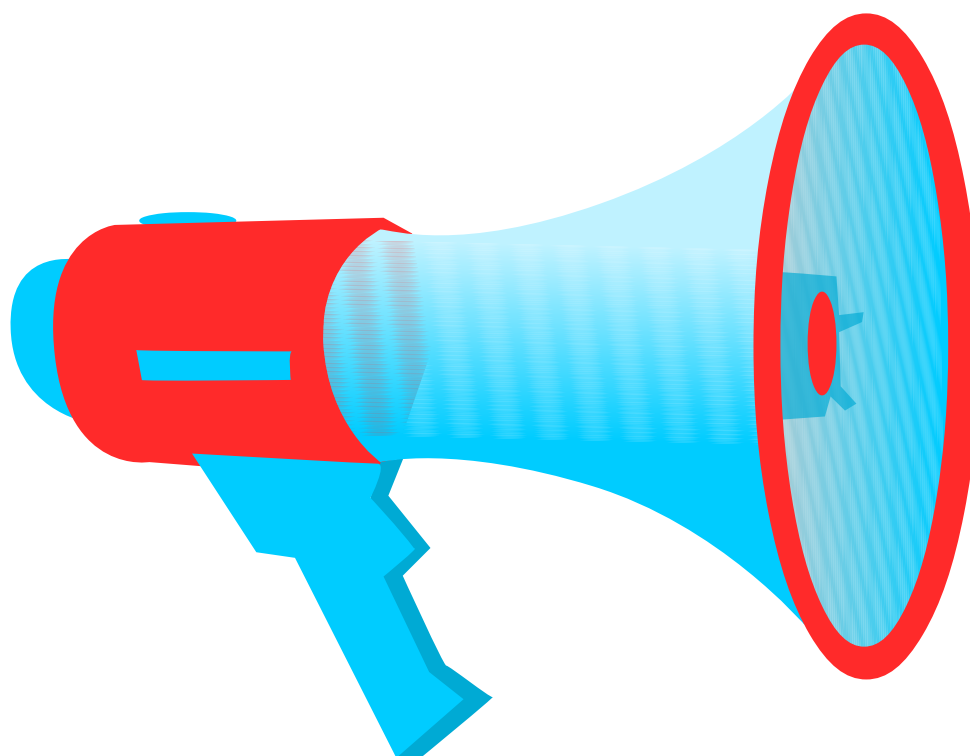


MASZYNA

SYMULATOR POJAZDÓW SZYNOWYCH

Audio-city

Poradnik obróbki dźwięku



Autor: Transkei

Wydanie pierwsze: Maj 2020 r.

Spis treści

1. Od autora	3
2. Teoria dźwięku komputerowego	4
2.1. Co to w ogóle jest dźwięk?.....	4
2.2. Dźwięk cyfrowy.....	7
2.3. Parametry dźwięku.....	9
2.3.1. Szybkość transmisji.....	9
2.3.2. Rozdzielczość.....	9
2.3.3. Kanaly.....	10
2.3.4. Co stosować w MaSzyne?.....	10
2.4. Rozszerzenia plików dźwiękowych.....	10
3. Narzędzia do obróbki dźwięku	12
4. Nagrania dla MaSzyny	14
4.1. Nagrania radiotelefoniczne.....	14
4.1.1. Ustawienie jakości.....	14
4.1.2. Zmiana głośności.....	14
4.1.3. Stosowanie filtrów.....	15
4.1.4. Dodanie szumu.....	16
4.1.5. Zniekształcenie.....	17
4.1.6. Trzaski załączania i wyłączania radia.....	18
4.1.7. Zapisywanie gotowego nagrania.....	18
4.2. Nagrania „na żywo”.....	19
4.2.1. Odszumianie.....	20
4.2.2. Filtr dla zapowiedzi dworcowej.....	20
4.2.3. Dodanie echa.....	21
4.2.4. Kompresja.....	21
4.3. Efekty specjalne w nagraniach.....	22
4.4. Podsumowanie.....	22
5. Pozostałe tematy związane z nagraniami	24
5.1. Przygotowanie stenogramów.....	24
5.2. Wstawianie nagrań do scenariusza.....	24

1. Od autora

Dotychczasowe poradniki dotyczące obróbki dźwięków przeznaczonych dla symulatora MaSzyna były stosunkowo ubogie. W zasadzie był to jeden poradnik, autorstwa Benka [1], umieszczony pierwotnie na jego prywatnej stronie internetowej, ostatecznie umieszczony w dziale poradników na forum symulatora. Opisywał on przede wszystkim proces przygotowywania nagrań radiotelefonicznych na potrzeby zastosowania ich w scenariuszach. Opisane było korzystanie z edytora dźwiękowego Goldwave – sprowadzało się to głównie do otwierania i zapisywania plików, wycinania fragmentów i zmiany głośności.

Pomimo upływu lat poradnik ten bywa używany przez niektórych użytkowników – głównym powodem jest fakt, że nikt nie napisał innego poradnika. Ponieważ warto wspomnieć o bardzo wielu innych aspektach obróbki dźwięków, a także opisać niekomercyjne narzędzia do obróbki dźwięków (przynajmniej z racji tego, że symulator MaSzyna jest darmowy) autor postanowił przygotować niniejszy poradnik, korzystając z własnych doświadczeń powstałych podczas przygotowania nagrań do swoich scenariuszy.

Omówiona zostanie kwestia przygotowania nagrań radiotelefonicznych i zapowiedzi dworcowych. Nie będzie tu o obróbce dźwięków pod kątem wykorzystania ich w lokomotywach lub wagonach. Jednakże osoby zajmujące się tego typu dźwiękami również mogą prześledzić poradnik, zwłaszcza jeżeli chcą zapoznać się z funkcjami edytora Audacity.

2. Teoria dźwięku komputerowego

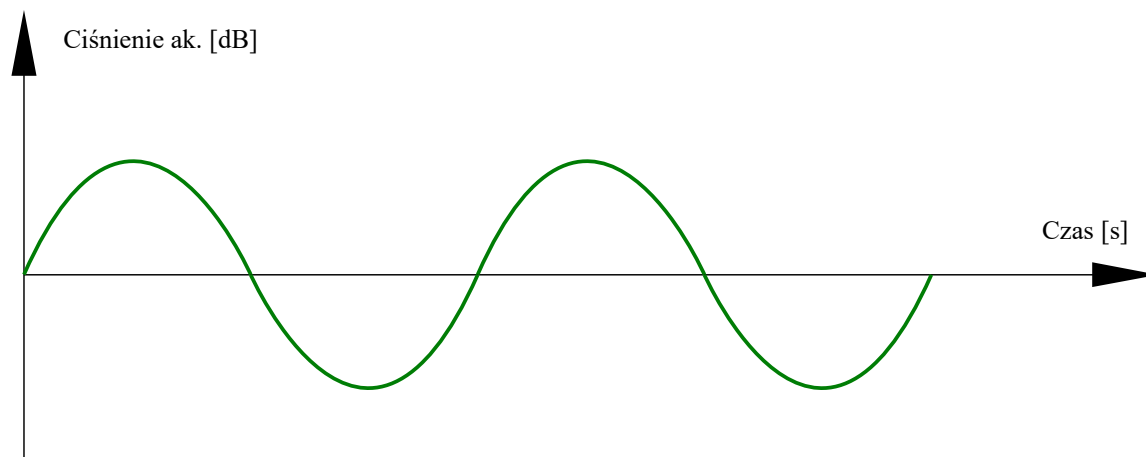
W tym rozdziale poznamy podstawy teoretyczne dźwięku komputerowego. Można w zasadzie pominąć ten rozdział, a wrócić do niego dopiero wtedy, kiedy pewne zagadnienia w kolejnych rozdziałach staną się niezbyt jasne.

2.1. Co to w ogóle jest dźwięk?

Dźwięk to podłużna fala mechaniczna, mogąca się rozchodzić w różnych ośrodkach, takich jak ciała stałe, ciecz, i gaz. Siedząc przy komputerze i słuchać muzyki z głośników, docierają do nas fale mechaniczne rozchodzące się ośrodkiem, który stanowi powietrze.

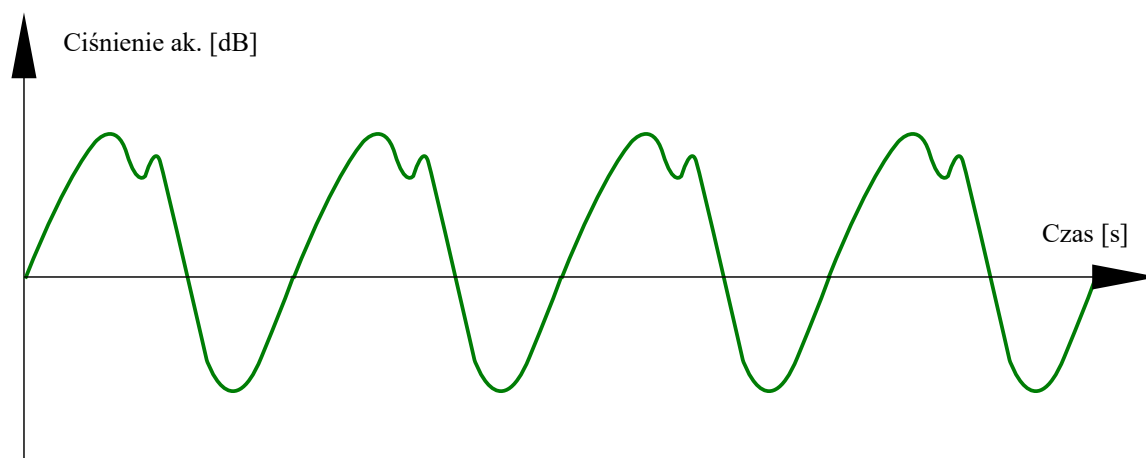
Fala mechaniczna to drgania cząstek. W praktyce drgania cząstek powietrza można uznać za minimalne zmiany ciśnienia. Wielkość tych zmian będziemy dalej nazywać ciśnieniem akustycznym. Pełne wyjaśnienie zjawisk związanych z dźwiękiem jest nieprzydatne dla niniejszego poradnika, zainteresowanych odsyłam do fachowych źródeł [2].

W formie graficznej, dźwięk może wyglądać w taki sposób:



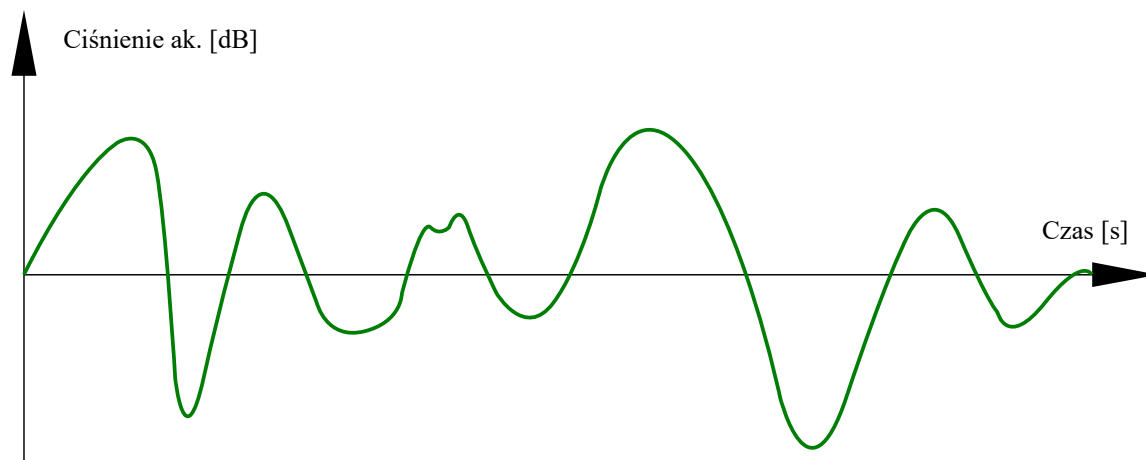
Rysunek 1. Graficzne przedstawienie dźwięku.

