

обработки информации. 8. Айзенберг Г. З. и др. Коротковолновые антенны. М.: Радио и связь, 1985. 9. Гришачев В. В., Халяпин Д. Б., Шевченко Н. А. Опасности возникновения каналов утечки конфиденциальной речевой информации по волоконно-оптическим структурированным кабельным системам // Материалы X Международной научно-практической конференции „Информационная безопасность”. Ч. 2. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008. –103 – 105 с.

Владимир Темников, Игорь Конфорович, Елена Темникова*

Национальный авиационный университет, *Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

УДК 004.93

ПОСТРОЕНИЕ ГОЛОСОВОЙ СИСТЕМЫ АУТЕНТИФИКАЦИИ ДИСПЕТЧЕРОВ С ПОВЫШЕННЫМИ БЫСТРОДЕЙСТВИЕМ И ДОСТОВЕРНОСТЬЮ РАБОТЫ

Аннотация: Представлены концепция построения и структура разработанной авторами автоматической голосовой системы перманентной аутентификации диспетчеров во время выполнения ими своих профессиональных обязанностей. Задачей системы является предотвращение доступа несанкционированных лиц к информационным ресурсам, используемым диспетчерами в процессе работы. Приведены использованные при построении системы способы повышения быстродействия и достоверности ее работы. Применение искусственных нейронных сетей и разработанной системы информативных параметров речевых сигналов, обоснованный выбор значений параметров позволили обеспечить функционирование системы аутентификации в режиме реального времени при высокой степени достоверности ее работы (процент правильной аутентификации выше 98%).

Summary: The article presents the concept of construction and structure of the authors' automated voice system of permanent traffic-controllers authentication during the performance of their professional duties. The objective of the system is preventing of unauthorized persons access to information resources used by controllers in the process. The article describes ways to improve the speed and reliability of the system. The application of artificial neural networks and developed system of informative parameters of speech signals, grounded choice of parameter values enabled the operation of the authentication system in real time with a high degree of reliability of its work (the percentage of correct authentication above 98%).

Ключевые слова: Система аутентификации, диспетчеры, искусственные нейронные сети, параметризация речевых сигналов.

I Введение

Одной из основных причин аварий и аварийных ситуаций на транспорте и в энергетике является человеческий фактор. Так, опубликованные в литературе статистические данные свидетельствуют о том, что, например, до 80% всех аварий и нарушений технологического режима в авиации происходят по вине диспетчерского персонала. Ошибки в его работе в значительной степени обусловлены нахождением диспетчеров в состоянии перманентного напряжения, связанного с ответственностью за жизнь людей и возможные значительные материальные потери.

Учитывая, что в настоящее время за диспетчерами осуществляется лишь визуальный контроль со стороны старшего диспетчера (администратора), авторы предлагают снижать влияние человеческого фактора на безопасность путем введения голосового автоматического контроля за действиями диспетчеров и их психофизиологическим (эмоциональным) состоянием. Предполагается, что система контроля доступа (СКД) диспетчеров к информационным ресурсам, используемым диспетчерами в процессе работы, будет функционировать в режиме реального времени и своевременно сигнализировать о нарушениях в работе диспетчеров, а отчет о ее работе будет служить документальным подтверждением факта нарушения.

В известной авторам литературе отсутствует информация о системах, которые бы в автоматическом режиме осуществляли высокоточную аутентификацию, идентификацию и контроль психофизиологического (эмоционального) состояния человека и, при этом, работали в режиме реального времени.

Использование голоса в качестве анализируемого образа дает возможность осуществлять контроль диспетчеров бесконтактно, дистанционно, не отвлекая их от работы.

В настоящей статье представлена концепция построения автоматической голосовой системы аутентификации диспетчеров (САД), являющейся частью разрабатываемой комплексной автоматической СКД диспетчеров к информационным ресурсам, обеспечивающей проведение перманентных

аутентификации (для предотвращения доступа несанкционированных лиц), идентификации (в случае непрохождения контролируемым лицом процедуры аутентификации) и контроля (мониторинга) психофизиологического (эмоционального) состояния диспетчеров (для предотвращения доступа лиц, находящихся в ненадлежащем состоянии).

