

На правах рукописи



Волченков Владимир Андреевич

**СПОСОБЫ И АЛГОРИТМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПАУЗ
НА ОСНОВЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ОБРАБОТКИ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ**

Специальность:

05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Рязань 2020

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» на кафедре «Телекоммуникации и основы радиотехники».

Научный руководитель:

Витязев Владимир Викторович,
доктор технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы РФ,
заведующий кафедрой телекоммуникаций
и основ радиотехники ФГБОУ ВО «Рязанский
государственный радиотехнический
университет им. В.Ф. Уткина»

Официальные оппоненты:

Приоров Андрей Леонидович,
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Ярославский государственный
университет им. П.Г. Демидова»

Давыдовкин Вячеслав Михайлович,
доктор технических наук,
ООО предприятие «КОНТАКТ-1»

Ведущая организация:

**ФГБОУ ВО "Национальный
исследовательский университет "МЭИ"**

Защита состоится «22» декабря 2020 г. в 12:00 на заседании диссертационного совета Д 212.211.04 в ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина» по адресу 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина» и на сайте www.rsreu.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук, доцент

Г.В. Овечкин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Радиомониторинг используют на протяжении многих лет, решая задачи обнаружения, выделения и распознавания источников радиоизлучения неизвестных объектов. Решение поставленной задачи, как правило, требует накопления больших потоков данных, в частности речевых сигналов от контролируемых источников излучения.

Поскольку реальный речевой сигнал разделяют на участки активной речи и паузы достаточно большой длительности, целесообразно с целью существенного уменьшения объема памяти обнаруживать момент начала и окончания пауз и вести запись только участков активной речи. Аналогичные проблемы возникают в системах радиосвязи. Быстрое и точное определение пауз речевого сигнала в имеющемся в распоряжении частотном диапазоне для передачи данных позволяет эффективнее использовать каналный ресурс в условиях роста числа применяемых в повседневной жизни устройств, обладающих возможностью беспроводной передачи данных.

Длительность пауз колеблется в широких пределах и может достигать до 3 с и более, имеет случайный характер. Но все же вероятность появления пауз длительностью свыше 2 с мала. Как правило, паузы разделяют на короткие (примерно до 40 мс) между элементами речи (например, на смычных звуках) и более длинные, обусловленные ритмической структурой речи и ее смысловым содержанием. Общая статистика для пауз показывает, что наибольшая плотность вероятности распределения пауз по длительности оказывается в интервале 5...50 мс и вне этого интервала быстро убывает.

Реализация существующих алгоритмов обнаружения пауз базируется на предположении, что речь является нестационарным сигналом, форма ее спектра обычно изменяется через короткие отрезки времени — 20-30 мс. Также считают, что фоновый шум обычно стационарен на более длинном отрезке времени, немного изменяясь со временем, а уровень речевого сигнала обычно выше уровня фонового шума. Речь делят на отрезки длительностью 16-32 мс и анализируют уровень энергии сигнала на каждом интервале, а также количество переходов сигнала через ноль. Существующие на сегодняшний день способы определения активности речи позволяют выявить паузы, длительность которых обычно превышает 20 мс (чаще длительность более 40 мс). Однако во время разговора в нашей речи часто встречаются паузы меньшей длительности, а также длинные паузы, которые могут приходиться на конец одного интервала сравнения и на начало другого.

Таким образом, одной из актуальных проблем радиомониторинга и детектирования активности речи остается повышение вероятности правильного обнаружения относительно коротких пауз длительностью менее 40 мс, что позволит повысить вероятность правильного детектирования пауз и таким образом увеличить эффективность использования канального ресурса.

Степень разработанности темы. Вопросами исследования свойств речевого сигнала, а также свойств отношения сигнал-шум в полосовом ограничителе, взятых за основу разработанных далее способов и алгоритмов, занимались Шелухин О.И., Сапожков М.А., Ковалгин Ю.А., Плотников В.Н., Лукьянцев Н.Ф., Михайлов В.Г., Златоустова Л.В., Вахитов Ш.Я., Фадеев А.А., Щевьев Ю.П., Суханов В.А., Жигулевцев Ю.Н., Белов С.П., Белов А.С., Жиликов Е.Г., Прохоренко Е.И., Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т. и др., а также В.Б. Давенпорт младший, Рабинер Л.Р., Шафер Р.В., Гоулд Б., Беллами Дж., Ефрем Й., Мал Д., ДеДжеко П., Гарднер В., Ли С., Сонг Дж., Ким Н.С., Сунг В., Капп О., Кондоз А.М. и др.