Teraz ciekawostka: jeżeli naciśniemy klawisz na fortepianie, lub uderzymy w strunę gitary, to dźwięk może wyglądać chociażby tak:



Rysunek 2. Fala dźwiękowa dla instrumentów.

Natomiast dla rozmowy, tłuczenia młotkiem, lub robienia innego hałasu, dźwięk może wyglądać tak:

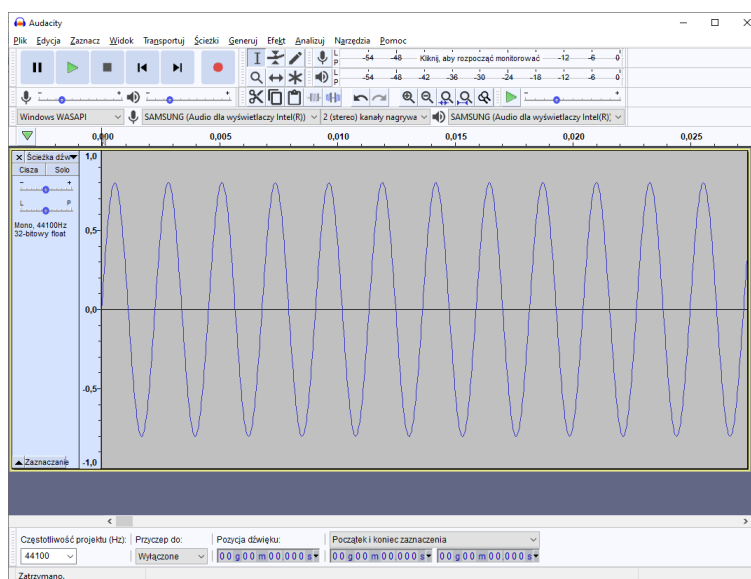


Rysunek 3. Fala dźwiękowa dla hałasu i szumu.

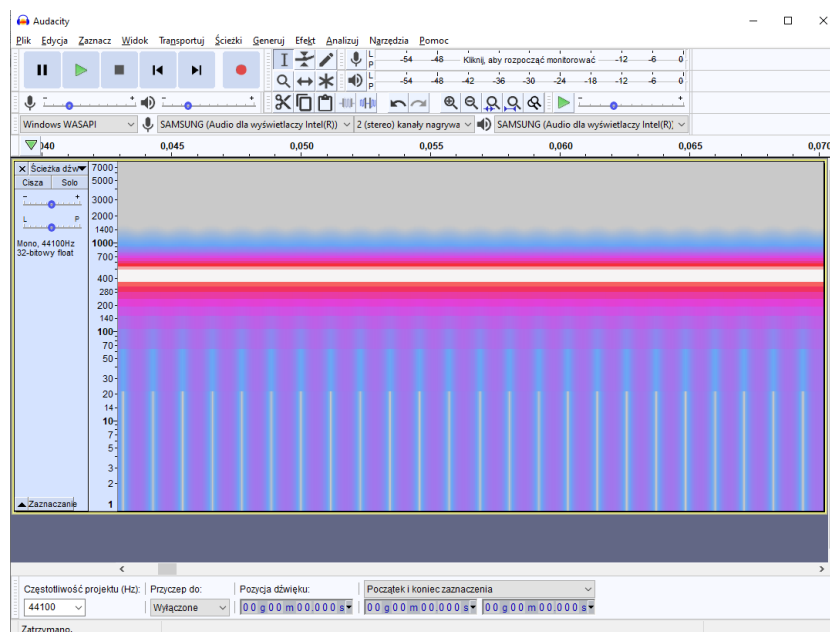
Coś się rzuciło w oczy? Otóż dla instrumentów muzycznych fala dźwiękowa jest okresowa, czyli da się ją podzielić na jeden fragment, który następnie jest powielany zupełnie jak „kopiuj wklej”. Można przekształcić tak przedstawione fale dźwiękowe za transformacji Fouriera [3] i uzyskać w ten sposób zupełnie inną postać fali dźwiękowej – nie jako zmiany ciśnienia akustycznego, ale jako zbiór pojawiających się częstotliwości:

Dla instrumentów muzycznych mamy główną częstotliwość bazową oraz kilka mniejszych zwanych harmonicznymi. Natomiast dla hałasu i szumu mamy całą stertę najróżniejszych częstotliwości. Druga forma przedstawiania dźwięku (jako częstotliwości) jest szczególnie mocno używana we wszelkich filtrach, jest również dość istotna przy zrozumieniu zasad powstawania dźwięku cyfrowego. Opisane w rozdziałach 4.1.3 i 4.2.2 filtry powodujące usuwanie konkretnych częstotliwości (uwytłumiając przy tym efektu radiotelefonu) korzystają właśnie z transformacji dźwięku do dziedziny częstotliwości.

Jeszcze raz, jeśli nie wszyscy zrozumieli: w jednym z edytorów dźwięku wygenerowano dźwięk o częstotliwości 440 Hz. Można go przedstawić w dwóch formach: pierwsza to wykres 2-wymiarowy, osią Y jest ciśnienie akustyczne. Druga to wykres 3-wymiarowy, choć w praktyce jest przedstawiany na płaskiej powierzchni, osią Y jest częstotliwość, natomiast osią Z (na poniższym przykładzie jest to zaznaczone odpowiednim kolorem) amplituda tego dźwięku (zwana też natężeniem – im większa wartość, tym dźwięk jest głośniejszy).

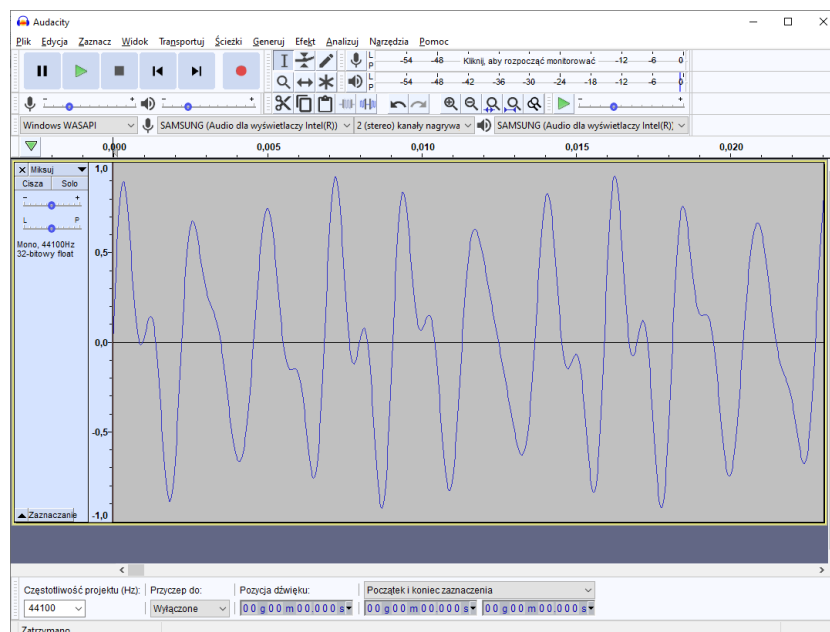


Rysunek 4. Dźwięk 440Hz - widok fali.



Rysunek 5. Dźwięk 440Hz - widok częstotliwości.

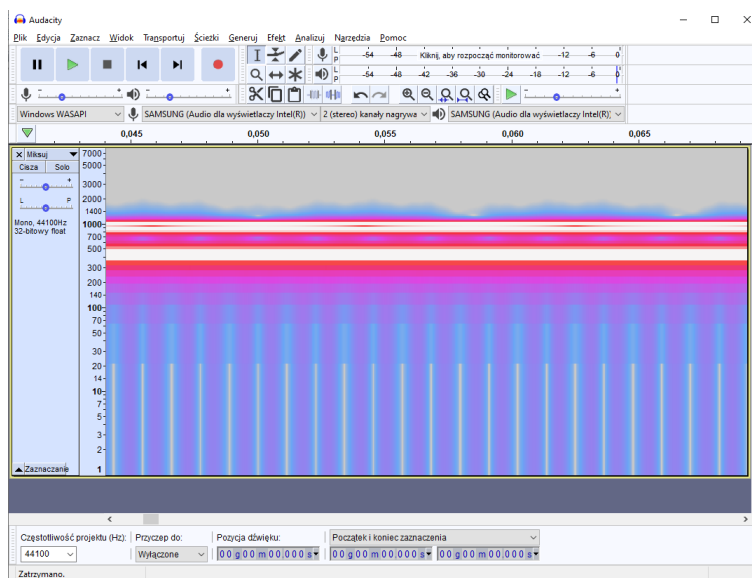
A teraz nałożenie dwóch dźwięków: głośny 440 Hz, o połowę cichszy 880 Hz, i jeszcze cichszy 1000 Hz:



Rysunek 6. Dźwięk 440Hz + 880Hz + 1000Hz - widok fali.

Na wykresach przedstawionych na rysunkach 5 i 7 kolory fioletowe i niebieskie oznaczają dźwięki o danej częstotliwości, jednakże bardzo ciche. Natomiast kolor czerwony i biały oznacza najgłośniejsze częstotliwości. W obu przypadkach dla częstotliwości 440 Hz występuje biała kreska.

Oczywiście wykresy komputerowe nie są doskonałe, gdyż algorytm musi „zgadywać” długość trwania dźwięku, i z tego powodu pojawiają się drobne zakłócenia na wykresie częstotliwości. Z punktu widzenia matematycznego, na rysunku 5 powinna być przedstawiona biała kreska na częstotliwości 440 Hz, a na rysunku 7 trzy kreski: biała na 440 Hz, i nieco ciemniejsze na 880 Hz i 1000 Hz.



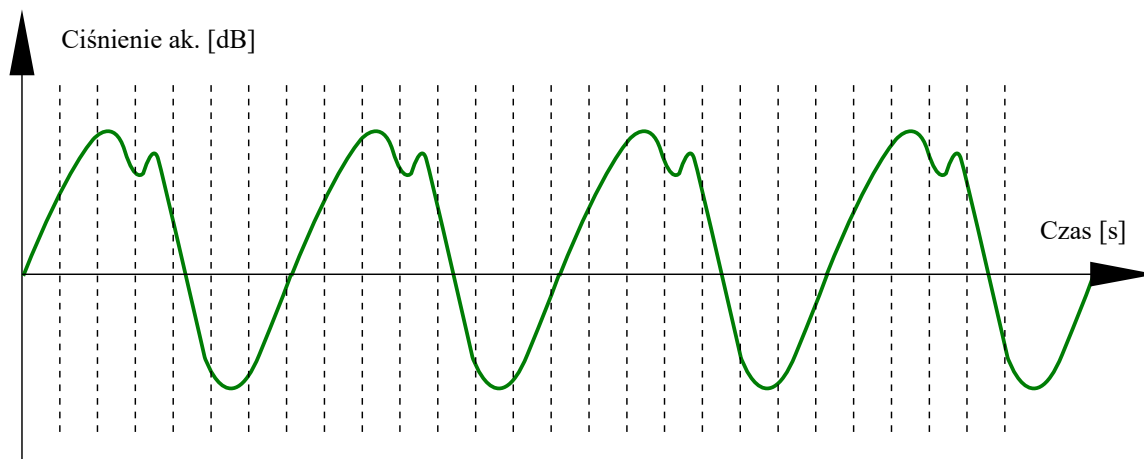
Rysunek 7. Dźwięk 440Hz + 880Hz + 1000Hz - widok częstotliwości.

