

# LA SÍNTESIS DE SONIDO

Daniel Reinoso, Julián Di Pietro, Ricardo Palmero.  
Facultad de Bellas Artes. UNLP.

## Introducción

El presente trabajo pretende poner en valor las distintas herramientas de síntesis de sonido que se disponen en la actualidad tanto en sus potencialidades como en sus posibles aplicaciones como generadoras de materiales para el diseño y producción de discursos sonoros.

A su vez, pretende también mostrar a la síntesis como vía hacia el conocimiento de las dimensiones psicoacústicas de los sonidos mediante la práctica de producción de sonidos con esta herramienta.

## El lenguaje sonoro

Pierre Schaeffer fue quien brindó la posibilidad de poder nombrar a cada uno de la totalidad de los sonidos posibles (el absoluto sonoro) mediante la clasificación según sus rasgos tipomorfológicos. Anteriormente a esta propuesta, los sonidos eran nombrados, para diferenciarse unos de otros, evocando la fuente que los generaba, sino haciendo alguna evocación de sensaciones o comparaciones con distintos tipos de eventos que en realidad proponían una relación arbitraria con respecto al sonido a describir en cuestión (sonido de lavarropas, sonido estridente, sonido roto, sonido brillante, etc.).

Al poder nombrar a los sonidos por las características propias de cada uno de ellos, se puede realizar clasificaciones, agrupamientos por semejanzas y diferencias, y luego de esto, se puede proponer criterios de enlace entre ellos. Es decir, se puede proponer una sintaxis sonora.

La sumatoria de este criterio sintáctico, más el criterio semántico y evocativo, e incluso expresivo de los sonidos, son los distintos aspectos que conforman al lenguaje sonoro.

## Psicoacústica y tipomorfolología

La psicoacústica es el estudio de las relaciones que se generan entre los fenómenos físicos sonoros (acústicos) y la percepción humana.

Este estudio nos permite conceptualizar las distintas dimensiones acústicas del sonido y la correlación que hay entre éstas y los distintos tipos de percepción que generan al hombre.

La tipomorfolología es la propuesta de clasificación del absoluto sonoro que propone Schaeffer.

Esta clasificación tiene dos niveles. El primero es tipológico, es decir que el criterio de clasificación es por características de oposición entre los distintos componentes a clasificar. El segundo nivel de clasificación es morfológico, es decir, interpreta al sonido como objeto y lo clasifica por sus características tanto formales como materiales, para cada uno de los rasgos tipológicos.

Psicoacústica y tipomorfolología, ambas son dos puertas de acceso hacia la comprensión de la constitución de los sonidos.

## Síntesis y análisis

La síntesis y el análisis son las dos posibilidades de acceso hacia la materia prima sonora. Materia prima que luego será articulada según criterios proporcionados por el lenguaje sonoro, para realizar discursos sonoros de diversos tipos.

La síntesis parte de generar por medios electrónicos y digitales los componentes

primarios que constituyen a los sonidos. El sintetizador permite tanto generar a éstos como variar sus distintas dimensiones (frecuencia, intensidad, duración y timbre). De esta manera podemos diseñar y producir sonidos tanto que evoquen y hasta se identifiquen con sonidos reales como sonidos nuevos que no puedan ser identificados con ninguna fuente real.

El análisis, por su parte, permite editar y procesar sonidos reales grabados. Esto es, manipular el material (cortarlo, pegarlo, invertirlo) como variar sus características perceptivas (altura, constitución espectral, especialización). De esta manera podemos reproducir sonidos de la realidad tanto con distintos grados de fidelidad como con distintos grados de referencialidad evocativa.

#### Cadena electroacústica

Llamamos cadena electroacústica al conexionado de aparatos electroacústicos que constituyen un laboratorio de sonido. Dichos aparatos pueden ser clasificados por el tipo de función que cada uno de ellos realiza dentro de la cadena.

Así tenemos:

- 1- Transductores (transforman un tipo de información en otra): micrófonos, parlantes, targetas de sonido, etc.
- 2- Generadores (generan señal sonora): sintetizadores
- 3- Grabadores/reproductores (capturan señal sonora y luego la reproducen): cinta magnética, disco de vinilo, cd, etc.
- 4- Editores/procesadores (manipulan y modifican la señal sonora): filtros, amplificadores, etc.

Hoy en día, las computadoras, mediante software y hardware, pueden contener todos los elementos de la cadena electroacústica. Es decir, se puede contar con un laboratorio digital dentro de la computadora.

#### Dispositivos de síntesis

La síntesis de sonido se puede realizar tanto mediante aplicaciones informáticas como mediante sintetizadores.

Existen aplicaciones que permiten sintetizar sonido especializadas exclusivamente para tal fin y también otras que incluyen un dispositivo de síntesis dentro de un entorno de proceso y/o montaje de sonido.

