

gacija. Svjaz' [Radarlocation. Navigation. Connection: Coll. Rep. Conf.]: sb. dokl. konf. Voronezh: SAK-VOEE OOO, 2007, vol. 3, pp. 1873–1881.

4. Volovach V. I. Osobennosti opredelenija doplerovskogo smewenija chastoty v radio-tehnicheskikh ustrojstvah ohrannoj signalizacii [Features of determination of Doppler shift of frequency in radio engineering devices of the security alarm system]. *Vestnik TGUS* [Bulletin of Tolyatti State University of Service] : mezhvuz. sb. nauch. tr., 2008, iss. 3, pp. 10–28, (Ser. Problemy i reshenija sovremennoj tehnologii).

5. Volovach V. I. Statisticheskie harakteristiki signalov, otrazhennyh ot transportnyh sredstv [Statistical characteristics of signals reflected from vehicles]. *Problemy i reshenija sovremennoj tehnologii*: [Problems and solutions of modern technology]: mezhvuz. sb. nauch. tr. Tolyatti: TGAS, 2004, iss. 13, pp. 10–28.

6. Korostelev A. A., Klyuev N. F., Mel'nik Yu. A. Teoreticheskie osnovy radiolokacii [Theoretical bases of radar-location], 2-e izd., pererab. i dop. Moscow: Sovetskoe radio, 1978. 608 p.

7. Sheluhin O. I. Radiosistemy blizhnego dejstvija [Short-range radio systems]. Moscow: Radio i svjaz', 1989. 238 p.

УДК 371.69:004.3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕДАЧИ ГОЛОСОВЫХ ДАННЫХ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ

Бершадский Александр Моисеевич, доктор технических наук

Курилов Леонид Сергеевич, кандидат технических наук

Бождай Александр Сергеевич, доктор технических наук

Гудков Павел Анатольевич, кандидат технических наук

Гудков Алексей Анатольевич, кандидат технических наук

Пензенский государственный университет

440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40

E-mail: bam@pnzgu.ru

В данной статье приводятся результаты экспериментальных исследований процессов обработки, ретрансляции и маршрутизации голосового трафика в сетях с динамически адаптирующейся архитектурой. Рассматривается структура разработанного прототипа коммуникационной системы с голосовой передачей данных, способного работать в беспроводных сенсорных сетях стандарта ZigBee, а также измеренные значения реальных рабочих характеристик системы в процессе передачи голосовых потоков в режиме полудуплексной связи. В основе исследования лежат биометрические системы контроля доступа, которые в настоящее время являются наиболее перспективными, поскольку необходимость выполнения процедур идентификации персонала требуется во многих сферах человеческой деятельности. Актуальность работы подтверждается также широким распространением беспроводных мобильных телекоммуникационных технологий, на основе которых осуществляется передача данных в разрабатываемой системе. На основании спектральных и других характеристик голоса будет даваться разрешение на выполнение каких-либо действий, например, на нахождение на некоторой закрытой территории. Практическая реализация приложения речевой коммуникации для использования его совместно с модулями ZigBee и проведенные исследования характеристик его работы подтвердили реальную применимость сетей стандарта ZigBee для обмена голосовыми сообщениями.

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Ключевые слова: голосовой трафик, ZigBee, сенсорные сети, экспериментальные исследования в области биометрических систем контроля доступа.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF VOICE DATA TRANSMISSION IN WIRELESS SENSOR NETWORKS

Bershadsky Alexander M., D.Sc. (Engineering)

Kurilov Leonid S., Ph.D. (Engineering)

Bozhday Alexander S., D.Sc. (Engineering)

Gudkov Pavel A., Ph.D. (Engineering)

Gudkov Aleksey A., Ph.D. (Engineering)

Penza State University
40 Krasnaya st., Penza, 440026, Russia
E-mail: bam@pnzgu.ru

