Evolución de los sonidos en videojuegos

Francisco José Cáneva
Estudiante de Ingeniería en Sistemas de Computación
Universidad Nacional del Sur, Avda. Alem 1253, B8000CPB Bahía Blanca, Argentina
fran.12.74.canev@hotmail.com
Agosto 2013

Resumen: En este texto abarcaremos la evolución de los sonidos almacenados en videojuegos y su análisis como series de Fourier. Se estudiará desde las primeras consolas que utilizaban hardware para reproducir sonidos básicos y luego la influencia en juegos más modernos y la aplicación de esta técnica a otros sistemas de reproducción de audio (PC).
Palabras clave: Series de Fourier, Videojuegos

I. Introducción

La evolución en la forma de almacenar y reproducir sonidos en lo referido a los videojuegos ha cambiado constantemente gracias al permanente aporte que le ha sabido otorgar la tecnología con el paso del tiempo. En un principio, cuando el espacio para desarrollar aplicaciones era muy reducido, se necesitaba una manera eficaz y simple de poder almacenar datos de forma tal que cupiese eficientemente en el medio en que se lo almacenara (chips ROM[1]). Dicha estrategia de almacenamiento debía mantener una disposición tal que fuera transparente a los ojos del compositor y el programador, y a su vez debía ser legible para los dispositivos de generación y reproducción de sonidos. Si bien, con la llegada de la alta fidelidad sonora y la posibilidad de grabar sonidos de alta definición ha hecho que está técnica de almacenamiento dejara de usarse, la realidad es que aún se utiliza en juegos donde el sonido es creado mediante dispositivos de software. Pero para poder ver cómo se fue realizando esto, veamos primero el origen de esta forma de sonidos.

II. Revisando conceptos: las Series de Fourier

Antes de adentrarnos en esta exposición, recordemos la definición de las Series de Fourier, que utilizaremos más adelante [1]:

"La serie trigonométrica

$$\boxed{\frac{1}{2}a_0+\sum_{n=1}^{\infty}\left(a_n\cos\left(\frac{n\pi x}{L}\right)+b_n\operatorname{sen}\left(\frac{n\pi x}{L}\right)\right)}$$

o bien su forma compleja

$$\boxed{\sum_{n=-\infty}^{+\infty}\gamma_n e^{\frac{in\pi x}{L}}}$$

es la Serie de Fourier de una función $f(x)$ *si sus coeficientes vienen dados por las fórmulas*

$$\boxed{\begin{aligned} a_0&=\frac{1}{L}\int_{-L}^{L}f(x)\ \partial x \\ a_n&=\frac{1}{L}\int_{-L}^{L}f(x)\ \cos\left(\frac{n\pi x}{L}\right)\ \partial x \qquad n\in\mathbb{N} \\ b_n&=\frac{1}{L}\int_{-L}^{L}f(x)\ \operatorname{sen}\left(\frac{n\pi x}{L}\right)\ \partial x \qquad n\in\mathbb{N} \\ \gamma_n&=\frac{1}{2L}\int_{-L}^{L}f(x)\ e^{\frac{-in\pi x}{L}}\ \partial x \qquad n\in\mathbb{Z} \end{aligned}}$$

1 ROM: *Read-only memory* (*Memoria de sólo lectura*)

donde $f(x)$ *está definida en el intervalo* $[-L, L]$ *.*"

III. Revisando conceptos: Generaciones de consolas

En las versiones de Wikipedia tanto en inglés como en español [2]-[10], podemos encontrar en sus artículos una clasificación que se ha hecho de las consolas de videojuegos las cuales, por su tecnología, se las ha agrupado en generaciones. Existen un total (hasta la fecha) de 8 generaciones; dichos nombres serán usados en el presente texto para mencionar características de las consolas pertenecientes a cada una de las generaciones. Presentaremos a continuación –para cada generación– los años que abarcan, las características de dichas consolas, y ejemplos de las más conocidas:

