

O MÉTODO DE SÍNTESE POLIGONAL DIGITAL DE ONDAS SONORAS VIA ORDENAÇÃO CONTÍNUA DE HOHNERLEIN, REST & SMITH: INVESTIGAÇÃO, IMPLEMENTAÇÃO E EXPERIMENTAÇÃO COMPOSICIONAL

Danilo Pires Lucio (PIBIC/CNPq/FA/UEM) e-mail: danilopireslucio@gmail.com, Marcus Alessi Bittencourt (Orientador), e-mail: mabittencourt@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Ciências Humanas, Linguística, Letras e Artes/Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento conforme tabela do [CNPq/CAPES](#): 8.03.03-0 Artes; Música; Composição Musical

Palavras-chave: Síntese Sonora Digital, Computação Musical, Pure Data.

Resumo:

Este projeto de pesquisa teve o objetivo de estudar e implementar em uma peça de software original o método de síntese poligonal digital de ondas sonoras via ordenação contínua de Hohnerlein, Rest & Smith (2016). Para isso, a pesquisa partiu do estudo de elementos de programação computacional de áudio digital e de síntese sonora digital (BOULANGER & LAZZARINI, 2011), além do método específico de síntese poligonal digital (HOHNERLEIN; REST; SMITH, 2016). Para a implementação deste método de síntese, foi utilizado o ambiente de programação Pure Data (PUCKETTE, 1997) por meio da programação em linguagem C de uma biblioteca de objetos externos. A implementação de síntese criada mostrou-se bem-sucedida em gerar, via software livre, sonoridades polifônicas musicalmente interessantes que, ao contrário de outras implementações monofônicas e proprietárias pesquisadas, permite uma gama maior de possibilidades de acesso e utilização musical em tempo real.

Introdução

Este projeto de pesquisa teve o objetivo de estudar e implementar em uma peça de software original o método de síntese poligonal digital de ondas sonoras via ordenação contínua de Hohnerlein, Rest & Smith (2016). Este projeto se justificou na medida em que se integrou de maneira expressiva nas atividades de pesquisa, ensino, extensão e criação artística do Laboratório de Pesquisa e Produção Sonora (LAPPSO) do Departamento de Música e Artes da Cênicas da UEM, além de contribuir para a pesquisa na área da síntese sonora digital e para a ampliação da paleta de técnicas disponível aos compositores do laboratório.

O processo de síntese poligonal de Hohnerlein, Rest & Smith (2016) parte da ideia de um polígono inscrito com seus vértices em um círculo imaginário

de raio de 1 unidade em um plano cartesiano. A partir disso, um ponto imaginário gira no perímetro do círculo em velocidade constante, sendo que para toda posição do ponto no perímetro do círculo corresponde uma coordenada x e y de um segundo ponto no perímetro do polígono, pela projeção de uma linha reta do ponto no perímetro do círculo ao centro do círculo. A velocidade fixa desse giro determina a altura do som gerado, e o fato de que a forma do polígono se mantém inalterada providencia uma periodicidade na variação dos valores dos pontos x e y à medida que o ponto gira no círculo, gerando um timbre harmônico. Os valores das coordenadas x se tornarão os valores de amplitude do áudio digital de um canal, e as coordenadas y , de outro canal, assim gerando um som estéreo. O desenho do polígono – e consequentemente o som que ele gera – é alterado por meio de alguns parâmetros: o número de lados do polígono, o ângulo em radianos de rotação do polígono em seu eixo e os chamados “dentes”, que basicamente reposicionam os lados do polígono segundo um certo *offset*, criando figuras parecidas com estrelas.

Materiais e métodos

A metodologia utilizada na pesquisa incluiu inicialmente o levantamento, estudo e fichamento do material bibliográfico para a sua fundamentação, incluindo a programação computacional de áudio digital e a síntese sonora digital (BOULANGER & LAZZARINI, 2011), o ambiente de programação de áudio Pure Data (PUCKETTE, 1997), além do método específico de síntese poligonal digital de ondas sonoras via ordenação contínua (HOHNERLEIN; REST; SMITH, 2016).

Para a implementação deste método de síntese, foi utilizado o ambiente de programação Pure Data, por meio da programação em linguagem C de uma biblioteca de objetos externos, que operacionalizam os cálculos necessários para que os polígonos sejam obtidos, assim como as suas representações gráficas e sonoras. Para implementar em objetos externos o método de síntese envisioned, foi utilizada uma equação para descrever polígonos (RASKOLNIKOV, 2011), juntamente com uma descrição matemática de como associar as coordenadas dos pontos do perímetro do polígono às amplitudes do áudio digital gerado pelo processo (HOHNERLEIN; REST; SMITH, 2016).

Com a biblioteca de objetos externos de síntese implementada, foram preparados *patches* de Pure Data criando versões polifônicas do sintetizador, juntamente com outros dispositivos típicos de síntese sonora para controlar os parâmetros mencionados anteriormente da síntese, tais como LFOs (*low frequency oscillators*) e geradores de envelopes diversos. Após isto, foi experimentado o software de síntese criado, por meio de experimentos efetivos de criação musical, fazendo uso do sintetizador virtual implementado.

Ao final, esta pesquisa foi formalizada com a preparação de um artigo científico, e todo o material bibliográfico, computacional e de criação musical

produzido foi ainda acrescentado ao site de documentação do Laboratório de Pesquisa e Produção Sonora (LAPPSO) da UEM ([link abaixo](#)).

