

УДК 621.001.5+004.89.002.53

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Горюнова Т.И., Горюнова В.В.

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет»,  
Пенза, e-mail: gvv17@ya.ru

В статье рассматриваются вопросы использования систем комплексной безопасности в учреждениях здравоохранения с интегрированными подсистемами видеонаблюдения, контроля доступа и охранной сигнализации. Приведены теоретические аспекты применения беспроводных сенсорных сетей при реализации систем комплексной безопасности. Особое внимание уделяется методам и алгоритмам позиционирования в беспроводных сенсорных сетях для ЛПУ. Приведён пример применения системы позиционирования EkaHau, использующей для работы сеть стандарта IEEE 802.11. Даются практические рекомендации по созданию и применению программного обеспечения беспроводных сенсорных сетей на основе пакетов MATLAB&Simulink, а также ряд пакетов расширений (toolboxes) для MATLAB&Simulink, таких как Instrument Control Toolbox, MATLAB Coder, Simulink Coder, Embedded Coder и другие.

**Ключевые слова:** системы комплексной безопасности, беспроводные сенсорные сети, программное обеспечение, методы позиционирования, учреждения здравоохранения

## THE USE OF WIRELESS SENSOR NETWORKS FOR A PARTICULAR PURPOSE INTEGRATED SECURITY TO HOSPITALS

Goryunova T.I., Goryunova V.V.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: gvv17@ya.ru

In the article we have considered actual issues of the of integrated security systems in health care. Particular attention is paid to an integrated security system with integrated subsystems CCTV, access control and alarm systems. The theoretical aspects of wireless sensor networks in the implementation of integrated security systems. Practical recommendations for the creation and application software, wireless sensor networks based on packet MATLAB & Simulink. Deploying WST is more than simple, because MOTS are autonomous devices and cabling is not required. MOTS can be placed in a predetermined place or randomly distributed. The ability to self-organize nodes CST ensures the creation of a network, in the case of performance conditions only: cohesion. In the article we have given a practical recommendations for the development and use of wireless sensor networks software on the basis of MATLAB&Simulink, and a number of extensions package (toolbox) for MATLAB Simulink, such as the Instrument Control Toolbox, MATLAB Coder, Simulink Coder, Embedded Coder and others.

**Keywords:** integrated security system, wireless sensor networks, software, positioning methods, health care

Формирование качества медицинского обслуживания невозможно без наличия в ЛПУ медицинских информационных систем, интегрированных в систему электронного здравоохранения [5, 6, 8]. Это достигается внедрением в организацию работы ЛПУ электронного документооборота, с возможностью групповой работы над различными документами (электронной амбулаторной картой, электронной историей болезни и т.д.). Большое значение для медицинского учреждения имеет и эффективное использование компьютерной техники, входящей в телемедицинскую сеть [7, 9].

В отличие от офисных зданий и промышленных объектов, в больницах много сложных технических систем и дорогостоящего оборудования, а в большую часть здания доступ практически открыт. Кроме того, там находятся пациенты с ограниченной подвижностью, к исследованию состоя-

ния которых могут быть применены методы съема и обработки биоэлектрических сигналов (электрокардиограмм, электроэнцефалограмм и электромиограмм). Такое сочетание имеет ряд рисков, которые требуют комплексных мер безопасности [4].

Управление доступом в больницу может изменяться в зависимости от типа здания, его устройства и назначения помещений. Гардеробные, серверные помещения и важное техническое оборудование должны охраняться постоянно. Другие помещения имеют свободный доступ в дневное время, а в ночное время они доступны только авторизованным посетителям (с пропусками или смарт-картами). В другие зоны, в свою очередь, право доступа предоставляется только врачам и младшему медицинскому персоналу. Возможна взаимозависимость между различными дверями, например дверь может открываться только после того,

как другая закрывается. В целом доступ в любую зону может контролироваться в зависимости от времени, места и цели посещения.