Por otro lado, los sintetizadores son instrumentos musicales (con apariencia de órgano electrónico) que permiten generar sonido utilizando uno o varios métodos de síntesis. Los hay tanto analógicos (que fueron fabricados durante la década del '70) y digitales (que comenzaron a comercializarse a partir de los '80). Existen, por otro lado, versiones de sintetizadores digitales en módulos sin teclado para ser controlados vía MIDI.

#### Controladores

Existen diversos controladores para ejecutar sonidos sintetizados que permiten variar los distintos parámetros del sonido.

Los hay tanto para ejecutar a tiempo real (teclado musical, pedales y ruedas, etc.) como para ejecutar a tiempo diferido (secuenciadores programables).

Los sintetizadores digitales cuentan con un medio sumamente versátil para control de parámetros conocido con el nombre de MIDI (interfaz digital para instrumentos musicales) que permite conectar unos con otros e inclusive a todos con una computadora.

## ELEMENTOS DE SÍNTESIS

El sonido sintetizado puede ser diseñado previamente y luego implementado en un sintetizador, o puede ser buscado directamente en el mismo jugando con las variables que modifican los distintos parámetros del sonido accesibles mediante distintos controles.

Existen diversos tipos de síntesis de sonido. Cada tipo articula diversos dispositivos que a su vez instrumentan funciones que deben ser definidas para obtener el sonido sintetizado deseado.

Tanto para una u otra forma de generar síntesis de sonido, es necesario comprender cuales son las funciones de cada uno de estos dispositivos y luego como estos pueden relacionarse entre sí. Este conocimiento le permitirá al realizador contar con nociones de predicción de resultados orientadoras ante las infinitas posibilidades de generación de sonido.

Nos introduciremos entonces en los dispositivos comunes de síntesis de sonido para luego explicar como funcionan estos con otros dispositivos propios en diversos métodos de síntesis.

### El oscilador

Es el dispositivo primordial de la síntesis. Su función es generar una onda definible en cuanto a tres parámetros:

Frecuencia de onda: que determina la altura del sonido.

Intensidad de onda: que determina la sonoridad, (también en dependencia con la frecuencia).

Forma de onda: que determina parte del timbre.

### Las envolventes temporales

Es una curva evolutiva aplicable a los tres parámetros que definen las características de la onda producida por el oscilador. Permite que dichos parámetros varíen temporalmente logrando así mayor riqueza de información en un sonido sintetizado.

### La modulación de baja frecuencia

Modular un parámetro del oscilador es alterarlo mediante otra señal. La frecuencia del modulador dará la velocidad de modulación, la amplitud dará la profundidad de modulación. Esto permite, aplicado a los distintos parámetros del oscilador, lograr vibratos de intensidad, frecuencia o timbre, en la señal de salida de éste.

## SÍNTESIS LINEAL

Se llama así a los tipos de síntesis donde las operaciones intervinientes son sumas o restas.

### Síntesis aditiva

Consiste en generar sonidos por medio de adiciones de ondas. Estas ondas pueden ser sinusoides u ondas complejas. Para el caso de la adición de sinusoides, cada una de ellas representa una frecuencia parcial del espectro que se desea generar, donde se pueden determinar amplitud y frecuencia para cada senoide. En el caso de la adición de ondas complejas, con pocos osciladores se alcanzan espectros de gran riqueza. Pero esto tiene como desventaja la imposibilidad de control directo del espectro que da la adición de sinusoides.

Características: Posibilidad de implementar diseño sonoro con mucha precisión, gran independencia de parciales. Necesidad de utilizar muchos elementos de síntesis para lograr sonidos con cierto interés.

Aplicaciones profesionales: Imitación de sonidos referenciales e invención de sonidos originales.

Aplicaciones pedagógicas: Muestra como se estructura un sonido desde sus elementos

básicos esenciales con gran transparencia.

#### Síntesis sustractiva

Consiste en generar sonidos por medio de filtrado espectral de señales complejas. Los filtros básicos se denominan de la siguiente manera:

- Pasa-bajos: permiten pasar frecuencias graves a partir de una frecuencia designada.
- Pasa-altos: permiten pasar frecuencias agudas a partir de una frecuencia designada.
- Pasa-banda: permiten pasar frecuencias intermedias entre dos frecuencias designadas.
- Rechazo de banda: impiden pasar frecuencias intermedias entre dos frecuencias designadas.

Características: Se logran diversos sonidos muy ricos en parciales con poco trabajo. Imposibilidad de independizar la conducta de cada componente.

Aplicaciones profesionales: Limitadas posibilidades de imitar sonidos referenciales, Posibilidades de inversión de sonidos originales. Posibilidades de modificación tímbrica de sonidos referenciales. Posibilidades de recreación de entornos de articulación sonora (espacialización, imitación de sonido filtrado por lejanía, parlantes, etc.).

