



Editorial de la Universidad
Tecnológica Nacional

La ingeniería de audio en la era digital

Ing. Oscar BONELLO



UBA

Universidad Tecnológica Nacional – U.T.N.

Argentina

2014

Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional – edUTecNe

<http://www.edutecne.utn.edu.ar>

edutecne@utn.edu.ar

© [Copyright] La Editorial de la U.T.N. recuerda que las obras publicadas en su sitio web son de libre acceso para fines académicos y como un medio de difundir la producción cultural y el conocimiento generados por docentes universitarios y autores auspiciados por las universidades, pero que estos y edUTecNe se reservan el derecho de autoría a todos los fines que correspondan.

La ingeniería de audio en la era digital

Ing Oscar Bonello

Ninguna de las ramas de la ingeniería ha quedado al margen de las tecnologías de la información. La ingeniería de audio no ha sido una excepción. Si bien alguna de sus ramas como la ingeniería Acústica han sido menos afectadas, hay otras como el audio profesional, tanto en radiodifusión como en estudios de grabación y en difusión del sonido, en que las tecnologías nuevas se han distanciado tanto de las anteriores que a veces son casi irreconocibles.

Es generalmente aceptado que los cambios tecnológicos se producen en *países centrales* y ahondan las diferencias que nos separan de ellos. Afortunadamente no es el caso de la ingeniería de audio profesional en la que los cambios tecnológicos fueron el motor que ha creado una corriente de innovación desde Argentina que ha generado productos que hoy se exportan a más de 60 países (incluso hacia USA, Europa y Japón).

La generación de las señales de audio en los micrófonos y su reproducción en parlantes y auriculares, es una operación electro-acústica obviamente analógica en donde el grado de digitalización ha sido pequeño. Las mejoras tecnológicas, que han sido importantes en estos campos, son esencialmente debidas a una mejor comprensión física de los fenómenos acústicos involucrados y a la disponibilidad de excelente software que nos permite simular procesos dentro de una computadora. También hubo factores de mercado como la difusión internacional del concepto del *estudio de grabación personal* que cada músico podía tener en su casa. La producción en serie de equipos que antes eran fabricados en forma casi artesanal, motivó mejoras tecnológicas importantes para tener altas relaciones Calidad-Precio

En el campo de la ingeniería de audio profesional, la radiodifusión desempeñó un importante papel, pues desde 1975 va apareciendo gradualmente un nuevo paradigma mundial; la radio pasa de ser antes considerada como una fuente de entretenimiento, a ser vista ahora como un vehículo de cultura y difusión de las ideas. Se convierte incluso, en muchas zonas del mundo, en una fuente valiosa de educación y de necesaria pluralidad de ideas. Apoyada incluso por el Pacto de San José de Costa Rica, gana un enorme impulso pues la función del Estado es ahora fomentar su pluralidad distribuyendo sin limitaciones todas las frecuencias que sean técnicamente posibles. Esta ola gigante, iniciada en la década del 60 en Holanda e Inglaterra con las radios piratas off-shore, inundará el mundo produciendo nuevas adjudicaciones de emisoras. Las nuevas radios, pese a sus limitados recursos económicos, deben competir con otros medios de reproducción de sonido como el walkman y luego los MP3, los celulares inteligentes y la inmensa red de Internet y todos sus dispositivos portátiles. La combinación de estos factores obligó a las radios a que adoptaran tecnologías cada vez más avanzadas para poder brindar alta calidad pese a sus restricciones presupuestarias. Esta era una meta muy difícil de cumplir para la gran industria del equipamiento creada para trabajar en pequeñas series y con costosa mano de obra como en USA, Inglaterra y Alemania. Pero fue una oportunidad para la ingeniería argentina que ya tenía excelentes conexiones con todos los

países de América Latina, que en conjunto representan un gran mercado debido a las miles de nuevas radios de baja potencia. Esta oportunidad permitió aplicar una tecnología muy avanzada que pudo ser ofrecida a bajo costo a medida que la escala de producción aumentaba. Manteniendo además durante 15 años una alta tasa de reinversión en investigación y desarrollo, el mercado progresivamente incluyó a los países centrales donde se compite ventajosamente con los productores locales de USA, Europa y Asia

Sin duda un punto de inflexión en la digitalización de los estudios de radio fue el uso de la PC para automatizar la radio, realizar grabaciones y reproducirlas en forma programada. Esta invención clave fue realizada en Argentina y de ella nos hemos ocupado en otra ocasión. Para los interesados hay un buen relato en el libro: *La aventura del Sonido y la Música*, Editorial Alsina. La creación del Audicom, el primer sistema del mundo de automatización de radio desde una PC, fue seguida unos años después por la publicación de la norma MP3 y de las placas de audio para PC. Esto permitió que otros fabricantes se subieran a este tren y florecieran en muchas partes del mundo. Hoy una radio de FM es inimaginable sin una PC con algún tipo de software de reproducción de archivos de audio. Y el software argentino, hoy producido por varias empresas, ha ganado su lugar internacional.

