

Procesadores de audio para radio

Por el Ing. Gustavo Pesci

El Procesador de Audio en una emisora de radio

En una emisora de radio, el Procesador de Audio se ubica entre la Salida de Programa de la consola de audio y el Transmisor.



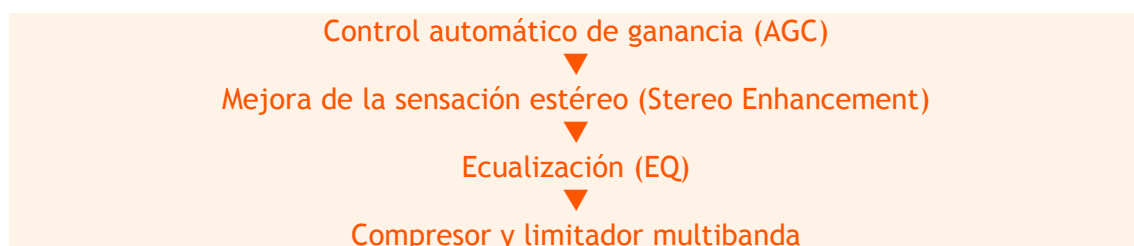
La función inicial del procesador de audio es mantener los picos de modulación del transmisor dentro de los parámetros legales [1]. Sin embargo, muy pocas emisoras usan un simple limitador de picos. La mayoría se inclinan por usar procesadores de audio que además de recortar los picos, lo hagan sin agregar distorsión [2] audible, y que mantengan el promedio de la señal muy cerca del valor de pico, con lo que se logra que la emisora “suene más fuerte”, manteniéndose dentro de los valores de modulación permitidos. Estos procesadores además, incluyen funciones de ecualización, refuerzo de graves y de sensación estéreo, que permiten dar a la emisora un sonido particular y reconocible.

Consideraciones a tener en la cadena de audio previo al procesado

En una emisora de radio se emiten materiales y sonidos provenientes de distintas fuentes: micrófonos, CDs de música Pop con bajo rango dinámico, MP3 con compresiones exageradas, música clásica con pasajes muy suaves, señales de satélite, etc. El procesador de audio debe ser capaz de manejar dinámicamente todos estos tipos de señales, sin embargo, debido a su propia naturaleza, el procesador de audio generalmente amplifica y hacen más notables todos los recortes y distorsiones existentes en la cadena de audio, razón por la cual, antes de agregar procesado de audio, hay que asegurarse que toda la cadena de audio esté libre de recortes y distorsiones.

Etapas de un procesador de audio para emisoras de radio

En líneas generales, un procesador de audio para radio cuenta con las siguientes etapas:



▼
Pre-énfasis y limitador de alta frecuencia

▼
Recortador de picos (Clipping)

Cada fabricante puede elegir la forma de ordenar estas etapas, y el grado de importancia que le otorga a cada una. A continuación veremos en detalle cada uno de estos módulos, explicando para qué sirven y cómo funcionan.

Control automático de ganancia (AGC[3])

La función del control automático de ganancia es mantener un valor promedio de la señal en un valor parejo a largo plazo, compensando los errores del operador de radio, cuando se opera en vivo, o las diferencias promedio de nivel del material emitido.

En otras palabras, si el nivel promedio de la señal es bajo, el AGC amplifica la señal hasta llevarlo a un valor preestablecido.

El precio a pagar por usar un AGC es simple: el AGC eliminará la dinámica de largo plazo de la señal a emitir. En general, los responsables de las emisoras prefieren que su señal suene siempre alta, eliminando el riesgo que alguien piense que como la señal es baja, no puede sintonizarla correctamente y cambie de emisora.

El AGC debe operar sobre un rango dinámico [4] bastante grande, típicamente de 25dB [5]. Los AGC pueden ser de una sola banda o multibanda. En caso de ser multibanda, generalmente son de dos bandas, con una frecuencia de cruce de alrededor de 200 Hz, ya que al ser un proceso lento que actúa sobre el promedio de la señal, no se obtienen beneficios incrementando el número de bandas.

El AGC debe tener un ajuste denominado Noise Gate o Noise Threshold [6], que impide que el AGC actúe si el nivel de la señal cae por debajo de un determinado límite, para prevenir que el ruido de fondo sea amplificado en caso de falta de señal. Para la mayoría del material musical, el Noise Threshold debe ser ajustado entre -30 y -40 dB. El tiempo que tarda el AGC en pasar de amplificación cero, cuando la señal de entrada está por debajo del Noise Threshold, a máxima amplificación, se llama Release Time [7], y generalmente se ajusta a 1min.