В известных работах рассмотрены характеристики речевого сигнала, а также алгоритмы и методы обнаружения участков активности речи и пауз. В качестве моделей речевых сигналов анализировались записи различных дикторов. При этом сигнал подвергался воздействию транспортного шума с различным отношением сигнал-шум. Предложенные алгоритмы выделения участков активности речевого сигнала на фоне помех показали свою эффективность в соответствующих условиях. Однако в известных работах рассмотрены, в основном, алгоритмы и методы, делающие упор на обнаружение именно активной речи, не учитывающие в достаточной мере достоверность обнаружения пауз.

Цель работы. Целью данного исследования является повышение вероятности правильного обнаружения и выделения пауз на основе сегментации с применением вспомогательных сигналов.

Достижение поставленной цели включает решение следующих задач:

- Анализ существующих методов и средств детектирования активности речи.
- Разработка способа обнаружения пауз в речи, основанного на применении специального вспомогательного сигнала.
- Разработка способа обнаружения пауз в речи, основанного на применении двух специальных вспомогательных сигналов.

- Модификация разработанного способа обнаружения пауз в речи для увеличения его эффективности при заданном критерии обнаружения.
- Сравнение эффективности предлагаемого способа с существующими методами обнаружения пауз.

Методы проведения исследований. В ходе проведения работы использовались методы компьютерного моделирования, математической статистики, матричного исчисления, вычислительной математики и другие методы, позволяющие подготовить результаты проведенных экспериментов для их более полного описания и сравнения с теоретически полученными зависимостями. При моделировании и разработке программ использовались следующие программные продукты: MATLAB 7.9, Simulink.

Научная новизна диссертационной работы в целом заключается в разработке новых способов и алгоритмов обнаружения и выделения участков активности речевых сигналов, в которых паузы обнаруживают в речевом сигнале не путем определения отношения его мощности на активном участке к мощности сигнала в паузах (шума), а по уровню амплитуды нового измерительного сигнала стабильной частоты.

Практическая значимость результатов диссертационной работы состоит в создании эффективного программно-алгоритмического обеспечения, направленного на решение задачи выделения участков активности речевых сигналов. Разработанный способ позволяет проводить сегментацию речи на звуки и паузы, а также обнаруживать паузы с длительностью от 10 мс и тем самым эффективнее использовать каналный ресурс и память данных.

Результаты внедрения. Результаты диссертационной работы внедрены в ряд НИР и ОКР в АО «Концерн «Автоматика», в госбюджетную НИР РГРТУ № 12-12Г, в учебный процесс по циклу дисциплин, связанных с цифровыми технологиями обработки сигналов, а также в дистанционный учебный курс «Цифровые цепи и сигналы».

Основные положения, выносимые на защиту

1. Способ обнаружения пауз в речевом сигнале, основанный на применении специального вспомогательного сигнала, позволяет увеличить вероятность правильного обнаружения пауз до 98 %.
2. Способ обнаружения пауз в речевом сигнале, основанный на применении двух вспомогательных сигналов, уменьшает ошибку определения пауз на 1,3 процентного пункта (п.п.) и ошибку определения пауз на 3,5 п.п. по сравнению со спосо-

бом, основанным на применении одного специального вспомогательного сигнала.

3. Модификация разработанного способа обнаружения пауз в речевом сигнале, основанного на применении двух вспомогательных сигналов, позволяет увеличить его эффективность при заданном критерии обнаружения (повышении вероятности правильного детектирования речи при незначительном увеличении ошибки обнаружения пауз).

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на следующих конференциях:

- 16-й Международной научно-технической конференции «Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах телекоммуникаций», Рязань, 2010 г.
- 13-й, 14-й и 16-й Международных научно-технических конференциях «Цифровая обработка сигналов и ее применение DSPA», Москва, 2011, 2012, 2014 гг.
- 7-й, 8-й и 9-й Международных молодежных научно-технических конференциях «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций «РТ», Севастополь, 2011-2013 гг.
- 9-й Международной научно-технической конференции «Перспективные технологии в средствах передачи информации», Владимир, 2011 г.
- 10-й Международной научно-технической конференции «Физика и технические приложения волновых процессов», Самара, 2011 г.
- Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения (INTERMATIC)», Москва, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 гг.
- 19-й Всероссийской межвузовской научно-технической конференции студентов и аспирантов «Микроэлектроника и информатика – 2012», Москва, 2012 г.
- 4-й международной научно-практической конференции «Европейская наука и технологии», Германия, Мюнхен, 2013 г.
- Международной IEEE-сибирской конференции по управлению и связи (SIBCON–2015), Омск, 2015 г.
- 5-й Международной Средиземноморской конференции «Встраиваемые вычислительные системы» (Mediterranean Conference on Embedded Computing – MECO), Бар, Черногория, 2016 г.

