

УДК 621.396.932

И.Л. Афонин, профессор, д-р техн. наук,**В.Г. Слезкин, доцент, канд. техн. наук***Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua***ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ИНФОРМАЦИИ, ПЕРЕДАВАЕМОЙ
В СИСТЕМАХ СВЯЗИ ГМССБ**

Анализируются источники, снижающие достоверность информации, передаваемой в радиотелефонных и радиотелексных системах морской радиосвязи ГМССБ. Исследуется возможность применения компьютерных программ распознавания речи для повышения достоверности. Предлагается два варианта использования таких программ в рассмотренных системах связи и в двухканальных комбинированных системах.

Ключевые слова: информация, достоверность, ГМССБ, морская радиосвязь, радиотелефония, радиотелекс, распознавание речи.

В Глобальной Морской Системе Связи при Бедствии и для обеспечения безопасности мореплавания (ГМССБ — *GMDSS*) для передачи важнейшей информации, прежде всего, связанной с ситуациями бедствия и срочности, используются радиотелефонные (*RT*) и радиотелексные (*TOR*) системы морской радиосвязи [1]. В последние годы предпочтение отдается телефонии на том основании, что это — более оперативный вид связи, а аппаратура и программное обеспечение *TOR* морально устарели. Однако, по нашему мнению, проблема обеспечения достоверности передаваемой информации в *RT* системах стоит более остро, чем в системах *TOR*. Для повышения качественных показателей планируется все системы связи в ГМССБ перевести на цифровую основу, но такой путь требует времени и значительных затрат [2].

Известны исследования [3], в которых цифровые идентифицирующие данные с низкой скоростью передачи «подмешиваются» к телефонному сигналу без радикального изменения принципов действия радиотелефонных систем. Это наводит на мысль таким способом передавать текстовые данные, полученные путем дополнительной компьютерной обработки речи, с целью повышения достоверности передаваемой информации. Подобный подход в доступных публикациях не отражен.

В данной работе рассматриваются составные части радиотелефонного и радиотелексного каналов связи с точки зрения влияния на достоверность передаваемой информации, оценивается возможность применить распознавание речи для получения текстового потока данных, сопровождающих речевой сигнал, предлагаются варианты реализации такой обработки в системах морской радиосвязи.

Проведем оценку достоверности передачи информации в радиотелефонной системе связи. Для этого рассмотрим структуру и процесс передачи сообщений в *RT* (рисунок 1).

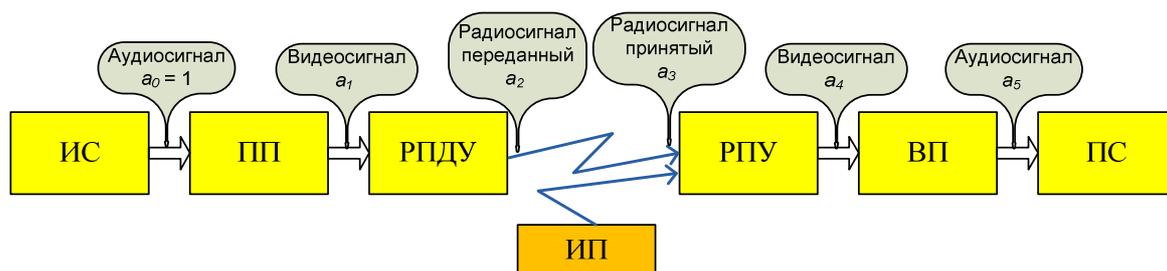


Рисунок 1 — Структурная схема радиотелефонного канала связи

На передающей стороне канала связи человек-оператор, являющийся источником сообщений (ИС), диктует текст сообщения в микрофон. Будем считать, что созданный им аудиосигнал имеет абсолютную достоверность, то есть содержит ту информацию, которую ИС хочет довести до получателя сообщений (ПС).

Введем относительную меру достоверности сообщения (*authenticity* — *a*), то есть за единицу примем абсолютно достоверное сообщение. При нашем допущении для аудиосигнала будем иметь $a_{ORT} = 1$.