The results of experimental researches of voice traffic processing, retransmission and routing in networks with dynamically adaptable architecture are given in the paper. The structure of the developed prototype of communication system is also considered. This system is capable to operate in wireless sensor ZigBee networks. The measured values of actual system working features when transmitting voice streams in half-duplex communication mode are presented. The researches are based on biometric access control systems, which are currently the most promising ones, since the necessity of implementing personnel identification is required in many spheres of human activity. The urgency of the work is also confirmed by widespread wireless mobile telecommunication technologies on which data transmission in the developed system is based. On the basis of spectral and other characteristics of voice, the permission to perform any actions will be given. Practical realization of voice communication application for using it together with ZigBee modules and the researches of characteristics of its work confirmed the real applicability of ZigBee networks for voice message exchange.

Keywords: *Voice traffic, ZigBee, Experimental researches in the field of biometric access control systems.*

В связи с возросшим уровнем информатизации современного общества и увеличением числа информационных объектов, которые необходимо защищать от несанкционированного доступа, все более актуальными становятся проблемы использования механизмов речевых технологий для разграничения доступа. Для решения задачи интеллектуального управления доступом на закрытой территории с использованием сенсорных сетей необходимо провести экспериментальные исследования процессов обработки, ретрансляции и маршрутизации голосового трафика в сетях с динамически адаптирующейся архитектурой [2, 5].

Авторами были проведены такие исследования, целью которых была разработка практической реализации прототипа коммуникационной системы с голосовой передачей, способной работать в беспроводных сенсорных сетях (БСС) стандарта ZigBee [1], а также измерение реальных рабочих характеристик системы в процессе передачи голосовых потоков в режиме полудуплексной связи.

Значимость работы определяется необходимостью выполнения процедур идентификации персонала во многих сферах человеческой деятельности. С развитием процессов автоматизации и компьютеризации направление информационной безопасности и контроля доступа становится стратегически важным даже в отношении тех предприятий, чья деятель-

ность напрямую не связана с информационными технологиями. Это может относиться как к контролю доступа на некоторую территорию, так и доступа к определенной информации. Биометрические системы контроля доступа в настоящее время являются наиболее перспективными, что подтверждается повсеместным внедрением биометрических электронных паспортов. Актуальность работы подтверждается также широким распространением беспроводных мобильных телекоммуникационных технологий, на основе которых осуществляется передача данных в разрабатываемой системе.

Конечной целью работы является разработка системы идентификации по голосовым биометрическим показателям с использованием беспроводных самоорганизующихся сетей. На основании спектральных и других характеристик голоса будет даваться разрешение на выполнение каких-либо действий, например, на нахождение на некоторой закрытой территории. С определенным интервалом у пользователя будет запрашиваться подтверждение, чтобы выполнить его идентификацию по голосу.

Для практической реализации и проведения экспериментов был создан испытательный лабораторный стенд на основе отладочных комплектов из беспроводных сенсорных модулей ZigBee компании Texas Instruments. Кроме этого были проанализированы характеристики нескольких различных модулей разных производителей на основе разных чипов ZigBee [6]. Как наиболее удовлетворяющие условиям экспериментальных исследований, были выбраны модули Texas Instruments на базе чипа CC2480 [3, 4], обладающие наилучшими показателями среди рассмотренных, такими, как реальная пропускная способность канала передачи, ценовой диапазон, удобство эксплуатации, гибкость архитектуры, простота и универсальность программирования и т.д.

Структура разработанного прототипа системы голосовой коммуникации в БСС стандарта ZigBee представлена на рис. 1. Данный рисунок иллюстрирует процесс передачи речевого трафика при помощи средств беспроводной маршрутизации модулей ZigBee.

