

# Sprawozdanie

Mateusz Jarzębski i Jan Niedziałek

10 stycznia 2021

## Spis treści

<b>1</b>	<b>Próbkowanie</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Kwantyzacja</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Dithering i kształtowanie szumu rekwantyzacji</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Jitter i błędy synchronizacji zegarów</b>	<b>4</b>

## 1 Próbkowanie

Spektrogram odsłuchiwanego sygnału pokrywa się z wrażeniami z odsłuchu. Gdy częstotliwość rośnie na spektrogramie rośnie też 'wysokość' dźwięku. Następnie kolejne częstotliwości maleją tworząc efekt 'ufo'. Następnie występuje stały sygnał, a częstotliwość żadnego z sinusów się nie zmienia na spektrogramie.

Następnie porównałem różne ścieżki fragmentu pianina. Oryginalny fragment był cichy i mocna zaszumiony co widać też na spektrogramie (moc jest rozłożona w całym paśmie). Wersja 1 sygnału jest znacznie mniej zaszumiona, jednak wciąż da się usłyszeć szum w tle. Spektrogram pokazuje wyraźne prze-filtrowanie wysokich częstotliwości. W tej próbie wydaje się być słycać dodatkowe nieczystości, coś jak echo? Ostatni sygnał wydaje się być czysty. W porównaniu do poprzedniego ma mniej kolejnych składowych harmonicznych.

## 2 Kwantyzacja

W sygnale sinusoidalnym kwantyzacja zmniejszyła się do 3bit koło 21 sekundy. W dziedzinie częstości można to zauważyć jako rozłożenie mocy sygnału w całym zakresie, w przestrzeni czasu jest to moment w którym ciężko określić gdzie właściwie jest pik sinusa, natomiast słycać to jako dodatkowy, stały, wysoki dźwięk.

W sygnale z pianina kwantyzacja zmniejszenie kwantyzacji odzwierciedlał narastający szum. Ponownie W dziedzinie częstości można to zauważyć jako rozłożenie mocy sygnału na całe pasmo, w przestrzeni czasu kolejne próbki grupują się do określonych poziomów. W momencie kwantyzacji 2 bitowej mamy 'puste' momenty - momenty ciszy, co wynika z zastosowania kwantyzatora typu *mid-tread*.

Natomiast w sygnale drugim wyraźnie widać przybliżenie do pobliskiej wartości zamiast zera sygnalizuje, że to kwantyzator typu *mid-rise* został użyty.

Następnie badano sygnał instrumentalny oraz sygnał z wokalem pod kontem błędu kwantyzacji. W przypadku wersji instrumentalnej szum słyszalny był w całym czasie trwania utworu w przeciwieństwie do wersji z wokalem gdzie tylko fragment z 'wybitym' błędem kwantyzacji były odczuwalnie zaszumione. Po kilkukrotnym odsłuchaniu obu fragmentów wydaje się, że błąd kwantyzacji jest skorelowany do sygnału w wersji z wokalem. W przypadku wersji instrumentalnej uznano, że błąd kwantyzacji jest addytywny i niezależny od sygnału wejściowego o parametrach niezmiennych w czasie.

W ostatnim nagraniu w początkowym fragmencie szum był niesłyszalny. Dopiero w czasie zwiększał się od słyszalnego aż do bardzo nieznośnego, aby wrócić na koniec do niesłyszalności. W tym przypadku błąd kwantyzacji nie może być

traktowany jako addytywny i niezależny od sygnału wejściowego o parametrach niezmiennych w czasie, ponieważ rozdzielczość jest zbyt mała. Podobnie jak w sygnale z pianina, fragment z 3 bitową kwantyzacją posiada moc rozłożoną w całym zakresie częstości.

### 3 Dithering i kształtowanie szumu rekwantyzacji

zad. 1 quantization\_sinus\_dth\_noiseShaping\_mono.wav

**Bez dithera.** Sygnał po kwantyzacji przypomina sinusoidę składającą się z wyraźnych schodków. Przebieg spektrum i spektrogram obrazują, obok głównej częstotliwości około 520Hz, harmoniczne powstałe w wyniku błędów kwantyzacji. Błędy te wyraźnie słyhać.

**Pierwszy dither.** Sygnał po kwantyzacji przypomina 'poszarpaną' sinusoidę, co jest wynikiem ditheringu. Rysunek spektrogramu wydaje się być losowy - nie wyróżnia się tam żadna częstotliwość. Badając spektrum dla tego odcinka zauważono, że jedynie częstotliwość 520Hz jest niezmienna. W pozostałych częstotliwościach brak harmonicznych, występuje szum. Względem sygnału bez ditheringu SNR wyraźnie się zmniejszył. Podczas odsłuchu wyraźnie słyhać szum biały.

**Drugi dither.** Sygnał przypomina sinusoidę bez schodków, jest ona poszarpana ale mniejszych odstępach czasowych (lokalnie). Na spektrogramie i spektrum zauważyć można częstotliwości harmoniczne oraz niewielki szum. Zastosowany w tym fragmencie dither jest zbyt mały by skutecznie wyeliminować błędy kwantyzacji. Wyraźnie widać wyższy niż przy poprzednim ditherze SNR.