На выходе первичного преобразователя (ПП) образуется электрический видеосигнал, причем его достоверность a_1 может быть меньше исходной a_{ORT} из-за несовершенства аппаратуры, амплитудных и

частотных искажений. Введем меру (коэффициент) относительных потерь достоверности (*losses* — l), тогда связь между a_1 и a_{0RT} можно записать в виде

$$a_1 = (1 - l_{10})a_{0RT}.$$

Радиопередающее устройство (РПДУ) передает в эфир радиосигнал, достоверность которого a_2 может быть меньше величины a_1 по аналогичным причинам

$$a_2 = (1 - l_{21})a_1.$$

Для принимаемого на приемной стороне радиосигнала можно с уверенностью утверждать, что его достоверность a_3 меньше величины a_2 из-за специфических искажений сигнала при прохождении его через эфир и из-за действия помех, создаваемых источником помех (ИП),

$$a_3 = (1 - l_{32})a_2.$$

Дополнительные потери информации вносят радиоприемное устройство (РПУ) и выходной преобразователь (ВП):

$$a_4 = (1 - l_{54})a_3 = (1 - l_{54})(1 - l_{43})a_3.$$

Человек-оператор на приемной стороне канала связи (получатель) оценивает информацию, содержащуюся в выходном аудиосигнале, но из-за индивидуальных психофизиологических особенностей эта оценка также может быть не полностью достоверной: коэффициент потерь ПС l_{RT} не будет равным нулю. В результате мы приходим к окончательному соотношению для достоверности оценки аудиоинформации получателем a_{RT}

$$a_{RT} = (1 - l_{RT})(1 - l_{54})(1 - l_{43})(1 - l_{32})(1 - l_{21})(1 - l_{10}). \quad (1)$$

Количественные оценки входящих сюда величин будут различными для разных типов технических средств, образующих канал связи, и разных методов преобразования сигналов. Например, аналого-цифровая система передачи аудиоинформации имеет безусловные преимущества перед аналоговой, так как цифровой радиосигнал в значительно меньшей степени искажается помехами, не говоря уже о возможности помехоустойчивого кодирования сообщений. Однако в данный момент нас интересует сравнение телефонии с буквопечатью.

Если обратиться к схеме канала связи (см. рисунок 1), то для случая канала связи с буквопечатью можно утверждать следующее:

— источник сообщений ИС и первичный преобразователь ПП можно считать единым целым, так как буквенное сообщение (текст) образуется в результате работы оператора на клавиатуре (при этом $l_{10} = 0$);

— выходной преобразователь ВП (дисплей или печатающее устройство) расшифрованный текст не искажает ($l_{54} = 0$);

— восприятие текста оператором можно считать адекватным, так как в нем не проявляются психофизиологические особенности источника сообщений (коэффициент потерь ПС l_{TOR} равен нулю).

Исходя из этого, получаем следующее соотношение для достоверности оценки текстовой информации получателем

$$a_{TOR} = (1 - l_{43})(1 - l_{32})(1 - l_{21}). \quad (2)$$

Таким образом, радиотелексный канал связи принципиально содержит меньшее число факторов, приводящих к снижению достоверности информации, оцениваемой получателем. Кроме того, коэффициенты потерь в этой системе будут относительно меньшими, чем даже в аналого-цифровой системе передачи аудиоинформации, так как из-за значительно более низкой скорости передачи для высококачественного воспроизведения сигналов не требуется широкой полосы частот.

Теперь проанализируем вопросы буквопечати и распознавания речи. Главным преимуществом буквопечати является документирование информации, так как в юридически сложных случаях, например, при установлении причин аварии, это свойство позволяет найти истину быстрее и эффективней, чем путем анализа воспоминаний действующих лиц или аудиозаписей.

Основным недостатком *TOR* считается низкая оперативность, причем скорость набора текста на клавиатуре зависит от квалификации оператора. В известной мере он преодолевается путем использования заранее составленных файлов и бланков стандартных сообщений, однако сама проблема этим не снимается.

Мы предлагаем исследовать вопрос о применении в морских системах связи компьютерных программ распознавания речи, которые обеспечивают автоматическое преобразование произносимых человеком слов в буквенный текст. Такие программы появились достаточно давно и постоянно

совершенствуются, хотя на сегодняшний день нельзя утверждать, что они достигли высокого уровня адекватности.

Примером может служить программа распознавания речи (ПРР) для Интернет-браузера *Google Chrome* (таблица 1) [4].