Generación	Duración	Características	Consolas más conocidas
Primera	Mayo 1972 Agosto 1977	• No usaban CPU, eran basados lógica pura de circuitos • Pong: primer videojuego masivamente reproducido	• MagnaVox Odyssey
Segunda (“era de los 8 bit”)	Agosto 1977 14/Jul/1983	• Primeras consolas de CPU • Primeras consolas de programa almacenado (ROM), flexibilidad máxima en la creación de juegos	• Atari 2600, 5200 y 7600
Tercera (“era de los 8 bit”)	15/Jul/1983 29/Oct/1987	• Aparición de Nintendo y SEGA, potencias mundiales de videojuegos • Ondas sonoras generadas por HW	• Nintendo Enterteinament System (NES, en Japón también llamada “Family Computer”)
Cuarta (“era de los 16 bit”)	30/Oct/1987 22/Nov/1994	• Mejora de los CPU, mayor calidad de gráficas y sonido • Aparición de nuevas tecnologías sonoras: chips moduladores de frecuencia (FM) • SRAM: una memoria interna dentro del juego para guardar los progresos del mismo • Aparición del CD como medio de almacenamiento	• SEGA Genesis • Super Nintendo • Nintendo Game Boy • SEGA CD
Quinta (“era de los 32 y 64 bit”)	23/Nov/1994 26/Nov/1998	• Migración masiva a medios ópticos • Primeros juegos en 3D generados por gráficas vectoriales (anteriormente se utilizaban técnicas de simulación de 3D)	• Nintendo Game Boy Color • Sony Playstation • Nintendo 64
Sexta (“era de los 128 bit”)	27/Nov/1998 21/Nov/2005	• Migración a dispositivos móviles (celulares) • Migraciones a dispositivos ópticos de mayor tamaño (DVD, SEGA GigaDisk –GD–) • Inicios de redes de consolas en Internet • Inicios de la retroemuación (emulación de consolas de menores requerimientos) • Primeros “juegos de segunda pantalla”: pequeñas aplicaciones secundarias al juego principal corriendo en pantallas más pequeñas agregan información adicional al juego principal	• Sony Playstation 2 • Microsoft Xbox • SEGA Dreamcast • Nintendo GameCube
Séptima	22/Nov/2005 21/Feb/2012	• Blu-ray como almacenamiento del juego, discos duros internos para almacenar los datos de progresos del juego • Jugabilidad sin cables o incluso sin controles • Video digital: con la llegada del HDMI de mejor calidad gráfica, se abandona el RCA con su modo de operar analógico • Juegos actualizables y con contenidos exclusivos adquiribles por las redes de comercio propias de los fabricantes	• Sony Playstation 3 • Nintendo Wii • Microsoft Xbox 360
Octava (Actual)	22/Feb/2012	• Integración con la Televisión 3D • Máxima integración con Internet, inclusive para compartir progresos de juegos en redes sociales	• Sony Playstation Vita • Nintendo Wii-U • Sony Playstation 4 • Microsoft Xbox One

IV. Las ondas sonoras básicas

En una primera instancia, era el hardware el que generaba dichos sonidos basados en la información almacenada en la memoria del juego. Dicha información almacenada eran las "notas" musicales almacenadas en el medio donde se guardase el juego.

Los dispositivos reproductores de aquella época eran, básicamente, chips generadores de ondas gobernados por un SPU[2], que era un CPU[3] que se encontraba subordinado al CPU lógico encargado de administrar el flujo de ejecución del juego. Entre los chips generadores, se podían encontrar los siguientes:

- De ondas senoidales;
- De ondas cuadradas;
- De ondas triangulares;
- De ondas dientes de sierra;
- De ondas de ruido no aleatorio (para diferenciarlo del ruido blanco que es completamente aleatorio); y
- Procesadores de sonidos Delta-PCM[4].

La característica destacable de estos sonidos generados es que son periódicos, es decir, que tienen una estructura básica en su onda que se repite a lo largo del tiempo. Esto último permite decir que dichas ondas puedan ser representadas en series de Fourier; dependiendo de la complejidad de las mismas, resultarán en series con más o menos términos incluidos en la misma.

De acuerdo a la onda en cuestión, las fórmulas son:

- De ondas senoidales:

$$\boxed{\operatorname{sen}(x)}$$

- De ondas cuadradas:

$$\boxed{\text{Forma real}: \sum_{k=0}^{\infty} \frac{4}{\pi(2k+1)} \operatorname{sen}(2k+1)x \qquad \text{Forma compleja}: \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \frac{-2i}{\pi(2k+1)} e^{i(2k+1)x}}$$

- De ondas triangulares:

$$\boxed{\text{Forma real}: \frac{\pi}{2} + \sum_{k=0}^{\infty} \frac{4}{\pi(2k+1)^2} \cos(2k+1)x \qquad \text{Forma compleja}: \frac{\pi}{2} - \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \frac{2}{\pi(2k+1)^2} e^{i(2k+1)x}}$$