Mejora de la sensación estéreo (Stereo Enhancement)

El propósito de mejorar la sensación estéreo es hacer que la señal tenga una sensación espacial amplia cuando el oyente sintoniza la emisora de radio. Cuando se aplica en demasía, puede provocar que se aumente la reverberación [8] del vocalista, normalmente ubicado en el centro del canal.

En general, cada fabricante aplica su propia técnica para mejorar la sensación estéreo, pero podemos encontrar un control denominado Level [9], que ajuste el nivel de efectividad (0 - 100%) del proceso, y otro llamado Depth [10] para ajustar la profundidad. Este es un control que hay que ajustar con cuidado, teniendo en cuenta

que la señal más clara y audible es una señal mono, y que a medida que aplicamos profundidad y sensación espacial, esa claridad se pierde.

Ecuación (EQ)

La ecualización puede ser tan sencilla como un refuerzo de graves, o tan compleja como un ecualizador paramétrico [11]. El EQ cumple dos funciones en un procesador para radio, por un lado, establecer una “marca sonora” que identifique claramente a una emisora entre sus oyentes, y por otro lado, compensar la deformación espectral que puede introducir el subsecuente procesado multibanda.

Cuando se usa un EQ paramétrico para reforzar los graves, la frecuencia central se ajusta a 60 - 65 Hz para realzar el bajo, mientras que, si lo que se pretende es darle más presencia al golpe de la batería, se ajusta entre 100 - 150 Hz.

Compresor y limitador multibanda

Si bien normalmente esta etapa se denomina compresor limitador, puede incluir un compresor [12], un expansor [13] y un limitador [14].

Dependiendo del fabricante, los procesos de compresión y limitación pueden llevarse a cabo en una etapa o en dos etapas. Si se hiciera en dos etapas, el compresor y el limitador pueden tener diferentes bandas.

En general, un compresor limitador de entre cuatro y seis bandas, reduce el rango dinámico e incrementa la densidad del audio logrando sonoridad [15] e impacto. Por ejemplo, un procesador de seis bandas típico ubica sus frecuencias de corte en 160Hz, 400Hz, 800Hz, 1.6KHz, 3.2KHz y 6.4KHz. Cada banda debe contar con un control de Threshold [16] para prevenir amplificar el ruido ante la falta de señal. Puede tener también un control de nivel o Band Gain [17] antes del procesado, que permita ajustar el peso de cada banda en la mezcla final, actuando como ecualizador.

El compresor se usa para reducir el rango dinámico de una señal de audio en una determinada proporción o Ratio [18]. Esto quiere decir que por cada 1dB de incremento de señal en la entrada, se incrementará (1/Ratio) dB la señal de salida. Por debajo del Compressor Threshold, el nivel de señal de entrada no es afectado.

El expansor es el proceso complementario del compresor, y se usa para bajar el nivel de ruido y aumentar el rango dinámico de una señal en una determinada proporción o Ratio incrementando la atenuación de la señal de entrada cuando ésta cae por debajo del Expansor Threshold. Esto quiere decir que por cada 1dB de caída de señal en la entrada, se atenuará (Ratio) dB la señal de salida. Por arriba del Expansor Threshold, el nivel de señal de entrada no es afectado.

El limitador es un compresor de Ratio infinito, esto quiere decir que por encima del Limiter Threshold, un incremento de la señal de entrada no produce ningún incremento en la señal de salida, esto es, la señal de salida se mantiene a un nivel

constante. Por debajo del Limiter Threshold, el nivel de señal de entrada no es afectado. Se usa para recortar picos.

l Ratio de compresión o expansión generalmente tiene rangos de 1 a 10. Ratios superiores a 20 en general son considerados “infinitos” y se usan en el limitador.

Todos estos cambios de nivel se aplican a la señal dentro de ciertos tiempos. El tiempo que tarda el procesador en adaptarse a un incremento en el nivel de la señal, se denomina Attack Time [19], y el tiempo que tarda en recuperar su estado después de un transitorio, se llama Release Time [20]. Por ejemplo, si hubiera un pico en la señal de entrada por encima del nivel de Threshold en un valor de X dB, el compresor tendrá que incrementar su atenuación, de forma que el nivel de salida sólo se incremente $1/X$ dB. El tiempo que le lleva al compresor incrementar su atenuación al valor adecuado, es el Attack Time.