W taki sposób można przedstawić dźwięk analogowy rozchodzący się w przestrzeni. Również takiej formy używają programy komputerowe, które jednak korzystają już z dźwięku cyfrowego.

2.2. Dźwięk cyfrowy

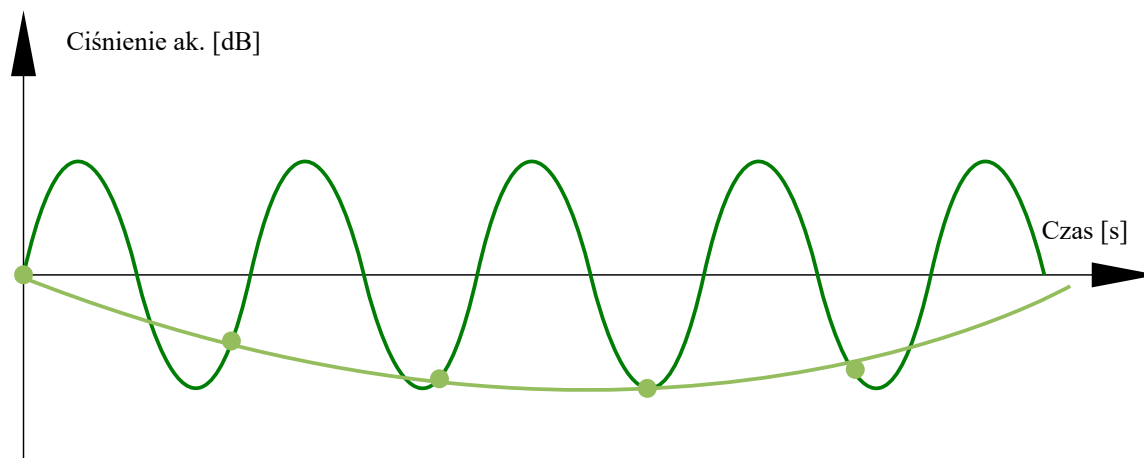
Dźwięk cyfrowy zawsze będzie gorszy jakościowo względem analogowego. W teorii rzecz jasna, natomiast w praktyce często jest na odwrót. A dlaczego? Po pierwsze, dźwięk cyfrowy może być tak zakodowany, że nikt nie będzie w stanie usłyszeć strat wynikających z cyfryzacji. Po drugie: są urządzenia do odtwarzania analogowego (gramofony na płyty winylowe, magnetofony) ale też niestety mają swoje ograniczenia i wady.

Aby móc zapisać dźwięk w formacie cyfrowym, należy go „poszatkować” w obu osiach. Kluczową sprawą dla jakości dźwięku, jest wybór gęstości tego „szatkowania”. Fachowo nazywa się to próbkowanie i kwantyzacja (określenia te nie są zamienne, wyrażają dwa różne procesy, które trzeba wykonać jednocześnie).



Rysunek 8. Podział dźwięku na próbki.

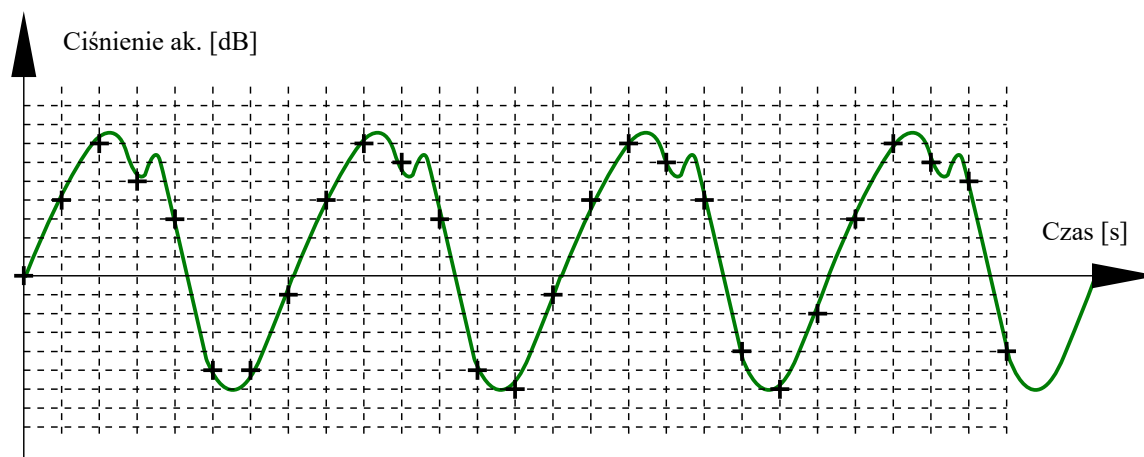
Mając ciągły dźwięk, dzielimy go na poszczególne próbki. Dla każdej próbki zapisujemy wartość ciśnienia akustycznego. Ilość tych próbek na sekundę określa parametr, zwany szybkością transmisji. Ma to ścisłe znaczenie dla jakości dźwięku. Zobaczmy jaki efekt wystąpi, jeżeli użyjemy zbyt małej ilości próbek do zakodowania dźwięku:



Rysunek 9. Użycie zbyt małej szybkości próbkowania (zielone kropki) spowodowało pojawienie się błędnej fali (jaśniejsza zielona).

W tym przypadku nie ma możliwości zapisania dźwięku o przestawionej częstotliwości. Co więcej, wystąpi nam zjawisko stroboskopowe, czyli pojawienie się częstotliwości sztucznych, związanych z próbkowaniem. W praktyce się nie musimy tego obawiać, wszystkie programy są przed tym zabezpieczone, i w przypadku nagrywania dźwięku w niskiej jakości, stosowane są filtry usuwające częstotliwości niemożliwe do zapisania. Ale i tak musimy pamiętać, że do zapisu dźwięku potrzebujemy szybkości transmisji dwukrotnie wyższej od najwyższej częstotliwości w nagraniu (np.: dla dźwięku kamertonu 440 Hz potrzebujemy minimum 880 próbek na sekundę).

Kiedy już mamy dźwięk podzielony na próbki, trzeba zapisać wartości ciśnienia akustycznego – i tu pojawia się kolejny problem, bo musimy zrobić to w postaci cyfrowej, czyli nie możemy zapisać dowolnej wartości, tylko musimy podzielić ciśnienia na poszczególne poziomy. Proces ten nazywa się kwantyzacją.

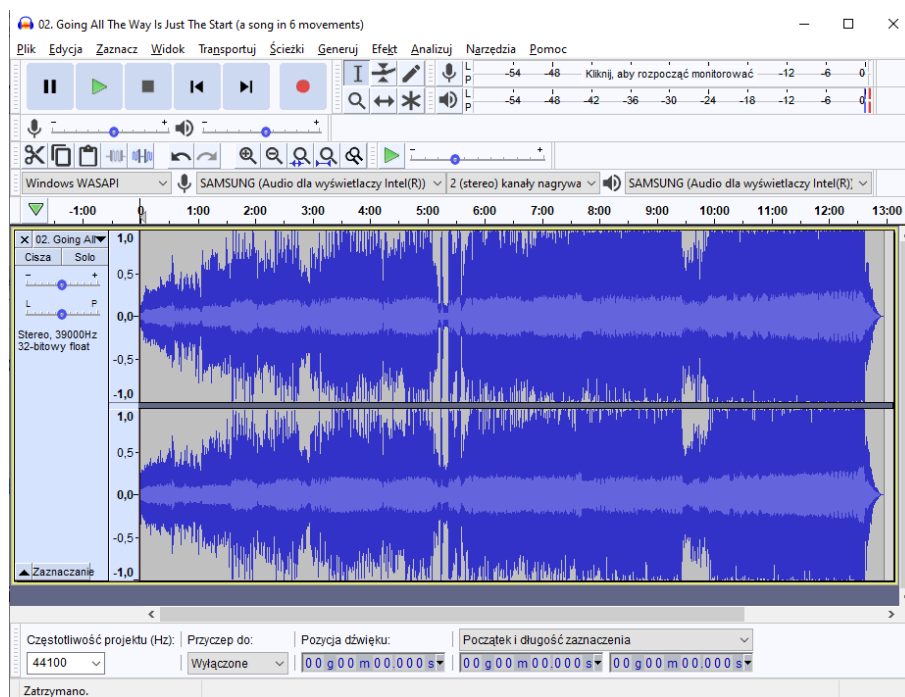


Rysunek 10. Dźwięk poddany próbkowaniu i kwantyzacji. Czarnymi krzyżykami zaznaczono próbki.

Po próbkowaniu i kwantyzacji jesteśmy już w stanie zapisać dźwięk w formacie cyfrowym, czyli jako ciąg zer i jedynek.

Przy kwantyzacji czeka nas jednak jeszcze pewien problem: musimy zapisać przybliżone ciśnienie akustyczne dla każdej z próbek. Jeżeli wybierzemy zbyt małą ilość poziomów kwantowania (parametr ten nazywany jest rozdzielczością nagrania), to na nagranie zostanie nałożony szum, którego nie da się w żaden sposób wyeliminować. Błąd powstały podczas kwantyzacji nagrania nazywany jest szumem kwantyzacji [4].

Na sam koniec jeszcze jedna sprawa: są nagrania mono – na powyższych przykładach takie mieliśmy. Ale co ze stereo? Prosta sprawa: nagrania stereofoniczne składają się z dwóch fal dźwiękowych (czyli kanałów), które są odtwarzane jednocześnie. Poniżej możemy zobaczyć wygląd nagrania stereofonicznego.



Rysunek 11. Nagranie stereofoniczne w edytorze Audacity. Dwie fale dźwiękowe to lewy i prawy kanał.

2.3. Parametry dźwięku

Dla jakości dźwięku przechowywanego w formacie nieskompresowanym, lub skompresowanym bezstratnie, znacznie mają 3 zasadnicze parametry: szybkość transmisji, rozdzielczość, oraz ilość kanałów.

2.3.1. Szybkość transmisji

Szybkość transmisji to ilość sampli na sekundę. Im większa ilość, tym lepsza jakość, bowiem właśnie od ilości sampli jest zależna maksymalna częstotliwość dźwięku, którą można zapisać. I tak:

- Dla nagrań głosowych kiedyś stosowano szybkość 11025, umożliwiało to zapis dźwięku o maksymalnej częstotliwości 5 kHz. Z racji tego, że człowiek nie jest w stanie swoim głosem wygenerować wyższych częstotliwości, szybkość ta bardzo dobrze się sprawdzała.
- Szybkość 22050, kiedyś powszechnie stosowana w MaSzylinie (i nadal mamy mnóstwo dźwięków w tej szybkości), najwyższa częstotliwość to 10 kHz. Doskonale się to sprawdzało w przypadku nagrań radiotelefonicznych, jednakże dla dźwięków pojazdów słyszeć już było niedoskonałości.
- Szybkość 44100, czyli jakość CD, najwyższa częstotliwość to 20 kHz. Zwróćmy uwagę – jest to granica słyszalności dla ludzkiego ucha. W związku z tym nagrania w tej szybkości są uważane za jakość najlepszą dla standardowego użytkownika.
- Szybkości 48000, 96000, i dalej w górę – szybkości używane w materiałach studyjnych. Obecnie w MaSzylinie są próby zaprowadzenia standardu 48000.