- 6-й Всероссийской конференции «Радиоэлектронные средства получения, обработки и визуализации информации», Москва, Россия, 2016 г.
- 13-й Международной молодежной научно-технической конференции «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций «РТ», Севастополь, 2017 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 26 работ: 1 патент на изобретение, 3 статьи в научно-технических журналах рекомендованных ВАК, 1 статья в научно-техническом сборнике МЕСО Proceedings по итогам международной конференции, публикуемом в IEEE Xplore и входящем в базы Scopus и Web Of Science, 2 статьи в межвузовских сборниках научных трудов и 19 тезисов докладов на конференциях.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 78 наименований и 2-х приложений. Диссертация содержит 140 страниц, в том числе 122 страницы основного текста, 32 таблицы и 67 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, определены цели и задачи исследования, а также представлены научная новизна, практическая значимость и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе описаны существующие на данный момент методы разделения речевого сигнала на участки активной речи и паузы.

Приводится описание используемой обычно методики разделения речевого сигнала на участки активной речи и паузы. Рассматривается распределение длительностей активных участков речевых сигналов. Приводятся графики плотности вероятности распределения выбросов речевого сигнала по длительности их непрерывного существования и таблица вероятности превышения выбросов определенной длительности. Делается вывод, что вероятность существования уровней, являющихся близкими к квазимаксимальному $N_{\text{кв.мах}}$, при $\tau > 20\text{--}50$ мс достаточно мала. Длительности $\tau \leq 10$ мс являются более вероятными. Поэтому общее время существования квазимаксимальных уровней, а также близких к ним в основном складывается из кратковременных промежутков; длительные выбросы обычно маловероятны. После этого приводится информация о распределении длительностей пауз.

Затем приводится подробный анализ работы существующих методов детектирования активности речи. Кратко излагается основной принцип работы детектора речевой активности в кодере речи, и описываются основные преимущества использования детекторов актив-

ности речи в системах передачи речи. Подробно описываются алгоритмы работы стандартизированных детекторов активности речи, а также приводится анализ производительности данных алгоритмов при воздействии на речевой сигнал транспортного шума с различным уровнем отношения сигнал-шум. Делается вывод, что ни один метод не демонстрирует высокой достоверности и точности обнаружения активной речи и речевых пауз одновременно. Таким образом, встает проблема разделения речевого сигнала на интервалы активной речи и речевых пауз с высокой степенью достоверности и наименьшими потерями.

Во второй главе предлагаются разработанные способы обнаружения пауз.

Разработанные способы обнаружения пауз в речи базируются на применении в обработке сигнала идеального амплитудного ограничителя (ИАО) и используют следующие его свойства:

1. Для ИАО характерно приблизительно линейное изменение отношения сигнал-шум на выходе в зависимости от изменения отношения сигнал-шум на входе; показано, что при идеальном ограничении отношение сигнал-шум на выходе ограничителя отличается от аналогичного отношения на его входе в $(0,7854 \div 2)$ раза.

2. Другим свойством ИАО является то, что суммарная мощность сигнала и шума на выходе идеального ограничителя остается всегда постоянной, несмотря на изменения отношения сигнал-шум на входе.

Указанное свойство может быть выражено как

$$\sigma^2 + U_{30}^2 = C^2 = \text{const}, \quad (1)$$

где σ^2 – мощность сигнала шума на выходе ИАО, U_{30}^2 – мощность звукового сигнала на выходе ИАО.

3. Как следует из (1), при увеличении амплитуды звука речевого сигнала U_{30} второй сигнал, обозначенный σ , будет уменьшаться. Происходит подавление слабого сигнала сильным в ИАО при прохождении через него двух сигналов.

Если будет присутствовать еще и вспомогательный детерминированный сигнал $\varphi_i(t)$ с амплитудой $U_{\text{вс}}(t)$ и мощностью $U_{\text{вс}}^2(t)$ таковой, что

$$U_{\text{вс}}^2(t) \gg \sigma^2, \quad (2)$$

то в паузах, когда звуковой сигнал равен нулю, и есть только фоновый шум $n(t)$ мощностью σ^2 , с выхода ИАО можно выделить вспомогательный сигнал $\varphi_i(t)$.

Во время действия звукового сигнала, так как

$$U_{30}^2(t) \gg U_{вс}^2(t), \quad (3)$$

с выхода ИАО можно будет выделить звуковой сигнал $s_{30}(t)$.

Таким образом, сигнал с выхода ИАО будет состоять из суммы сигналов звука, имеющих мощность $U_{30}^2(t)$, и вспомогательных сигналов, имеющих мощность $U_{вс}^2(t)$, причем суммарная мощность указанных сигналов равна постоянной величине:

$$U_{30}^2(t) + U_{вс}^2(t) = C^2. \quad (4)$$

Выбирая $C = 1$, получаем ортонормированную систему

$$U_{30}^2(t) + U_{вс}^2(t) = 1, \quad (5)$$

в которой неизвестным является длительность сигналов, которую нужно определить.

