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

Кілик Юрій Ігорович

УДК 621.396

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПРОХОДЖЕННЯ ТЕЛЕФОННИХ СИГНАЛІВ ПО ЦИФРОВИХ ТРАКТАХ

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: доктор технічних наук,
професор кафедри радіотехнічних систем
Юрченко Олег Миколайович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

Рецензент: кандидат технічних наук,
доцент кафедри біотехнічних систем
Дедів Леонід Євгенович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 20 лютого 2018 р. о $10^{.00}$ 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. Одна з головних проблем теорії та техніки телекомунікації – проблема високоефективної та надійної передачі і комутації аналогової інформації цифровими засобами зв'язку. Ця проблема породжує цілий комплекс актуальних задач, що потребують вирішення в кожному конкретному випадку. Так, вже на першому етапі – перетворення аналогових первинних сигналів у цифрову форму шляхом узяття імпульсних відліків і кодування, відбувається значне розширення смуги частот опрацьовуваних сигналів. У ряді випадків таке істотне розширення смуги сигналу вважається економічно невиправданим і невигідним і виникає необхідність додаткового цифрового опрацювання сигналу так, щоб смугу радикально звузити, зберігаючи незмінними (або без помітного погіршення) такі параметри, як природність, складова розбірливість (для мовних сигналів) та інші основні характеристики сигналів.

Головна мета надійного та ефективного кодування мови полягає в тому, щоб одночасно зменшити розмірність і знизити складність реалізації алгоритмів, а також зберегти початкову якість мовлення. Питання оцінки якості кодування голосу з використанням різних кодеків виник відразу ж з моменту їх появи. При цьому розмірність представлення даних і складність реалізації алгоритму кодування можуть бути безпосередньо розраховані, а вимірювання якості мови зазвичай виконується експертами.

Оскільки системи передачі мови швидко вдосконалюються, то зростає інтерес до пошуку об'єктивних заходів підвищення надійності передачі мовних сигналів шляхом оцінювання якості мови.

Завдання оцінки якості мовних повідомлень, переданих по каналах зв'язку, в даний час стала особливо актуальною. Для її вирішення використовуються різні методи, які найчастіше вимагають додаткових витрат. Ці завдання можна вирішити досить ефективно за допомогою систем автоматичного розпізнавання мовних повідомлень, переданих по каналах зв'язку, в тому числі і в умовах дії перешкод. При цьому досягнення прийнятної для користувача якості розпізнавання слів і стійкість алгоритмів до дії перешкод дозволить розширити сферу застосувань алгоритмів распознавання слів мови.

Високий ступінь автоматизації вимірювань і контролю якості передачі мови в мережах телефонного зв'язку необхідний на етапах проектування, виготовлення і технічної експлуатації апаратури зв'язку. Тому підвищення ефективності автоматичного контролю якості зв'язку є важливим і актуальним завданням.

Об'єкт досліджень - процеси передачі та обробки мовних сигналів в цифровий телефонії.

Предмет досліджень - методи і алгоритми завадостійкого розпізнавання слів мови в телекомунікаційних каналах.

Методи дослідження. В роботі використовується теорія розпізнавання образів, теорія автоматичного розпізнавання мови.

Метою роботи є розробка алгоритмів автоматичного контролю якості передачі телефонних сигналів по цифрових трактах на основі завадостійких алгоритмів розпізнавання мови в цифровій телефонії.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання дослідження:

- провести аналіз способів передачі телефонних сигналів по цифровим трактам з використанням вокодерів та зформувати вимоги до підвищення надійності;
- провести аналіз існуючих методів і алгоритмів вимірювання якості мови для систем телефонного зв'язку на основі розпізнавання слів мови;
- розробити методи розпізнавання слів мови, стійкі до спотворень мовного сигналу і дії перешкод, характерних для телефонних каналів зв'язку;
- розробити адаптивні алгоритми автоматичного розпізнавання мови, які враховують статистичні характеристики мовного сигналу і каналів зв'язку;
- розробити метод сегментації мови, який є стійким до дії перешкод, характерних для телефонних каналів зв'язку;
- обгрунтувати вибір типу та структури вокодера та кодеків для перетворення мовних сигналів. Виконати експериментальні дослідження розробленого методу розпізнавання мови.

Наукова новизна отриманих результатів.

- запропоновано застосовувати для передачі телефонних сигналів по цифровим трактам гібридні типи ліпредерів, які дозволяють забезпечувати добру якість передачі мовних сигналів при низькій швидкості. Запропоновано застосовувати гібридні кодеки G.728;
- отримав подальшого розвитку метод розпізнавання мови за формантними ознаками, що дозволяє підвищити стійкість алгоритмів до дії некорельованих перешкод за рахунок корекції формантних ознак в залежності від рівня білого шуму в каналі зв'язку, вибору правила прийняття рішень у вигляді логарифмічних і лінійних заходів.

