

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Никорук Дмитро Олегович

УДК 319.216

**МЕТОД КОДУВАННЯ ГОЛОСОВИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАДАЧ
ЦИФРОВОЇ ТЕЛЕФОНІЇ**

172 – Телекомунікації та радіотехніка

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль – 2018

Роботу виконано на кафедрі Радіотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: кандидат технічних наук,
доцент кафедри радіотехнічних систем
Дедів Ірина Юріївна,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Рецензент: кандидат технічних наук,
доцент кафедри біотехнічних систем
Дозорський Василь Григорович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Захист відбудеться 27 грудня 2018 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №25 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9, ауд. 9-612.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Центральною проблемою будь-яких цифрових систем є їх швидкодія. Стосовно до цифрових систем передачі голосових сигналів це означає, що такий сигнал на виході цифрового каналу зв'язку не повинен запізнюватися більш ніж на кілька десятків мілісекунд, в порівнянні з альтернативним аналоговим каналом зв'язку.

Підвищення швидкодії досягається у випадку цифрової телефонії або удосконаленням апаратної частини прийому/передачі цифрових сигналів, або зменшенням обсягів даних, що передаються в мережі передачі. Другий спосіб є перспективним і передбачає застосування систем кодування голосових сигналів – вокодерів.

Однак, в різних точках вздовж маршруту передачі додаткові випадкові шуми спотворюють сигнал, так що сигнал на вході приймача відрізняється від переданого сигналу. Також в ході аналізу з'ясувалося, що важливим фактором у сучасних системах передачі інформації є підтримка протоколів передачі цифрових даних (факсимільний зв'язок, модемні протоколи).

Відповідно важливим є обґрунтування способу кодування голосових сигналів з метою збереження їх інформативності, зменшення обсягів переданих даних та підвищення захищеності передаваної інформації.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є розроблення методу кодування голосових сигналів для задач цифрової телефонії. Досягнення поставленої мети здійснюється вирішенням наступних основних завдань:

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- провести аналіз літературних джерел за тематикою досліджень;
- провести аналіз способів кодування голосових сигналів;
- провести аналіз принципів функціонування вокодерів та порівняння їх можливостей;
- розробити метод кодування голосових сигналів для задачі цифрової телефонії;
- запропонувати критерій оцінювання похибки відновлення голосового сигналу.

Об'єкт дослідження: процес кодування голосових сигналів.

Предмет дослідження: метод кодування голосових сигналів, що застосовуються на окремих етапах проектування вокодерів.

Наукова новизна одержаних результатів.

Обґрунтовано метод кодування голосових сигналів шляхом стиснення та розтягнення із використанням технічних можливостей фазових вокодерів.

Практичне значення одержаних результатів. Одержані результати можуть бути використані для розроблення структурних елементів вокодерів.

Публікації. За матеріалами кваліфікаційної роботи магістра опубліковано тези доповідей на VII міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» ТНТУ ім. І. Пулюя, 2018 рік.

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 143 сторінках, списку використаних джерел з 25 назв на 2 сторінках, додатків на 7 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 150 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів роботи на конференціях і семінарах.

У першому розділі «Задача кодування голосових сигналів» встановлено, що для людей, розділених значними відстанями, допоміжними технічними засобами зв'язку є телефон, радіотелефон (мобільний зв'язок). Останнім часом до них додалася IP-телефонія - зв'язок через канали передачі даних. З поступовим переходом телефонії на цифрову елементну базу можна сказати, що практично всі сучасні технічні засоби передачі голосу на відстані є цифровими.

Центральною проблемою будь-яких цифрових систем є їх швидкодія. Стосовно до цифрових систем передачі мови це означає, що голосний сигнал на виході цифрового каналу зв'язку не повинен запізнюватися більш ніж на кілька десятків мілісекунд, в порівнянні з альтернативним аналоговим каналом зв'язку. Звідси випливають високі вимоги до швидкодії аналого-цифрових перетворювачів і кодерів.

Результатом цих вимог є створення великої кількості різних дельта-модуляторів, що ефективно вирішують завдання квантування голосного сигналу. Більш глибоке врахування особливостей голосного сигналу вдається здійснити на етапі кодування голосного сигналу. Найпростіший кодер вирішує найпростішу задачу: замінює речові числа - значення відліків голосного сигналу - цілими числами. Однак при такому кодуванні не відбувається стиснення сигналу. Стиснення сигналу можна здійснити, якщо врахувати ті особливості мови і слуху, які до сих пір не враховувалися.

