POLITECHNIKA WROCŁAWSKA
WYDZIAŁ ELEKTRONIKI

KIERUNEK: Elektronika (EKA)
SPECJALNOŚĆ: Inżynieria akustyczna (EIA)

PRACA DYPLOMOWA INŻYNIERSKA

Narzędzie do detekcji i ekstrakcji zdarzeń akustycznych w materiale audio

A tool for detecting and extracting acoustic events in an audio material

AUTOR:
Konrad Kamil Janowski

PROWADZĄCY PRACĘ:

dr Maciej Walczyński, Katedra Akustyki i Multimediów (W4/K5)

OCENA PRACY:

WROCŁAW 2018

Dla rodziców, którzy zawsze mnie wspierali i pozwolili mi rozwinąć się w kierunku, który pragnąłem. Dziękuję.

Spis treści

Rozdział 1

Wstęp

1.1 Cel i zakres pracy

Przedmiotem pracy jest oprogramowanie do detekcji i ekstrakcji zdarzeń akustycznych w materiale audio. Oprogramowanie zostało stworzone do obsługi plików w formacie wave o rozdzielczości bitowej szesnaście(16) i dwadzieścia cztery(24) bity oraz częstotliwości próbkowania czterdzieści cztery i sto dziesiątych (44,1) kilo Herca i czterdzieści osiem (48) kilo Herca. Oprogramowanie zostało przetestowane używając plików o tych parametrach. Oprogramowanie zostało stworzone modularnie aby możliwy był jego dalszy rozwój. Z powodu tego założenia, program ma możliwość obsługi dowolnej częstotliwości próbkowania oraz dowolnej rozdzielczości bitowej choć nie jest to zalecane. Praca zawiera cztery moduły:

1. Moduł odczytywania pliku,
2. Moduł przetwarzania sygnału,
3. Moduł detekcji zdarzeń,
4. Moduł zapisu wyników do pliku.

Autor ma nadzieję, że zaprojektowany w ten sposób system pozwoli na późniejszy rozwój i ułatwi powtórne wykorzystywanie tego narzędzia.

1.2 Motywacja

Analiza nagrań odgrywa bardzo ważną rolę we współczesnych zastosowaniach akustyki. Jednym z przykładów może być ochrona ludzi przed hałasem. Aby zbadać hałas na stanowisku pracy lub ocenić narażenie na hałas przestrzeni publicznej niejednokrotnie wykonuje się bardzo długie nagrania, trwające nawet kilkanaście godzin. Ze względu na metody analizy nieraz niezbędne jest wyselekcjonowanie z nagrania konkretnych zdarzeń akustycznych i analiza ich w izolacji, nie biorąc pod uwagę poziomu tła w pozostałym czasie.

Z drugiej strony, możemy wyobrazić sobie potrzebę wyizolowania z nagrania bardzo wielu zdarzeń akustycznych, które wydarzają się w krótkim odstępie czasu. Jako przykład może tutaj posłużyć strzelnica, gdzie chcąc policzyć liczbę strzałów w ciągu dnia możemy zrobić nagranie krótkie i na podstawie tego krótkiego wycinka czasu oszacować hałas podczas całego dnia. Innym razem możemy mieć potrzebę wykryć te zdarzenia to celów

z pozoru nie związanych z akustyką. Gdyby ktoś chciał policzyć ile razy została odbita piłka do koszykówki podczas badania jej wytrzymałości, jednym z możliwych sposobów na zliczenie ilości odbić mogłoby być policzenie zdarzeń akustycznych jakimi są odbicia piłki od ziemi. Być może ktoś ze względów medycznych chciałby sprawdzić, ile czasu w ciągu jego snu zajmuje chrapanie i w ten sposób ocenić jak duży problem ma z tą dolegliwością. Również w tym przypadku, przy pewnej kontroli hałasu środowiska mógłby zrobić to za pomocą stworzonego narzędzia. Jak widać, wyszukiwanie zdarzeń akustycznych wraz z czasem ich trwania może być niezwykle użyteczne w wielu z pozoru nie związanych z tym dziedzinach.