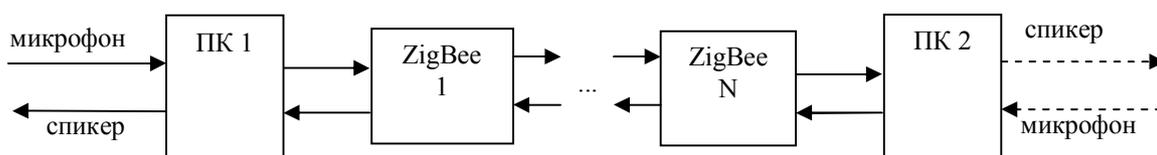


Рис. 1. Структура системы голосовой коммуникации в БСС

В качестве источника аудиопотока используется микрофон, подключенный к персональному компьютеру (ПК). Также к ПК через порт USB подключен модуль ZigBee и запущено приложение, которое непосредственно принимает сигнал с микрофона, сжимает его и передает через первый модуль ZigBee в радиоканал. Одновременно принимается сигнал, поступающий из модуля ZigBee, декодируется и воспроизводится в реальном времени на спикере (либо в наушниках). Передаваемые по радиоэфиру данные с оцифрованной речью ретранслируются сетью ZigBee от одного модуля к другому таким образом, что организуется виртуальная цепь передачи от источника к приемнику сигнала. На обратном конце образованной линии связи приемный модуль ZigBee передает данные на ПК, которые тот аналогичным образом декодирует и воспроизводит.

Вместо ПК может использоваться любое другое оконечное устройство обработки сигналов, например, КПК, коммуникатор, смартфон или специализированный программируемый терминал, интегрирующий функции аудиоввода-вывода и пакетной передачи данных (такой, как IP-телефон).

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Удаленный модуль ZigBee может также разворачивать входящий к нему сигнал и передавать его по цепочке модулей обратно, имитируя двухстороннюю голосовую связь (рис. 2). Таким образом, тот аудиопоток, который вышел от источника сигнала, им же и принимается. Данный режим с образованием петли обратной передачи используется в тестовых целях.

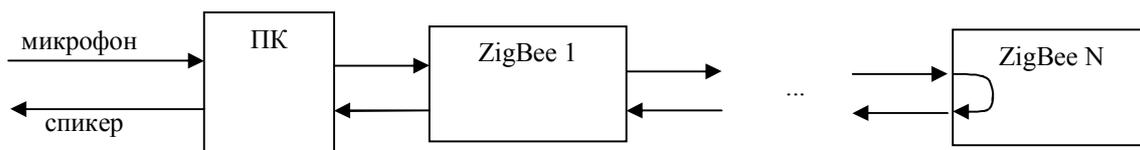


Рис. 2. Структура используемого тестового стенда

Аудиоданные принимаются с микрофона в формате РСМ с дискретизацией 8 кГц и квантованием 16 бит, что позволяет передавать речь в телефонном диапазоне частот от 0,3 до 3,4 кГц. Оцифрованная речь подается на вход кодека, преобразующего стандартный аудиопоток в последовательность сжатых кадров, содержащих не изменения уровня сигнала на временной оси, а параметры речевой модели голосового тракта для синтезируемой речи на определенный временной промежуток (фрейм), за счет чего достигается значительное сжатие исходных аудиоданных. Для кодирования используется низкоскоростной (low-bitrate) кодек OpenLPC, который является бесплатно распространяемым (по лицензии GPL).

Далее поток данных с выхода кодера передается в процедуру фрагментации, где он разбивается на фрагменты (блоки фиксированной длины). Один блок данных соответствует одному радиопакету, размер блока может варьироваться (задается при компиляции). Затем блоки оформляются в виде пакетов, ставятся в очередь и последовательно передаются в модуль ZigBee для отправки по адресу назначения (т.е. модулю-получателю). Модули ZigBee осуществляют доставку и ретрансляцию пакетов по сети. Конечный в цепочке передачи модуль-получатель осуществляет прием пакетов, которые он направляет основному приложению. Приложение на ПК выполняет обратные операции: временную синхронизацию, дефрагментацию принятых пакетов (обратную сборку), направляет полученный входной поток на декодер, данные с выхода декодера поступают на оконечное устройство воспроизведения, которое воспринимает эти данные как один непрерывный аудиопоток.