В начале главы приводится информация о способе обнаружения пауз в речи, основанном на использовании вспомогательного сигнала (рисунок 1).

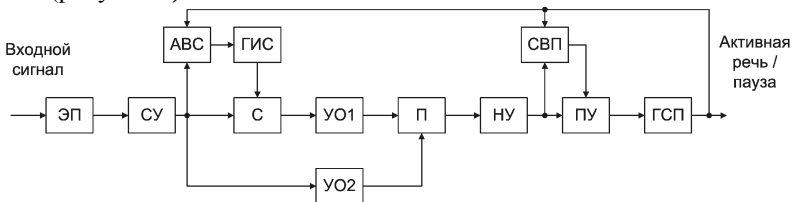


Рисунок 1 – Способ обнаружения пауз в речи, основанный на использовании вспомогательного сигнала

В состав устройства входят: электроакустический преобразователь (ЭП), селективный усилитель (СУ), анализатор входного сигнала (АВС), генератор измерительного сигнала (ГИС), сумматоры (С), амплитудные усилители-ограничители (УО) 1 и 2, перемножитель (П), накопитель-усреднитель (НУ), схема вычисления порога (СВП), пороговое устройство (ПУ) и генератор сигнала паузы (ГСП).

Речевой сигнал с выхода электроакустического преобразователя усиливается селективным усилителем и подается на анализатор входного сигнала и вход сумматора. На второй вход сумматора подается сигнал с выхода генератора измерительного сигнала. Значение необходимой мощности измерительного сигнала вычисляется в анализаторе входного сигнала путем анализа первых 100 мс, так как на этом интервале речь обычно отсутствует, и пересчитывается заново при принятии системой решений о наличии паузы в течение 500 мс подряд. Суммарный сигнал с выхода сумматора поступает на вход усилителя-ограничителя 1, где происходит усиление сигнала, а затем ограничение

по амплитуде. Аналогичная операция проводится над сигналом, поступающим с выхода селективного усилителя на вход усилителя-ограничителя 2. Сигнал с выхода усилителя-ограничителя 1 подается на первый вход перемножителя. На второй вход перемножителя подается сигнал с выхода усилителя-ограничителя 2. Сигнал с выхода перемножителя поступает на вход накопителя-усреднителя, где происходит выделение сигнала, по амплитуде которого принимают решение о наличии периода активного речевого сигнала или паузы в пороговом устройстве. Значение порога вычисляется в схеме вычисления порога путем анализа интервала длительностью 50 мс после изменения мощности вспомогательного сигнала. Сигнал с выхода порогового устройства поступает на вход генератора сигнала паузы, который при наличии паузы генерирует сигнал паузы длительностью 10 мс.

На рисунке 2 приведены осциллограммы сигналов с выходов некоторых блоков предлагаемого способа в случае присутствия активной речи (а) и паузы (б).

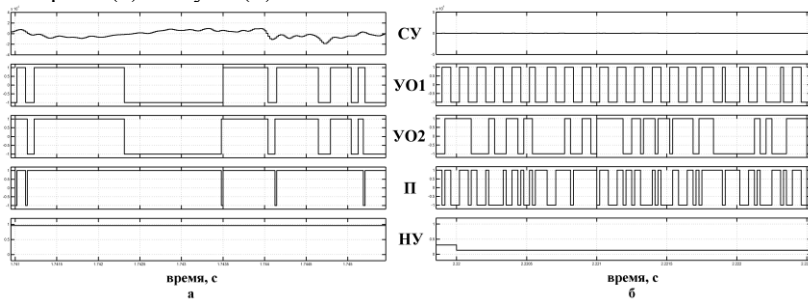


Рисунок 2 – Осциллограмма работы предлагаемого способа в случае присутствия активной речи (а) и паузы (б)

Приводится информация о способе обнаружения пауз в речи, основанном на использовании двух вспомогательных сигналов (рисунок 3).

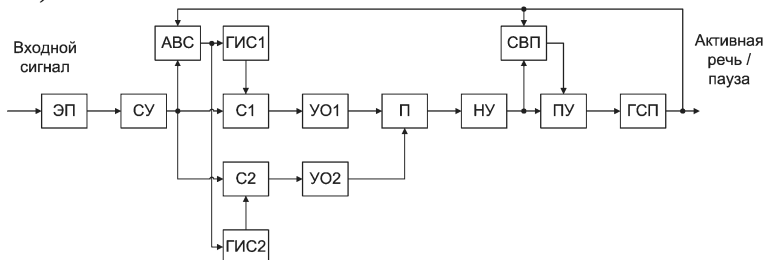


Рисунок 3 – Способ обнаружения пауз в речи, основанный на использовании двух вспомогательных сигналов

В состав устройства входят: электроакустический преобразователь (ЭП), селективный усилитель (СУ), анализатор входного сигнала (АВС), генераторы измерительного сигнала (ГИС) 1 и 2, сумматоры (С) 1 и 2, амплитудные усилители-ограничители (УО) 1 и 2, перемножитель (П), накопитель-усреднитель (НУ), схема вычисления порога (СВП), пороговое устройство (ПУ) и генератор сигнала паузы (ГСП).