Por otro lado, cuando la señal de entrada cae por debajo del nivel de Threshold, el compresor debe dejar de atenuar. El tiempo que le toma en llevar la atenuación a cero es el Release Time.

Ambos tiempos afectan el sonido: un Attack Time de unos pocos milisegundos hace que el procesador reaccione muy rápidamente a los cambios de la señal de entrada evitando el recorte, pero si el tiempo es muy corto, el sonido que se obtiene a la salida es poco natural. Un Release Time corto tiende a crear un sonido más “denso”, pero si se exagera este efecto, se genera un efecto displacentero que se conoce como fatiga del oyente.

En general se recomiendan Attack Time de 40 a 60ms en la banda baja, de 20 a 30 ms en las bandas medias, y tiempos más cortos para las bandas altas.

Algunos fabricantes reemplazan esta etapa por un AGC multibanda lento, más un limitador multibanda.

Pre-énfasis y limitador de alta frecuencia

En FM, la emisora debe acentuar los agudos antes de enviar la señal al transmisor. La norma establece pre-énfasis [21] de 50 o 75 μ s dependiendo del país. El pre-énfasis es una amplificación de señal con una pendiente de 6 dB por octava, que para 75 μ s produce una ganancia de 3 db a 2.1 KHz, y de 17 dB a 15 KHz.

Originalmente el pre-énfasis permitió reducir el soplido de fondo de las transmisiones de FM, aprovechando que la música y la voz tienen bajos nivel de señal por encima de 5 KHz. Esto era cierto en 1930, y continuó así hasta la década de los 90 cuando empezaron a aparecer CDs con elevados niveles de señal en frecuencias muy altas.

Los receptores de FM aplican una curva de de-énfasis, inversa al pre-énfasis aplicado en la emisora. Si el procesador de audio modificó la señal de audio después de aplicada la curva de pre-énfasis, al aplicar el de-énfasis se obtendrá una señal que no será la original sino que aparecerá con los agudos distorsionados, y que generalmente hace que las “eses” se perciban como “efes”.

Dependiendo del fabricante, el pre-énfasis puede ser aplicado antes o después del compresor limitador multibanda. Para prevenir pérdida de sonoridad, el procesador aplica limitación en las altas frecuencias.

Recortador de picos (Clipping)

El recortador de picos o Clipping [22] fue inicialmente la razón de ser del procesamiento de la señal de audio previo al transmisor. Debido a que la máxima modulación del transmisor debe poder manejar la señal de pico, y como el material de programa de una emisora de radio puede contener picos que superen hasta en tres veces el valor RMS de la señal, la forma más efectiva de aumentar el valor RMS, y por ende la sonoridad y sensación de volumen alto, es recortar los picos de corta duración. El recorte, que indudablemente introduce distorsión y está muy mal visto en una cadena de audio de calidad, tiene una larga tradición en la radiodifusión debido a la necesidad de obtener elevados niveles de modulación.

Debido al pre-énfasis, un Clipping simple no funciona bien, ya que en el receptor de FM, el de-énfasis exagera la distorsión por intermodulación (IM [23]) generada por el recorte de los picos. Esto hizo que distintas empresas desarrollaran técnicas destinadas a minimizar la distorsión introducida por el recorte.

Para analizar las características del recortador, tenemos que considerar que, como siempre está ubicado al final de la cadena de procesado, la señal ya ha pasado por el AGC y los compresores / limitadores multibanda. Si estos compresores actuaran en forma instantánea, el recortador nunca tendría que actuar, pero como los compresores tienen un Attack Time de varios ms, algunos picos llegan al recortador. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el recortador sólo tendrá que manejar picos de corta duración, ya que los picos de mediana y larga duración normalmente son manejados por los procesos previos.

Si el recorte de la señal se produce durante unos pocos ms, al cerebro le cuesta reconocerlo como distorsión debido a un efecto denominado Enmascaramiento por Ráfaga (Burst Masking), que es un fenómeno psicoacústico que impide que el oído humano reconozca un tono de audio de corta duración (ráfaga), en presencia de otro tono más intenso y de muy diferente frecuencia.

