

ТУСУР

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

ОКПО 02069326, ОГРН 1027000867068,
ИНН 7021000043, КПП 701701001

пр. Ленина, 40, г. Томск, 634050

тел: (382 2) 510-530
факс: (382 2) 513-262, 526-365
e-mail: office@tusur.ru
https:// www.tusur.ru

УТВЕРЖДАЮ

Ректор



ФГБОУ ВО «Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники»

д.т.н. доцент,

Рулевский В.М.

«08» 11 2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» на диссертацию Н.Е. Холкиной по теме «Алгоритмы обработки речевых сигналов телекоммуникационных систем в условиях помех», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Актуальность темы диссертации. Обмен информацией является важным средством обеспечения оперативного управления сложными объектами и обеспечивает их надежное функционирование, что предъявляет повышенные требования к достоверности передачи информации и к характеристикам эффективности телекоммуникационных систем. Работа Холкиной Н.Е. посвящена исследованию, обработке и методам моделирования акустических сигналов в оперативно-командных телекоммуникационных системах обмена информацией и аудиообмена. Необходимость исследования и решения ряда проблем технологической связи обусловлена явлениями эха и реверберации, а также шумами и помехами природного и техногенного происхождения.

Вышеуказанное обосновывает актуальность проведенных исследований, разработки новых алгоритмов обработки информации, новых алгоритмов подавления экосигналов и сосредоточенных акустических помех в системах телекоммуникаций, обеспечивающих повышение качества передачи речевой информации.

Научная новизна проведенных исследований и полученных результатов.

Новизна научных результатов, полученных Холкиной Н.Е., состоит в следующем:

1. Разработана методика оценивания слоговой разборчивости в системах телекоммуникаций, отличающаяся применением сеточной функции, обеспечивающая практическое оценивание слоговой разборчивости по отношению сигнал/помеха.

2. Разработана модель гистограммной оценки плотности вероятностей, отличающаяся аппроксимацией речевых сигналов по системе экспоненциальных функций и аппроксимацией акустических шумов по системе гауссовых функций, позволяющая получить погрешность оценивания не более 5%.

3. Разработан алгоритм формирования сигнала управления автоматическим выключением пораженных сосредоточенными помехами каналов, отличающийся применением адаптивной пороговой обработки, что позволяет получить отношение сигнал/помеха более 20 дБ и обеспечить слоговую разборчивость более 93%.

4. Разработан алгоритм подавления эхосигналов и сосредоточенных акустических помех, позволяющий подавить аддитивные и сосредоточенные акустические помехи на 30 дБ для обеспечения помехоустойчивости телекоммуникационных систем.

Практическая значимость полученных результатов.

Практическая значимость результатов работы заключается в создании новых алгоритмов подавления аддитивных и сосредоточенных акустических помех, составивших основу комплекса программ по исследованию параметров и спектральных характеристик акустических сигналов, а также оценки эффективности предложенных алгоритмов.

Применение разработанных алгоритмов позволяет повысить эффективность и помехоустойчивость информационных коммуникаций в объектовых телекоммуникационных системах за счет комплексного решения следующих задач: подавления сосредоточенных помех, компенсации эффекта эха и подавления аддитивных помех, а также достижения плановых показателей слоговой разборчивости речи не менее 93%.

Структура и содержание работы. Диссертационная состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 127 наименований и приложений. Работа включает 157 страниц машинописного текста, содержит 48 рисунков и 9 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, определены ее научная новизна и практическая значимость, представлены положения, выносимые на защиту, приведены сведения об апробации работы и публикациях.

В первой главе рассмотрено современное состояние вопроса исследования акустических сигналов в системах связи, функционирующих в помеховой обстановке. Рассмотрено формирование акустической обратной связи в телекоммуникационных системах с распределенным запаздыванием, представлены параметры акустических сигналов, а также вопросы анализа случайных информационных сигналов.

Приведены общие характеристики сигналов информационно-коммуникационных систем. Показано, что основные проблемы обработки сигналов информационно-коммуникационных систем связи заключаются в задачах выделения информационных сигналов из разного рода шумов, помех и эха, в обеспечении устойчивости систем с акустической обратной связью и создании адекватных моделей каналов распространения.

Во второй главе проведены исследования восприятия составляющих формант речевых сигналов для каждой из частотных полос, с учетом ранее заданных

среднегеометрических частот. Анализ параметров разборчивости формант подтверждает существенную взаимосвязь слоговой разборчивости и отношения сигнал/шум. Выполнена аппроксимация плотности вероятностей сигналов и помех на основе обобщенных многочленов по системам базисных функциональных зависимостей.

Результаты исследований говорят о том, что для слоговой разборчивости не менее 93% требуется минимально возможное значение ОСШ более 20 дБ.

В третьей главе исследованы характеристики акустических речевых сигналов. Приведены распределения плотностей вероятностей речевых сигналов и помеховых составляющих, а также методы моментов и подстановки при анализе данных.

Разработан алгоритм формирования гистограмм распределений на фиксированном временном промежутке. Решение задач аппроксимации обеспечивается путем вычисления коэффициентов полинома.

Исследования гистограмм для оценки функций распределения акустических шумовых помех продемонстрировали, что применение полинома 3-го порядка по системе гауссовых функций позволяет достигнуть погрешности аппроксимации ниже 5%.