Pero la digitalización continúa

Luego de este primer shock tecnológico, la Radio decidió convivir para siempre con la informática y las técnicas digitales. De hecho se inició una convergencia entre las tecnologías creadas en los Estudios de Grabación y las empleadas en las nuevas estaciones de FM.

Por un lado la creación de la radio digital **HD Radio**, basado en un procedimiento de transmisión y recepción totalmente digital, amenazó a la industria de los transmisores de radio de FM analógicos que a la fecha tenían rangos dinámicos de apenas 60 dB con 1% de distorsión armónica. Esta amenaza fue una motivación muy efectiva para los ingenieros que diseñaban estos transmisores. El resultado fue que en pocos años transmisores fabricados en Italia, USA e Inglaterra lograban en FM analógica rangos dinámicos de 85 a 90 dB con distorsiones menores del 0,02 % . Una notable paradoja es que el sonido en FM analógica supera hoy en calidad al de la transmisión totalmente digital del HD Radio debido a que esta última debe utilizar una fuerte dosis de *compresión de datos* para poder mantener el mismo ancho de banda, mientras que los equipos analógicos no lo necesitan.

La disponibilidad de los nuevos transmisores de FM de *Calidad CD* como se los denomina, impulsa el uso de audio digital en las consolas de audio, los sistemas de procesado y aún los enlaces entre planta y estudio. De hecho, luego de haber inventado en 1988 la primera placa de audio para PC, hoy la industria argentina está eliminando por completo a las placas de audio, fabricando consolas con ingreso directo de audio digital a través de un port USB de la PC. También en este caso esta tecnología iniciada en Argentina esta rápidamente siendo empleada en otras partes del mundo

Es usual hoy en las radios bien equipadas así como en los estudios de grabación, transformar en digitales las señales analógicas como los micrófonos y captadores de los instrumentos musicales. Estas señales son mezcladas en una consola de audio, la que por razones ergonómicas se mantiene y se prefiere a una pantalla táctil de PC. Estas señales también se mezclan con las que provienen desde otros estudios. Y las provenientes de consolas de audio de exteriores que hoy también son digitales. A esto se agrega la salida de música y noticias grabadas, desde la PC, que también salen en forma digital. La norma de intercambio digital es el estándar AES-3 (antes llamado AES-EBU) que permite transmitir en estéreo señales codificadas a 24 bits en 48 kHz de muestreo. Hoy la industria profesional se está volcando definitivamente por una resolución de 24 bits en lugar de los 16 bits del disco CD

Previo al transmisor de FM debe existir siempre un procesador de audio. La salida de la consola se conecta digitalmente al mismo por su entrada AES-3 y la señal se mantiene digital hasta su salida. El procesado es efectuado dentro del equipo empleando tecnología DSP (Digital Signal Processor) Para evitar errores de truncación se trabaja con palabras digitales de 48 bits. La tecnología DSP permite simular en el plano digital cualquier operación posible en el analógico, por ejemplo variación de ganancia, filtros de separación por bandas de frecuencias, recortadores de audio, etc. De hecho la tecnología digital permite operaciones imposibles en el campo analógico como filtros de frecuencia con retardos constantes o sistemas *look ahead* (es decir que se puede controlar un compresor de audio sabiendo que señal va a ingresar luego). La tecnología DSP de origen norteamericano, es algo que debemos aprender para poder competir en este campo. Pero nuestras fortalezas en el campo de la Psicoacústica posibilitaron que pudiéramos avanzar muy rápido en esta tecnología y en solo pocos años la ingeniería argentina fuera internacionalmente reconocida. Para que la salida del procesador digital ingrese al transmisor (generalmente ubicado lejos de los estudios) es necesario un medio de enlace. Normalmente se usaban enlaces analógicos de VHF al principio y luego de UHF Pero aún los mejores equipos analógicos tienen rangos dinámicos menores de 65 dB con distorsiones mayores del 2 % . Desde 1995 se producen en USA enlaces digitales que tienen calidad CD. Sin embargo su alto costo (valen como un transmisor de FM de 5 KW) limitó mucho su uso siendo empleados solamente en grandes estaciones de radio. La solución encarada en Argentina fue crear coders-decoders de alta calidad que trabajaran dentro de una red Ethernet. Esto permite hacer enlaces hasta 50 Km usando económicos sistemas de Internet de norma 802.11 operando en 5,8 GHz y fabricados en grandes series. Esto permite disponer de excelentes enlaces digitales a bajo costo con un audio digital perfecto, de 24 bits lineales con 48 kHz de muestreo, casi al mismo precio que un buen enlace analógico. Lo interesante de esta solución es disponer adicionalmente de dos canales serie RS232 para manejar la emisión de texto por RDS así como monitorear y ajustar remotamente al transmisor.

