

# WYKORZYSTANIE METOD NIERÓWNOMIERNEGO PRÓBKOWANIA I INTELIGENTNYCH ALGORYTMÓW PRZETWARZANIA SYGNAŁÓW DO REKONSTRUKCJI ARCHIWALNYCH NAGRAŃ DŹWIĘKOWYCH

## STRESZCZENIE

Archiwalne nagrania dźwięku znajdują się zarówno w muzeach i archiwach, jak też w domowych bibliotekach. Nagrania te charakteryzują się ograniczonym pasmem przenoszonych częstotliwości i zakresem dynamiki. Wykonane metodami analogowymi nagrania charakteryzują się także szumami i innymi zakłóceniami, a ich jakość może spadać z upływem czasu oraz na skutek wielokrotnego odtwarzania. Zewnętrzne pola magnetyczne powodują rozmagnesowanie nośników magnetycznych, zaś nośniki zapisu mechanicznego są podatne na odkształcenia i zanieczyszczenia podczas przechowywania oraz uszkodzenia podczas odtwarzania, co powoduje dalszy wzrost poziomu zniekształceń, szumów i innych zakłóceń.

Rekonstrukcja archiwalnych nagrań audio jest zadaniem niebanalnym. Wykonanie rekonstrukcji wysokiej jakości, tak aby usunąć jak najwięcej zakłóceń przy jak najmniejszych uszkodzeniach oryginalnego sygnału, wymaga zastosowania profesjonalnych narzędzi oraz dużej wiedzy i intuicji wysokiej klasy eksperta i nie jest procesem powtarzalnym.

Celem pracy było opracowanie algorytmów, które mogłyby umożliwić poprawę jakości i obniżenie pracochłonności rekonstrukcji sygnałów dźwiękowych tak, aby mogły być one stosowane również przez osoby o mniejszym doświadczeniu. W tym celu zostały zbadane możliwości wykorzystania metod nierównomiernego próbkowania oraz inteligentnych algorytmów przetwarzania sygnałów. Ze względu na dużą złożoność obliczeniową takich algorytmów została zbadana możliwość ich implementacji w formie równoległej i uruchomienia ich w środowiskach takich jak procesory wielordzeniowe, układy GPU oraz układy programowalne FPGA.

Sygnał dźwiękowy jest sygnałem jednowymiarowym, dlatego też system opracowany w celu rekonstrukcji sygnałów dźwiękowych może być po odpowiednich

modyfikacjach zastosowany do analizy i rekonstrukcji również innych sygnałów jednowymiarowych.

Rozprawa składa się z sześciu rozdziałów.

Rozdział pierwszy stanowi wstęp i krótkie wprowadzenie w tematykę pracy. Rozdział drugi stanowi wprowadzenie do tematyki rekonstrukcji sygnałów dźwiękowych. Zawiera on opisy struktury i sposobu powstawania dźwięków, istoty i sposobu działania zmysłu słuchu człowieka, przegląd metod analogowego zapisu dźwięku, ich historii i związanych z nimi charakterystycznych zakłóceń. W dalszej części rozdziału przedstawione są wybrane metody opisu i analizy sygnału akustycznego, takie jak filtry, transformacje Fouriera i kosinusowa, transformacje falkowe i analiza wielorozdzielcza, a także metody próbkowania nierównomiernego i oszczędnego. Omówione zostały algorytmy inteligentne i równoległe. Poruszone zostały również problemy zmiany częstotliwości próbkowania i klasyfikacji nagrań archiwalnych.

Rozdział trzeci omawia poszczególne rodzaje zakłóceń i zniekształceń spotykanych w archiwalnych nagraniach dźwięku, ich charakterystykę, przyczyny powstawania i najczęściej stosowane metody ich redukcji. Omówione w nim zostały harmoniczne zakłócenia quasistacjonarne, zniekształcenia wynikające ze zmian prędkości przesuwu nośnika, szумы, zakłócenia impulsowe, zniekształcenia liniowe i nieliniowe oraz inne, rzadziej spotykane rodzaje zniekształceń i zakłóceń.

Rozdział czwarty przedstawia przebieg procesu rekonstrukcji archiwalnego nagrania dźwięku oraz zastosowane w nim metody i algorytmy, opracowane w ramach badań związanych z rozprawą. Są to zarówno algorytmy mające na celu detekcję i redukcję zniekształceń i zakłóceń, opisanych w rozdziale trzecim, jak też algorytmy pomocnicze, takie jak algorytm zmiany częstotliwości próbkowania, algorytmy identyfikacji składowych sygnału (ewolucyjny i z wykorzystaniem nieortogonalnej bazy – ten ostatni również w wersji równoległej) i algorytm klasyfikacji nagrań archiwalnych. Spośród metod redukcji zniekształceń i zakłóceń zostały przedstawione algorytmy: identyfikacji i redukcji harmoniczných zakłóceń quasistacjonarných, redukcji zakłóceń związanych ze zmianami prędkości przesuwu nośnika, redukcji szumów oraz redukcji zakłóceń impulsowych. Zostały również

przedstawione dwa algorytmy poprawy jakości brzmienia: z syntezą harmonicznym i z przekształceniem nieliniowym.

Rozdział piąty zawiera analizę możliwości implementacji opracowanych algorytmów, założenia systemu programowo-sprzętowego do rekonstrukcji nagrań archiwalnych oraz przegląd dostępnych, możliwych do zastosowania w tym celu, systemów obliczeniowych. Zostały omówione platformy takie jak komputery PC, wielordzeniowy mikrokontroler Parallax Propeller, komputery jednopłytkowe: Raspberry Pi i Parallella oraz układy logiki programowalnej FPGA. Zaprezentowany został system zaprojektowany z użyciem układu FPGA oraz program do rekonstrukcji nagrań, implementujący algorytmy opisane w rozdziale czwartym, działający na komputerze PC.

Rozdział szósty jest podsumowaniem wyników rozprawy.

Wyniki badań przeprowadzonych w ramach rozprawy doktorskiej pokazały, że zastosowanie algorytmów inteligentnych oraz metod nierównomiernego próbkowania umożliwia przyspieszenie, usprawnienie, automatyzację i poprawę wyników procesu rekonstrukcji nagrań dźwiękowych, a co za tym idzie, potwierdzona została teza niniejszej rozprawy, że *możliwe jest opracowanie metod, wykorzystujących nierównomierne próbkowanie sygnałów i inteligentne algorytmy ich przetwarzania, które pozwolą na usprawnienie i poprawę wyników procesu rekonstrukcji archiwalnych nagrań dźwięku.*