2.3.2. Rozdzielczość

W przypadku rozdzielczości pole do wyboru jest już znacznie mniejsze i ogranicza nas ilość bajtów potrzebna do zapisania wartości w poszczególnym samplu. Do wyboru jest 1 bajt (czyli 8 bitów), 2 bajty (16 bitów), lub 4 bajty (32 bity):

- 8-bit – ilość poziomów, które możemy zakodować na tej ilości bitów to 2^8 , czyli 256 poziomów. Kiedyś była ta rozdzielczość często stosowana w związku z małą pojemnością dysków twardych, obecnie nie ma

jakichkolwiek sensownych przesłanek, aby stosować tę rozdzielczość w nagraniach do MaSzyny.

- 16-bit – ilość poziomów to 2^{16} , czyli 65536. Aktualnie jedyna sensowna rozdzielczość.
- 32-bit – na tej ilości bitów najczęściej się koduje liczbę w formacie zmiennoprzecinkowym, ewentualnie 2^{32} , czyli 4294967296. Rozdzielczość taką stosuje się w nagraniach studyjnych. Używanie jej w nagraniach do MaSzyny to nieporozumienie.

2.3.3. Kanały

Ostatnim parametrem jest ilość kanałów:

- Mono – jeden kanał. Kiedyś tak wykonywano wszystkie nagrania studyjne, w Polsce od ok. 1960 roku zaczęto odchodzić od tej ilości kanałów. Obecnie ta ilość jest stosowana tylko w uzasadnionych przypadkach, i jednym z takich jest właśnie symulator MaSzyna.
- Stereo – dwa kanały, lewy i prawy. Pomimo, że można zapisywać więcej kanałów, ta ilość jest dzisiaj najpopularniejsza i najwygodniejsza. No bo w końcu człowiek ma dwoje uszu...
- Kwadrofonia, surround – wrażenia słuchania znakomite, ale wymaga to odpowiedniego sprzętu i pomieszczenia. Z definicji nie do używania na słuchawkach.

I tutaj ważna sprawa: w MaSzynie używane jest mono, gdyż silnik dźwiękowy symulatora przetwarza ten dźwięk na przestrzenny, w zależności od położenia obserwatora. Zatem stereo nie ma tu kompletnie zastosowania.

2.3.4. Co stosować w MaSzynie?

Aktualne zalecenia to:

- Szybkość transmisji: 44100 lub 48000. Można stosować mniejszą szybkość, jeżeli źródłowe nagranie jest w mniejszej szybkości (zwiększenie szybkości nie poprawi jakości, tylko zwiększy wagę pliku).
- Rozdzielczość: 16 bit. Z takim samym zastrzeżeniem jak w przypadku szybkości transmisji.
- Ilość kanałów: Mono. Bez wyjątków!



Ważna informacja:

W praktyce kluczowymi parametrami wpływającymi na jakość nagrania jest jakość urządzeń, którymi zarejestrowano dźwięk (mikrofon), oraz jakość urządzeń, na których ten dźwięk zostanie odtworzony (głośniki). Zatem słuchając na słuchawkach do smartphona nagrania o szybkości 192000, rozdzielczości 32 bitów, nie spodziewajmy się cudów na kiju.

2.4. Rozszerzenia plików dźwiękowych

Pliki dźwiękowe mają różne formaty. Nie jest to efekt wyłącznie „widzimisień” programistów – po części jest to, oczywiście, współzawodnictwo pomiędzy poszczególnymi firmami, jednakże w sporej części ma to również na celu przystosowanie plików do określonych zadań: czy to odgrywania na słuchawkach, czy to na sprzęcie stereo wysokiej jakości, czy też wreszcie do przechowywania materiałów studyjnych. I tak:

- wav – najprostszy format, całkowicie otwarty, bez żadnej kompresji, umożliwiający zapis dźwięku z różną szybkością transmisji, rozdzielczością, kanałami mono lub stereo. Bardzo wygodny do przechowywania materiałów źródłowych, jednakże z uwagi na brak kompresji pliki bardzo dużo ważą.
- flac – format bardziej skomplikowany, do jego odtwarzania potrzebny jest odpowiedni kodek, posiada kompresję, jednakże nie jest ona stratna – po dekompresji dźwięk posiada najwyższą możliwą jakość. Wszelkie pozostałe parametry tak jak w plikach .wav, zaletą jest mniejsza waga plików. Format całkowicie otwarty.
- Ogg Vorbis – format jeszcze bardziej skomplikowany i również potrzebny jest kodek. Kompresja stratna, działa na zasadzie podobnej jak kompresja w plikach graficznych .jpg, czy w określonym fragmencie wykrajane są najwyższe częstotliwości. Efekt końcowy podlega jeszcze kompresji bezstratnej, co czyni pliki .ogg wyjątkowo lekkimi. Z uwagi jednak na stratną kompresję, format ten nie nadaje się do

przechowywania materiałów źródłowych. W paczce całościowej MaSzyny pliki dźwiękowe są w formacie .ogg (lżejszym, stratnym), natomiast na repozytorium przechowywane są pliki w formatach .wav i .flac (cięższe, bezstratne). Format całkowicie otwarty.

- mp3 – bardzo podobna zasada działania jak w .ogg, zalety takie same. Format od początku był zamknięty, w związku z czym kodeki były płatne. Z tego powodu mp3 nie znalazł zastosowania w otwartych projektach. Ponieważ jednak ochrona patentowa na format ostatecznie wygasła w 2017 roku [5], możliwe, że mp3 wejdzie również do programów otwartych.
- m4a – zwane czasem mp4, coś podobnego do flac, wprowadzane przez firmę Apple, pochodna formatu filmowego .mpg, jednakże bez strumienia video. Mniej popularny niż mp3.

Jest oczywiście wiele innych formatów, jednakże tutaj zostały przywołane te najpopularniejsze i najprzydatniejsze dla projektu MaSzyna.

3. Narzędzia do obróbki dźwięku

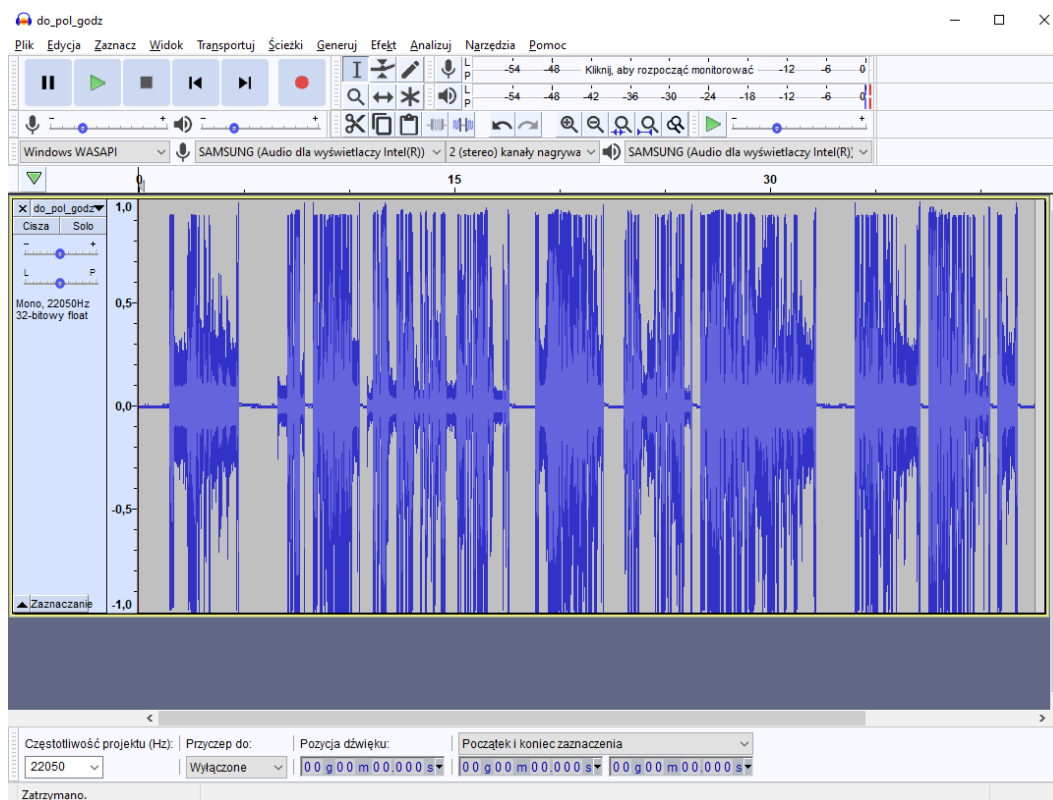
Nie wystarczy żaden notepad, ani inne narzędzie domyślnie instalowane wraz z systemem operacyjnym. W przypadku obróbki dźwięku konieczne będzie pozyskanie odpowiednich programów.

Autor przez długie lata korzystał z Cool Edit Pro 2.0 firmy Syntrillium Software. Program ten to obecnie prawdziwe wykopalisko. W 2003 roku wszelkie prawa do programu wykupiło Adobe i obecnie program ten nazywa się Adobe Audition [6]. Jego obsługa i możliwości są wręcz rewelacyjne. Możliwości w zakresie zniekształcania dźwięku, usuwania szumów i trzasków, jak również wielu innych opcji, nawet w starej wersji programu, są wciąż większe niż w przypadku programu Audacity. Wadą jest to, że program jest płatny – i co gorsza, z racji tego, że jest dedykowany studiom dźwiękowym, nie ma możliwości kupna licencji wieczystej.

Kolejny program to Goldwave autorstwa Goldwave Inc. [7]. Jego funkcje częściowo opisał Benek w swoim poradniku. Choć ustępuje on nieco Cool Edit Pro / Adobe Audition, to też stanowi świetne narzędzie do obróbki dźwięku, i posiada mnóstwo przydatnych funkcji. Niestety również jest to program płatny, można kupić licencję na rok (cena 15 USD) lub wieczystą (cena 45 USD).

Dalej skupimy się na programie darmowym, czyli takim, który każdy może w dowolnej chwili ściągnąć z internetu i legalnie go użytkować. Jest to Audacity stworzone przez The Audacity Team [8]. Program pobieramy ze strony <https://www.audacityteam.org/> Pobieramy oczywiście główny program ale od razu zwracamy uwagę na dostępne wtyczki do tego programu – bardzo interesującą wtyczką jest FFmpeg import/export. Umożliwi ona nam odczyt plików dźwiękowych o rozszerzeniach takich jak: .ac3, .m4a, .wma. Jednym słowem, będziemy w stanie otworzyć praktycznie każdy plik dźwiękowy.

Kiedy już ściągniemy i zainstalujemy program, możemy otworzyć przykładowe nagranie. Proponuję wejść do katalogu z zainstalowanym symulatorem, następnie otworzyć plik do_pol_godz.wav z podkatalogu sounds/radiotelefon. W zależności od wersji symulatora, może to być plik w formacie .wav lub .ogg. Naszym oczom ukaże się następujący widok:



Rysunek 12. Edytor dźwięku Audacity.

W lewym górnym rogu mamy przyciski służące do odtwarzania dźwięku. Możemy teraz odsłuchać nagranie, które utworzyliśmy – rozmowę maszynisty z dyżurną, informującą, że postój może trwać do pół godziny.