Принцип работы данного способа схож с первым способом с учетом того различия, что используются два измерительных сигнала, причем частота измерительного сигнала, поступающего с генератора измерительного сигнала 2, в два раза выше частоты измерительного сигнала, поступающего с генератора измерительного сигнала 1.

В конце второй главы приводится информация о модификациях предлагаемых способов.

В третьей главе приведены результаты исследования работы предлагаемых способов обнаружения пауз и их модификаций при различных параметрах, а также сравнение их работы с некоторыми существующими способами обнаружения пауз.

В начале главы приведено сравнение зависимости определения ошибки обнаружения речи и паузы от частоты вспомогательного сигнала. Сравнение проводилось для трех вариантов предлагаемого алгоритма обнаружения пауз: вариант 1 – разработанный способ обнаружения пауз, использующий два вспомогательных сигнала, вариант 2 – модификация разработанного способа обнаружения пауз, использующего два вспомогательных сигнала, с добавлением 10 мс активности в конце активного участка речи, вариант 3 – модификация разработанного способа обнаружения пауз, использующего два вспомогательных сигнала, с добавлением 10 мс активности в начале (с введением задержки 10 мс) и в конце активного участка речи. На вход обнаружителя пауз в речи подавался речевой сигнал, смешанный с транспортным шумом. Сравнение зависимости ошибки определения речи и пауз от частоты вспомогательного сигнала (усредненное значение ошибки определения речи и пауз для алгоритмов 1 – 3) представлено на рисунке 4. При частоте дискретизации 48 кГц наиболее предпочтительной частотой первого вспомогательного сигнала определена частота 9,5 кГц (19 кГц у второго вспомогательного сигнала соответственно), так как мощность речевого сигнала на данной частоте уже минимальна, но ещё не так сильно влияют возможные искажения спектра второго вспомогательного сигнала, связанные с приближением его частоты по величине к половине частоты дискретизации.

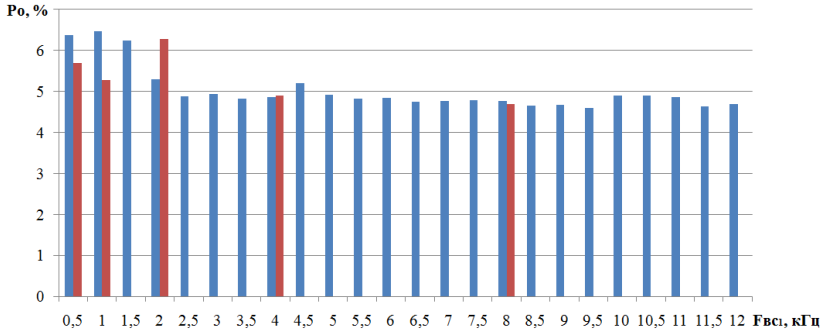


Рисунок 4 – Сравнение зависимости ошибки определения речи и пауз от частоты вспомогательного сигнала (усредненное значение ошибки определения речи и пауз для алгоритмов 1 – 3)

Далее приводится информация о разработанном блоке адаптивного изменения мощности вспомогательного сигнала для разрабатываемого обнаружителя пауз.

Во время отсутствия активной речи сигнал с выхода электроакустического преобразователя возводится в квадрат. Затем происходит накопление в течение заданного интервала времени и его усреднение. Далее производится операция извлечения квадратного корня на заданном интервале времени и умножение на коэффициент k . Оценка ошибок определения речи и пауз предлагаемым способом детектирования пауз в зависимости от мощности вспомогательного сигнала по отношению к шумовой дорожке приведена на рисунках 5 и 6. Величина этого коэффициента была определена эмпирическим путем и установлена равной 1,5.