- De ondas dientes de sierra:

$$\boxed{\text{Forma real}: \sum_{n=1}^{\infty} \frac{-2(-1)^n}{n} \operatorname{sen} n x \qquad \text{Forma compleja}: \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{(-1)^n i}{n} e^{i n x} \qquad n \neq 0}$$

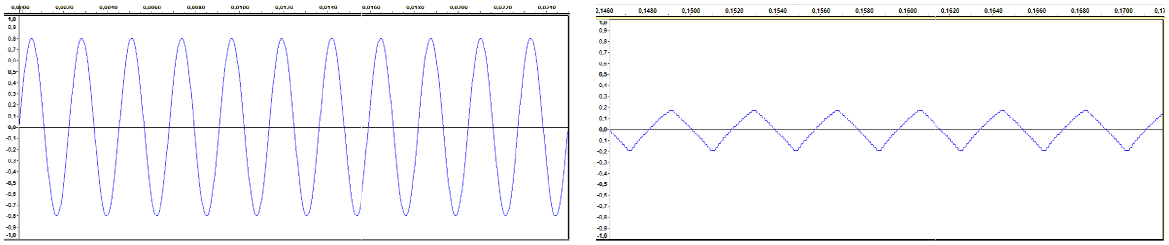
En las figuras 1 a 4, presentaremos las formas de las ondas básicas mencionadas anteriormente utilizando el programa de edición de sonidos de código abierto Audacity [23]. Las ondas senoidal y diente de sierra fueron generadas utilizando el mismo programa, las otras dos fueron generadas usando el programa FamiTracker [21].

---

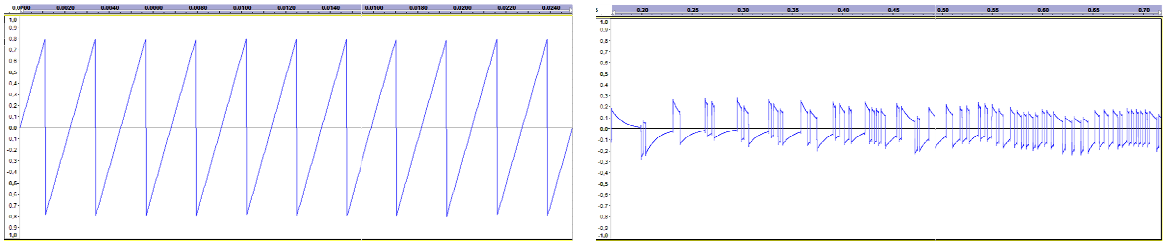
2 SPU: *Sound Processor Unit* (*Unidad Procesador de Sonidos*)

3 CPU: *Central Processor Unit* (*Unidad Procesadora Central*)

4 PCM: *Pulse-Code Modulation* (*Modulación Pulso-Código*). Se refiere al almacenamiento de información sonora mediante la técnica de muestreo de la amplitud de un sonido en intervalos ∂t . El "delta" hace referencia a almacenar la variación de amplitud, no su valor correspondiente al tiempo definido.



Figuras 1 y 2: Ondas senoidal y triangular



Figuras 3 y 4: Ondas diente de sierra y de ruido no aleatorio

Entre los sistemas más conocidos que utilizaban dicho equipamiento a la hora de generar dichos sonidos eran las consolas de segunda y tercera generación (Atari 2600, 5200 y 7600; ColecoVision; Nintendo Entertenaiment System; Game Boy; Game Boy Color; y Sega Master System entre otros) [4],[5].

V. Legado de los sistemas de hardware

La llegada de medios de más tamaño a las consolas (CD-ROM), ha hecho que los programadores y compositores dispongan de más espacio para poder almacenar medios musicales, lo cual hizo que fuera más fácil el almacenamiento de música para poder reproducirla en videojuegos; esto se dio en las consolas a partir de la quinta generación [7]. Sin embargo, la tecnología que han dejado los sistemas de reproducción por hardware ha hecho que muchos juegos modernos la adopten a la hora de reproducir los mismos, pero utilizando software para emular los chips o para poder reproducir pequeñas muestras de sonido para formar la música en cuestión. Uno de estos estándares usados en la informática hogareña es el MIDI[5], estándar implementado en 1983 [11]. Estos dos últimos ejemplos también son absolutamente modelables utilizando Series de Fourier; la dificultad estará en encontrar los términos exactos de la serie que modelen dichos sonidos.