Pełna obsługa programu nie będzie w tym poradniku omawiana – czytelnik musi we własnym zakresie opanować podstawową obsługę programu, taką jak: odtwarzanie, zmiana widoku, zapisywanie pliku, itp. Można skorzystać z pomocy dołączonej do programu – do wyboru jest szybka pomoc oraz pełny podręcznik użytkownika.

Program umożliwia podstawową edycję dźwięku taką samą jak edytor Goldwave, opisywany przez Benka w poradniku [1]. Są to:

- Zaznaczanie części dźwięku – kursorem w oknie należy zaznaczyć odpowiedni fragment dźwięku,
- Wycinanie – klawiszem Delete lub Ctrl+K,
- Kopiowanie dźwięku – skrót Ctrl+C,
- Wklejanie skopiowanego dźwięku – skrót Ctrl+V.

4. Nagrania dla MaSzyny

W tym rozdziale poznamy konkretne funkcje pozwalające na przygotowanie nagrań pod kątem zastosowania w scenariuszach symulatora MaSzyna. Cały czas opieramy się na edytorze Audacity.

4.1. Nagrania radiotelefoniczne

Dawno temu w symulatorze MaSzyna popularne było pozyskiwanie nagrań ze skanera nasłuchowego. Obecnie całkowicie zaniechano tego działania, głównie przez wątpliwości natury prawnej, jednakże występowała również inna, dosyć poważna niedogodność – nagrania nigdy nie były takie, jakby sobie życzył autor scenariusza. Wiecznie trzeba było coś kroić i powodować, że gracz musiał się częściowo domyślać, o co chodzi w komunikacie podawanym przez radio.

Wraz z pojawieniem się w testach scenariusza L053 Wieczór zapoczątkowana została era masowych nagrań użytkowników. Za tym rozwiązaniem przeważały zalety: brak jakichkolwiek wątpliwości prawnych, oraz możliwość nagrania praktycznie każdego komunikatu. Wadą natomiast jest brak umiejętności aktorskich niektórych developerów, oraz brak specjalnej obróbki dźwięku, tak aby przypominał nagranie radiotelefoniczne. Co do pierwszej wady – tu wiele nie da się zrobić. Na tą drugą próbowano wymyślić różnorodną obróbkę w programach dźwiękowych, z różnym efektem. Autor też stanął przed takim problemem, i po wielu próbach udało się ustalić, jak powinna wyglądać obróbka nagrań.

Dla nagrań, które powinny brzmieć jak przez radio, kolejność jest następująca:

1. Ustawienie odpowiedniej jakości nagrania,
2. Zwiększenie głośności,
3. Zastosowanie filtru obcinającego niskie i wysokie częstotliwości,
4. Ponowne zwiększenie głośności, tak aby występowały przesterowania,
5. Opcjonalnie, doklejenie do nagrania szumów,
6. Zastosowanie zniekształceń,
7. Wstawienie trzasków załączenia i rozłączenia radia.

4.1.1. Ustawienie jakości

Developerzy mogą dostarczyć nagrania o bardzo różnej jakości – wszystko zależy od sprzętu, na którym wykonują nagrania. Musimy zatem ujednolicić je jakościowo.

Pierwszą operacją będzie ustalenie ilości kanałów. Jeżeli otrzymaliśmy nagranie stereo, to musimy je skonwertować do mono. Aby to zrobić, należy:

- Zaznaczyć całe nagranie, najlepiej skrótem klawiszowym Ctrl+A,
- Wybrać polecenie z menu: Ścieżki → Miksuj → Miksuj stereo do mono.

Drugą operacją będzie ustalenie szybkości próbkowania – bo mogą być bardzo różne (autor otrzymywał nagrania w jakości 48000, 44100, 22050, 16000, a nawet 8000). Jeżeli mamy jakość wysoką, czyli większą lub równą 22050, to możemy jej nie zmieniać. Natomiast dla niższych jakości lepiej ją zwiększyć, gdyż uzyskamy lepsze efekty podczas obróbki (filtry, zniekształcenia). Zatem:

- Ponownie zaznaczamy całe nagranie (Ctrl+A),
- Wybieramy z menu polecenie: Ścieżki → Zmień próbkowanie...
- Pojawi się okienko, w którym wybieramy docelową wartość. Możemy ustawić 22050.

4.1.2. Zmiana głośności

Bardzo proste i przydatne polecenie. Często dostarczone przez developerów nagrania są dość ciche, dlatego trzeba je zgłośnić. W tym celu należy:

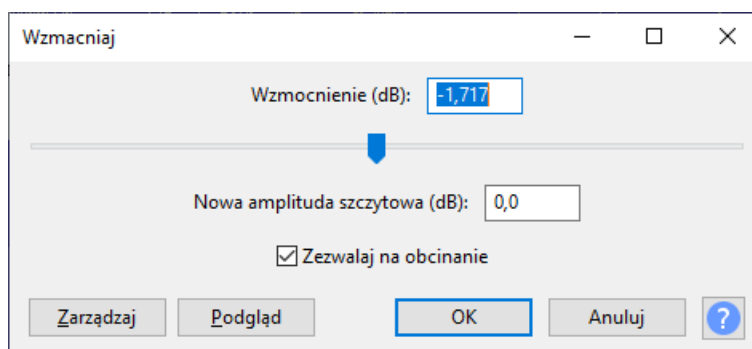
- Zaznaczyć żądany fragment nagrania, lub całe nagranie,
- Wybrać z menu polecenie: Efekt → Wzmocnij...

Wyświetlone zostanie okno z suwakiem, gdzie możemy ustawić żądaną wartość wzmocnienia w decybelach. Wartości ujemne oznaczają zmniejszenie głośności. Domyślnie program ustawia taką wartość, po

wybraniu której nagranie będzie znormalizowane – czyli wybrany zostanie najwyższy możliwy poziom głośności nie powodujący zniekształcenia nagrania.

Dalsze postępowanie zależy od przeznaczenia nagrania. Jeżeli nagranie ma być „przepuszczone przez radio”, to możemy śmiało zwiększać głośność bez obaw o powstanie „przesterowania”, czyli zniekształceń dźwięku (to co słycać w radiotelefonie, często jest zniekształcone). Natomiast jeżeli obrabiamy dźwięki przyrody, zapowiedź dworcową, to nie zwiększamy głośności ponad tą, którą domyślnie zaproponuje program.

Jeżeli chcemy uniknąć przesterowań, to możemy odznaczyć opcję „zezwalaj na obcinanie”. Program nie pozwoli nam zrealizować wtedy zmiany głośności, która spowodowałaby uszkodzenie nagrania.



Rysunek 13. Okno zmiany głośności nagrania.



Ważna informacja:

Przesterowanie w nagraniu objawia się pojawieniem nieprzyjemnych „trzasków” w nagraniu. Unikajmy ich jak tylko możemy we wszystkich nagraniach, które nie są przeznaczone do „przepuszczenia przez radio”.

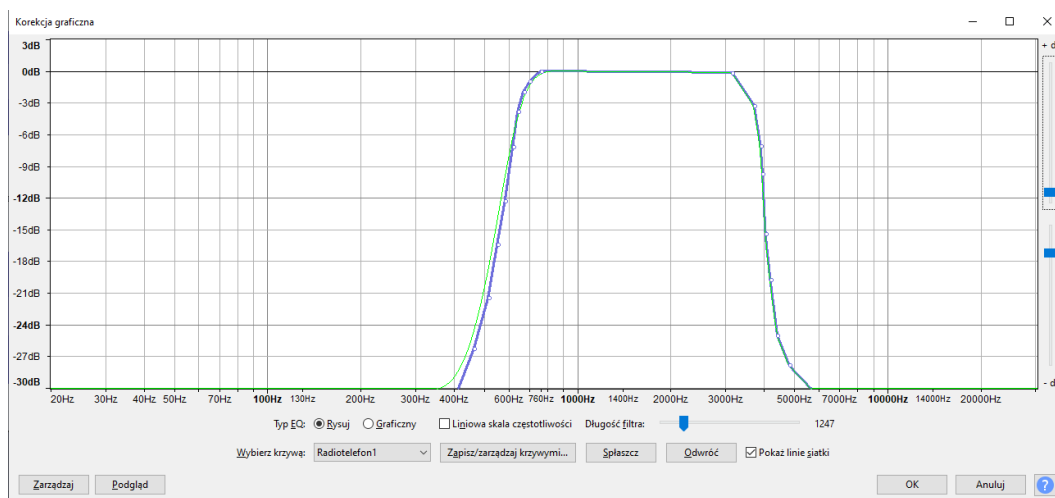
4.1.3. Stosowanie filtrów

Skoro nagranie ma udawać nagranie z radia, to trzeba odpowiednio okroić częstotliwości w nim występujące. Wiadomo, że wszystkie tego typu urządzenia mają tendencję do obcinania niskich i wysokich częstotliwości. Zatem robimy wykonujemy następujące polecenia:

- Ponownie zaznaczamy żądany fragment nagrania, lub całe nagranie,
- Wybieramy polecenie z menu: Efekt → Korekcja graficzna...

Wyświetlone zostanie okno, gdzie możemy narysować krzywą, według której wytłumione zostaną odpowiednie częstotliwości. Najlepszy efekt uzyskamy, jeżeli wytłumimy częstotliwości 400 – 600 Hz, oraz powyżej ok. 4000 Hz. Tutaj nie ma jednego szablonu, gdyż każde radio jest na swój sposób indywidualne.

Autor do przygotowania nagrań używa czterech różnych krzywych. Jak je przygotować? Najlepiej metodą prób i błędów. Do szybkiego podglądu ustawionego efektu możemy użyć polecenia Podgląd. Kiedy już opracujemy krzywą, która nas będzie satysfakcjonowała, możemy ją zapisać, klikając na polecenie *Zapisz/zarządzaj krzywymi...*

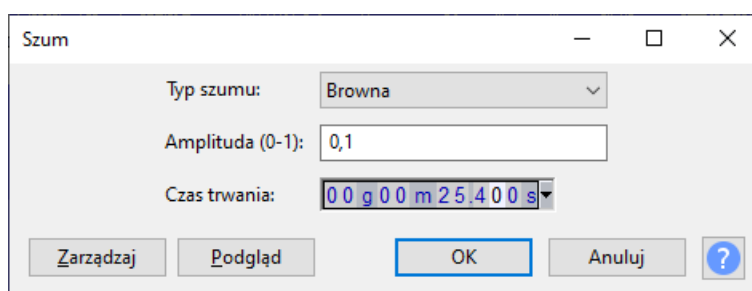


Rysunek 14. Okno korekcji graficznej.