Разработка концепции направлена на создание системы аутентификации, функционирующей в режиме реального времени и обеспечивающей возможно более высокую достоверность работы (процент правильной аутентификации). Концепция разработана с учетом особенностей практического применения системы: небольшие расстояния от источников звука до САД, относительно малые значения шумов в анализируемых речевых сигналах, малые количества контролируемых лиц, наличие специфических требований к диспетчерам (в частности, для диспетчеров управления воздушным движением (авиадиспетчеров) – это специфические требования к применению определенной нормативно установленной фразеологии, размерности речи и др.).

В статье показаны способы повышения быстродействия и достоверности работы системы аутентификации диспетчеров, позволившие создать САД, функционирующую в режиме реального времени и обеспечивающую процент правильной аутентификации более 98% (а при некоторых условиях эксплуатации - более 99%), приведена и кратко описана структура разработанной системы.

II Принципы построения системы аутентификации диспетчеров

Разработанная система аутентификации диспетчеров по их непрерывной речи построена на основе следующих принципов:

1. Аутентификация диспетчеров осуществляется по, так называемым, ключевым речевым фрагментам, выделенным из их непрерывной речи. Ключевые речевые фрагменты формируются на основе слов и словосочетаний, часто употребляемых диспетчерами в процессе работы, а для авиадиспетчеров – также нормативно установленной фразеологии. Такой подход позволяет свести задачу аутентификации по непрерывной речи к задаче аутентификации по отдельным командам.

2. Система построена на основе теории распознавания образов с применением метода кратковременного анализа и разработанной системы информативных параметров речевых сигналов.

В соответствии с типовой структурной схемой распознавания образов [1] последовательно проводятся предварительная обработка, параметризация и классификация речевого сигнала, полученного с выхода подсистемы сканирования, с принятием решения об отнесении речевого сигнала (произносящего его человека) к определенному классу.

3. Для осуществления поиска в непрерывной речи диспетчера ключевых речевых фрагментов в состав САД введены модуль сегментации непрерывной речи на речевые фрагменты и подсистема их распознавания, состоящая из модулей параметризации, классификации и принятия решения об отнесении речевых фрагментов к классу «ключевых».

4. Непосредственно аутентификация диспетчера проводится подсистемой собственно аутентификации, осуществляющей классификацию речевого сигнала и принятие решения об отнесении контролируемого лица к определенному классу.

III Способы повышения быстродействия и достоверности работы системы аутентификации

Повышение быстродействия системы аутентификации

Время обработки речевых сигналов в значительной степени определяется временем обработки сигналов на этапах параметризации и классификации.

Повышение быстродействия разработанной САД было достигнуто путем построения модулей классификации подсистем распознавания речевых фрагментов и собственно аутентификации на основе искусственных нейронных сетей (ИНС) [2], обученных на распознавание соответственно речевых фрагментов и контролируемых лиц (диспетчеров).

В литературе описано достаточно большое количество методов обработки сигналов, на основе которых может быть проведена классификация, в частности, методы, основанные на вычислении расстояний между векторами параметров, на применении скрытых марковских моделей, метод DTW и др. [3]. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Построение модуля классификации с применением ИНС позволило ускорить процесс классификации, а, следовательно, и всей системы в целом.

Разработка модулей параметризации и классификации проводилась в направлении обеспечения:

1. Уменьшения количества применяемых информативных параметров, характеризующих речевые сигналы, при обусловленных значениях ошибок первого и второго рода (процента правильной аутентификации).

2. Уменьшения необходимого времени обучения при обеспечении заданного качества проведения аутентификации.

3. Увеличения скорости обработки речевых сигналов.

