecuencia de muestreo que puede ser de 48 o 96 kHz y una cuantificación de 16, 20 ó 24 bits. Para cualquiera de los casos CobraNet ha estandarizado su modo de latencia en 1,33 ms para aplicaciones de dimensiones medias, 2,66 ms para aplicaciones grandes y 5,33 ms para aplicaciones extremadamente grandes. Tener una latencia fija asegura que todos los dispositivos conectados al sistema funcionarán con el mismo retardo sin importar la distancia que deba viajar la señal. Sin embargo la reducción de esta latencia requiere la utilización de más recursos del sistema para procesar la señal y en algunos casos habrá

dispositivos que pierdan la capacidad de procesar todos los paquetes que reciba simultáneamente [7].

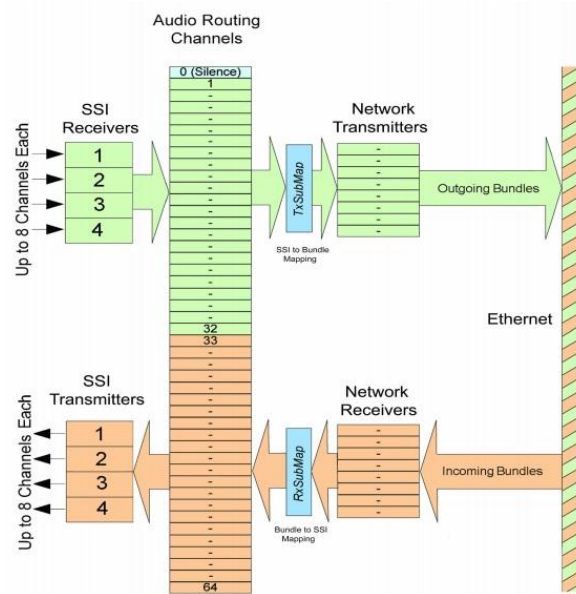


Figura 9: Esquema simplificado de enrutamiento.

##### • Interfaz sincrónica seriales

En esta etapa es donde se produce la conversión de los datos seriales multiplexados sincrónicos en paquetes de ethernet que son transmitidos de manera isocrónica hacia la red. En sentido contrario, este dispositivo recibe paquetes isocrónicos transmitidos desde otros nodos conectados a la red y los transforma en datos seriales multiplexados sincrónicos que son típicamente conectado a DACs, ADCs, procesadores DSP y otros interfaces de audio digitales [7], ver Figura 10.

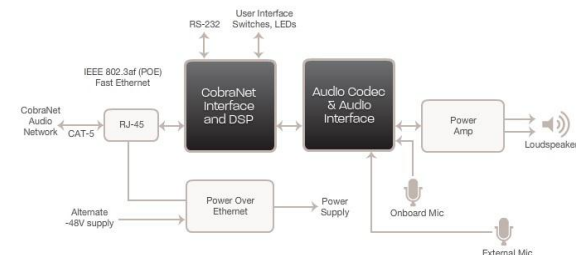


Figura 10: Esquema de red CobraNet

##### • Canales de audio de enrutamiento

Se utilizan para asignar los datos de audio entre un segmento de tiempo multiplexado SSI y un canal de paquete secundario. Las interfaces CobraNet contienen hasta 64 canales de audio de enrutamiento. Los canales 1 a 32 se utilizan para transmitir y canales 33 a 64 se utilizan para la recepción. El número real de canales de enrutamiento disponibles depende de la aplicación.

##### • RxSubMap y TxSubMap

La RxSubMap y TxSubMap son arreglos de variables que se utilizan para asignar canales de audio de enrutamiento hacia y desde paquetes submap.



Como se describió anteriormente, un canal de audio de enrutamiento puede ser pensado como asignado a un segmento de tiempo específico dentro de una interfaz en serie síncrona. Por lo tanto, la asignación de un canal de audio de enrutamiento a paquete submap es equivalente a la asignación de una porción de tiempo de SSI a un paquete de submap [7].

#### • Transmisores y receptores de la Red

Transmisores y receptores son entidades lógicas dentro de la interfaz CobraNet que están estrechamente unidas al concepto de lotes. Cada transmisor o receptor es capaz de enviar o recibir un paquete. El número de transmisores y receptores dentro de una interfaz CobraNet depende de la aplicación particular y se fija por el firmware. El usuario puede configurar el número de transmisores o receptores disponibles para ser utilizados [7].

## 4.2 Soundweb

Soundweb permite la transmisión y control de hasta ocho canales de audio digital, los dispositivos pueden ser conectados entre sí directamente o mediante el uso de un hub, cada dispositivo conectado a la red debe utilizar el mecanismo de acceso a la red de Soundweb.

La red especifica un ancho de banda de aproximadamente 12 MB/s, donde tres cuartas partes de esta se utiliza para transportar ocho canales de 24 bits muestreados a 48 kHz de audio y el ancho de banda restante se utiliza para datos de control [3].