Biorąc pod uwagę, że przytoczone wyżej przykłady są jedynie wąskim wycinkiem zastosowań, które mogłyby przyjść do głowy komuś, kto ma widzę i zainteresowanie w innej dziedzinie niż autor pracy nie ulega wątpliwości, że warto posiadać takie oprogramowanie. Oczywiście wszystkie przytoczone sytuacje można analizować ręcznie, odsłuchując nagrane próbki. Analiza takich nagrań jednak pochłania dużo czasu i może być problematyczna. Z pomocą stworzonego narzędzia można proces zupełnie lub częściowo zautomatyzować co w obu przypadkach skutkuje znaczną oszczędnością czasu.

Praca powstała w połowie z chęci stworzenia użytecznego narzędzia a w połowie z chęci Autora do poznania współczesnych metod analizy cyfrowych sygnałów fonicznych. Rozwinięcie wiedzy w zakresie tworzenia oprogramowania w języki Python, pracy z systemem kontroli wersji oraz implementacja algorytmów znanych z książek do realnie działającego programu jest procesem, który autor chciał zgłębić. Przedstawienie wyników w formie zrozumiałej, czytelnej i praktycznej jest nieraz jeszcze większym wyzwaniem i nie można nabyć w tym wprawy inaczej, niż pracując z tymi wynikami i samemu przekonać się na ile są one użyteczne.

Powyższe przesłanki zadecydowały o stworzeniu narzędzia.

Rozdział 2

Wprowadzenie

W tym rozdziale zostaną wprowadzone podstawowe pojęcia, którymi autor posługiwał się podczas tworzenia pracy. Omówione zostaną teoretyczne podstawy problemu oraz ogólna struktura logiczna programu.

2.1 Zdarzenie akustyczne

Jak wspomniano w powyższym rozdziale, nie ma jednej ogólnej definicji zdarzenia akustycznego, które odnosi się do wszystkich dziedzin akustyki. Jedna z możliwych definicji podana jest w normie [PN-ISO-1996-1:2006,] dotyczącej akustyki środowiskowej. Zapis normatywny mówi:

> "Należy podawać czas trwania zdarzenia w odniesieniu do pewnej cechy dźwięku, jak np, liczba przekroczeń pewnego ustalonego poziomu.
>
> Przykład: czas trwania zdarzenia można zdefiniować jako całkowity czas, w którym poziom ciśnienia akustycznego mieści się w zakresie 10 dB maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego podczas zdarzenia."[PN-ISO-1996-1:2006,]

Biorąc pod uwagę przytoczone wcześniej możliwe zastosowania stworzonego oprogramowania powyższa definicja dobrze opisuje te sytuacje, które mają być detekowane. Ponadto, wykonanie oprogramowania, które rozpoznaje zdarzenia opisane w normie daje perspektywy na możliwości jego praktycznego zastosowania.

2.2 Przyjęta definicja zdarzenia akustycznego

W poprzedniej sekcji przytoczony został zapis normatywny, który opisuje zdarzenie akustyczne na potrzeby akustyki środowiskowej. Sugeruje on, żeby czas trwania zdarzenia akustycznego definiować jako całkowity czas, w którym poziom ciśnienia akustycznego mieści się w zakresie 10dB maksymalnego poziomu cićnienia akustycznego podczas zdarzenia. Nie można zapomnieć, że pomiary w akustyce środowiskowej często wykonywane są przez długi czas. Dla przykładu, pomiar hałasu na stanowisku pracy może być wykonywany przez osiem godzin bez przerwy[PN-ISO-9612:2014,]. Plik z ośmiogodzinnych pomiarów może być monofoniczny, zapisany w formacie wave o częstotliwości próbkowania czterdziestu ośmiu kilo Herców(48 kHz) oraz rozdzielczości dwudziestu czterech bitów. Każda próbka takiego pliku zajmuje zatem dwadzieścia cztery bity w pamięci a każda sekunda zawiera czterdzieści osiem tysięcy próbek.[Pohlmann, 2000] Przy pomocy prostego