<<http://www.dmc.uem.br/lappso/projetos/computacao-musical/sintesepolygonal>>

Resultados e Discussão

A ideia inicial era a de traduzir a equação matemática que descrevia polígonos (RASKOLNIKOV, 2011) – que foi encontrada na linguagem R – para a linguagem de programação C, para que com ela fosse fabricada a biblioteca externa para o Pure Data. Após isso, testamos o código utilizando o software GnuPlot, que imprime gráficos cartesianos, para averiguar se o polígono pretendido era desenhado corretamente e se os parâmetros (lados, dentes e rotação) se alteravam conforme o esperado.

Na sequência, fizemos a implementação da estratégia de *oversampling*, sugerida no trabalho original estudado (HOHNERLEIN; REST; SMITH, 2016), que se utiliza de um filtro *low-pass* de ordem 128 para resolver o problema de *aliasing*, comumente encontrado na síntese sonora digital e que resulta em adição de frequências espúrias indesejadas e algumas distorções sonoras. A lógica dessa implementação é a de que o áudio é gerado em 4 vezes mais amostras por segundo do que o padrão de amostragem desejado (44100 Hz), e então esse sinal de áudio é processado pelo filtro, que elimina grande parte do espectro agudo desse som – a parte do espectro onde aparecem as frequências indesejadas que gerarão o *aliasing* – e então, após a filtragem, o som passa pelo processo de *downsampling*, no qual o sinal de áudio é reamostrado ao seu patamar padrão original, mas agora sem as frequências ofensoras. Após testagem por meio de espectrogramas, foi constatado que o filtro funcionava como havíamos previsto.

Com os códigos para gerar a síntese poligonal e o filtro já em funcionamento, foi fabricada em C a biblioteca que cria os objetos externos que, no Pure Data, fazem a síntese sonora e a representação visual do polígono em tempo real. Assim, implementamos no Pure Data um processo de síntese polifônica com 10 vozes (com a possibilidade de aumentar esse número), que estrategicamente foi posicionado antes da filtragem *anti-aliasing*, de forma que a filtragem aconteça apenas uma vez, sem que seja necessário um filtro individual para cada voz. Pensou-se assim pois, após testes preliminares, foi constatado que filtros independentes causavam sobrecarregamento extremo do processador, o que inviabilizava o uso do sintetizador em tempo real.

A fim de aumentar ainda mais a capacidade do projeto de criar timbres novos e variados, idealizamos um gerador de envelopes que servisse para gerar movimentos interessantes para todos os parâmetros que o sintetizador recebe (número de lados, intensidade dos dentes e rotação do polígono em seu eixo) e que também servisse para envelopes de amplitude. O gerador de envelopes tem também nele a capacidade de randomizar seus parâmetros segundo uma margem estabelecida, fazendo com que diferentes vozes, mesmo operadas por geradores de envelope configurados com os mesmos

parâmetros, pudessem apresentar pequenas (ou grandes, dependendo do caso) diferenças entre elas, o que resulta em mais organicidade e naturalidade no resultado sonoro final.

Conclusões

A implementação criada por esta pesquisa no Pure Data do método de síntese poligonal digital de ondas sonoras via ordenação contínua de Hohnerlein, Rest & Smith mostrou-se bem-sucedida em gerar sonoridades musicalmente interessantes, conforme pode ser ouvido em exemplos de pequenas criações musicais que trabalhamos (disponíveis no *link* mencionado anteriormente). É importante salientar que, ao contrário de outras implementações pesquisadas do mesmo método de síntese (por exemplo, E-RM ERFINDUNGSBÜRO, 2019), que são monofônicas e proprietárias, a implementação criada por esta pesquisa é polifônica e via software livre, o que permite uma maior abrangência de utilização e uma maior gama de possibilidades de utilização musical em tempo real.

Agradecimentos

Agradeço ao Prof. Dr. Marcus Alessi Bittencourt pelo grande apoio e incentivo que me foram dados, além do enorme conhecimento generosamente compartilhado. Também agradeço ao CNPq e à Fundação Araucária pelo incentivo à pesquisa científica.

Referências

BOULANGER, Richard & LAZZARINI, Victor. **The Audio Programming Book**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2011.

E-RM ERFINDUNGSBÜRO. **Polygogo, graphical stereo oscillator with original Polygonal Synthesis**. Berlin, Alemanha, 2019. Disponível em: <<https://www.e-rm.de/polygogo>>. Acesso em: 10 abril 2020.

HOHNERLEIN, Christoph; REST, Maximilian; SMITH, Julius. Continuous Order Polygonal Waveform Synthesis. In: ICMC 2016, 42nd International Computer Music Conference 12th–16th September 2016, Utrecht, The Netherlands. **Proceedings of the International Computer Music Conference 2016**. San Francisco: International Computer Music Association, 2016, p. 533-536.

PUCKETTE, Miller. Pure Data. **Proceedings, International Computer Music Conference**, vol. 1997. San Francisco: International Computer Music Association, p. 224-227, 1997.

RASKOLNIKOV. **Parametric equation for regular n-gon**, 2011. Disponível em: <<http://math.stackexchange.com/questions/41940/is-there-an-equation-to-describe-regular-polygons>>. Acesso em: 10 out. 2020.