**Pierwszy ditcher i kształtowanie szumu** Zastosowanie ditcheringu i kształtowania szumu pozwala na zwiększenie SNR dla częstotliwości słyszalnych przez człowieka. Szum zwiększa amplitudę dla dużych częstotliwości i w zależności od filtra przybiera różny przebieg. Dla najbardziej stromego filtra  $H(z)$  poziom szumu w maximum (ok. 20KHz) jest większy niż poziom sygnału dla 520Hz.

zad.2 sinus\_8bit\_9LSBp-p\_RPDF\_0\_to\_1LSB\_to\_0.wav

Przy założeniu, że amplituda przyjmuje wartość max w 10 sekundzie nagrania, bazując na spektrogramie można przyjąć, że skuteczna eliminacja zniekształceń harmonicznych następuje około 8,5 sec, czyli dla amplitudy 0,85 LSB.

zad.3 piano\_8bit\_9LSBp-p\_RPDF\_0\_to\_1LSB\_to\_0.wav

Na początku i końcu nagrania, tam gdzie nie było ditheru, zniekształcenia harmoniczne są wyraźnie słyszalne. Bazując na obserwacjach, skuteczną eliminację tych zakłóceń osiąga się przy amplitudzie dithera powyżej 0.5.

**zad.4 piano\_faded\_8bit\_RPDF1LSB\_rampDCOffset\_changing.wav**

Przez pierwsze 8 sec nagrania zastosowanie ditheringu i oraz sygnału trójkątnego pozwoliło na praktycznie całkowite wyeliminowanie harmonicznych przy dobrej jakości SNR. Przy następującym spadku amplitudy sygnału, po 8 sekundzie wyraźnie widać i słyszeć głównie wolnozmienny sygnał trójkątny.

**zad.5 piano\_faded\_8bit\_TPDF1LSB\_rampDCOffset\_changing.wav**

Nie znaleziono pliku \*.wav

**zad.6 noise\_shaping\_floor.wav**

#### **dither TPDF 2LSB**

sygnał składa się z losowego szumu.

#### **filtrowany górnoprzepustowo dither TPDF 2LSB**

Zastosowanie filtra pozwoliło obniżyć amplitudę szumu na słyszalnym przedziale częstotliwości. Dla częstotliwości większych od 10kHz poziom szumi lekko się podniósł. Względem fragmentu bez filtracji percepcyjnie fragment ten jest mniej słyszalny (bardziej przypomina ciszę).

#### **dither TPDF 2LSB kształtowany filtrem 1-szego rzędu**

Na fragmencie spektrum tego odcinka nagrania wyraźnie widać wpływ zastosowanego filtra. Tłumione są częstotliwości, najbardziej najniższe podczas gdy te najwyższe nie są zmieniane.

#### **dither TPDF 2LSB kształtowany funkcją 9-tego rzędu ważoną charakterystykami odwrotnymi do krzywych izofonicznych**

Na fragmencie spektrum można zauważyć wyraźny wpływ funkcji 9 rzędu na charakterystykę częstotliwościową. W przedziale powyżej 2kHz formuje ona przebieg szumu w dużej części go podbijając. Na nagraniu podczas odsłuchu dominuje wysokoczęstotliwościowy pisk.

## **4 Jitter i błędy synchronizacji zegarów**

### **Sinusoidy**

#### **jitter1.wav**

W pliku gdzie zegar taktujący został zmodulowany sygnałem prostokątnym 8kHz występują dodatkowe harmoniczne.

#### **jitter2.wav**

W tym pliku zegar taktujący został zmodulowany szumem. Na wykresie spektrum nie zauważono dodatkowych harmonicznych, jednak podniósł się poziom szumu.

#### **jitter3.wav**

W pliku gdzie zegar taktujący zmodulowano sygnałem niskiej częstotliwości na spektrogramie można zauważyć periodycznie powtarzające się elementy o różnych częstotliwościach, który słyszalne jest jako niskoczęstotliwościowe zakłócenie.

#### **Flet**

##### **jitter5.wav**

Flet gdzie zegar zmodulowane sygnałem prostokątnym 8kHz. Nie usłyszałem różnicy względem oryginalnego nagrania.

##### **jitter6.wav**

Flet gdzie zegar zmodulowany sygnałem szumowym. Przy niższych częstotliwościach nie słychać różnicy. Dla wysokich częstotliwości słychać szum.

##### **jitter7.wav**

Flet gdzie zegar modulowany sygnałem niskoczęstotliwościowym. Nie usłyszałem różnicy względem oryginalnego nagrania.

#### **Konsola mikserska**

##### **sync1.wav**

sin 19kHz -dźwięk tej częstotliwości jest słabo słyszalny przez autora. Na nagraniu periodycznie powtarzają się 'kliki' gdzie amplituda wzrasta na całym paśmie.

##### **sync2.wav**

sin 13kHz - na nagraniu są periodyczne 'kliki' analogiczne do sync1.wav

##### **sync3.wav**

Flet - na nagraniu autor nie jest w stanie usłyszeć różnicy względem oryginalnego nagrania.