Практичне значення отриманих результатів:

- алгоритми оцінювання якості мовних повідомлень в області цифрової телефонії можуть бути використані для розроблення автоматизованих систем контролю якості та надійності передачі телефонних сигналів по цифровим трактам.

Публікації. Викладені в роботі результати доповідалися і обговорювалися на міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій (Тернопіль 16-17 листопада 2017).

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 139 сторінках, списку використаних джерел з 34 назв на 4 сторінках, додатків на 1 сторінці. Загальний обсяг роботи становить 145 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 «Методи перетворення голосових сигналів. Моделі процесу голосотворення та каналів зв’язку» проаналізовано питання надійності проходження телефонних сигналів, які є мовними сигналами, по цифровим трактам.

Встановлено, що для передачі таких сигналів застосовуються пристрої - вокодери - пристрої синтезу мови на основі довільного сигналу з багатим спектром. Проаналізовано способи кодування голосових сигналів в вокодерах.

Проведено аналіз методів оцінювання якості мовних сигналів з метою забезпечення надійності передачі голосових сигналів по цифровим трактам.

Проведено огляд методів аналізу мовних сигналів та моделей голосотворення. Голосовий сиґнал трактується як кінцевий продукт формалізованих рухів дихальних і жувальних органів та відноситься до моторних видів поведінки, набутої індивідом в процесі навчання. Поширеним є підхід, в якому голосовий тракт розглядається як неоднорідна труба зі змінною в часі площею поперечного січеня, модель голосотворення, в якій голосове збудження синтезується на основі системи з динамічною частотно-імпульсною модуляцією, лінійна модель голосотворення. Перспективною є модель на основі лінійного передбачення, що може бути використана при побудові вокодерів.

Для оцінювання надійності передачі телефонних сигналів по цифровим трактам пропонується застосувати методи оцінювання якості прийнятих сигналів на основі методів розпізнавання сигналів.

До недоліків методів розпізнавання слід віднести те, що існуючі методи розпізнавання, в основному, не володіють достатньою стійкістю розпізнавання слів мови в умовах дії перешкод в телефонних каналах при використанні телефонних каналів з обмеженою смугою або мають недостатню якість розпізнавання слів мови.

У другому розділі «Алгоритми сегментації мовних сигналів в системах обробки» обгрунтовано алгоритми оцінювання часових меж слів мови на основі енергетичних характеристик. На основі лінійної моделі мовних сигналів отримані алгоритми складової сегментації, сегментації на вокалізовані і невокалізовані фрагменти мови, а також фонеми на основі методів нуль-перетинів і формантних ознак. Розглянуто різні шляхи вирішення сформульованої задачі сегментації мовних сигналів.

У третьому розділі «Методи автоматичного розпізнавання мови»: розроблено метод і алгоритми розпізнавання слів мови на основі оцінювання дисперсії результатів вибілення фільтрів АРЗС, що дозволяє підвищити стійкість алгоритму розпізнавання слів в умовах дії гаусового білого шуму і вузькосмугових перешкод за рахунок корекції коефіцієнтів АРЗС еталонів в залежності від рівня білого шуму в каналі зв'язку, а також за рахунок попереднього вибілення мовного сигналу для захисту від вузькосмугових перешкод;

Розроблено метод і алгоритми завадостійкого розпізнавання мови на основі знакових функцій від оцінок три-, чотиривимірних моментних функцій, що дозволяє підвищити стійкість алгоритму розпізнавання слів в умовах дії гаусового білого шуму;

Отримав подальший розвиток метод розпізнавання мови за формантними ознаками, що дозволяє підвищити стійкість алгоритмів до дії некорельованих перешкод за рахунок вибору методу оцінювання формантних ознак, вибору правила прийняття рішень і пошуку по номерам формант і блокам з одночасним прямим і реверсним (зворотним) зчитуванням даних від початку і кінця слова.

У четвертому розділі «Експериментальні дослідження алгоритмів розпізнавання мови в телефонних каналах зв'язку» проаналізовано типи вокодерів, зокрема на основі лінійного передбачення – ліпредери.

Запропоновано застосовувати для передачі телефонних сигналів по цифровим трактам гібридні типи ліпредерів, які дозволяють забезпечувати добру якість передачі мовних сигналів при низькій швидкості.

Пропонується в запропонованих вокодерах застосовувати гібридні кодеки G.728.

Для оцінювання якості мовних сигналів пропонується використати формантні методи оцінювання. Встановлено, що кожен з отриманих формантних методів може бути використаний для розпізнавання мови в каналах зв'язку. За знайденим принцип роботи даного продукту виконано порівняння алгоритмів розпізнавання слів мови при врахуванні сукупності показників якості розпізнавання: стійкості та ймовірності правильного розпізнавання. Експериментально показано, що найкращу якість голосового розпізнавання в телефонних каналах серед формантних алгоритмів для різних вихідних правил, і методів оцінювання формантних частот, отриманих різними методами буде в разі оцінювання формант за авторегресійним спектром при використанні для прийняття рішень логарифмічних і лінійних заходів.