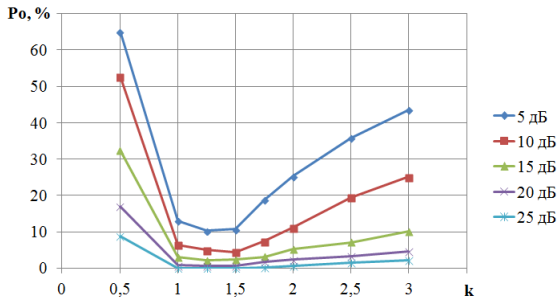


Рисунок 5 – Оценка ошибок определения активных участков речи предлагаемым способом детектирования пауз в зависимости от мощности вспомогательного сигнала по отношению к шумовой дорожке

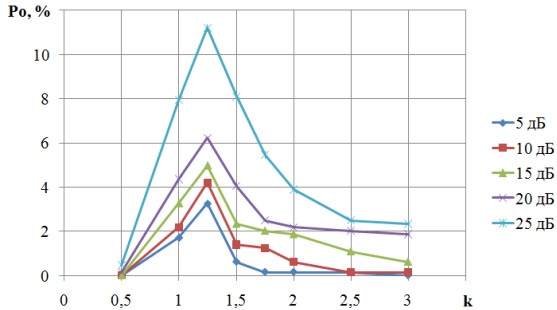


Рисунок 6 – Оценка ошибок определения пауз предлагаемым способом детектирования пауз в зависимости от мощности вспомогательного сигнала по отношению к шумовой дорожке

Для оценки эффективности определения ошибки обнаружения активных участков речи и паузы предлагаемым способом была спроектирована модель транспортного шума для формирования случайного шумового сигнала, по характеристикам соответствующего транспортного шуму. Также для проведения моделирования были сделаны звукозаписи реального транспортного шума. Далее приведено сравнение эффективности предлагаемого способа с алгоритмом VAD кодера G.729B, а также со способом детектирования пауз на основе отношения правдоподобия (VAD LR – Likelihood-Ratio-Based VAD). Результаты сравнения алгоритмов VAD приведены на рисунках 7 и 8.

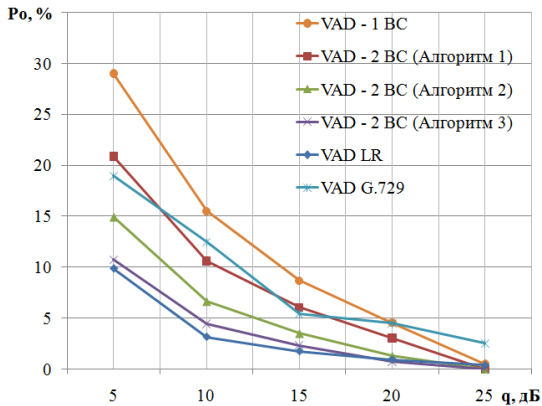


Рисунок 7 – Сравнение эффективности методов обнаружения пауз в речи при воздействии на речевой сигнал транспортного шума. Ошибка определения речи по отношению к ОСШ

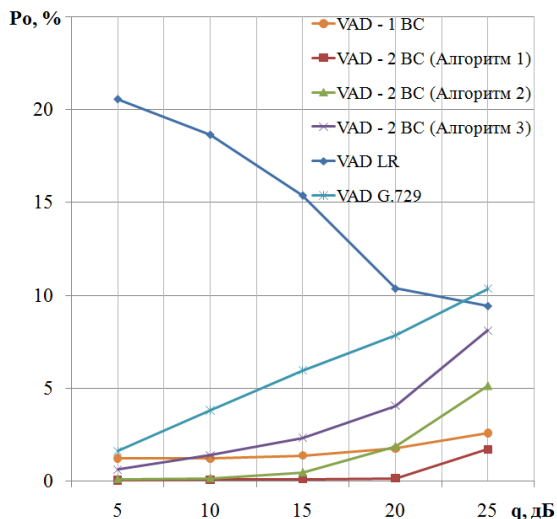


Рисунок 8 – Сравнение эффективности методов обнаружения пауз в речи при воздействии на речевой сигнал транспортного шума. Ошибка определения пауз по отношению к ОСШ

Тестовым сигналом была речь длительностью 108 секунд, состоящая из фраз, надиктованных разными дикторами, смешанная с транспортным шумом с ОСШ: 5, 10, 15, 20 и 25 дБ. Интервалы активной речи и паузы были отмечены вручную. Пропорции между неактивными и активными участками речи были 0,46 и 0,54 соответственно.

Уменьшение ошибки определения пауз с увеличением мощности шума у предлагаемого способа можно объяснить тем, что разрабатываемый способ построен с применением вспомогательного сигнала, усиливающегося при увеличении мощности шума, с целью подавления шума.

Была проведена проверка восприятия речевого сигнала после обработки предлагаемым способом обнаружения пауз. Для проверки восприятия речи на слух после обработки была произведена запись речевого сигнала с помощью блока аудиозаписи, управляемого командами с обнаружителя пауз. Интервалы, в которых присутствовала речь, оставались без изменения. В интервалы, в которых находились паузы, записывался ноль. Качество полученного речевого сигнала было значительно ниже. Слова можно было различить, но восприятие такой речи на слух было довольно сложным.