Розглянуто принципи функціонування вокодерів, як пристроїв синтезу голосу на основі довільного сигналу з багатим спектром. Вокодери можна розділити на два класи: голосоелементні і параметричні. За принципом визначення параметрів фільтрової функції голосу розрізняють смугові каналні, формантні, ортогональні, ліпредери (з лінійним передбаченням голосу) та гомоморфні вокодери. Вони відрізняються різними підходами до способів кодування голосових сигналів та технічною складністю реалізації алгоритмів кодування.

Відповідно важливим є обґрунтування способу кодування голосових сигналів з метою їх стиснення із збереженням інформативності.

У другому розділі «Типи та моделі функціонування вокодерів» проведено аналіз принципів роботи різних типів вокодерів та встановлено, що в своїй більшості в основі їх функціонування лежать методи оцінювання часових та

частотних параметрів голосових сигналів, зокрема форм обвідної голосових сигналів в часовій області, виділення амплітудних значень характерних точок голосових сигналів, частот розміщення формант в оцінках амплітудних спектрів, кодуванні цих параметрів та способах відновлення за цими параметрами голосових сигналів. При цьому, похибка відновлення коливається в значних межах, що є наслідком значної варіативності структури голосових сигналів.

Встановлено, що спрощеними алгоритмами кодування та вищою якістю відновлення голосових сигналів відрізняються фазові вокодері. При цьому необхідним є розроблення методу кодування головних сигналів при побудові фазових вокодерів.

У третьому розділі «Методи реалізації фазових вокодерів» розглянуто загальні особливості функціонування фазових вокодерів.

Запропоновано спосіб кодування мови, що забезпечує більш економне використання смуги частот і прийнятну якість мови. Крім того, даний спосіб дозволяє легко керувати стисненням і розтягненням часового масштабу. При цьому способі кодування мовний сигнал можна пропустити через гребінку з смугових фільтрів (аналіз сигналу), передати отримані сигнали через канал зв'язку, а на приймальному кінці знову підсумувати (синтез сигналу):

Таким чином, кожен сигнал можна представити як результат одночасної амплітудної і фазової модуляції несучого сигналу короткочасним амплітудним і фазовим спектрами. Передаються при цьому параметри оцінок вибіркового амплітудного спектра та оцінок похідних фазових спектрів.

У четвертому розділі «Оцінювання голосових сигналів для задачі побудови фазових вокодерів» проведено реєстрацію голосового сигналу та завантажено середовище Matlab.

Змодельовано процес пришвидшення та сповільнення голосового сигналу. Проведено аналіз можливостей перенесення амплітудних спектрів – ущільнення спектру. Помічено, що при пришвидшенні сигналу в два рази його спектр стиснувся практично в двічі, і почав займати вдвічі меншу смугу частот. При цьому частотний діапазон передачі сигналів зменшився.

Виконано ефект «гармонізації», при якому один і той же текст вимовляється одночасно двома різними по висоті голосами. В такий спосіб можна провести кодування голосового сигналу при перевірці прав доступу чи ідентифікації особи (наприклад в комп'ютерних мережах). Підробити такий сигнал практично неможливо, оскільки для цього потрібно мати окрім вихідного голосового сигналу ще і набір значень сповільнення та пришвидшення тону.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» розглянуто особливості роботи в середовищі MATLAB та моделювання сигналів засобами середовища MATLAB.

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 42147,2 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюється експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 від максимального числа 1, а рекомендації

по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто атестацію робочих місць за умовами праці при виготовленні приладу, основні заходи щодо запобіганню монотонності праці на виробництві, аналіз умов праці, забезпечення стійкості роботи об'єктів зв'язку, радіомовлення і телебачення до дії вражаючих факторів надзвичайних ситуацій, організація та проведення оповіщення робітників і службовців підприємства та населення з використанням систем автоматизованого і централізованого оповіщення цивільного захисту на об'єкті що проектується.

У восьмому розділі «Екологія» розглянуто питання актуальності охорони навколишнього середовища, забруднення довкілля, що виникають в результаті виготовлення цифрових трактів телефонних систем, заходи щодо зменшення забруднення довкілля.

ВИСНОВКИ

В роботі вирішено актуальну задачу розроблення методу кодування голосового сигналу для задачі цифрової телефонії. При цьому отримано наступні результати:

1. Центральною проблемою будь-яких цифрових систем є їх швидкодія. Стосовно до цифрових систем передачі мови це означає, що голосний сигнал на виході цифрового каналу зв'язку не повинен запізнюватися більш ніж на кілька десятків мілісекунд, в порівнянні з альтернативним аналоговим каналом зв'язку. Звідси випливають високі вимоги до швидкодії аналого-цифрових перетворювачів і кодерів.