Протокол обмена данными между ПК и модулем ZigBee эмулирует работу по COM-порту через UART (асинхронный приемо-передатчик). Данные передаются пакетами переменной длины.

Путем практических измерений было выяснено, что максимальная скорость передачи данных между модулями ZigBee зависит от размера радиопакета (см. диаграмму на рис. 3). По горизонтальной оси диаграммы отложен размер пакета в байтах, эти значения кратны 7 байтам, т.к. размер одного фрейма на выходе кодера составляет 7 байт. По вертикальной оси указан битрейт в кбит/с.

На практике удалось достигнуть максимальную скорость в 2,2 кбит/с. При дальнейшем увеличении размера радиопакета (42 байта и выше) происходят сбои в передаче данных, хотя согласно документации для модулей Texas Instruments размер пакета может быть до 128 байт. Измерения проводились в условиях максимальной близости модулей ZigBee, т.е. в зоне уверенного приема и при отсутствии воздействия внешних факторов (радиопомех, интерференции, теневых зон и т.д.). В связи с описанным ограничением по пропускной способности канала связи в качестве основного речевого кодека был выбран низкоскоростной вокодер OpenLPC, чей диапазон скоростей (1,4/1,8 кбит/с) удовлетворяет требования среды

передачи, однако качество речи невысокое. Улучшение качества речи предполагает соответственное увеличение скорости передачи данных, что возможно лишь при доступности более широкополосного канала радиосвязи.

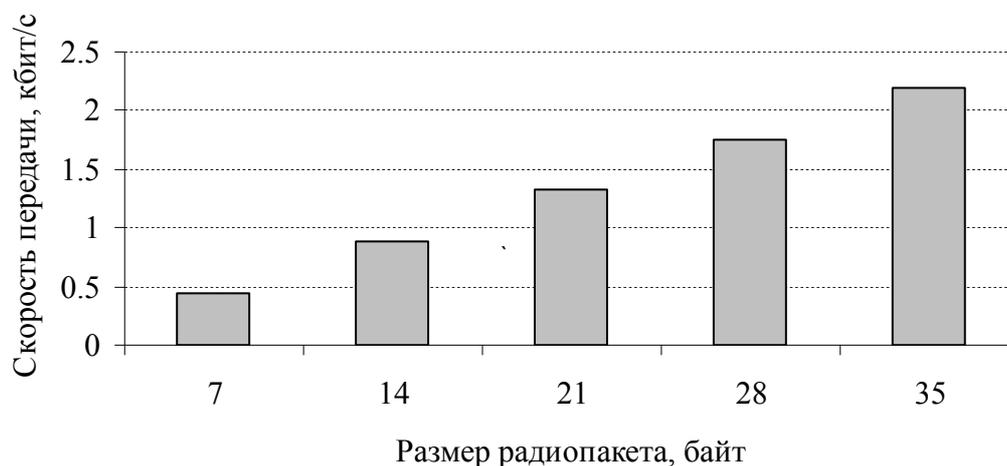


Рис. 3. Зависимость скорости передачи данных от размера радиопакета

Практическая реализация приложения речевой коммуникации для использования его совместно с модулями ZigBee и проведенные исследования характеристик его работы подтвердили реальную применимость сетей стандарта ZigBee для обмена голосовыми сообщениями. Наряду с основными функциями, для которых были предназначены БСС класса ZigBee (сбор и ретрансляция сенсорной информации с датчиков), они также способны транслировать мультимедийную нагрузку в виде сжатых речевых потоков.