4.1.4. Dodanie szumu

W zależności od przeznaczenia nagrania, szum staramy się albo zlikwidować, albo dodać. To drugie przydaje się właśnie przy przepuszczaniu nagrania przez radio. Oczywiście, jeżeli developerzy dostarczyli nam zasumione nagranie, to możemy ten punkt pominąć, ale niektórzy dysponują raczej dość dobrym sprzętem, więc szum będzie niemal niesłyszalny. Sposoby na dodanie szumu są różne – pierwszy z nich, to wygenerowanie przez program. W tym celu należy:

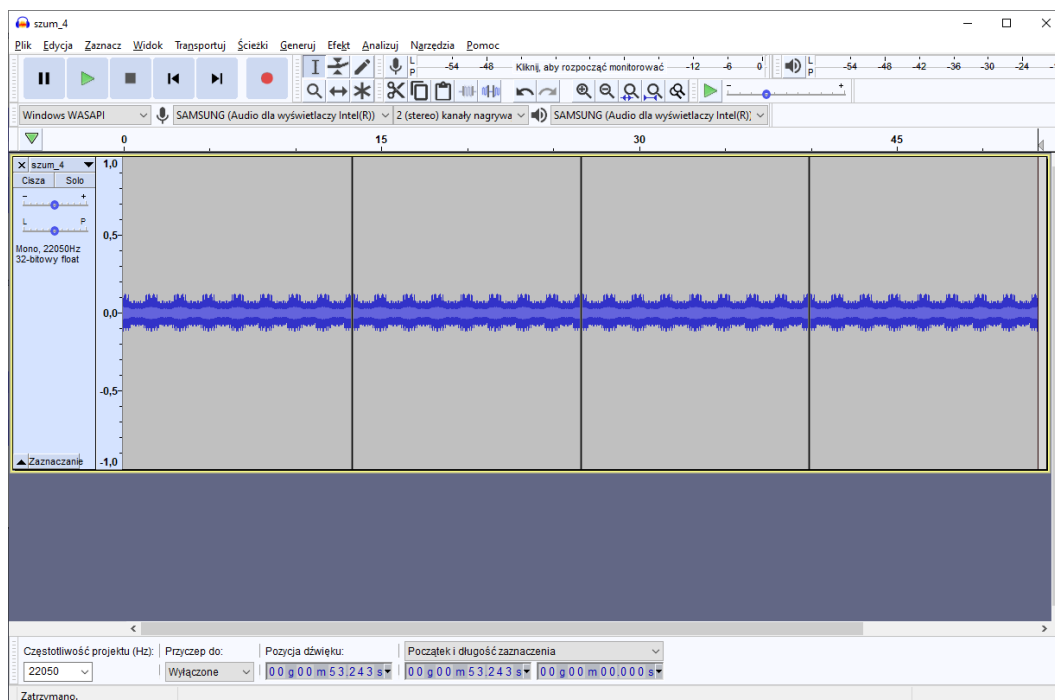
- Utworzyć nowy projekt, czyli wybrać z menu: Plik → Nowy,
- Wybrać z menu: Generuj → Szum...,
- Wybrać w wyświetlonym okienku typ szumu, najlepiej szum Browna lub ewentualnie różowy,
- Wybrać amplitudę – polecam niewielką, około 0.1,
- Czas trwania – wpisać czas trwania nagrania, które chcemy zasumować.



Rysunek 15. Okno generowania szumu.

Alternatywnie, można skorzystać z paczki gotowych szumów, wyciętych z różnych dotychczasowych nagrań dla MaSzyny. Paczka ta znajduje się w materiałach edytowalnych poradnika. Aby skorzystać z takiego szumu należy:

- Wybrać polecenie z menu: Plik → Otwórz, i wybrać interesujący nas szum,
- Po wyświetleniu w nowym oknie pliku z szumem zaznaczyć całość (Ctrl+A) i skopiować (Ctrl+C),
- Ustawić kursor odtwarzacza na końcu nagrania i wybrać polecenie wklejenia (Ctrl+V),
- Powtarzać powyższy krok tak długo, aż nagranie będzie miało długość większą lub równą nagraniowi, które chcemy zasumować,
- Na koniec zaznaczamy całość i dostosujemy odpowiednio głośność. Jeżeli dodajemy szum przed wybraniem polecenia zniekształcania, to powinien być on dość cichy i delikatny.



Rysunek 16. Szum o dostosowanej długości.

Kiedy już mamy przygotowany szum, to możemy go wkleić do nagrania. Wykonujemy następujące polecenia:

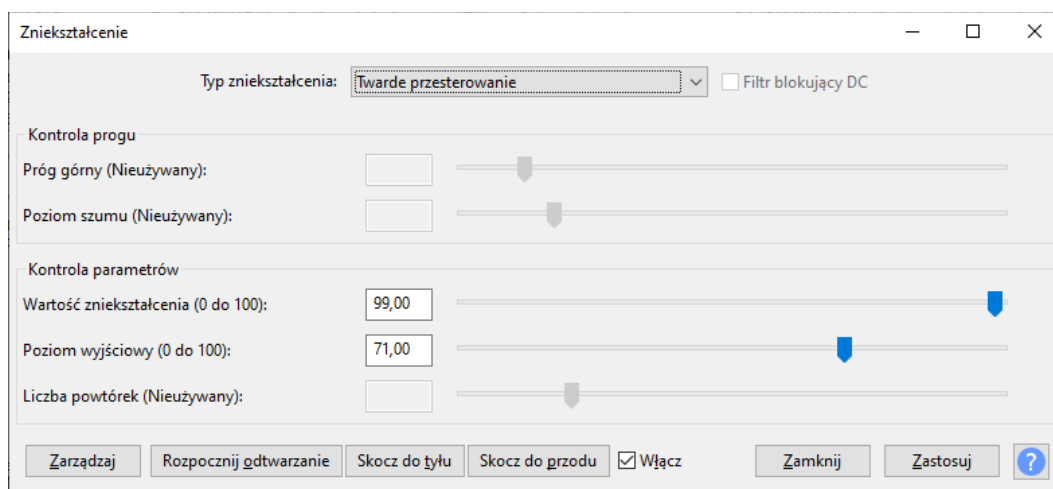
- Kopiujemy cały dźwięk z szumem: zaznaczamy cały dźwięk (Ctrl+A) i kopiujemy (Ctrl+C),
- Przechodzimy do właściwego nagrania, ustawiamy kursor odtwarzacza na początku,
- Wybieramy polecenie wklejenia (Ctrl+V),
- Otrzymamy nagranie złożone z dwóch ścieżek. Możemy je odsłuchać i w razie konieczności zmienić głośność szumu.
- Ponownie zaznaczamy wszystko (Ctrl+A) i wybieramy z menu polecenie: Ścieżki → Miksuj → Miksuj i przetwarzaj do nowej ścieżki.
- Po zmiksowaniu zamykamy ścieżki z samym nagraniem i z samym szumem, zostawiamy tylko tę zmiksowaną (zawierającą nagranie z szumem).

4.1.5. Zniekształcenie

Dotarliśmy do polecenia, które spowoduje, że nagranie wreszcie zacznie trzeszczeć jak prawdziwy radiotelefon. A zatem:

- Tradycyjnie zaznaczamy żądany fragment lub całe nagranie (Ctrl+A),
- Wybieramy z menu Efekt → Zniekształcenie...
- W wyświetlonym oknie wybieramy żądany efekt, typ zniekształcenia najlepiej wybrać „obcinanie” lub „przesterowanie” (miękkie lub twarde – w zależności od żadanego efektu). Możemy skorzystać z podglądu, naciskając przycisk „Rozpocznij odtwarzanie”,
- Na koniec klikamy przycisk „Zastosuj” i następnie „Zamknij”.

To polecenie może nam przynieść znakomite efekty, ale niestety musimy trochę pokombinować i uzbroić się w cierpliwość i nieustępliwość, bo przy pierwszych eksperymentach efekt końcowy może być daleki od oczekiwanego.



Rysunek 17. Okno ustawień zniekształcenia.

Najbardziej uniwersalne polecenie zniekształcenia autor napotkał w edytorze Cool Edit Pro, gdzie można było sobie dowolnie modelować zniekształcenia za pomocą dwóch krzywych. Możliwe, że kiedyś ktoś przygotuje coś podobnego do edytora Audacity – można śledzić pojawiające się wtyczki, aczkolwiek z dotychczasowych obserwacji wynikało, że nie pojawiało się tam nic specjalnie zaawansowanego.

4.1.6. Trzaski załączania i wyłączania radia

Można je próbować wygenerować ale raczej to będzie strata czasu. Najlepiej wykombinować gotowe nagranie, albo jeszcze lepiej, wykorzystać jakieś istniejące nagranie do MaSzyny. I tutaj można również skorzystać z paczki gotowych szumów i trzasków, wyciętych z różnych nagrań dla już powstałych scenariuszy. Paczka ta znajduje się w materiałach edytowalnych poradnika. A zatem:

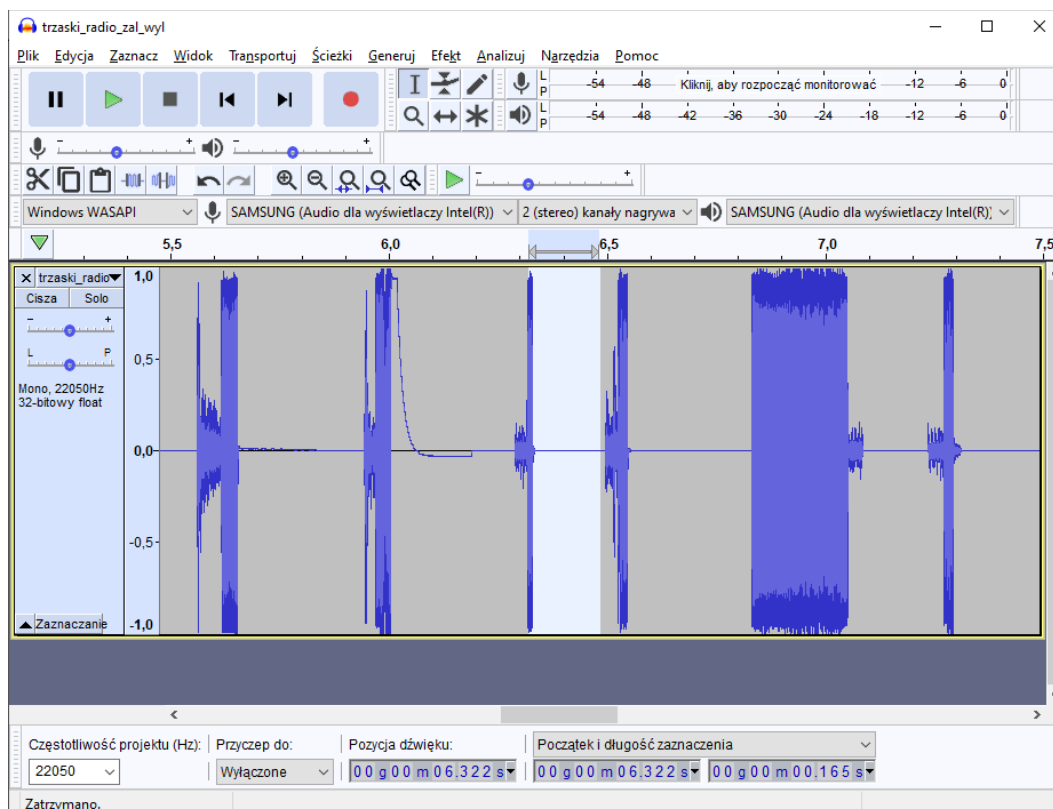
- Otwieramy plik „trzaski_radio_zal_wyl.wav”, wszystkie trzaski zostały umieszczone w jednym pliku, po prostu dla większej wygody, aby można było je wszystkie odtworzyć za jednym zamachem,
- Wybieramy interesujący nas trzask, zaznaczamy go, pamiętając również o zaznaczeniu części ciszy przed lub za „trzaskiem”,
- Kopiujemy zaznaczony fragment (Ctrl+C), następnie przechodzimy do zniekształconego nagrania, ustawiamy kursor w odpowiednim miejscu, wklejamy (Ctrl+V).

4.1.7. Zapisywanie gotowego nagrania

I to już w zasadzie wszystko. Możemy zapisać przygotowane nagranie radiotelefoniczne – postępujemy zgodnie z wytycznymi z rozdziału 2.3.4, czyli plik dźwiękowy zapisujemy w formacie .flac. Podczas eksportu do tego formatu pojawi się nam okienko z możliwością uzupełnienia metadanych. Nie ma obowiązku jego uzupełniania, ale warto wpisać kto wykonał nagranie, i dla jakiego scenariusza.