VI. Programas que emplean este estilo de música

Entre los juegos que utilizan esta tecnología a la hora de reproducir su música podemos mencionar:

- Todos los títulos pertenecientes a la segunda, tercera y cuarta generción.
- Entre los títulos de quinta generación en adelante encontramos:
  - Alundra (Sony Playstation, 5ta) [12]
  - Final Fantasy VII (Sony Playstation, 5ta) [13]
  - Drakengard (Sony Playstation 2, 6ta) [14]
  - Sonic Rush (Nintendo DS, 7ma) [15]
- En PC, podemos encontrar el “Pinball Cadete Espacial”, que venía incluído en Windows XP. [16] El mismo posee una banda sonora de fondo escrita en MIDI.
- Juegos de PC-DOS funcionaban con sonidos programados en placas de sonido de la época; la más conocidas fueron las del fabricante Creative Technology: SoundBlaster Pro [17] y su sucesora SoundBlaster 16. [18] Hoy en día sobreviven gracias a su emulación en software moderno como DOSBox [19] y Oracle VirtualBox. [20] Dichos programas son multiplataforma (corren en Windows, Linux y Mac), y están distribuídos bajo licencia GPL[6].

---

5 MIDI: *Musical Interface of Digital Instruments* (*Interfaz Digital de Instrumentos Musicales*)

6 GPL: GNU General Public License (Licencia Pública General GNU), es una licencia de software que establece que es posible recibir el código fuente de un programa de forma gratuita. Para más información se puede visitar http://www.gnu.org.

Para los que quieran experimentar la posibilidad de poder utilizar programas que permitan la creación de este tipo de música, podemos citar:

- FamiTracker: un compositor de sonidos completamente compatible con la NES. Se puede exportar a formatos WAVE y NSF (NES Sound Format), compatible para proyectos hogareños de NES. Windows, GPL. [21]
- musagi: un compositor de melodías de ondas elementales. Exportable al formato WAVE, pero no al NES. Windows, gratuito. [22]
- Audacity: editor de archivos de audio utilizando la vista de onda. Permite generar algunas ondas básicas. Multplataforma (Windows, Linux, Mac), GPL. [23]
- VGM Music Maker: un compositor de sonidos emulando el chip de sonido de la SEGA Genesis, el chip Yamaha 2612. Windows, gratuito. [24] Para escuchar los sonidos VGM generados, podemos usar la utilidad de comandos VGMPlay, desarrollada por ValleyBell. Windows y Linux, Gratuito. [25] Podemos encontrar librerías VGM con extractos de muchos juegos de Sega Genesis en formato VGM en la página Project2612. [26]
- Music, Music 2000 y MTv Music Generator: saga de programas compositores de audio basado en muestras de sonido. Varias plataformas (Music y Music 2000: Sony Playstation; MTv Music Generator: Windows), de pago (el software debe ser adquirido para usarlo). [27]

VII. Conclusión

El estudio de los sonidos a través de la matemática permite descubrir herramientas para el análisis y el tratamiento de los mismos:

- Compresión inteligente;
- Filtros;
- Reconocimiento de voz;
- Efectos sonoros: eco, reverberación, modificación de velocidad, modificación de tono, etc.;
- Transmisión de datos mediante ondas portadoras (Modulación);

A su vez, cualquier función matemática periódica puede generar sonidos en la técnica conocida como síntesis de frecuencia modulada; técnica que vimos en estas páginas. Dichas fórmulas pueden guardarse a fin de poder generar el sonido original de una forma muchísimo más eficiente que un sonido muestreado (sonido discreto).

Referencias

[1] Calandrini, Guillermo. *Funciones de Variable Compleja, notas de curso.* Bahía Blanca, 2012.