При применении метода кратковременного анализа в качестве информативных параметров применяют кепстральные коэффициенты, рассчитываемые на каждом фрейме [3, 4]. При этом количество таких кепстральных коэффициентов составляет от 12 до 20 единиц.

Для возможности построения модулей классификации подсистем распознавания речевых фрагментов и собственно аутентификации на основе ИНС было необходимо существенно уменьшить количество информативных параметров речевых сигналов, подаваемых на вход ИНС. Это было достигнуто в процессе разработки новой системы информативных параметров. Ее применение в разработанной САД позволило существенно (более чем на порядок) уменьшить количество входных нейронов ИНС без сколько-нибудь существенного уменьшения процента правильной аутентификации.

Еще одним путем повышения быстродействия САД является обоснованный выбор параметров ИНС. Исследования показали, что существенное влияние на быстродействие системы оказывает количество нейронов в скрытом слое ИНС – результаты совместного анализа зависимости процента правильной аутентификации и времени проведения классификации от этого параметра свидетельствуют о том, что качество аутентификации незначительно зависит от количества нейронов в скрытом слое, между тем как продолжительность вычислений при увеличении количества нейронов скрытого слоя существенно возрастает.

Дальнейшее повышение быстродействия работы системы было достигнуто путем применения в подсистеме распознавания речевых фрагментов ИНС с несколькими выходами. В этом случае в результате расчетов получаем вектор размерности n , каждый (i -ый) элемент которого есть вероятностное значение того, что поступивший на вход ИНС речевой фрагмент является одним из ключевых (параметры которого занесены в базу данных ключевых речевых фрагментов). Это позволяет проводить поиск в непрерывной речи диспетчера одновременно сразу нескольких ключевых речевых фрагментов. Естественно, применение ИНС с несколькими выходами сопровождается усложнением процесса обучения ИНС [5].

Для обеспечения работы САД в режиме реального времени (достижение этого режима являлось одной из целей исследований и разработки системы) время обработки сигналов не должно превышать усредненную длительность ключевых речевых фрагментов. На практике была достигнута средняя продолжительность обработки в подсистемах распознавания речевых фрагментов и собственно аутентификации на уровне 25 мс, что существенно меньше длительности ключевых речевых фрагментов слов. Это свидетельствует об обеспечении работы САД в режиме реального времени.

Разработанная система информативных параметров речевых сигналов

Работа подсистем распознавания речевых фрагментов и собственно аутентификации основана на применении новой системы информативных параметров речевых сигналов, разработанной в процессе проведения исследований, направленных на выполнение требования по минимизации количества информативных параметров.

Алгоритм расчета информативных параметров включает следующие основные этапы.

1. Выделенный из непрерывной речи диспетчера речевой фрагмент разбивается на фреймы.
2. На каждом фрейме рассчитываются кепстральные коэффициенты линейного предсказания (ККЛП) [6].
3. Формируется массив новых сигналов: первый сигнал представляет собой зависимость от номера фрейма последовательно расположенных на расстоянии, равном длине фрейма, значений первых ККЛП, второй сигнал – соответственно значений вторых ККЛП и т. д.

Массив новых сигналов может быть получен следующим образом: пофреймово полученные ККЛП записываются в виде матрицы C_{nm} , где c_{ij} – j -ый ККЛП i -го фрейма, n – количество фреймов, m – количество ККЛП в каждом фрейме. Далее необходимо транспонировать матрицу C_{nm} . Тогда каждый столбец матрицы C_{nm}^T будет новым сигналом, составленным из ККЛП.

4. Далее к каждому сигналу применяется быстрое преобразование Фурье, результатом чего является спектрограмма, представляющая собой зависимость амплитуд спектральных составляющих от частоты и номера ККЛП.

5. В качестве информативных параметров речевых сигналов выбираются значения амплитуд спектральных составляющих наиболее низкой частоты. При этом длина вектора параметров соответствует количеству ККЛП.

Применение разработанной системы информативных параметров позволило существенно сократить количество входных параметров ИНС модулей классификации, что привело к значительному ускорению процесса аутентификации.