Jaka nazwa pliku? Kiedy obowiązkowo nazwa się rozpoczynała od numeru użytkownika, który przygotował plik. Było to dobre, ale dopóki symulator był ubogi w dźwięki. Potem zrobił się niestety bałagan i zarzucono taki sposób nazewnictwa.

Do jakiego katalogu zapisać plik? Oczywiście do podkatalogu *sounds*. No i właśnie... przez naprawdę długie lata developerzy, wydział paczek całościowych, a w końcu wydział repozytorium, wszyscy jakby w ogóle zapomnieli o porządkach w katalogu z dźwiękami, aż w końcu zrobił się tam niesamowity rozgardiasz. Jednakże wraz z pojawieniem się scenariusza L053 wieczór nastąpiły pierwsze próby uporządkowania – nagrania radiotelefoniczne zaczęły być wrzucane do podkatalogu *radiotelefon*, a następnie podkatalogu odpowiadającego danej scenarii. Tak więc, jeżeli nie chcemy narobić bałaganu, nagranie radiotelefonu wrzucamy do katalogu *sounds/radiotelefon* i ewentualnie kolejnego podkatalogu (chyba że tworzymy jakiś dźwięk uniwersalny).



Rysunek 18. Gotowe odgłosy załączania i wyłączania radia.



To dopiero początek nauki:

Zaprezentowana procedura obróbki nagrań radiotelefonicznych to tak naprawdę wstępna propozycja. Aby dopracować ją do perfekcji, należy sporo poeksperymentować i poszukać najlepszych efektów i ich ustawień.

4.2. Nagrania „na żywo”

Takimi nagraniami są wypowiedzi bezpośrednio słyszane w kabinie, w której zostały wypowiedziane, a także częściowo zapowiedzi dworcowe. Dla nagrań z kabiny procedura obróbki jest inna i wygląda tak:

1. Ustawienie odpowiedniej jakości nagrania,
2. Opcjonalnie, zwiększenie głośności,
3. Odszumianie nagrania,
4. Zwiększenie głośności i kompresja.

Natomiast dla zapowiedzi dworcowych pierwsze trzy punkty są identyczne, dalej procedura jest taka:

4. Przepuszczenie przez filtr w celu obcięcia niskich i wysokich częstotliwości,
5. Dodanie efektu echa,
6. Ewentualna poprawa głośności.

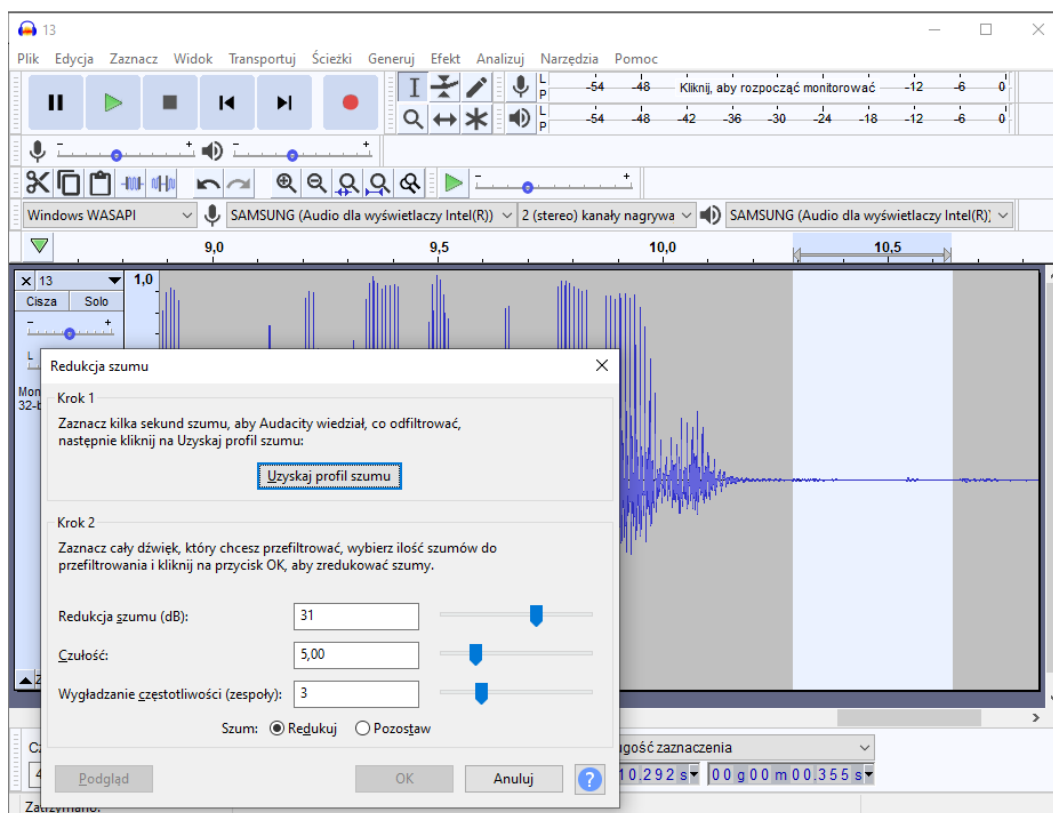
Ustawianie jakości nagrania, zwiększanie głośności – to wszystko zostało już omówione w rozdziałach 4.1.1 i 4.1.2. Przy zwiększaniu głośności musimy jednak pamiętać, że nie możemy dopuścić do wystąpienia przesterowania.

4.2.1. Odszumianie

W przeciwieństwie do nagrań „z radia” szum jest tym razem niepożądany. W celu odszumienia nagrania należy wykonać następujące kroki:

- Zaznaczyć fragment nagrania, w którym występuje sam szum, czyli nikt nic nie mówi, ale słychać tło. Jest to o tyle istotne, że program musi się w ogóle zorientować, co stanowi szum w nagraniu,
- Wybrać polecenie Efekt → Redukcja szumu...
- W otwartym oknie nacisnąć przycisk „Uzyskaj profil szumu”. Po naciśnięciu przycisku okno się automatycznie zamknie,
- Zaznaczamy fragment nagrania, który chcemy odszumić, i ponownie wybieramy polecenie redukcji szumu,
- Wybieramy żadaną intensywność redukcji i klikamy OK.

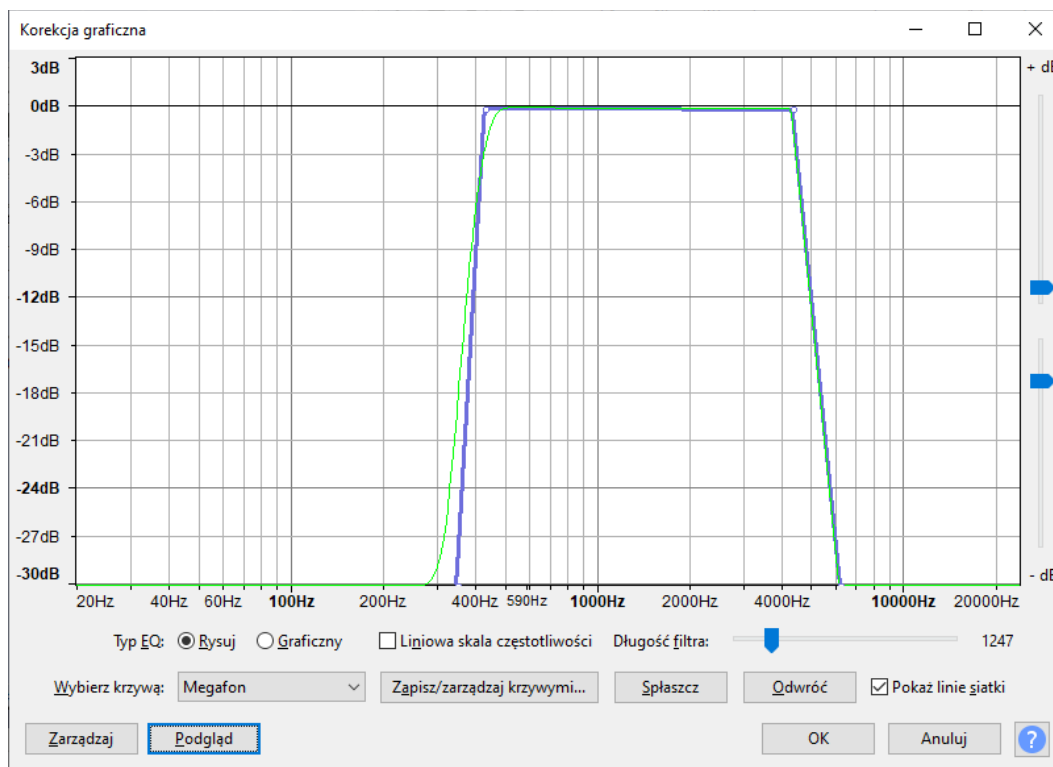
Tutaj czeka na nas pewna pułapka – jeżeli przedobrzymy z intensywnością usuwania szumu, to ucierpi na tym również nagranie. Stanie się oczywiście niemal idealnie wolne od szumu, ale zacznie brzmieć jakoś nienaturalnie, dźwięk będzie jakby „wyprany”. Dlatego najlepiej wybrać złoty środek, i ustawić intensywność usuwania szumu pośrodku (można skorzystać z ustawień domyślnie proponowanych).



Rysunek 19. Odszumianie dźwięków.

4.2.2. Filtr dla zapowiedzi dworcowej

Tak samo jak w rozdziale 4.1.3 wybieramy polecenie Efekt → Korekcja graficzna. Tym razem musimy narysować krzywą, która będzie pasowała do charakterystyki megafonów dworcowych. Na rysunku 20 pokazana została krzywa zastosowana w zapowiedziach do scenariusza Bałtyk Euro 2012.



Rysunek 20. Filtr dla zapowiedzi dworcowych.

4.2.3. Dodanie echa

Wybieramy z menu polecenie Efekty → Echo..., i ustawiamy dwa możliwe parametry. Można pokombinować i poeksperymentować, w zapowiedziach dworcowych dla scenariusza Bałtyk Euro 2012 zostały użyte następujące parametry: czas opóźnienia – 0,17 sekundy, oraz współczynnik zaniku 0,3.