Por otro lado, teniendo en cuenta que debido al pre-énfasis, las bandas altas tendrán mucha más señal que las bandas medias y bajas, y que la sonoridad depende precisamente del nivel de esas bandas, es que el Clipping se aplica principalmente en las bandas altas. Si el Clipping se realiza de forma adecuada, produce componentes impares de distorsión, y como la mayor parte del recorte ocurre por encima de 5 KHz, la primera componente de distorsión aparece a 15 KHz, al final de la banda, por lo tanto es inaudible. Sin embargo, el Clipping además produce distorsión por intermodulación (IM) que sí son audibles. Para evitar este efecto, distintos fabricantes han desarrollado técnicas que minimizan la IM debida al Clipping.

En el dominio digital, el Clipping puede llevarse a cabo directamente ignorando el overflow (hard-clipping) o ajustando las muestras anteriores y posteriores al Clipping para redondear la curva según distintos algoritmos (soft-clipping).

Caso de Estudio: Orban Optimod-FM 8500

El Orban Optimod-FM 8500 maneja la señal estéreo con procesados totalmente independientes para cada canal, con la posibilidad de controlar el acoplamiento entre ambos canales en cada banda del AGC y del limitador (los parámetros de procesado son iguales para los dos canales), fijando entonces la imagen estéreo que se permite en cada banda.

El 8500 muestrea la señal a 64KHz, usando oversampling de hasta 512 KHz en algunos módulos para minimizar distorsión.

Internamente, la señal de cada canal es acondicionada mediante un filtrado pasabajos a 15 KHz, otro pasaltos a 30 Hz y un rotador de fase, luego pasa por un Stereo Enhancement que permite seleccionar entre dos algoritmos, para llegar a un gated AGC de 2 bandas, con un Ratio seleccionable entre 2:1 a ∞ . Posteriormente la señal pasa a un EQ paramétrico de 5 bandas y de allí al procesador multibanda que puede operar en 2 ó 5 bandas. Sobre estas mismas bandas actúa el Limiter. Finalmente, en la suma se implementa un Clipping que puede configurarse desde Hard Clipping hasta varios modos de Soft Clipping.

El EQ de 5 bandas paramétrico tiene una banda denominada Bass Shelf, con frecuencia central ajustable de 80 a 500 Hz, una banda Low, de 20 a 500 Hz, la banda Mid de 250 a 6000 Hz, la banda High de 1 a 15 KHz, todas con Q variable, más un HF Enhancer.

El AGC está implementado en dos bandas con frecuencia de cruce en 200 Hz.



Caso de Estudio: Omnia-6EX

El procesador Omnia-6EX implementa un esquema de procesamiento ligeramente diferente al tradicional.



6 Bands Limiter



Clipping

El procesado comienza con un AGC suave de banda ancha, con un rotador de fase que iguala los picos de la voz, mejorando la performance del Clipping posterior. Luego sigue un compresor multibanda (AGC en la denominación de Omnia) de 5 bandas. Al resultado se le aplica el Stereo Enhancer y el Bass Enhancer, un Limiter de 6 bandas y un Clipping final.

El AGC de banda ancha inicial, tiene como objetivo nivelar el promedio de la señal alrededor de aproximadamente -12 dB. El posterior procesado en 5 bandas permite configurar las frecuencias de corte de cada una de las bandas: LF 100 - 250 Hz, ML 400 - 1500 Hz, MH 2.5 - 4.4 KHz, HF 5.5 - 10 KHz. Por omisión los valores de cruce son 150 Hz, 700 Hz, 3.2 KHz y 7 KHz. Las frecuencias de cruce del limitador multibanda son fijas y están ajustadas a 85, 330, 1000, 3000 y 7500 Hz.

Para profundizar

[Frank Foti de Omnia y Bob Orban](#) escribieron un paper fantástico que debe tomarse como base para cualquier documento sobre el tema.

El [Ing. Oscar Bonello](#), fundador de Solidyne y pionero del procesado de audio en Argentina, también publicó un paper con información muy interesante.

Finalmente, también se puede consultar la página de Wikipedia que habla sobre [Dynamic Range Compression](#).

Referencias

[1] En las emisoras de FM, los picos de la señal de audio pueden provocar interferencia en la señal de las emisoras de radio adyacentes. Para evitar esto, las normas de emisión regulan el valor del pico máximo de modulación admitido.

[2] Distorsión: Se entiende por distorsión la diferencia entre señal que entra a un equipo o sistema y la señal de salida del mismo.