Повышение достоверности работы системы аутентификации при обеспечении режима реального времени

Повышение достоверности работы САД было достигнуто на основе обоснованного выбора значений информативных параметров, подаваемых на вход ИНС модулей классификации.

Значения параметров были определены в процессе тестирования модулей параметризации и классификации по критерию максимума процента правильно классифицированных сигналов (процента правильной аутентификации). Определялись следующие параметры системы: длина фрейма, количество коэффициентов линейного предсказания, примененных при расчете ККЛП, количество ККЛП, количество нейронов в скрытом слое ИНС и количество эпох. Заметим, что количество нейронов в первом и последнем слоях, а также вид функции активации могут быть однозначно определены еще на этапе постановки задачи по виду вектора параметров: количество нейронов в первом слое равно количеству ККЛП, а количество нейронов в третьем слое – количеству контролируемых лиц; вид активационной функции и метод обучения – софтмакс.

Для повышения достоверности работы системы в подсистеме собственно аутентификации применены ИНС с несколькими выходами. На каждом выходе ИНС рассчитывается вектор размерности n , i -ый элемент которого является вероятностным значением того, что процедуру аутентификации проходит конкретный (i -ый) диспетчер, параметры которого занесены в соответствующую базу данных.

При применении разработанной системы информативных параметров, имеющих обоснованные значения, процент правильной аутентификации достигает значений более 98%.

IV Структура разработанной системы аутентификации диспетчеров

Структурная схема разработанной САД представлена на рисунке.

Подсистема сканирования и дискретизации речевого сигнала состоит из микрофона и модуля дискретизации речевого сигнала.

Подсистема предварительной обработки сигнала состоит из модулей сегментации речевого сигнала на ключевые речевые фрагменты и шумоподавления.

Подсистема распознавания речевых фрагментов осуществляет поиск и выделение из непрерывной речи диспетчера ключевых речевых фрагментов, по которым в дальнейшем проводится аутентификация диспетчеров. В состав подсистемы входят модули параметризации, классификации и принятия решения.

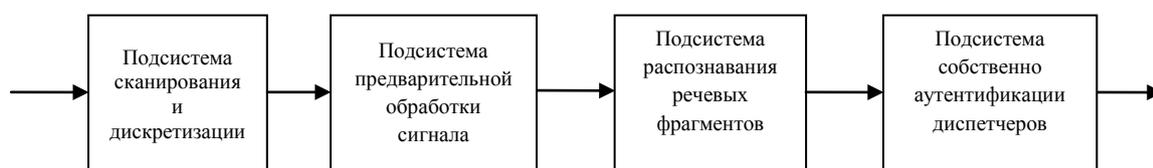


Рисунок – Структурная схема разработанной системы аутентификации диспетчеров

Подсистема собственно аутентификации осуществляет аутентификацию диспетчера по ключевым речевым фрагментам, выделенным подсистемой распознавания речевых фрагментов из непрерывной речи диспетчера. Подсистема состоит из модулей классификации и принятия решения.

Особенностью разработанной САД является построение основных подсистем – распознавания речевых фрагментов и собственно аутентификации – на ИНС, что позволило в значительной степени унифицировать систему. Обе ИНС имеют одинаковую топологию и архитектуру (в частности, в обеих подсистемах в качестве ИНС применены многослойные перцептроны с одним скрытым слоем).

Значения параметров ИНС подсистемы собственно аутентификации в разработанной САД, полученные в процессе тестирования ИНС: количество нейронов первого слоя (равно количеству ККЛП) – 36, скрытого слоя – 15, третьего слоя (равно количеству контролируемых лиц, чьи векторы информативных параметров содержатся в базе данных системы) – 5; в качестве алгоритма обучения используется метод масштабируемых сопряженных градиентов, количество эпох обучения – 300.

Значения параметров ИНС подсистемы распознавания речи незначительно отличаются от параметров ИНС подсистемы собственно аутентификации диспетчеров.