wzoru możemy obliczyć jego rozmiar w pamięci komputera liczonej w bitach:

$$\text{rozdzielczość bitowa} * \text{częstotliwość próbkowania} * \text{długość pliku} = \text{rozmiar pliku} \quad (2.1)$$

$$24\ [b] * 48000\ [\frac{1}{s}] * 8 * 60 * 60\ [s] = 24\ [b] * 48000\ [\frac{1}{s}] * 28800\ [s] = 3.31776 * 10^{10}\ [b] \quad (2.2)$$

Po przeliczeniu tego na jednostki bardziej sprzyjające interpretacji wyniku, przybliżając że

$$1GB \approx 8 * 10^9[b]$$

otrzymamy:

$$\frac{3.31776 * 10^10\ [b]}{8 * 10^9\ [\frac{b}{GB}]} = 4,1472[GB] \quad (2.3)$$

Po dokonaniu takich obliczeń, można zauważyć, że przetwarzania takiego pliku nie jest zadaniem trywialnym. Jeżeli program wczytywałby cały plik do pamięci RAM, potrzebowałby on około czterech gigabajtów tej pamięci na samo obsłużenie pliku. Gdy dodamy do tego potrzebę pamięci operacyjnej dla samego programu, potrzeby systemu operacyjnego oraz innych aplikacji działających równolegle z programem zauważamy problem w postaci braku tych zasobów. Nowoczesne stacje robocze poradziłyby sobie z takim obciążeniem, jednak należy pamiętać o kilku rzeczach:

- Nie wszystkie firmy i osoby fizyczne dysponują stacjami roboczymi, posiadającymi duże zasoby pamięci operacyjnej RAM,
- plik może być dłuższy,
- plik może zostać nagrany z wyższą częstotliwością próbkowania,
- może nastąpić potrzeba współdzielenia pamięci z innymi programami bez możliwości ich wyłączenia.

Powyższe czynniki w głównej mierze skłoniły autora do tego aby swój program oprzeć o przetwarzanie sygnału fragmentarycznie. Dokładny sposób działania programu zostanie omówiony w dalszej części pracy. Co istotne w tym punkcie, wracając do definicji przytoczonej w normie [PN-ISO-1996-1:2006,] zadaniem nietrywialnym jest osiągnąć jednocześnie obie te funkcjonalności:

1. Odczytywanie programu fragmentarycznie.
2. Zapamiętanie wszystkich poprzednich wartości próbek aby w razie potrzeby cofnąć się do poprzedniego fragmentu celem odnalezienia spadku poziomu o 10 dB.

Mając na uwadze powyższe przesłanki oraz możliwość późniejszego rozszerzania funkcjonalności programu, autor zadecydował się aby ograniczyć definicję zdarzenia akustycznego do definicji:

> "Należy podawać czas trwania zdarzenia w odniesieniu do pewnej cechy dźwięku, jak np, liczba przekroczeń pewnego ustalonego poziomu."[PN-ISO-1996-1:2006,]

Powyższa definicja jest mniej praktyczna niż jej rozszerzona wersja. Wymaga ona wiedzy o pewnych danych środowiska i zdarzenia, jak np. poziom tła akustycznego oraz przewidywany poziom ciśnienia akustycznego generowany podczas zdarzenia. Pomimo świadomości tych ograniczeń autor postanowił zastosować tę uproszczoną definicję, aby program realizował fragmentaryczne przetwarzanie danych i tym samym spełniał w całości założenia pracy jednocześnie dając lepsze możliwości na jego rozwój w przyszłości. Autor ma nadzieję, że dodanie innego algorytmu do detekcji bazującego na przetwarzaniu sygnału partiami będzie prostsze niż przyszła zmiana samego centrum oprogramowania, czyli odczytywania i zapisywania wyników.