Таблица 1 — Оценка результата преобразования речи в текст с помощью программы *Google Chrome* по пятибалльной системе

Текст речевого сообщения	Распознанный текст		
	1-я попытка	2-я попытка	Оценка
<i>This is motor vessel Boston</i>	<i>the Seas motorless old Boston</i>	<i>DC's Motor Vessel Boston</i>	4
<i>My position five six degrees zero five minutes north zero one one degrees two zero minutes east</i>	<i>my position 56 degrees 05 minutes north Bom Bom degrees 20 minutes east</i>	<i>my position 56 degrees 05 minutes mall 2011 the grease 20 minutes east</i>	3
<i>Fire in hold 1</i>	<i>fire in hold one</i>	<i>Fiat in hold one</i>	5/4
<i>Require fire-fighting team assistance</i>	<i>require fire fighting team assistance</i>	<i>require fire fighting team assistance</i>	5
<i>Visibility moderate</i>	<i>visibility moderate</i>	<i>visibility moderate</i>	5

Из примера видно, что даже общедоступная, неспециализированная программа способна удовлетворительно передать текст. Особенно подчеркнем, что, так как для передачи чисел требуется всего десять цифр, подобные программы именно числовые данные могут преобразовывать с высокой достоверностью.

Существуют высококлассные программные продукты, причем наилучшие результаты дают программы с предварительным обучением, которые приспосабливаются к особенностям речи конкретного человека.

Рассмотрим возможные варианты применения ПРР в системах связи.

Первый вариант достаточно очевиден: использовать ПРР для ускорения набора текста на клавиатуре (рисунок 2).

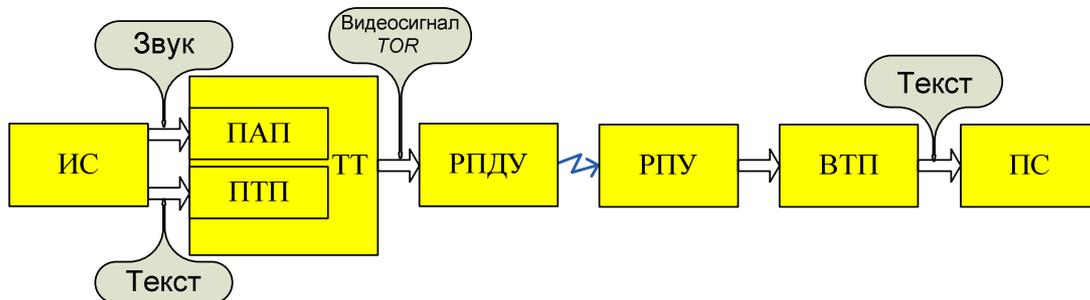


Рисунок 2 — Структурная схема радиотелефонного канала связи с дополнительным распознаванием речи на передающей стороне

Оператор радиотелекса будет надиктовывать сообщение, затем корректировать ошибки, что займет значительно меньше времени, чем набор текста «с нуля», и передавать его в эфир. Следовательно, таким путем можно повысить оперативность существующей системы *TOR*.

Во втором варианте ПРР применяется для документирования принятых голосовых сообщений (рисунок 3).

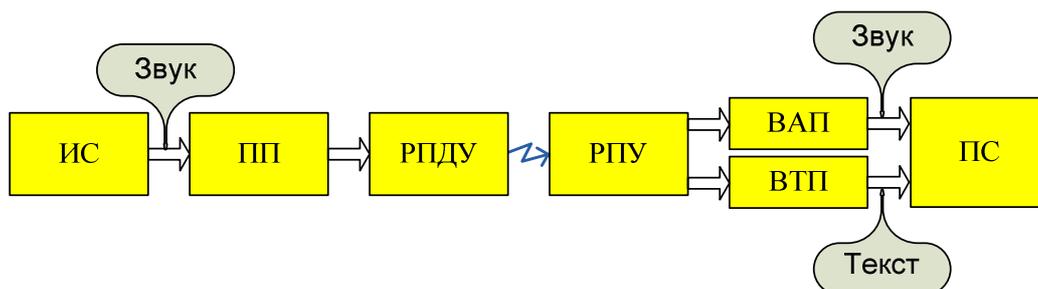


Рисунок 3 — Структурная схема радиотелефонного канала связи с дополнительным распознаванием речи на приемной стороне

В приемную часть, кроме выходного акустического преобразователя (ВАП), входит выходной текстовый преобразователь (ВТП), который выдает распознанный текст. Итак, здесь присутствует два выходных канала, благодаря чему достоверность оценки информации может быть повышена по сравнению с чисто радиотелефонной системой. Действительно, в соотношении (1) коэффициент потерь при восприятии речи l_{RT} , зависящий от индивидуальных особенностей оператора, относится только к акустическому выходному каналу, а коэффициент потерь в текстовом канале определяется только качеством программы распознавания речи. Есть значительная вероятность того, что конкретные отрезки сообщения, потерянные из-за действия обоих факторов, не наложатся друг на друга, следовательно, их смысл может быть восстановлен.