V Выводы

1. В статье изложена концепция построения голосовых систем аутентификации диспетчеров. Аутентификация, осуществляемая по непрерывной речи диспетчера, сводится к ее проведению по ключевым речевым фрагментам, выделенным из непрерывной речи диспетчера, что позволяет свести задачу аутентификации по непрерывной речи к задаче аутентификации по отдельным командам.

2. Для осуществления поиска и выделения из непрерывной речи ключевых речевых фрагментов в состав системы введена подсистема распознавания речевых фрагментов, состоящая из модулей параметризации, классификации и принятия решения об отнесении речевого фрагмента к классу «ключевых».

3. Предложен новый подход к построению подсистем распознавания речевых фрагментов и собственно аутентификации диспетчеров, основанный на применении искусственных нейронных сетей, обоснованном выборе их параметров, а также разработанной системе информативных параметров речевого сигнала.

4. Предложены способы повышения быстродействия и достоверности работы систем аутентификации, что позволило обеспечить функционирование разработанной системы в режиме реального времени при высокой степени достоверности (процент правильной аутентификации выше 98%).

5. Разработка представленной в статье системы аутентификации является важным этапом на пути создания комплексной автоматической системы контроля доступа диспетчеров к информационным ресурсам, обеспечивающей проведение аутентификации контролируемых лиц, их идентификацию в случае непрохождения процедуры аутентификации и контроль их психофизиологического (эмоционального) состояния.

6. Применение разработанной системы аутентификации позволяет существенно повысить безопасность на транспорте и в энергетике, резко уменьшить количество аварий и аварийных ситуаций вследствие снижения влияния человеческого фактора.

Список использованной литературы: 1. Рамишвили Г. С. Автоматическое опознавание говорящего по голосу. // М.: Радио и связь, 1981. – 224 с. 2. С. Хайкин Нейронные сети. // 2-е изд. Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1104 с. 3. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. // М: Мир, 1978. – 848 с. 4. Темников В. А., Шарий Т. В., Темникова Е. Л., Конфорович И. В. Голосовая аутентификация операторов, использующих в процессе работы нормативно установленную фразеологию. // Інформаційна безпека. – 2011. – №1(5). – С.125-130. 5. Bishop C. Pattern Recognition and machine learning (Information Science and Statistics). // Springer-Verlag New York, Inc. Secaucus, NJ, USA, 2006. – 738 p. 6. Маркел Дж., Грей А. Х. Линейное предсказание речи. // Пер. с англ. — Под ред. Ю. Н. Прохорова и В. С. Звездина. — М.: Связь, 1980. – 308 с.

Борис Уваров, Юрий Зиньковский

Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт"

УДК 621.3.038

ТЕПЛОВАЯ НАДЕЖНОСТЬ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Аннотация: Рассмотрены особенности тепловых процессов в структурных модулях радиоэлектронного аппарата – ячейках и микросборках, элементах их электронной структуры. Проанализированы коэффициенты полезного действия модулей, показатели энергетической эффективности резисторов, конденсаторов, индуктивностей на основе моделей эквивалентных двухполюсников. Предложена математическая модель теплового поля микросборки, получено уравнение для определения температур всех ее элементов. Рассмотрены математические модели расчета параметров надежности элементов электронной структуры и всего радиоаппарата.

Summary: Reviewed the features of thermal processes in the structural modules of radio-electronic apparatus - a cell and microassemblies, elements of their electronic structure. Analyzed efficiency factor of modules, energy efficiency indicators of resistors, capacitors, inductances based on models of equivalent two-terminal. Proposed mathematical model thermal field of microassemblies, obtained an analytical equation for determining the temperature of all its elements. The mathematical models of account of parameters of reliability of elements of electronic structure and all radiodevice are considered.

Ключевые слова: Электронный аппарат, ячейка, микросборка, модель двухполюсника, тепловая модель, температуры элементов, показатели надежности.