

Opracowanie algorytmu generacji grafu DSP do rozwiązania problemu syntezy dźwięku

Design of a DSP graph generation algorithm for solving the sound
synthesis problem

Autor pracy: Mateusz Bączek

Opiekun pracy: Dr Inż. Maciej Hojda

2023

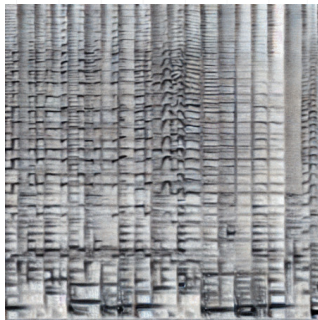


Politechnika Wrocławska

Sztuka generatywna, algorytmiczna kompozycja muzyki



Rysunek: Obraz wygenerowany za pomocą algorytmu *Stable Diffusion*.

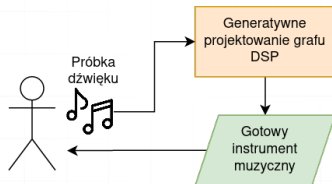


Rysunek: Spektrogram wygenerowany za pomocą algorytmu *Stable Diffusion*.

Popularne podejścia do kompozycji algorytmicznej

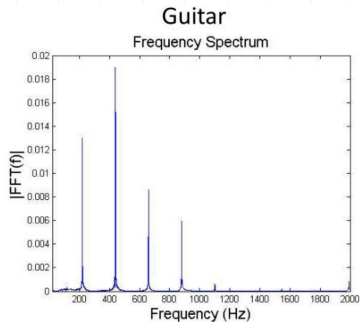
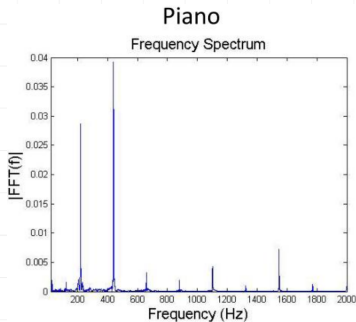
1. Generowanie zapisu nutowego [Zhang, 2023],
2. Generowanie pełnego pliku audio [Forsgren, 2023],
3. Symulacja instrumentów za pomocą sieci neuronowych [Engel, 2017].

Wytworzenie grafu przetwarzania sygnałów, który
generuje dźwięk o określonej **barwie**.



Rysunek: Ilustracja przypadku użycia.

Czym jest **barwa** dźwięku?



Rysunek: Porównanie transformaty Fouriera dla tej samej nuty granej na pianinie i na gitarze.

Problemy rozwiązywane w ramach pracy

1. Jak **wygenerować** dźwięk?
2. Jak **ocenić**, czy dźwięk spełnia zadane wymagania?
3. Jak **zmodyfikować** generowany dźwięk, aby zbliżyć się do wymaganego brzmienia?



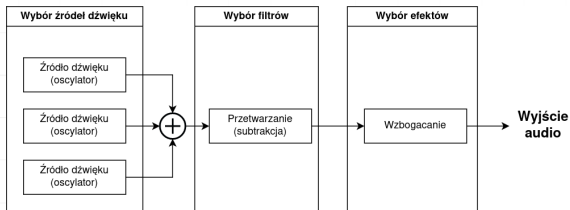
Rysunek: Przebieg sygnału dźwiękowego na oscyloskopie.

Skąd bierze się barwa dźwięku?

- ▶ Materiał, z którego wykonane są struny,
- ▶ pudło rezonansowe (lub jego brak),
- ▶ kształt pudła rezonansowego,
- ▶ materiał, z którego wykonany jest instrument,
- ▶ materiał, który uderza w struny,
- ▶ ... i wiele innych cech fizycznych instrumentu.

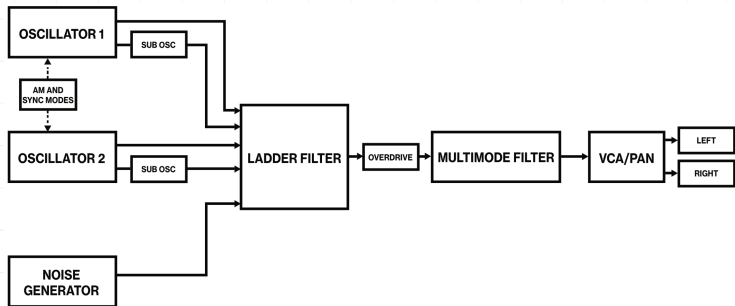
Architektura instrumentu muzycznego

- Generacja sygnału,
- filtracja sygnału,
- efekty dźwiękowe.



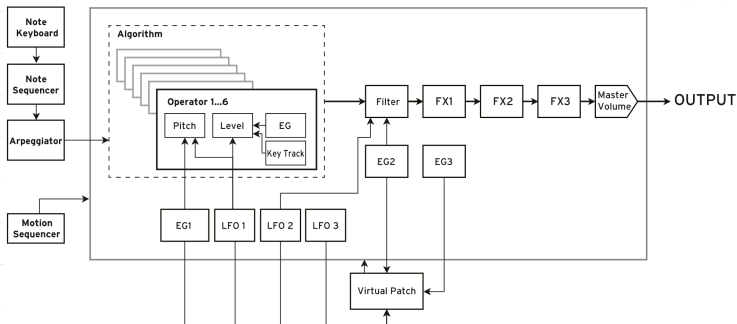
Rysunek: Architektura instrumentu muzycznego.