Затем был проведен аналогичный эксперимент, но в интервалы, в которых находились паузы, записывался комфортный шум, параметры которого соответствовали параметрам шума, присутствовавшего в исходной записи. Качество полученного речевого сигнала практически не отличалось от исходного. Слова были хорошо различимы, речь легко воспринималась на слух.

Также была проведена оценка вычислительной эффективности способа. Была сделана запись речи длительностью 100 с и произведена обработка данной записи. Разрабатываемый обнаружитель обработал запись за 40 с, а обнаружитель на основе отношения правдоподобия за 55 с.

Заключение

1. На основе анализа существующих методов и средств детектирования активности речи был сделан вывод, что существует проблема обнаружения пауз длительностью менее 50 мс.

2. Разработан способ обнаружения пауз в речевом сигнале, основанный на применении специального вспомогательного сигнала, позволяющий детектировать в речи паузы длительностью не менее 10 мс и увеличить вероятность правильного обнаружения пауз до 98 %. Получен патент РФ на изобретение на способ и устройство.

3. Разработан способ обнаружения пауз в речевом сигнале, основанный на применении двух специальных вспомогательных сигналов, уменьшающий ошибку определения пауз на 1,3 п.п. и ошибку определения пауз на 3,5 п.п. по сравнению со способом, основанным на применении одного специального вспомогательного сигнала.

4. Модифицирован разработанный способ обнаружения пауз в речевом сигнале для увеличения его эффективности при заданном критерии обнаружения (повышения вероятности правильного детектирования речи при незначительном увеличении ошибки обнаружения пауз).

5. Проведено сравнение эффективности предлагаемого способа с существующими методами обнаружения пауз.

6. Построена математическая модель источника транспортного шума для проведения сравнения эффективности методов обнаружения пауз.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ

1. Волченков В.А. Методы и алгоритмы детектирования активности речи / Волченков В.А., Витязев В.В. // Цифровая обработка сигналов. 2013. № 1. С. 54-60.

2. Волченков В.А. Обнаружение пауз в речевых сигналах [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2013, №4. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2024> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус.

3. Волченков В.А. Методы и алгоритмы обнаружения пауз в речи // Цифровая обработка сигналов. 2019. №3. С. 64-66.

Патент на изобретение РФ

4. Пат. 2436173 Российская Федерация, МПК G10L 15/00, G10L 11/02, Способ обнаружения пауз в речевых сигналах и устройство его реализующее / Витязев В.В., Розов В.И., Волченков В.А.; заявитель и патентообладатель Рязанский государственный радиотехнический университет. № 2010124342/08, заяв. 15.06.10; опубл. 10.12.11, Бюл. 34.

Индексируемые в базе Scopus и Web of Science

5. Volchenkov V.A. Development and Testing of the Voice Activity Detector Based on Use of Special Pilot Signal / Volchenkov V.A., Vityazev V.V. // 5th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO'2016), Bar, Montenegro, 12-16 June, 2016.

В сборниках трудов международных конференций и форумов

6. Волченков В.А. Детектор активности речи // Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах телекоммуникаций: материалы 16-й Междунар. науч.-техн. конф. Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет, 2010. 220 с. С. 46 – 48.

7. Волченков В.А. Детектор активности речи / Волченков В.А., Витязев В.В. // Труды РНТОРЭС им. А.С. Попова. Серия: Цифровая обработка сигналов и её применение. Вып.: XIII – 2. М.: РНТОРЭС им. А.С. Попова, 2011. С. 256 – 258.

8. Волченков В.А. Способ детектирования активности речи // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций «РТ – 2011»: материалы 7-й Междунар. молодежн. науч.-техн. конф. Украина, Севастополь: СевНТУ, 2011. С. 365.

9. Волченков В.А. Детектирование активности речи // Перспективные технологии в средствах передачи информации: материалы 9-ой Междунар. науч.-техн. конф. Владимир: ВлГУ, т.2. 2011. С. 45 – 47.

10. Волченков В.А. Детектор активности речи // Физика и технические приложения волновых процессов: материалы 10-й Междунар. науч.-техн. конф. Самара: ООО «Книга», 2011. С. 54 – 56.

11. Волченков В.А. Детектирование активности речи // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения (INTERMATIC-2011): материалы Междунар. науч.-техн. конф. М.: МГТУ МИРЭА – ИРЭ РАН, 2011, часть 3. С. 47 – 49.

12. Волченков В.А. Обнаружение пауз в речи // Труды РНТО-РЭС им. А.С. Попова. Серия: Цифровая обработка сигналов и её применение. Вып.: XIV – 2. М.: РНТОРЭС им. А.С. Попова, 2012. С. 406 – 408.

13. Волченков В.А. Обнаружитель пауз в речи // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций «РТ – 2012»: материалы 8-й Междунар. молодежн. науч.-техн. конф. Украина, Севастополь: СевНТУ, 2012. С. 334.