[2] Wikipedia: Historia de los video juegos
- Edición inglesa: http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_video_game_consoles
- Edición española: http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_los_videojuegos

[3] Wikipedia: Videoconsoslas de primera generación
- Edición inglesa: http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_video_game_consoles_(first_generation)
- Edición española: http://es.wikipedia.org/wiki/Videoconsolas_de_primera_generación

[4] Wikipedia: Videoconsoslas de segunda generación
- Edición inglesa: http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_video_game_consoles_(second_generation)
- Edición española: http://es.wikipedia.org/wiki/Videoconsolas_de_segunda_generación

[5] Wikipedia: Videoconsoslas de tercera generación
- Edición inglesa: http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_video_game_consoles_(third_generation)
- Edición española: http://es.wikipedia.org/wiki/Videoconsolas_de_tercera_generación

[6] Wikipedia: Videoconsoslas de cuarta generación
- Edición inglesa: http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_video_game_consoles_(fourth_generation)
- Edición española: http://es.wikipedia.org/wiki/Videoconsolas_de_cuarta_generación

[7] Wikipedia: Videoconsoslas de quinta generación
- Edición inglesa: http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_video_game_consoles_(fifth_generation)
- Edición española: http://es.wikipedia.org/wiki/Videoconsolas_de_quinta_generación

[8] Wikipedia: Videoconsoslas de sexta generación
- Edición inglesa: http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_video_game_consoles_(sixth_generation)
- Edición española: http://es.wikipedia.org/wiki/Videoconsolas_de_sexta_generación

[9] Wikipedia: Videoconsoslas de séptima generación
- Edición inglesa: http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_video_game_consoles_(seventh_generation)
- Edición española: http://es.wikipedia.org/wiki/Videoconsolas_de_séptima_generación

[10] Wikipedia: Videoconsoslas de octava generación
- Edición inglesa: http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_video_game_consoles_(eigth_generation)
- Edición española: http://es.wikipedia.org/wiki/Videoconsolas_de_octava_generación

[11] Wikipedia: MIDI
- Edición inglesa: http://en.wikipedia.org/wiki/MIDI
- Edición española: http://es.wikipedia.org/wiki/MIDI

[12] Wikipedia: Alundra
- Edición inglesa: http://en.wikipedia.org/wiki/Alundra
- Edición española: http://es.wikipedia.org/wiki/Alundra

[13] Wikipedia: Final Fantasy VII
- Edición inglesa: http://en.wikipedia.org/wiki/Final_Fantasy_VII
- Edición española: http://es.wikipedia.org/wiki/Final_Fantasy_VII

[14] Wikipedia: Drakengard
- Edición inglesa: http://en.wikipedia.org/wiki/Drakengard
- Edición española: http://es.wikipedia.org/wiki/Drakengard

[15] Wikipedia: Sonic Rush
- Edición inglesa: http://en.wikipedia.org/wiki/Sonic_Rush
- Edición española: http://es.wikipedia.org/wiki/Sonic_Rush

[16] Wikipedia: Pinball Cadete Espacial (redirige a “Full Tilt! Pinball”)
- Edición inglesa: http://en.wikipedia.org/wiki/Full_Tilt!_Pinball
- Edición española: http://es.wikipedia.org/wiki/Full_Tilt!_Pinball

[17] Wikipedia: SoundBlaster Pro (redirige a “Sound Blaster”)
- Edición inglesa: http://en.wikipedia.org/wiki/Sound_Blaster
- Edición española: http://es.wikipedia.org/wiki/Sound_Blaster

[18] Wikipedia: SoundBlaster 16
- Edición inglesa: http://en.wikipedia.org/wiki/Sound_Blaster_16
- Edición española: http://es.wikipedia.org/wiki/Sound_Blaster_16

[19] DosBox: http://dosbox.com

[20] Oracle VirtualBox https://www.virtualbox.org/

[21] FamiTracker: http://famitracker.com

[22] musagi project: http://www.drpetter.se/project_musagi.html

[23] Audacity: http://audacity.sourceforge.net

[24] VGM Music Maker: http://shiru.untergrund.net

[25] VGMPlay:
- Binarios para Windows (v 0.40.3): http://vgm.mdscene.net/programs/players/VGMPlay_040-3.7z
- Código fuente para Windows y Linux (v 0.40.3): http://vgm.mdscene.net/programs/players/VGMPlay_040-3_src.7z
- Plugin para Winamp (v 0.40.3): http://vgm.mdscene.net/programs/players/in_vgm_040-3.7z
- Plugin para Winamp (código fuente) (v 0.40.3): http://vgm.mdscene.net/programs/players/in_vgm_040-3_src.7z
- Página de referencia: http://vgm.mdscene.net/forum/index.php

[26] Project2612: http://project2612.org

[27] Wikipedia: Music
- Edición inglesa: http://en.wikipedia.org/wiki/Music_(software)