Система комплексной безопасности в отделениях медицинских учреждений позволяет решать следующие задачи:

- охранное видеонаблюдение за территорией, входами и внутренними помещениями больницы, а также возможность видеонаблюдения за ходом проведения хирургических операций;

- архивирование тревожных событий, вызовов из палат, ведение журнала вызовов и создание видеoarхива, в том числе и из операционных;

- срочный вызов медицинского персонала к пациенту в больничную палату и контроль оперативности работы младшего медицинского персонала;

- разграничение доступа персонала и посетителей в помещения больницы, а также регистрация и учет посетителей и больных;

- автоматическое открытие въездных ворот для машин скорой помощи, регистрация времени въезда/выезда;

- пожарная охрана (охранная и пожарная сигнализация).

Управляющее программное обеспечение позволяет использовать систему контроля доступа как основу общей системы безопасности, включая видеонаблюдение. Управляющее программное обеспечение тегует видео (т.е. маркирует, сопровождает тегами); поэтому, когда двери открываются, к этому видео добавляется электронный индекс. Пользователи просто нажимают на это событие, и необходимость в многочасовом просмотре видеозаписей отпадает.

Прежде чем принять решение, по которому будет выстраиваться система безопасности больницы, необходимо провести всеобъемлющую оценку рисков. Для этого составляется список всех отделений и определяются уровни угроз в каждом из них; проводится опрос руководителей отделений, в ходе которого выясняются существующие и потенциальные угрозы. На следующем этапе планируются возможные меры защиты для каждого отделения [6]. После этого переходят к разработке генерального плана. Когда план будет готов, его проверяют в реальных условиях.

#### **Методы и системы позиционирования**

Существующие системы определения координат можно условно разделить на две группы: системы радиолокации и системы радионавигации. Различие между терминами заключается в назначении этих систем: термин «радиолокация» используется при

определении координат объекта системой, тогда как термин «радионавигация» используется в случае систем, предназначенных для помощи объекту в вопросе определения своих координат. В качестве примера использования радиолокации можно привести многочисленные радиолокационные системы военного назначения, в качестве примера использования радионавигации больше подходят системы гражданского назначения – системы навигации воздушных и морских судов, в частности наземные системы VOR (VHS Omnidirectional Ranging), спутниковые системы GPS (Global Positioning System), Galileo, ГЛОНАСС, Beidou (Compass).

Помимо приведенных выше в качестве примера специализированных систем, требующих дорогого оборудования и высокого энергопотребления, следует отметить появляющуюся в настоящий момент возможность определения координат в различных сетях связи (GSM, CDMA, WiMAX, WiFi) [7]. В зоне действия сети возможно определение месторасположения абонента на основе информации от находящихся рядом базовых станций (координаты которых фиксированы и известны). Для этого надо оценить расстояния до близлежащих стационарных передатчиков; при наличии измерений до трех (или более) базовых станций месторасположение абонента определяется как точка пересечения окружностей с известными радиусами вокруг точек с известными координатами. Этот способ применяется при отслеживании месторасположения абонента в сетях сотовой связи, основным ограничением является зона действия сети. Примером существующих систем определения координат является система RADAR, основанная на использовании сети WLAN. Система RADAR использует алгоритм ближайшего соседа и имеет среднюю ошибку измерения координат 2,94 метра [11]. Погрешность была уменьшена до 2,37 метра путем усовершенствования системы RADAR алгоритмом Viterbi [13].

Одна из самых лучших систем позиционирования на сегодняшний день является система EkaHau (EkaHau Positioning Engine – EPE) [12]. Система позиционирования EkaHau – это программное обеспечение реального времени, использующее для работы сеть стандарта IEEE 802.11. EPE предоставляет сведения о точном местоположении, статусе и присутствии для Wi-Fi меток, а также поддерживаемых Wi-Fi совместимых устройств. Возможности EPE включают точное определение места – закрепление Wi-Fi меток EkaHau на людях и различных объектах позволяет EPE со-

бирать данные о местоположении и статусе метки, создавать визуальную картину отслеживаемых предметов внутри ЛПУ. В дополнение к определению местоположения Wi-Fi меток EPE отслеживает устройства, оснащенные Wi-Fi адаптерами, такие как ноутбуки, смартфоны, сканеры и т.д. Оператор осуществляет полный контроль над системой и в любой момент может определить, какое количество меток зарегистрировано в системе, текущий статус и местоположение любой метки. Метки могут сообщать о событиях, например, когда объект начал движение или остановился, передавать сигнал оператору в случае нажатия кнопок на метке, а также сигнал тревоги.