Audio over IP; la nueva hada madrina

La digitalización de las señales de audio dentro de los estudios de una radio o dentro de un gran sistema de sonido brinda otras ventajas. El Audio una vez digitalizado puede ser enviado por la red Ethernet simultáneamente con su función habitual de manejar datos entre PCs. La naturaleza digital de esta operación permite que no exista ningún tipo de diafonía entre canales. Una simple red Ethernet de 100 Mbits/s puede llegar a manejar hasta 64 canales de audio. Según la tecnología empleada pueden obtenerse retardos menores de 2 milisegundos



Fig – 1 Diagrama en Bloques de una radio interconectada por Ethernet

Puede verse en la Fig-1 una forma de interconectar equipos en una radio moderna. La red LAN de Ethernet se convierte en la columna vertebral de toda la radio eliminando los antiguos *patch panel* o las costosas matrices de audio, pues desde cualquier PC conectada a la red pueden direccionarse las entradas y salidas digitales constituyendo así una matriz digital de audio totalmente virtual. La simplicidad obtenida en este tipo de equipamiento reduce los altos costos de instalación de una estación de radio compleja. Es particularmente indicado para estudios que manejan varias estaciones de radio

Las conexiones vía Ethernet, denominadas genéricamente AoIP (Audio over IP) son hoy manejadas con tecnología TCP/IP en algunos casos. Esto da retardos menores de 30 mS. Pero cuando se requieren muchos canales con retardos menores de 5 mS se recurre a métodos de transmisión por flujos de datos sincronizados. Para ello se recurre hoy a normas de facto. Las más populares son la Cobra-Net, DANTE y Axia. La primera ha sido usada en la instalación de sonido y video por fibra óptica de Tecnópolis con una alta participación argentina en el diseño del excelente software de control. La segunda es empleada en una nueva línea de consolas de radiodifusión de fabricación local.

Sin embargo el método de manejo de audio y video en poco tiempo será totalmente compatible entre diferentes fabricantes pues ya han sido publicadas en 2010 y 2011 una serie de normas **IEEE 802.1** denominadas genéricamente AVB (Audio Video Bridging) a las cuales los fabricantes nos adaptaremos

Es posible hoy en los estudios profesionales conectar equipos de audio por Ethernet o mediante Wi Fi y controlarlos desde una PC o un smart-phone

Quienes estudiamos ingeniería en los años dorados de la década del 60 no podemos dejar de recordar que los compañeros que se dedicaban a técnicas digitales eran un grupo pequeño cuya misión profesional estaba limitada a las matemáticas, la estadística o las aplicaciones de automatización industrial y que jamás (supuestamente) tendrían nada que ver ni con el audio ni el video...

Acerca del autor

Oscar Bonello

Ingeniero Electrónico de la Universidad de Buenos Aires (UBA).

Durante 25 años fue profesor titular de *Acústica* en la Universidad de Buenos Aires (UBA) y de *Sistemas de Sonido* en la Universidad Tecnológica Nacional (U.T.N.). Imprimió a sus cátedras una fuerte orientación hacia la investigación y dirigió numerosas tesis y estudios hacia los nuevos campos de estas disciplinas.

Ha publicado más de 160 trabajos en revistas y diarios de Argentina, América Latina, USA y Europa. Ha dictado numerosos cursos de posgrado y conferencias en varios países. Debido a su labor en la difusión de la ciencia ha recibido varios premios entre los que se cuenta el *AES Fellowship Award* de la Audio Engineering Society, New York, USA, el *Primer Premio Nacional a la Innovación Tecnológica* y el *Primer Premio a la Innovación en Radiodifusión*.

En 1968 creó Solidyne, una empresa industrial dedicada al desarrollo y fabricación de equipos profesionales de audio y de radiodifusión. Introdujo nuevas ideas en el campo del diseño lo que le permitió obtener 11 patentes de invención. Muy pronto esta empresa, que hasta hoy dirige, adquirió una posición dominante en el campo de la ingeniería argentina protagonizando importantes obras y exportando productos de alta tecnología a más de 60 países.

Su labor de investigación abarca los campos de la Acústica, la ingeniería del sonido, el procesado de audio, la grabación magnética y el audio digital, siendo el creador del primer sistema mundial de manejo de audio digital por computadora PC. Sus trabajos en Acústica en el campo del control de los modos de resonancia le han dado un reconocimiento internacional pues su teoría, denominada en USA *Bonello Criteria*, es hoy universalmente empleada en el cálculo de salas acústicas y es citada en todos los libros de la especialidad.

Es *Fellow Member* de la Audio Engineering Society (USA), *Senior Member* del IEEE (USA), *Member* de la New York Academy of Sciences (USA), *Full Member* de la American Society of Acoustics (USA), *SMPTE Member* (USA) y socio fundador de la Asociación de Acústicos Argentinos.

Currículo completo: <http://www.solidynepro.com/Documentos/curriculumOJB.doc>