2.3 Metoda wykrywania zakłóceń

Na podstawie informacji, o których mowa powyżej autor podjął decyzję aby wykrywać przekroczenia pewnego ustalonego poziomu ciśnienia akustycznego. Ciśnienie akustyczne to jednak określenie zbyt ubogie aby w pełni precyzyjnie opisać funkcjonalność narzędzia.

2.4 Istniejące rozwiązania do wykrywania zdarzeń akustycznych

Rozdział 3

Metodologia

W tej części zostanie omówiona metodologa przeprowadzonej pracy. Przedstawione zostaną narzędzia użyte to stworzenia programu, oprogramowanie, środowisko programistyczne oraz język programowania.

3.1 System kontroli wersji - Git, GitHub, GitKraken

3.1.1 System kontroli wersji

We współczesnym świecie istnieje bardzo wiele języków programowania. Każdy z nich oferuje nieco inne możliwości i funkcjonalności. Niezależnie jednak od wybranego języka, niezwykle istotnym jest system kontroli wersji.

Jednym z najpopularniejszych współcześnie systemów kontroli wersji jest Git. System kontroli wersji oferuje możliwość ciągłego śledzenia zmian w kodzie programu bez potrzeby ręcznego zapisywania wielu wersji pliku.[Software Freedom Conservancy, 2018]. Problem wersjonowania oprogramowania jest znany od dawna i jest jednym z kluczowych zagadnień pracy nad programem, szczególnie kiedy pracuje się w zespole. Gdy kilka osób pracuje nad jednym fragmentem kodu, wydaje się niemożliwe aby współpracować bez systemu kontroli wersji.

Pomimo iż praca dyplomowa inżynierska jest projektem jednoosobowym, system kontroli wersji spełnia swoją rolę i w takim przypadku. Praca z kodem jest nierozłącznie związana z wielokrotnymi zmianami wcześniej wprowadzonych rozwiązań. Czasami wynika to z faktu odkrycia nowych, lepszych rozwiązań. Bywają też przypadki, kiedy w zaawansowanym stadium pracy okaże się, że już na samym początku został popełniony błąd w logice działania i trzeba coś zmienić w jedne funkcji. Często te zmiany wymagają powrotu do momentu pracy sprzed paru dni a nawet tygodni, ponieważ kolejne fragmenty kodu opierały swoje funkcjonowanie na działaniu tych wadliwych elementów. Nie jest możliwym pamiętanie wszystkich tych zmian i płynny powrót do nich poprzez przepisanie kodu. W takiej sytuacji, system kontroli wersji jest niezawodnym narzędziem, które pomaga zorganizować rozwój oprogramowania.

Dodatkowo nie można nie docenić możliwości porównywania wersji roboczej pliku z dowolną wersją tego pliku przechowywaną na serwerze. Daje to możliwość ocenienia wprowadzonych zmian, zastanowienia się czy wszystkie były konieczne oraz odpowiedniego przypomnienia sobie od czego zaczynaliśmy. Wszystkie te elementy pozwalają pracować w sposób efektywny i uporządkowany.

Ostatnim ale na pewno nie najmniej ważnym elementem jest możliwość przechowywania całego programu na zdalnym serwerze. W dobie komputeryzacji bardzo często zdarza

się, że pracujemy na kilku różnych urządzeniach nad tym samym projektem. Korzystając z tego udogodnienia nie występuje problem przenoszenia danych pomiędzy urządzeniami. Dodatkowo w razie utraty sprzętu postępy pracy nie zostają stracone.

Powyżej omówione aspekty jednoznacznie wskazują, że pracując nad oprogramowaniem, chcąc robić to w sposób odpowiedzialny i umożliwiający przyszłą współpracę korzystanie z systemu kontroli wersji jest nieodzownym elementem pracy. Dbanie o czystość i przejrzystość wprowadzanych zmian również jest elementem, którym powinna cechować się dobrze wykonana praca.