Aplicaciones pedagógicas: Complementariamente con el método anterior, muestra los efectos las posibilidades de filtrado de sonido sobre espectros ricos en forma eficaz.

#### Métodos a partir de la síntesis de voz

Las cuerdas vocales producen una onda tipo pulso. Esta onda es filtrada por el conjunto laringe-faringe-cavidad bucal. En este filtrado se producen cinco formantes que dependiendo de la vocal emitida, estarán más o menos cerca entre sí.

La voz se puede obtener por síntesis sustractiva con un oscilador que emita pulsos y cinco filtros pasa-banda dispuestos en paralelo. Para sintetizar consonantes se precisa también un generador de ruidos.

Características: Posibilidad de obtener gran variedad de nuevos timbres.

Aplicaciones profesionales: Posibilidad de articular texto por medios artificiales.

Aplicaciones pedagógicas: Posibilidad de ejemplificación del fenómeno de la voz en cuanto a su conformación y articulación.

#### SÍNTESIS NO LINEAL

Se llama así a los tipos de síntesis donde las operaciones intervinientes son multiplicaciones, exponenciales, etc. También son llamadas "síntesis de distorsión" ya que consisten en distorsionar una onda para conseguir otra más compleja.

#### Distorsión de fase (PD)

Llamado también "modulación de fase". Se realiza solo en forma digital. Consiste en leer una onda almacenada en forma repetida variando la ventana de lectura de ésta. De esta forma se obtendrá una variedad de sonidos distorsionados de la misma.

Características: Método muy sencillo para obtención de variedad de sonido.

Aplicaciones profesionales: Posibilidades limitadas de imitación y generación de sonidos originales.

Aplicaciones pedagógicas: Buen ejemplo para observar la correlación entre la deformación de una onda y sus implicancias espectrales.

#### Modelado de onda (*waveshaping*)

Consiste en modificar el espectro de una onda mediante una función de transferencia que la distorsiona. Dicha función se puede variar logrando así resultados diversos. Ante una

función plana, el resultado es idéntico con la posibilidad de distorsionar la onda por medio del cierre de la ventana de transferencia, lo que produce el recorte de crestas de la onda de entrada. Cuanto la función se aleja de la neutralidad plana, se obtienen distintos grados y tipos de distorsión.

Características: Posibilidades de variedad de timbres distintos pero de dificultosa predicción y comprensión de resultados.

Aplicaciones profesionales: Permite mayormente generar sonidos originales.

Aplicaciones pedagógicas: Buen ejemplo para mostrar ejemplos varios sobre distorsión de onda.

#### Modulación de amplitud (AM)

Utiliza el mismo principio del vibrato de intensidad realizado por el modulador de baja frecuencia, pero en este caso, con alta frecuencia.

Consiste en modificar una onda, llamada "portadora" mediante otra llamada "moduladora". La profundidad de la modificación estará dada por la amplitud de la moduladora, llamada "índice de modulación".

El efecto que causa una modulación en una senoide, por ejemplo, es la generación de dos bandas laterales que pueden ser calculadas por la relación entre las frecuencias de la portadora y la moduladora en cuanto a su ubicación en el espectro. La intensidad de las bandas laterales corresponde a la mitad de la intensidad de la portadora.

Características: Potencialidad de timbres con cierta riqueza armónica, cierta limitación en cuanto a independencia de parciales en cuanto a evolución en el tiempo.

Aplicaciones profesionales: Posibilidades limitadas de generación de sonidos tónicos con poca programación.

Aplicaciones pedagógicas: Ejemplo sencillo del concepto de modulación.

#### Modulación de anillo

Es similar a la modulación de amplitud. Existen dos formas de realización:

1- La amplitud de la portadora vale cero, y se obtendrán una banda lateral a cada lado de la frecuencia de portadora a frecuencias ( $f_c + f_m$  y  $f_c - f_m$ ) con amplitudes igual a  $A_m/2$ .

2- Se multiplican las dos señales. Sucederá lo mismo que en el caso 1 pero las amplitudes serán igual a  $A_1 \times A_2 / 2$ .

Este tipo de síntesis puede utilizarse con ondas complejas. Se la ha utilizado con sonidos referenciales para distorsionarlos (ej. Voces para robots).

Características: Similar a la síntesis de AM pero más limitado aún

Aplicaciones profesionales: idem AM.

Aplicaciones pedagógicas: Idem AM.

#### Modulación de frecuencia (FM)

Utiliza el mismo principio del vibrato de altura realizado por el modulador de baja frecuencia, pero en este caso, con alta frecuencia.

Consiste en modificar una onda, también llamada "portadora" mediante otra llamada "moduladora". La profundidad de la modificación estará dada por la amplitud de la moduladora, llamada "índice de modulación".