2. Розглянуто принципи функціонування вокодерів, як пристроїв синтезу голосу на основі довільного сигналу з багатим спектром. Вокодери можна розділити на два класи: голосоелементні і параметричні. За принципом визначення параметрів фільтрової функції голосу розрізняють смугові канальні, формантні, ортогональні, ліпредери (з лінійним передбаченням голосу) та гомоморфні вокодери. Вони відрізняються різними підходами до способів кодування голосових сигналів та технічною складністю реалізації алгоритмів кодування.

3. Проведено аналіз принципів роботи різних типів вокодерів та встановлено, що в своїй більшості в основі їх функціонування лежать методи оцінювання часових та частотних параметрів голосових сигналів, зокрема форм обвідної голосових сигналів в часовій області, виділення амплітудних значень характерних точок голосових сигналів, частот розміщення формант в оцінках амплітудних спектрів, кодуванні цих параметрів та способах відновлення за цими параметрами голосових сигналів. При цьому, похибка відновлення коливається в значних межах, що є наслідком значної варіативності структури голосових сигналів.

4. Встановлено, що спрощеними алгоритмами кодування та вищою якістю відновлення голосових сигналів відрізняються фазові вокодери. При цьому необхідним є розроблення методу кодування голосових сигналів при побудові фазових вокодерів.

5. Запропоновано спосіб кодування мови, що забезпечує більш економне використання смуги частот і прийнятну якість мови. Крім того, даний спосіб дозволяє легко керувати стисненням і розтягненням часового масштабу. При цьому способі кодування мовний сигнал можна пропустити через гребінку з смугових фільтрів (аналіз сигналу), передати отримані сигнали через канал зв'язку, а на приймальному кінці знову підсумувати (синтез сигналу). Кожен сигнал представлено як результат одночасної амплітудної і фазової модуляції несучого сигналу короткочасним амплітудним і фазовим спектрами. Передаються при цьому параметри оцінок вибіркового амплітудного спектру та оцінок похідних фазових спектрів.

6. Проведено реєстрацію голосового сигналу та завантажено середовище Matlab.

7. Змодельовано процес пришвидшення та сповільнення голосового сигналу. Проведено аналіз можливостей перенесення амплітудних спектрів – ущільнення спектру. Помічено, що при пришвидшенні сигналу в два рази його спектр стиснувся практично в двічі, і почав займати вдвічі меншу смугу частот. При цьому частотний діапазон передачі сигналів зменшився.

8. Виконано ефект «гармонізації», при якому один і той же текст вимовляється одночасно двома різними по висоті голосами. В такий спосіб можна провести кодування голосового сигналу при перевірці прав доступу чи ідентифікації особи (наприклад в комп'ютерних мережах). Підробити такий сигнал практично неможливо, оскільки для цього потрібно мати окрім вихідного голосового сигналу ще і набір значень сповільнення та пришвидшення тону.

ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ

1. Никорук Д.О. Імітаційна модель голосових сигналів для тестування медичних діагностичних систем / О.І. Бабій, М.О. Висоцький, Д.О. Никорук, Л.Є. Дедів, // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 28-29 листопада 2018 року. – Т2.: ТНТУ, 2018. – С. 5.

АНОТАЦІЯ

Никорук Д.О. Метод кодування голосових сигналів для задач цифрової телефонії. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Кваліфікаційну роботу магістра присвячено аналізу методів кодування та особливостей функціонування голосових кодерів - вокодерів. Розглянуто переваги та недоліки відомих методів кодування і виділено переваги фазових вокодерів. Проведено оцінювання параметрів голосових сигналів, що використовуються при кодуванні їх в фазових вокодерах.

Ключові слова: голосовий сигнал, кодування, фазовий спектр, вокодер.

ANNOTATION

Nikoruk D.O. Voice coding method for digital telephony tasks. - The manuscript. Master's Qualifying Work, Ivan Puluj Ternopil National Technical University, Ternopil, 2018.

Qualification work is devoted to the analysis of coding methods and features of functioning of voice coders - vocoders. The advantages and disadvantages of known coding methods are considered and the advantages of phase vocoders are highlighted. The estimation of the parameters of the voice signals used in encoding them in phase-based vocoders is carried out.

Keywords: voice signal, coding, phase spectrum, vocoder.