[3] AGC: Automatic Gain Control

[4] Rango Dinámico: El rango dinámico es la proporción entre la señal más pequeña que puede manejar un equipo sin contaminación de ruido, hasta la señal más grande que aceptará sin que ocurra un recorte.

[5] dB: Decibel, unidad relativa empleada en acústica y telecomunicaciones para expresar la relación entre dos magnitudes, acústicas o eléctricas. El Decibel, cuyo símbolo es dB, es una unidad logarítmica.

$dB = 10 \log . Ps/Pe$

donde Ps: potencia de salida, y Pe: potencia de entrada.

[6] AGC Noise Gate o Noise Threshold: Nivel a partir del cual un equipo debe dejar de actuar para evitar amplificar el ruido de fondo. Este nivel generalmente se ajusta entre -30 y -40 dB.

[7] AGC Release Time: Tiempo que tarda el AGC en pasar de amplificación cero a máxima amplificación.

[8] Reverberación: fenómeno derivado de la reflexión del sonido consistente en una ligera prolongación del sonido una vez que se ha extinguido el original, debido a las ondas reflejadas. Estas ondas reflejadas sufrirán un retardo no superior a 50 milisegundos, que es el valor de la persistencia acústica, tiempo que corresponde, de forma teórica, a una distancia recorrida de 17 metros a la velocidad del sonido (el camino de ida y vuelta a una pared situada a 8'5 metros de distancia). Cuando el retardo es mayor ya no hablamos de reverberación, sino de eco. En un recinto pequeño la reverberación puede resultar inapreciable, pero cuanto mayor es el recinto, mejor percibe el oído este retardo o ligera prolongación del sonido. Es probable que la sensación de reverberación en nuestro cerebro esté asociada a la calidez y seguridad que sentía el hombre primitivo hace millones de años atrás, cuando se protegía en las cavernas y convivía diariamente con este fenómeno acústico. Seguramente en alguna parte de nuestra información genética aún lo recordamos.

[9] Stereo Enhancement Level: Grado de efectividad del proceso, generalmente expresado como porcentaje.

[10] Stereo Enhancement Depth: Control que ajusta la profundidad del proceso de mejoramiento de estéreo.

[11] Ecualizador paramétrico: Es un ecualizador que permite el control individual de tres parámetros por cada banda: su frecuencia central, su ganancia, y su ancho de banda.

[12] Compresor: Se usa para reducir el rango dinámico de una señal de audio en una determinada proporción o Ratio. Esto quiere decir que por cada 1dB de incremento de señal en la entrada, se incrementará (1/Ratio) dB la señal de salida. Por debajo del Noise Threshold, el nivel de señal de entrada no es afectado.

[13] Expansor: Se usa para bajar el nivel de ruido y aumentar el rango dinámico de una señal en una determinada proporción o Ratio incrementando la atenuación de la señal de entrada cuando ésta cae por debajo del Noise Threshold. Esto quiere decir que por cada 1dB de caída de señal en la entrada, se atenuará (Ratio) dB la señal de salida. Por arriba del Noise Threshold, el nivel de señal de entrada no es afectado.

[14] Limitador: Compresor de Ratio infinito, esto quiere decir que por encima del Limiter Threshold, un incremento de la señal de entrada no produce ningún incremento en la señal de salida. Se usa para recortar picos.

[15] Sonoridad: Medida subjetiva de la intensidad con la que un sonido es percibido por el oído humano. Su unidad de medida es el dB.

[16] Threshold: Umbral de señal de entrada que enciende o apaga un proceso.

[17] Band Gain: Control de ganancia de la banda. Generalmente actúa antes del proceso.

[18] Ratio: Relación de compresión / expansión.

[19] Attack Time: Tiempo que tarda el procesador en aplicar la atenuación o amplificación adecuada al nivel de entrada.

[20] Release Time: Tiempo que tarda el procesador en volver a atenuación cero.

[21] Pre-énfasis: Amplificación de agudos con una pendiente de 6 dB por octava que se aplica en la emisora de radio de FM antes de enviar la señal al transmisor.

[22] Clipping: recortador de picos.

[23] IM: Es la distorsión (diferencia entre señal que entra a un equipo y señal que luego sale del mismo) que se produce cuando dos o más señales atraviesan simultáneamente un sistema no lineal.

Publicado por Hardata en [12:07 0 comentarios](#) 

Etiquetas: [Editoriales](#), [Tecnología](#)