### 4.2.1 Capa física

La capa física de la red cumple con especificaciones de IEEE 802.3 por lo tanto utilizara cable de categoría 5 para la transmisión y conectores RJ45, además de medios de transporte de fibra óptica permitiendo que la red alcanzar 2 km de longitud.

La conexión entre los dispositivos es esencialmente similar a Token Ring, en donde uno de estos dispositivos será el maestro y se encargara de proporcionar el reloj para la red. Este dispositivo maestro se selecciona al azar en la puesta en marcha con el fin de minimizar posibles problemas causados por fallas en el cable, de modo que un nuevo maestro puede ser fácilmente colocado [3].

### 4.2.2 Trama

Los datos se transmiten como una serie de tramas de 256 bits, conteniendo cada uno una muestra. Todos los datos que no son de audio (control, sincronización, etc.) se envía el bit menos significativo, LSB (Least Significant Bit) primero, en los datos de audio, el que se envía primero es el bit más significativo, MSB (Most Significant Bit). Cuando los ocho canales están en uso, el formato de trama es como se muestra en la Figura 11.

El patrón de sincronización situado al comienzo de la transmisión utiliza exactamente 4 bits para permitir que el dispositivo receptor pueda fijar la trama de datos.

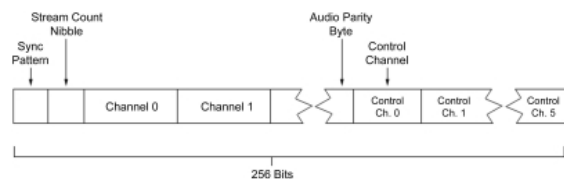


Figura 11: Trama Soundweb

El *stream count nibble* indica el número de canales válidos en la trama, después de que los canales de audio han sido enviados, se envía 1 byte de paridad. Los bytes restantes en el marco se utilizan para el control.

Cuando los ocho canales de audio están en uso, 6 bytes por trama están disponibles para el control. Sin presencia de audio, 31 bytes por trama están disponibles [3].

### 4.2.3 Direccionamiento

El direccionamiento dentro de la red es simple y se realiza mediante contadores. El comportamiento del contador se especifica como disminuyendo por 1 en cada nodo, cuando el contador llega a 0, el paquete ha llegado a su destino final. Cuando un paquete es transmitido a la red, el contador se establece de modo que el paquete expire cuando ha salido a todos los nodos del anillo y vuelve al remitente.

Cuando no haya datos para enviar a la red, el dispositivo maestro envía paquetes `FRAME_EMPTY` que se remiten alrededor del anillo hasta que lleguen de vuelta en el maestro. Si un dispositivo enviar datos, convierte el `FRAME_EMPTY` a un `FRAME_VALID`, y añade datos de acuerdo con las normas establecidas [3].

## 5. CONCLUSIONES

El uso de redes ethernet para transportar audio, como otros protocolos multicanal, presenta significativas ventajas en términos económicos y de tiempos que se ahorra al realizar una instalación de audio a gran escala. Esto último se debe a que las labores de montaje se reducen a la conexión de un cable a través del que viaja toda la información. Sin embargo, a diferencia de transmisiones analógicas, presentan retardos que, en espectáculos en vivo, podría causar problemas.

Actualmente con uso de redes ethernet se logra transportar mayor cantidad de canales reduciendo la latencia y mejorando el QoS de los sistemas. Además es evidente que estos sistemas irán evolucionando conjuntamente con la electrónica asociada a la digitalización de datos.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Vilaró Caldera F., Monasterio Metzler A., “Sistema de transmisión digital de audio multicanal por redes ethernet”.
- [2] Watkinson J., “An Introduction to Digital Audio”. Elsevier. Oxford, United Kingdom.

- [3] Andy Bailey A., “*Network Technology for Digital Audio*”. Butterworth-Heinemann. Oxford, United Kingdom.
- [4] Bakker R., Hamamatsu H., “*An introduction to networked*”. YAMAHA System Solutions.
- [5] Held G., “*Carrier Ethernet Providing the Need for Speed*”. Auerbach Publications - Taylor & Francis Group. 6000 Broken Sound Parkway NW.
- [6] Spurgeon C., “*Ethernet: The Definitive Guide*”. O'Reilly & Associates Inc., 101 Morris Street, Sebastopol, CA 95472.
- [7] Gray S., “*CobraNet routing primer*”. Cirrus logic Inc.

## 7. DATOS BIOGRAFICOS

**Horacio Contrera**, nacido en Cruz del eje, Córdoba el 14/07/1989. Estudiante de ingeniería en electrónica, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Argentina. Actualmente es becario de investigación y desarrollo en el Centro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA) UA del CONICET, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Sus intereses son: procesamiento digital de señales, intensidad sonora.

E-mail: hernan\_c47@hotmail.com

**Julio Vilca**, nacido en Rio Gallegos, Santa Cruz el 14/01/1984. Estudiante de ingeniería en electrónica, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Argentina. Sus intereses son: Control digital, automatización, PLC (controlador lógico programable).

E-mail: julio.xt225@gmail.com