El efecto que causa una modulación en una senoide, por ejemplo, es la generación de bandas de frecuencia laterales que pueden ser calculadas por la relación entre las frecuencias de la portadora y la moduladora en cuanto a su ubicación en el espectro. La intensidad de los componentes laterales puede ser a su vez calculada mediante unas funciones matemáticas llamadas "funciones de Bessel".

A la relación entre portadora y moduladora se la llama “par simple” o “FM simple. Pero este método permite también conectar en cascada a moduladores con otros moduladores, exponenciando el efecto. A estas relaciones se las llama “FM compleja”

Características: Gran potencial para generación de sonidos muy ricos con pocos elementos de síntesis.

Aplicaciones profesionales: Imitación de sonidos referenciales y generación de sonidos originales.

Aplicaciones pedagógicas: De gran utilidad para comprender relaciones entre parciales tanto armónicos como inarmónicos.

#### Síntesis cruzada

Consiste en analizar la evolución de un parámetro de un sonido determinado y aplicárselo a otro.

Características: Produce mezclas de sonido muy originales.

Aplicaciones profesionales: Sonidos de difusa referencialidad.

Aplicaciones pedagógicas: Permite comprender la identidad de cada parámetro del sonido.

#### Modelos físicos

Se basan en el análisis de comportamiento físico de las partes de una fuente de sonido determinada, representando luego dichos comportamientos mediante ecuaciones constitutivas de un modelo físico.

Características: Imitación de instrumentos muy eficaz

Aplicaciones profesionales: Ejecución muy expresiva de sonido sintético

Aplicaciones pedagógicas: Comprensión de la dependencia entre la fuente y el resultado sonoro.

#### Síntesis granular

Se basa en generar sonidos muy breves (de unos 25 milisegundos, cada uno) llamados “granos” y luego sumarlos para obtener una “nube” de granos de distinto material, frecuencia y disposición en el tiempo.

Características: Generación de sonido de una gran originalidad

Aplicaciones profesionales: Posibilidad de generar fragmentos sonoros de gran interés.

Aplicaciones pedagógicas: Permite reflexionar sobre distintas maneras de manipulación de sonido y posibles efectos perceptivos muy interesantes.

#### CONCLUSIÓN

La síntesis de sonido ha abierto distintas puertas dentro de la música del siglo XX:

- Fue un muy importante medio de concientización acerca de la valorización del diseño sonoro como parte de la composición musical.

- A partir de la utilización de este tipo de métodos para obtención de sonido, los músicos accedieron a una comprensión más profunda del fenómeno sonoro, mediante la práctica realizativa.

- Fue uno de los más importantes pasos hacia la emancipación del sonido como medio artístico más allá de los instrumentos tanto de la orquesta tradicional como de los de origen étnico.

- Brindó un gran aporte al desarrollo de la música electroacústica, de los efectos especiales para medios audiovisuales, para diversas corrientes de música popular (rock sinfónico, pop, jazz, etc.)

La informática permitió hacer mucho más accesibles a los dispositivos para trabajar en

los distintos métodos de síntesis de sonido. Hoy en día, los músicos y diseñadores de sonido en general pueden disponer de estos recursos en sus estudios domésticos.

La práctica en el diseño creativo sonoro, las distintas búsquedas estéticas, la progresiva noción del absoluto sonoro como paleta de sonido susceptible de ser utilizado como material artístico, dan a los distintos métodos de síntesis muchas posibilidades tanto en el presente como en el futuro de los distintos campos del arte que utilizan al sonido como un medio de expresión y comunicación.

## **Bibliografía**

CHOWNING, John, “ *The Synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Frequency Modulation*”, Publicación de Journal of the Engineering Society, Septiembre de 1973, volume 21 number 7, pp. 526 - 534.

PIERCE, John R., “*Los Sonidos de la Música*”, Editorial Labor, Barcelona, 1985.

CHOWNING, John y BRISTOW, David “*FM Theory and applications*”, Yamaha, Tokyo, 1986.

SCHAEFFER, Pierre, “*Tratado de los objetos musicales*”, Alianza Música, Madrid, 1988.

CHION, Michel, “*La Audiovisión*”, Paidós Comunicación, Barcelona, 1993.

NÚÑEZ, Adolfo, “*Informática y electrónica musical*”, Paraninfo, madrid, 1993.

SMITH BRINDLE, Reginald, “*La nueva música*”, Ricordi Americana, 1996.

ROEDERER Juan, “*Acústica y Psicoacústica de la Música*”, Ricordi, 1997.

TERUGGI, Daniel, etc., “*la music electroacoustique*”, CD-ROM, INA-GRM, 2000.

BENSINA, Ross, “*AudioMulch –Reference Guide-*”, Steinberg, 2009.