В третьем варианте ПРР применяется на передающей стороне (рисунок 4).



Рисунок 4 — Структурная схема двухканальной системы связи с распознаванием речи

Здесь звук голоса преобразуется как первичным акустическим преобразователем (ПАП), так и первичным текстовым преобразователем (ПТП) в соответствующие видеосигналы. Для передачи и приема радиосигналов используются двухканальное радиопередающее устройство (ДРПДУ) и двухканальное радиоприемное устройство (ДРПУ). В данном варианте, как и во втором, достоверность передачи информации выше по сравнению с радиотелефонией.

Важным различием между рассмотренными вариантами систем является то, что во втором варианте принципиально невозможно применить ПРР с обучением, а в третьем это не составляет трудностей, так как круг операторов на конкретном судне ограничен. Следовательно, двухканальная система связи с распознаванием речи позволяет применять наиболее совершенные программы преобразования речи в текст, то есть потенциально является наилучшей из рассмотренных.

Таким образом, специфические недостатки радиотелефонных и радиотелексных систем связи с точки зрения достоверности передаваемой информации можно в какой-то мере преодолеть путем применения устройств с программным преобразованием речи в текст. Благодаря непрерывному совершенствованию таких программ в будущем можно ожидать, что комбинированные системы найдут применение в морской радиосвязи.

В ходе дальнейших исследований планируется выполнить компьютерное моделирование рассмотренных вариантов систем связи с целью численного эксперимента по оценке количественных характеристик достоверности информации, а также для оценки возможности создания систем связи с распознаванием речи на основе существующих систем.

Библиографический список использованной литературы

1. GMDSS Manual / IMO. — London, 2011. — 712 p.
2. Шишкин А.В. Глобальная морская система связи при бедствии и для обеспечения безопасности мореплавания (ГМССБ) / А.В. Шишкин, В.И. Купровский, В.М. Кошевой. — М.: ТрансЛит, 2007. — 544 с.
3. Шишкин А.В. Применение OFDM модуляции для идентификации радиотелефонных передач в морской радиосвязи / А.В. Шишкин, А.А. Ляшко, А.Б. Быльев // Практичні проблеми розвитку радіозв'язку та радіонавігації в ГМЗЛБ, системах АІС, СУРС і РІС: матеріали XII–XIII наук.-техн. конф; Севастополь, 24–25 жовт. 2012 р. — Одеса: Від-во ОНМА, 2012. — С. 37–40.
4. Web Speech API Demonstration [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.google.com/intl/en/chrome/demos/speech.html>

Поступила в редакцію 22.11.2013 г.

Афонін І.Л., Сльозкін В.Г. Підвищення достовірності інформації, що передається в системах зв'язку ГМЗЛБ

Аналізуються джерела, що знижують достовірність інформації, що передається в радіотелефонних і радіотелекських системах морського радіозв'язку ГМЗЛБ. Для підвищення достовірності досліджується можливість застосування комп'ютерних програм розпізнавання мови. Пропонується два варіанти використання таких програм в розглянутих системах зв'язку і в двоканальних комбінованих системах.

Ключові слова: інформація, достовірність, ГМЗЛБ, морський радіозв'язок, радіотелефонія, радіотелекс, розпізнавання мови.

Afonin I.L., Slozkin V.G. Increasing of authenticity of information being transferable in GMDSS communication systems

Sources that cause reducing of authenticity of information being transferable in the radiotelephone and radiotelex GMDSS maritime radio communication systems are under analyses. Possibility to use for authenticity increasing computer programs for speech recognition was investigated. Are offered two variants for using such programs in the considered communication systems and in the two-channels combined systems.

Keywords: information, authenticity, GMDSS, maritime radio communication, radiotelephony, radiotelex, speech recognition.