Jak kontroluje się barwę w syntezatorach dźwięku



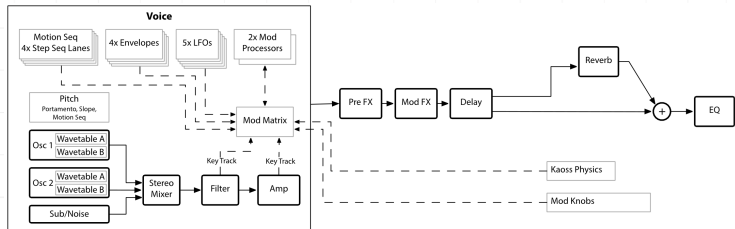
Rysunek: Diagram blokowy pojedynczego głosu w syntezatorze *Elektron Analog Four*.

Jak kontroluje się barwę w syntezatorach dźwięku



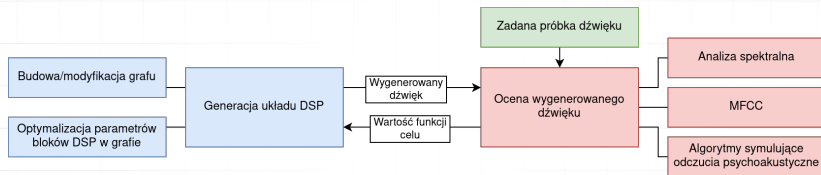
Rysunek: Diagram blokowy pojedynczego głosu w syntezatorze *Korg Opsix*.

Jak kontroluje się barwę w syntezatorach dźwięku



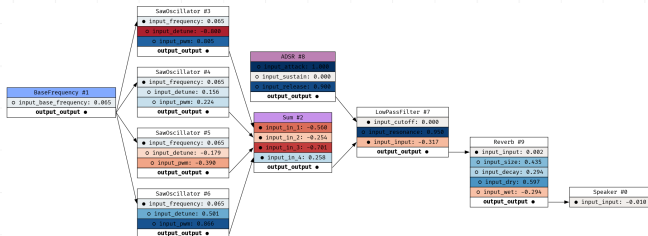
Rysunek: Diagram blokowy pojedynczego głosu w syntezatorze Korg Modwave.

Jak algorytmicznie wyworzyć układ DSP generujący zadany dźwięk?



Rysunek: Diagram algorytmu realizowanego w ramach pracy.

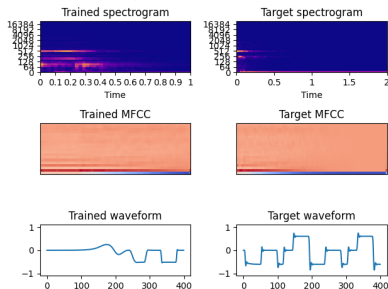
Owoce pracy - silnik syntezy



Rysunek: Przykładowy graf DSP wygenerowany w środowisku eksperymentowym.

- Implementacja w wydajnym, kompilowanym języku Rust,
- Natywna biblioteka dla języka Python,
- Generuje struktury danych z pakietu obliczeniowego numpy.

Owoce pracy - porównanie sygnałów pod względem barwy, czyli funkcja celu



Wykorzystana funkcja celu:
MFCC + DTW.

- *Mel-frequency cepstrum,*
- *dynamic time warping.*

Rysunek: Porównanie sygnałów.

Osiągnięte cele

1. Wytworzenie silnika do tworzenia grafów DSP,
2. Ewolucja parametrów grafu wykonującego syntezę FM,
3. Ewolucja parametrów grafu wykonującego syntezę virtual analog,
4. Ewolucja struktury grafu wykonującego właściwy typ syntezy (zależnie od próbki wejściowej).

Potencjalne kierunki dalszego rozwoju

1. Przetestowanie alternatywnych struktur genotypu reprezentującego strukturę grafu,
2. Implementacja funkcji celu na GPU [**Nvidia**],
3. Inkrementalne trenowanie na coraz dłuższych fragmentach docelowej próbki,



Zhang, Li and Callison-Burch, Chris

Language Models are Drummers: Drum Composition with
Natural Language Pre-Training

<https://arxiv.org/abs/2301.01162>



Forsgren, Seth* and Martiros, Hayk*

Riffusion - Stable diffusion for real-time music generation

<https://riffusion.com/about>,



Jesse and Resnick, Cinjon and Roberts, Adam and Dieleman,
Sander and Eck, Douglas and Simonyan, Karen and Norouzi,
Mohammad

Neural Audio Synthesis of Musical Notes with WaveNet
Autoencoders

<https://arxiv.org/abs/1704.01279>



Faronbi, Daniel and Roman, Iran and Bello, Juan Pablo,
Exploring Approaches to Multi-Task Automatic Synthesizer
Programming

[10.1109/ICASSP49357.2023.10095540](#)



Yan Ke and Hoiem, D. and Sukthankar, R.
Computer vision for music identification

[10.1109/CVPR.2005.105](#)



M. Pasquier, P.
Automatic Design of Sound Synthesizers as Pure Data Patches
using Coevolutionary Mixed-typed Cartesian Genetic
Programming

[https://metacreation.net/wp-content/uploads/2015/
08/p309-macret.pdf](https://metacreation.net/wp-content/uploads/2015/08/p309-macret.pdf)



Caspe, Franco and McPherson, Andrew and Sandler, Mark
DDX7: Differentiable FM Synthesis of Musical Instrument Sounds
<https://arxiv.org/abs/2208.06169>



Jacobsen, E. and Lyons, R.
The Sliding Fourier
10.1109/MSP.2003.1184347



NVIDIA Corporation Affiliates.
NVIDIA® CUDA® Fast Fourier Transform (FFT)
<https://docs.nvidia.com/cuda/cufft/index.html>

Dziękuję za uwagę!