3.1.2 Git

Jak zostało powiedziane, autor zdecydował się na skorzystanie z Git'a jako systemu do kontroli wersji. Jest to bardzo popularny system. Oferuję prostotę obsługi, przejrzystość, dobrą możliwość współpracy w małych grupach. Dodatkowo twórcy Git'a oferują darmowe prywatne miejsca na serwerze do przechowywania danych. Dzięki temu gestowi oraz wymienionych wyżej zaletach autor zadecydował się wybrać właśnie ten system.

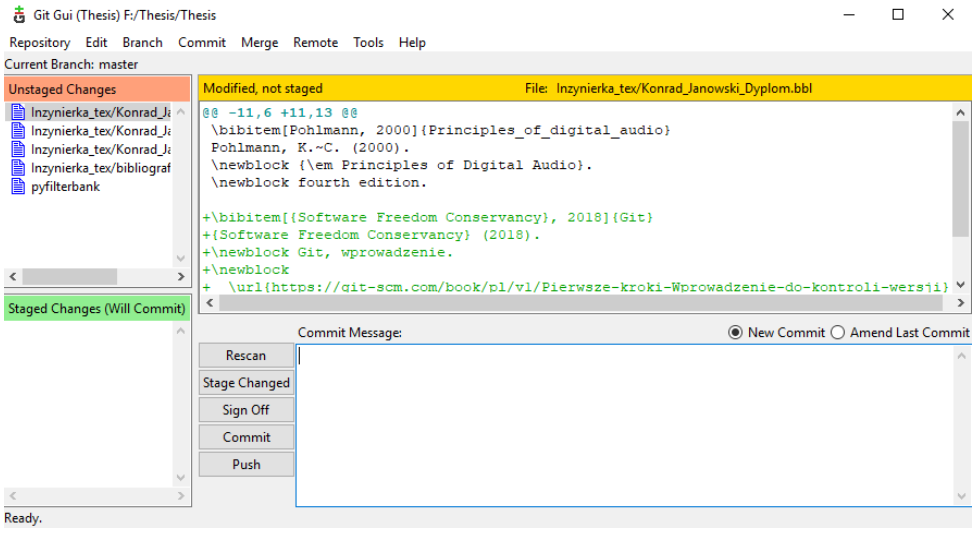
3.1.3 GitKraken

Pomimo iż autor zadecydował się tworzyć oprogramowanie w ramach pracy dyplomowej inżynierskiej warto pamiętać o tym, że praca w przeznaczeniu jest skierowana do akustyków. W związku z tym poza efektywnością działania programu ważne jest też jego prostota i przejrzystość aby podczas pracy nad nim oraz przyszłej możliwej rozbudowy można skupiać się na istocie działania a nie odkrywaniu zawiłych sposobów obsługi oprogramowania towarzyszącego.

Git w wersji podstawowej jest dostarczany z bardzo ubogim graficznym interfejsem użytkownika. Przykładowe okno zosało zaprezentowane na obrazie (3.1)

{git_gui}

Rysunek 3.1 Graficzny interfejs użytkownika GIT



{cps}

3.2 Język programowania - Python

3.3 Struktura programu - Python Package

3.4 Środowisko programistyczne - Pycharm

Rozdział 4

Struktura oraz działanie programu

Rozdział 5

Notatki

Dodatek A

Kod Programu

Bibliografia

[PN-ISO-1996-1:2006,] PN-ISO-1996-1:2006. *PN-ISO-1996-1:2006*.

[PN-ISO-9612:2014,] PN-ISO-9612:2014. *PN-ISO-9612:2014*.

[Pohlmann, 2000] Pohlmann, K. C. (2000). *Principles of Digital Audio*. fourth edition.

[Software Freedom Conservancy, 2018] Software Freedom Conservancy (2018). Git, wprowadzenie. `https://git-scm.com/book/pl/v1/Pierwsze-kroki-Wprowadzenie-do-kontroli-wersji`. Accessed: 2010-09-30.