Разработанный алгоритм вычисления функции спектральной плотности реализации акустических сигналов на конечных интервалах был использован для спектрального анализа речевых сигналов, акустических шумов и помех. Установлено, что для повышения отношения сигнал/шум на выходе устройства системы связи возможно применение подхода линейной фильтрации сигналов.

В четвертой главе исследуются и разрабатываются алгоритмы повышения помехозащищенности аудиообмена в телекоммуникационных системах.

Для упрощения алгоритма нахождения долговременных параметров эхосигналов в разработанном алгоритме адаптивной компенсации применяется метод корреляционно-экстремального оценивания. Данный подход обеспечивает уменьшение числа отводов фильтра и повышение скорости его настройки.

Представлена структурная схема абонентского устройства обмена информацией с компенсационным каналом эха и ряд алгоритмов для реализации устройства. Использована многоканальная гребенка фильтров с адаптивным управлением в канале передачи речи.

Проведенные исследования позволили разработать алгоритмы и реализующее их программное обеспечение, которые обеспечивают подавление помеховых составляющих сигналов на 3÷15 дБ больше по отношению к существующим системам и аналогичным алгоритмам, формируя результирующее отношение сигнал/помеха на уровне более 20 дБ, что обеспечивает необходимую для полного восприятия речевой информации слоговую разборчивость.

Заключение содержит список основных результатов диссертационной работы.

Степень обоснованности и достоверности положений, выводов и заключений, содержащихся в диссертации.

Достоверность и обоснованность положений, выносимы на защиту автором диссертационной работы, подтверждается корректным использованием следующих методов и теорий:

- применение методов параметрической оптимизации, локальной аппроксимации и интерполяции;

- применение методов теории вероятностей, математической статистики, цифровой обработки сигналов, спектрального анализа.

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением имитационного моделирования и подтверждается их согласованностью с экспериментальными данными, полученными при проектировании телекоммуникационных систем аудиообмена, функционирующих в условиях помех, апробацией результатов исследования на шести научных конференциях.

По теме диссертации опубликовано 20 работ, в том числе 3 статьи в ведущих рецензируемых изданиях из перечня ВАК, 2 статьи проиндексированы в наукометрической базе SCOPUS, 8 статей в центральных изданиях, получено одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Результаты работы используются в:

1. Программное обеспечение оперативно-командных телекоммуникационных систем громкоговорящей связи, трансляции и оповещения в ходе выполнения ОКР «Модернизация комплекса оперативно-командной громкоговорящей и телефонной связи «КТС-01ЦС»», выполняемой АО «Муромский радиозавод».

2. Учебном процессе в Муромском институте (филиале) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» при подготовке бакалавров и магистров по направлению 09.03.01, 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника». Применение результатов исследований в учебном процессе и в производстве подтверждено актами внедрения.

Замечания по диссертации и автореферату:

1. Первое и четвертое положения, выносимые на защиту не конкретны, т.к. не содержат численных показателей эффективности применяемых методов и алгоритмов.

2. В работе нет достаточного описания условий проводимого эксперимента. Исходя из этого непонятно, насколько он воспроизводим.

3. Слабо отражено сравнение разработанного алгоритма с аналогами, в том числе зарубежными. Раздел 1.6, в котором приводится анализ существующих систем и решений громкоговорящей связи занимает менее 2 страниц. В списке литературы преимущественно упомянуты отечественные работы.

4. Недочеты оформления рисунков, например в автореферате: рисунок 1 – не пояснены буквенные обозначения переменных, рисунок 7 – что такое К, рисунок 11 – условия получения этих графиков.

Заключение

Содержание работы соответствует паспорту специальности ВАК 2.2.15 в части пунктов:

2. Исследование процессов генерации, представления, передачи, хранения и отображения аналоговой, цифровой, видео-, аудио- и мультимедиа информации; 6 разработка рекомендаций по совершенствованию и созданию новых соответствующих алгоритмов и процедур.

8. Исследование и разработка новых сигналов, модемов, кодеков, мультиплексоров и селекторов, обеспечивающих высокую надежность обмена информацией в условиях воздействия внешних и внутренних помех.

14. Разработка методов исследования, моделирования и проектирования сетей, систем и устройств телекоммуникаций.

Диссертационная работа «Алгоритмы обработки речевых сигналов телекоммуникационных систем в условиях помех» соответствует требованиям ВАК, предъявленным к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор Холкина Наталья Евгеньевна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Заключение по диссертационной работе одобрено на научно-техническом семинаре №2 кафедры телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР) 02 ноября 2022 г.

Заведующий кафедрой
телекоммуникаций и основ
радиотехники (ТОР) к.т.н., доцент,
директор регионального центра
компетенций НТИ по направлению
"Технологии беспроводной связи и
Интернета вещей" (ЦКБСИВ)

Рогожников Евгений Васильевич



Доцент кафедры телекоммуникаций
и основ радиотехники (ТОР) к.т.н.

Покаместов Дмитрий Алексеевич



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)» (ФГБОУ ВО)

Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40

Телефон: (3822) 51-05-30

Факс: (3822) 51-32-62

E-mail: office@tusur.ru