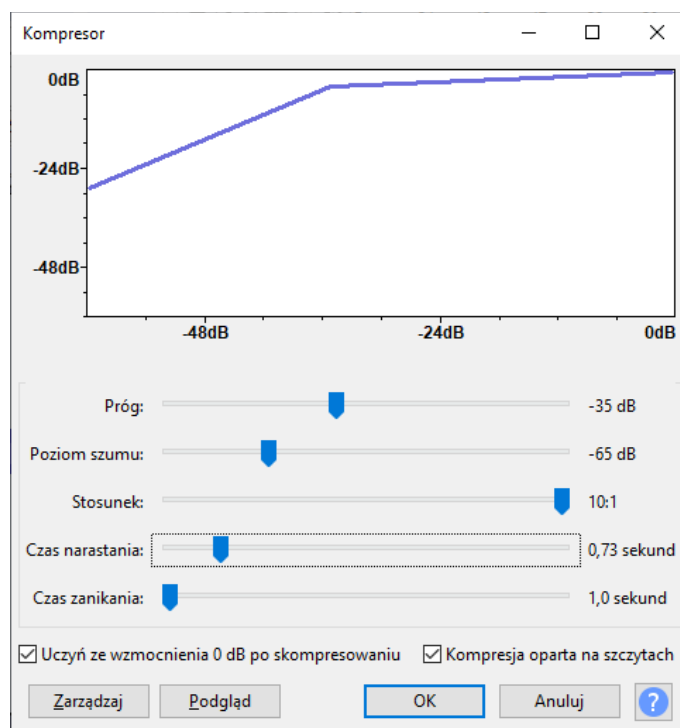
4.2.4. Kompresja

Słowo wytrych, które może dość mocno zmylić osoby nie mające doświadczenia w obróbce dźwięku. Otóż wcale tu nie chodzi o zmniejszenie rozmiaru nagrania, a o ograniczenie rozpiętości dynamicznej dźwięku. Mało zrozumiałe? Dla przykładu: kompresja jest często stosowana w nagraniach puszcanych w radiu (nie radiotelefonie, ale radiostacjach takich jak RMF, VOX i inne takie tam). Powoduje zatarcie różnic pomiędzy cichymi i głośnymi częściami nagrania – po operacji kompresji wszystko ma prawie taki sam poziom głośności. Bardzo to ułatwia słuchanie muzyki na gorszym sprzęcie lub przy hałasie, np.: podczas jazdy samochodem.

Ponieważ mało kto dysponuje profesjonalnym mikrofonem, jak również umiejętnością odpowiedniego doń mówienia, nagrania należy poddać kompresji, aby uwydatnić ich ciche fragmenty, jak również mieć możliwość dodatkowego zgłoszenia bez wprowadzenia przesterowania.

Zaznaczamy nagranie, wybieramy z menu polecenie Efekt → Kompresor... Następnie musimy pokombinować z parametrami. Najistotniejsze będzie zaznaczenie opcji „Kompresja oparta na szczytach”, oraz ustalenie progu – autor wybiera najczęściej -35dB.

Polecenie to nie jest jeszcze w pełni rozpracowane, warto tu pokombinować, ewentualnie jeżeli nagranie jest już samo w sobie dość głośne, można w ogóle pominąć kompresję.



Rysunek 21. Kompresja dźwięku (wyrównanie dynamiki).

4.3. Efekty specjalne w nagraniach

Jeżeli chodzi o wszelkie inne efekty specjalne niż echo, to temat zostanie potraktowany bardzo krótko: autor nie widzi konieczności stosowania efektów specjalnych w nagraniach. Co prawda, jeżeli ktoś przygotowuje dźwięk lokomotywy / wagonu, to sytuacja może być kompletnie inna, ale przy radiotelefonie wszelkie efekty specjalne nie znajdują zastosowania.



Czas obalić pewien mit:

Nie da się za pomocą różnych efektów specjalnych wprowadzić takie modyfikacje, aby dwa nagrania brzmiały zupełnie inaczej, pomimo że głosu do nich użyła ta sama osoba. Krótko mówiąc, jeżeli chce się mieć różnorodność w nagraniach do scenariusza, to trzeba dogadać się z odpowiednią ilością osób.

4.4. Podsumowanie

W powyższych rozdziałach już było omówienie i wyszczególnienie czynności najlepszych dla danego typu nagrania, jednakże dla większej przejrzystości poradnika podsumujemy kolejność działań dla każdego z przypadków.

Nagranie przepuszczone przez radiotelefon:

1. Ustawienie właściwej jakości nagrania (szybkość próbkowania i rozdzielczość), konwersja do mono,
2. Filtr obcinający częstotliwości charakterystyczne dla radiotelefonu,
3. Ponowne ustawienie głośności, najlepiej tak, aby występowały przesterowania. To dodatkowo wzmocni efekt zniekształcenia,

4. Opcjonalnie: dodanie szumu. Na tym etapie powinien to być szum dość delikatny, bo jeszcze będzie używane zniekształcenie.
5. Zniekształcenie nagrania,
6. Opcjonalnie: dodanie szumu. Jeżeli dodajemy go na tym etapie, to może już być to szum głośniejszy.
7. Wstawienie odgłosów załączania i rozłączania radia.
8. Obcięcie zbędnej ciszy na końcach nagrań, zapis do formatu .flac.

Nagranie „na żywo”:

1. Ustawienie właściwej jakości nagrania (szybkość próbkowania i rozdzielczość), konwersja do mono,
2. Odszumianie nagrania,
3. Poprawa głośności,
4. Ewentualna kompresja,
5. Obcięcie zbędnej ciszy na końcach nagrań, zapis do formatu .flac.

Zapowiedź dworcowa:

1. Ustawienie właściwej jakości nagrania (szybkość próbkowania i rozdzielczość), konwersja do mono,
2. Odszumianie nagrania,
3. Poprawa głośności,
4. Filtr obcinający częstotliwości charakterystyczne dla megafonów,
5. Efekt echa,
6. Obcięcie zbędnej ciszy na końcach nagrań, zapis do formatu .flac.

Nie było omówienia obcinania ciszy w nagraniach i zapisu, przyjęto założenie, że użytkownik sam będzie w stanie sobie z tym poradzić. Oczywiście edytory dźwięków posiadają wiele innych poleceń, które nie zostały tutaj omówione, jednakże wydaje się, że absolutne minimum zostało tutaj zawarte.

5. Pozostałe tematy związane z nagraniami

5.1. Przygotowanie stenogramów

Temat został omówiony w [9] oraz [10], jednakże dla przypomnienia zostanie umieszczony również w niniejszym opracowaniu.

Dla każdego nagrania posiadającego głos przygotowujemy plik o nazwie *nazwa_nagrania-pl.txt*, czyli nazwa naszego nagrania z przyrostkiem oznaczającym dany język, umieszczamy go w tym samym katalogu co nagranie.

Plik tekstowy możemy otworzyć systemowym notatnikiem. W jego treści wpisujemy to co jest wypowiedziane, czyli np.:

```
1531, próba radia.
```

Jeżeli nagranie jest krótkie, to warto wymusić czas pokazania się transkrypcji. Może się zdarzyć, że symulator wyświetli je na krótki czas, co uniemożliwi odczytanie przez gracza. Wymuszenie czasu wyświetlenia wygląda następująco:

```
[0][50]1531, próba radia.
```

Oznacza to, że nagranie będzie się wyświetlało 5 sekund, licząc od samego początku nagrania.

W przypadku dość długich tekstów warto podzielić tekst, aby wyświetlał się partiami. Przykładowo:

```
[0][80]Bałtyk Główny, pociąg 594538 gotowy,  
[55][140]lokomotywa SM42-2427, długość składu 160 metrów,  
[112][180]masa 770 ton, godzina 19:42, maszynista Wasilewski.
```

Czyli: przez pierwsze 8 sekund od rozpoczęcia odtwarzania będzie się wyświetlał napis *Bałtyk Główny, pociąg 594538 gotowy*, następnie między 5,5 a 14 sekundą pojawi się *lokomotywa SM42-2427, długość składu 160 metrów*, i między 11,2 a 18 sekundą pojawi się *masa 770 ton, godzina 19:42, maszynista Wasilewski*.

Można również wymusić przejście do nowej linii w okienku transkrypcji. „Enter” wstawia się znakiem | (czyli Shift + \). W poniższym przykładzie znak nowej linii został wstawiony przed słowem *godzina*:

```
[0][120]Bałtyk Miasto, 50218 gotowy,jednostka EN71-036,|godzina 20:19, Matuszczyk.
```

Dla wszystkich transkrypcji w języku polskim musimy wybrać odpowiednie kodowanie, inaczej w symulatorze zaczną się nam wyświetlać krzaki. Kodowanie wybieramy po wybraniu polecenia Zapisz jako... i w dolnej części okna wybieramy kodowanie ANSI.

Jeżeli przygotowujemy transkrypcję w języku angielskim, to końcówka nazwy powinna być *-en*. W tym przypadku kodowanie nie ma znaczenia, może być ANSI lub UTF8 – przy braku polskich znaków oba kodowania są identyczne.

5.2. Wstawianie nagrań do scenariusza

Temat jest dosyć obszerny i nie mieści się w ramach niniejszego poradnika. Zainteresowanych odsyłam do licznych opracowań:

- Generator eventów posiadający możliwość wstawiania dźwięków [11],
- Maszynowa Wiki [12],
- Instrukcja przypisywania kanałów radiotelefonu [13],
- oraz poradnik pisania scenariuszy [10].

Bibliografia

- [1] Benek: Obróbka nagrań radiotelefonicznych, <https://eu07.pl/forum/index.php/topic,28603.0.html>
- [2] R. Resnick, D. Halliday: Fizyka Tom 1, 2001
- [3] Wikipedia: Transformacja Fouriera, https://pl.wikipedia.org/wiki/Transformacja_Fouriera
- [4] Wikipedia: Szum kwantyzacji, https://pl.wikipedia.org/wiki/Szum_kwantyzacji
- [5] Wikipedia: MP3, <https://pl.wikipedia.org/wiki/MP3>
- [6] Wikipedia: Adobe Audition, https://en.wikipedia.org/wiki/Adobe_Audition
- [7] GoldWave Digital Audio Editor, <https://www.goldwave.com/goldwave.php>
- [8] Wikipedia: Audacity, <https://pl.wikipedia.org/wiki/Audacity>
- [9] MaciejM: Napisy do dźwięków (radiotelefon), <https://eu07.pl/forum/index.php/topic,26443.0.html>
- [10] Transkei: Symfonia Events - poradnik pisania scenariuszy, <https://eu07.pl/forum/index.php/topic,29500.0.html>
- [11] SKP: Generator Eventów – pomoc, /programy_na_potrzeby_symulatora/EventGenerator/EVG-1.2.13
- [12] Różni autorzy: MaSzynowa Wiki, https://wiki.eu07.pl/index.php/Strona_g%C5%82%C3%B3wna
- [13] Stele: Przypisywanie nagrań radiotelefonu do kanałów, <https://eu07.pl/forum/index.php/topic,31982.0.html>

Indeks

A			
<i>Adobe Audition</i>	12		
<i>Audacity</i>	3, 12, 14, 18		
C			
<i>cyfryzacja</i>	7		
E			
<i>echo</i>	19, 21, 23		
F			
<i>filtr</i>	5, 8, 14, 15, 20, 22, 23		
<i>flac</i>	10, 18, 23		
G			
<i>głośność</i>	14, 19, 22, 23		
<i>Goldwave</i>	3, 12		
J			
<i>jakość dźwięku</i>	7		
<i>jakość nagrania</i>	22		
K			
<i>kanal radiotelefonu</i>	24		
<i>kodowanie</i>	24		
<i>kompresja</i>	10, 19, 21, 23		
<i>kwantyzacja</i>	7, 8		
M			
<i>m4a</i>	11, 12		
		<i>mono</i>	8, 10, 14, 22, 23
		<i>mp3</i>	11
		O	
		<i>odszumianie</i>	19, 20
		<i>ogg</i>	10
		P	
		<i>próbkowanie</i>	7
		R	
		<i>rozdzielczość</i>	9, 10, 22, 23
		S	
		<i>scenariusz</i>	18, 24
		<i>skaner nasłuchowy</i>	14
		<i>stenogram</i>	24
		<i>stereo</i>	8, 10, 14
		<i>szum</i>	8, 16, 20, 23
		<i>szybkość próbkowania</i>	14, 22, 23
		<i>szybkość transmisji</i>	9, 10
		T	
		<i>trzaski</i>	18
		W	
		<i>wav</i>	10
		Z	
		<i>zniekształcenie</i>	14, 17, 23