#### **Разработка приложений для беспроводных сенсорных сетей (БСС)**

Беспроводная сенсорная сеть представляет собой совокупность миниатюрных вычислительных устройств, снабженных датчиками и способных к передаче данных по радиоканалам. Эти устройства называют «мотами» (от английского mote – «пылинка»). Важным элементом сети является базовая станция (или шлюз), на которую поступает вся собираемая датчиками информация. На базовой станции сенсорная информация проходит предварительную обработку и передается далее в корпоративную сеть для дальнейшего анализа и использования. Моты, образующие сеть, связаны между собой беспроводными радиоканалами. Выбор маршрутов коммуникации осуществляется динамически по алгоритмам, реализуемым протоколами связи. Передача сообщений по сети происходит поэтапно, от одного мота другому.

В некоторых случаях успешное использование системы позиционирования может потребовать предварительной инсталляции весьма значительного числа опорных узлов сети. В то же время технология ZigBee позволяет осуществлять беспроводное управление в домашних, офисных и промышленных помещениях. Соответственно, предполагается, что в ближайшем будущем во многих зданиях и сооружениях будет развернута сеть ZigBee как часть самой инфраструктуры здания.

В процессе сквозного проектирования адаптивных распределенных сенсорных сетей для медицинского применения, необходимым условием является сопровождение технически сложного проекта. Проект включает такие аспекты разработки, как создание последовательных алгоритмов с последующей их адаптацией для параллельного и распределенного выполнения, верификация полученных алгоритмов пу-

тем создания моделей, реализующих запуск алгоритмов на ряде тестовых случаев, моделирование работы адаптивной распределенной сенсорной сети на уровне пакетной передачи, переход к модели, учитывающей специфику медицинского применения цифровых систем (гальваническая изоляция точек обмена информацией, отсутствие или минимизация пропущенных значений), верификации модели, включающей алгоритм экстраполяции по известным значениям, модификация модели для частичной симуляции с физическим оборудованием и последующим переносом на реальное оборудование [4]. Для сопровождения подобного проекта требуется система, комплексно реализующая вышеуказанные аспекты.

В качестве такой системы авторам представляется адекватным использование MathWorks MATLAB&Simulink, а также ряд пакетов расширений (toolboxes) для MATLAB&Simulink, таких как Instrument Control Toolbox, MATLAB Coder, Simulink Coder, Embedded Coder и другие.

Алгоритмический аспект может быть смоделирован в MATLAB без применения дополнительных пакетов расширений, позволяя протестировать и визуализировать результаты вычислений. Для дальнейшего тестирования алгоритма в параллельном варианте необходим Parallel Computing Toolbox, позволяющий использовать до 12 ядер одновременно на одной физической машине (версия R2013b). Дальнейшее движение по данному вопросу приводит нас к необходимости использования решений, позволяющих реализовать кластерные вычисления, демонстрирующие линейный рост скорости вычислений при наращивании количества процессоров, а также необходимости интеграции в процесс моделирования технологии NVIDIA CUDA, предоставляющей ресурс массивного параллелизма в задачах фильтрации, вейвлет-преобразования, преобразования Фурье сигналов биологических объектов многомерного характера и т.п.