Однако можно сделать следующие выводы о существенных ограничениях голосовой связи в таких сетях:

- 1) сравнительно низкое качество речи по сравнению с традиционными средствами доставки голосового контента, такими, как обычная проводная телефония, мобильная сотовая связь и т.д.;
- 2) наличие ограничений на возможность полноценной дуплексной связи, когда осуществляется ретрансляция голосовых потоков одновременно в обе стороны.
- 3) наличие ограничений по числу одновременно установленных соединений, в связи с очень низкой пропускной способностью сети;
- 4) существенные задержки при передаче речевого трафика, накладываемые характером взаимодействия узлов, а именно технологией обмена в ad-hoc сетях, основанной на multihop-маршрутизации.

Таким образом, область применения сетей стандарта ZigBee для передачи голосовых потоков является довольно специфической – например, можно использовать БСС как дешевое решение для цифровой интерком-связи в пределах нескольких помещений, для трансляции голосовых команд внутри мобильной группы исполнителей, для организации переговорных устройств (типа домофона) и т.п. То есть там, где невысоки требования к качеству речи и невысокие нагрузки на саму сеть, но существенным фактором является низкая стоимость, высокая автономность, простота и надежность эксплуатации.

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Список литературы

1. Brunelli L. B. D. Analysis of audio streaming capability of zigbee networks / L. B. D. Brunelli, M. Maggiorotti, F. L. Bellifemi // Wireless sensor networks: the 5th European conference, EWSN-2008 (Bologna, Italy, 2008). – 2008. – Vol. 4913.
2. CC2480 Interface Specification (from Texas Instruments documentation). – Code of document: SWRA175.
3. CC2480 Data Sheet (from Texas Instruments documentation). – Code of document: SWRS074.
4. Mangharam R. Voice over sensor networks / R. Mangharam, A. Rowe, R. Rajkumar, R. Suzuki // RTSS'06: Proceedings of the 27th IEEE International Real-Time Systems Symposium. IEEE Computer Society – 2006.
5. ZigBee Alliance (2006). ZigBee Specification 2006. – Режим доступа: <http://www.zigbee.org>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
6. Бождай А. С. Встраиваемая система идентификации по голосовым биометрическим показателям / А. С. Бождай, П. А. Гудков, А. А. Гудков // Открытое образование – 2011. – № 2 (85). – С. 181–184.

References

1. Brunelli L. B. D., Maggiorotti M., Bellifemi F. L. Analysis of audio streaming capability of zigbee networks. Wireless sensor networks: the 5th European conference, EWSN-2008 (Bologna, Italy, 2008), 2008, vol. 4913.
2. CC2480 Interface Specification (from Texas Instruments documentation). Code of document: SWRA175.
3. CC2480 Data Sheet (from Texas Instruments documentation). Code of document: SWRS074.
4. Mangharam R., Rowe A., Rajkumar R., Suzuki R. Voice over sensor networks. RTSS'06: Proceedings of the 27th IEEE International Real-Time Systems Symposium. IEEE Computer Society, 2006.
5. ZigBee Alliance (2006). ZigBee Specification 2006. Available at: <http://www.zigbee.org>.
6. Bozhday A. S. Vstraivaemay sistema identifikacii po golosovim biometricheskim pokazatelam [Built-in system of identification on voice biometric indicators]. *Otkrytoe obrazovanie* [Open Education], 2011, no. 2 (85), pp. 181–184.

УДК 621.341

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МГНОВЕННЫХ И ОЦЕНКА ОЖИДАЕМОЙ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТА В ЗОНЕ КОНТРОЛЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ОХРАНЫ

Воловач Владимир Иванович, кандидат технических наук

Поволжский государственный университет сервиса
445677, Россия, г. Тольятти, ГСП, ул. Гагарина, 4
E-mail: ssunrise@mail.ru

В статье показано, что обследование пространства в процессе обнаружения объекта может быть непрерывным во времени либо состоять из отдельных мгновенных актов; причем в большей части практически значимых случаев используется непрерывное обследование. В статье введено понятие и найдены мгновенные вероятности обнаружения объектов радиотехническими устройствами охраны для различных условий наблюдения. Названные характеристики являются статистическими. Условия наблюдения принято рассматривать как плохие, нормальные и хорошие.