14. Волченков В.А. Обнаружение пауз в речевых сигналах // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения (INTERMATIC-2012): материалы Междунар. науч.-техн. конф. М.: МГТУ МИРЭА – ИРЭ РАН, 2012, часть 5. С. 40 – 43.

15. Volchenkov V.A. The development of voice activity detection algorithm based on use of special pilot signal / Volchenkov V.A., Vityazev V.V. // European Science and Technology [Text] : materials of the IV international research and practice conference, Vol. I, Munich, April 10th – 11th, 2013 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany, 2013. 776 p. P. 380 – 386.

16. Волченков В.А. Определитель речевой активности // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций «РТ – 2013»: материалы 9-й Междунар. молодежн. науч.-техн. конф. Украина, Севастополь: СевНТУ, 2013. С. 334.

17. Волченков В.А. Определение пауз в речи в условиях воздействия транспортного шума // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения (INTERMATIC-2013): материалы Междунар. науч.-техн. конф. М.: Энергоатомиздат, 2013, часть 4. С. 17 – 20.

18. Волченков В.А. Сравнение производительности алгоритмов VAD при воздействии на речь транспортного шума с различным уровнем ОСШ // Труды РНТОРЭС им. А.С. Попова. Серия: Цифровая обработка сигналов и её применение. Вып.: XVI – 1. М.: РНТОРЭС им. А.С. Попова, 2014. С. 290 – 294.

19. Волченков В.А. Определение производительности разрабатываемого алгоритма обнаружения пауз в речи при воздействии на речь транспортного шума с различным уровнем ОСШ // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения: материалы Междунар. науч.-техн. конф. «INTERMATIC-2014», 1–5 декабря 2014

г., Москва / под ред. академика РАН А.С. Сигова. М.:МГТУ МИРЭА, 2014, часть 5. 277 с. С. 90 –93.

20. Volchenkov V.A. Test of the Developed Voice Activity Detector Based on Use of Special Pilot Signal / Volchenkov V.A., Vityazev V.V. // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Proceedings. Omsk: Omsk State Technical University. Russia, Omsk, May 21–23, 2015. IEEE Catalog Number: CFP15794-CDR. ISBN: 978-1-4799-7102-2.

21. Волченков В.А. Исследование работы разрабатываемого обнаружителя пауз в речи для речевых сигналов различной тональности // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения: материалы Междунар. науч.-техн. конф. «INTERMATIC–2015», 1–5 декабря 2015 г., Москва / под ред. академика РАН А.С. Сигова. М.:МГТУ МИРЭА, 2015, часть 5. 305 с. С. 64 – 67.

22. Волченков В.А. Исследование работы обнаружителя пауз в речи на основе вспомогательного сигнала / Волченков В.А., Витязев В.В. // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций «РТ - 2017»: материалы 13-й Междунар. молодежн. науч.-техн. конф., Севастополь, 20 — 24 ноября 2017 г. Севастоп. гос. ун-т; под ред. А. А. Савочкина. Севастополь: Изд-во СевГУ, 2017. 304 с.

В сборниках трудов Всероссийских конференций и симпозиумов

23. Волченков В.А. Разработка обнаружителя речевой активности // Микроэлектроника и информатика – 2012. Тезисы докладов 19-й Всероссийской межвузовской науч.-техн. конф. студентов и аспирантов / М.: МИЭТ, 2012. – 324 с. – С. 214.

24. Волченков В.А. Разработка и определение производительности детектора активности речи, основанного на использовании специального измерительного сигнала // 6-я Всероссийская конференция «Радиоэлектронные средства получения, обработки и визуализации информации», Москва, Россия, доклады. М.: РНТОРЭС им. А.С. Попова, 2016. С. 137 – 141.

В межвузовских сборниках научных трудов

25. Волченков В.А. Детектор активности речи // Методы и устройства обработки сигналов в радиотехнических системах: межвуз. сб. науч. тр. Рязань: РГРТУ, 2012. 116 с. С. 27 – 30.

26. Волченков В.А. Обнаружитель пауз в речи // Методы и устройства формирования и обработки сигналов в информационных системах: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. Ю.Н. Паршина. Рязань: РГРТУ, 2013. 134 с. С. 53 – 57.

Волченков Владимир Андреевич

СПОСОБЫ И АЛГОРИТМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПАУЗ
НА ОСНОВЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ОБРАБОТКИ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 19.10.2020. Формат бумаги 60х84 1/16.
Бумага офсетная. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 1,0.
Тираж 100 экз. Заказ № 5259.
Отпечатано в ООО «НПЦ «Информационные технологии».
390035, г Рязань, ул. Островского, д.21/1.