Модельный аспект характеризуется необходимостью автоматизированного синтеза моделей передачи информации на пакетном уровне, учитывающих специфику медицинского применения. Для создания таких моделей возможно использовать Simulink StateFlow диаграммы, а также SimEvents – расширения блоков Simulink, в целом позволяющие смоделировать сложную систему в терминах системы массового обслуживания (СМО) [1]. Дополнительная сложность возникает при необходимости синтеза моделей в автоматизированном режиме при моделировании большой системы

(более 1000 элементов). При этом возможно использовать API MATLAB&Simulink для реализации синтезатора модели по входным требованиям, включающим такие ограничения, как количество параметров мониторинга и контроля объекта, наличие или отсутствие у узлов адаптивной распределенной сенсорной сети медицинского назначения географической привязки, специализированных тегов и т.п.

Поскольку модельный эксперимент обладает определенной долей приближения к реальному объекту, то необходимо протестировать полученные модельные выкладки на реальном оборудовании в режиме косимуляции и/или PIL-тестирования. Решение подобной задачи возможно при использовании ряда пакетов расширения MATLAB&Simulink, а также использование так называемой буферной и целевой аппаратной платформы Arduino и сенсорной платформы на базе технологий Nordic Semiconductor соответственно. Метаданные для модельного эксперимента могут быть получены приборами Agilent, Rigol [3].

#### Заключение

Таким образом, в рамках системы MATLAB&Simulink возможна реализация и сопровождение технически сложных проектов, таких как сквозной синтез адаптивных распределенных сенсорных сетей медицинского применения, что отличает данный подход целостностью и однородностью базы разработки и языка общения специалистов, что позволило запустить процесс синтеза вышеуказанной системы с использованием модельно-ориентированного подхода.

#### Список литературы

1. Володин К.И., Применение модельно-ориентированного подхода при сквозном проектировании адаптивных распределенных сенсорных сетей // Инновационные технологии в экономике, информатике и медицине. VIII Межрегиональная научно-практическая конференция студентов и аспирантов. Сборник статей. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. акад., 2011. – С. 266–268.
2. Володин К.И., Горюнова В.В., Горюнова Т.И. Разработка программного обеспечения беспроводных сенсорных сетей для решения задач комплексной безопасности в учреждениях здравоохранения // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 5–1. – С. 37–40.
3. Володин К.И., Переходов А.И., Имитационные модели устройства сопряжения модельного и натурального эксперимента в рамках концепции синтеза адаптивных распределенных сенсорных сетей // Современные информационные технологии: труды международной научно-технической конференции. – Пенза: ПГТА, 2013.
4. Горюнова В.В., Володин К.И. Автоматизированное проектирование процессов технического обслуживания и диагностики // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2009. – Т. 98. – № 9. – С. 64–67.
5. Горюнова В.В., Горюнова Т.И., Жилиев П.С. Особенности реализации региональных центров телемедицины // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–11. – С. 2355–2359.
6. Горюнова В.В., Горюнова Т.И., Жилиев П.С. Многоуровневые структуры интегрированных медицинских систем // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5–1. – С. 122–122.
7. Горюнова В.В., Горюнова Т.И., Кухтевич И.И. Практика проектирования и использования телеконсультационных центров неврологического профиля // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–11. – С. 2365–2369.
8. Горюнова В.В., Горюнова Т.И., Кухтевич И.И. Основные тенденции в развитии медицинских информационных систем // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 5–1. – С. 58–62.
9. Жилиев П.С., Горюнова Т.И. Организация телемедицинской системы Пензенской области // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5–1. – С. 127–127.
10. Bahl P, Padmanabhan V.N. RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system. Proceedings of the 19th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, 784 p.
11. Bahl P, Padmanabhan V.N., Balachandran A. Enhancements to the RADAR User Location and Tracking System. – Microsoft Research: Redmond, WA, 2000. – 784 p.
12. Ekahau Ekahau positioning engine 2.0; 802.11 based wireless LAN positioning system. An Ekahau Technology Document, November 2002, 123 p.
13. Veljo Otsason, Alex Varshavsky, Anthony LaMarca, and Eyal de Lara, Accurate GSM Indoor Localization. Ubicomp 2005. – 158 p.