У п’ятому розділі «Спеціальна частина» описано метрологічне забезпечення наукових досліджень та проведено обґрунтування вибору пакету Matlab як програмного забезпечення для розв’язання наукової задачі.

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 38102,6 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюються 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 питання основних вимог до побудови і функціонування системи управління охороною праці, встановлення зв’язку нещасного випадку з виробництвом, класи виробничих та складських приміщень по вибуховій та пожежній небезпеці. Встановлено порядок дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

У восьмому розділі «Екологія» розглянуто питання актуальності охорони навколишнього середовища, електромагнітного забруднення довкілля, його вплив на людину, захист від впливу електромагнітних полів.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи магістра розв’язано актуальну наукову задачу, яка полягає в розробленні методу підвищення надійності проходження телефонних сигналів по цифрових трактах. . При цьому отримано такі результати:

1. Проаналізовано питання надійності проходження телефонних сигналів, які є мовними сигналами, по цифровим трактам. Встановлено, що для передачі таких сигналів застосовуються пристрої - вокодери - пристрої синтезу мови на основі довільного сигналу з багатим спектром. Проаналізовано способи кодування голосових сигналів в вокодерах.

2. Проведено аналіз методів оцінювання якості мовних сигналів з метою забезпечення надійності передачі голосових сигналів по цифровим трактам. Для оцінювання надійності передачі телефонних сигналів по цифровим трактам пропонується застосувати методи оцінювання якості прийнятих сигналів на основі методів розпізнавання сигналів.

3. Обгрунтовано алгоритми оцінювання часових меж слів мови на основі енергетичних характеристик. На основі лінійної моделі мовних сигналів отримані алгоритми складової сегментації, сегментації на вокалізовані і невокалізовані фрагменти мови, а також фонеми на основі методів нуль-перетинів і формантних ознак.

4. Отримав подальший розвиток метод розпізнавання мови за формантними ознаками, що дозволяє підвищити стійкість алгоритмів до дії некорельованих перешкод за рахунок вибору методу оцінювання формантних ознак, вибору правила прийняття рішень і пошуку по номерам формант і блокам з одночасним прямим і реверсним (зворотним) зчитуванням даних від початку і кінця слова;

5. Проаналізовано типи вокодерів, зокрема на основі лінійного передбачення – ліпредери. Запропоновано застосовувати для передачі телефонних сигналів по цифровим трактам гібридні типи ліпредерів, які дозволяють забезпечувати добру якість передачі мовних сигналів при низькій швидкості. Пропонується в запропонованих вокодерах застосовувати гібридні кодеки G.728.

6. Для оцінювання якості мовних сигналів пропонується використати формантні методи оцінювання. Встановлено, що кожен з отриманих формантних методів може бути використаний для розпізнавання мови в каналах зв'язку. За знайденим принцип роботи даного продукту виконано порівняння алгоритмів розпізнавання слів мови при врахуванні сукупності показників якості розпізнавання: стійкості та ймовірності правильного розпізнавання. Експериментально показано, що найкращу якість голосового розпізнавання в телефонних каналах серед формантних алгоритмів для різних вихідних правил, і методів оцінювання формантних частот, отриманих різними методами буде в разі оцінювання формант за авторегресійним спектром при використанні для прийняття рішень логарифмічних і лінійних заходів.

ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ

1. Кілик Ю.І. Метод підвищення надійності проходження телефонних сигналів по цифрових трактах / Ю.І. Кілик // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 16-17 листопада 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — Том 2. — С. 49.

АНОТАЦІЯ

Кілик Ю.І. Метод підвищення надійності проходження телефонних сигналів по цифрових трактах. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Роботу присвячено обгрунтуванню методу підвищення надійності проходження телефонних сигналів по цифрових трактах. Проаналізовано типи вокодерів, зокрема на основі лінійного передбачення – ліпредери. Запропоновано застосовувати для передачі телефонних сигналів по цифровим трактам гібридні типи ліпредерів, які дозволяють забезпечувати добру якість передачі мовних сигналів при низькій швидкості. Запропоновано застосовувати гібридні кодеки G.728. Для оцінювання якості мовних сигналів пропонується використати формантні методи оцінювання.

Ключові слова: надійність, вокодер, ліпредер, формантний аналіз, якість мовних сигналів.

ABSTRACT

Kilyk Yu.I. A method of increasing the reliability of telephone signals through digital channels. - Manuscript. Master's qualifying work, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2018.

The work is devoted to the grounding of the method of increasing the reliability of telephone signals through digital channels. The types of vocoders are analyzed, in particular on the basis of linear prediction - leprederes. It is proposed to use hybrid types of leprederes to transmit telephone signals on digital tracts, which allow for the good quality of speech signals transmission at low speed. It is proposed to use the G.728 hybrid codecs. To assess the quality of speech signals, it is suggested to use formant methods of evaluation.

Key words: reliability, vocoder, lepreder, formant analysis, quality of speech signals.