

УДК 621.001.5+004.89.002.53

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Володин К.И., Горюнова В.В., Горюнова Т.И.

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

В статье рассматриваются вопросы использования систем комплексной безопасности в учреждениях здравоохранения. Особое внимание уделяется комплексным системам безопасности с интегрированными подсистемами видеонаблюдения, контроля доступа и охранной сигнализации. Приведены теоретические аспекты применения беспроводных сенсорных сетей при реализации систем комплексной безопасности. Развертывание БСС осуществляется предельно просто, поскольку моты являются автономными устройствами и прокладки кабелей не требуется. Моты могут быть помещены в заранее определенные места или распределены случайным образом. Способность узлов БСС к самоорганизации гарантирует создание сети в случае выполнения единственного условия: связности. 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, учреждения здравоохранения

THE DEVELOPMENT OF WIRELESS SENSOR NETWORKS SOFTWARE FOR SOLVING PROBLEMS OF COMPLEX SAFETY IN HEALTH CARE

Volodin K.I., Goryunova V.V., Goryunova T.I.

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, health care

Растущий спрос на медицинские услуги, бюджетные ограничения, а также конкретные требования безопасности усложняют функционирование больниц. В тех случаях, когда сложные процессы в больнице оптимально взаимодействуют с её технической инфраструктурой, больница становится экономически выгодным предприятием, а пациенты и персонал получают больше безопасности и комфорта. Большие больницы, как правило, состоят из нескольких зданий, куда приходят большое число людей с разными целями. В отличие от офисных зданий и промышленных объектов, в больницах много сложных технических систем и дорогостоящего оборудования. Кроме того, там находятся пациенты с ограниченной подвижностью, а в большую часть здания доступ практически открыт. Такое сочетание имеет ряд рисков, которые требуют комплексных мер безопасности.

Система комплексной безопасности в отделениях медицинских учреждений

Комплексная система 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 видеоархива, 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).

Большим спросом в учреждениях здравоохранения пользуются комплексные системы безопасности с интегрированными подсистемами видеонаблюдения, контроля доступа и охранной сигнализации. Для функционирования больницы крайне необходимы многие периферийные системы – слежения за пациентами, защиты младенцев от похищения, системы пожаротушения и жизнеобеспечения. Управляющее программное обеспечение позволяет использовать систему контроля доступа как основу общей системы безопасности, включая видеонаблюдение. Управляющее программное обеспечение тегированное 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 определяется уровень 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. После этого переходят к разработке генерального плана. Когда план будет готов, его проверяют в реальных условиях. При этом типичными уязвимыми зонами являются следующие:

1. Помещение кассы: любая комната, где хранят и считают наличные, должна быть постоянно заперта.

2. Администрация и отдел кадров: все личные дела персонала и медицинские карты пациентов хранятся здесь.

3. Аптека: все тележки и шкафы с лекарственными препаратами вне аптек должны быть на одной ключевой системе. Охранная сигнализация, контроль доступа.

4. Психиатрическое отделение: здесь находятся медицинские карты, содержащие сверхконфиденциальную информацию, часто связанную с уголовными делами, а также рецептурные лекарства.

5. Отделение для новорожденных: Необходимы система видеонаблюдения и пост охраны. Применение технологии RFID для защиты новорожденных от подмены и похищений.

6. Травматологическое отделение, отделение экстренной помощи: могут стать местом бандитских разборок и семейных конфликтов. Рекомендуются CCTV и охрана VIP-пациентов.

7. Гериатрическое отделение (устройства для обнаружения местоположения пациентов, CCTV).

8. Операционные (контроль доступа, тревожная сигнализация, CCTV).

9. Лаборатория (контроль доступа, тревожная сигнализация, CCTV).

10. Морг (контроль доступа, охранная сигнализация, CCTV).

11. Инструментальный склад.

12. Требуют внимания такие места, как автостоянка (освещение, контроль доступа, CCTV на лестницах, тревожная сигнализация), пищеблок (тревожная сигнализация), торговые киоски (охранная сигнализация), дебаркадеры (CCTV, патрулирование), помещения для хранения биологически опасных отходов (CCTV, контроль доступа).

Управление доступом в больнице 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 закроется. В целом доступ в любую зону может контролироваться в зависимости от времени, места и цели посещения.

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 называются «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. Развертывание БСС осуществляется предельно просто, поскольку моты являются автономными устройствами и прокладки кабелей не требуется. Моты могут быть помещены в заранее определенные места или распределены случайным образом. Способность узлов БСС к самоорганизации гарантирует создание сети в случае выполнения единственного условия: связности. При этом количество узлов в сети может достигать нескольких тысяч.

Механизм самоорганизации, делающий таким простым развертывание БСС, также обеспечивает ее самовосстановление. Если какой-либо из узлов выходит из строя, сеть автоматически перенастраивается, чтобы компенсировать его отсутствие.

Однако БСС имеют ряд принципиальных ограничений: способность беспроводного канала, чувствительность к помехам, сложность организации коммуникаций при высокой плотности узлов, небольшой запас энергии и невысокая вычислительная мощность мотов.

Таким образом, выделяются следующие основные характеристики БСС: надежность и скорость передачи данных, длительность работы, качество мониторинга и безопасность.

На основе проведенных исследований можно выделить основные особенности БСС, учет которых необходим при создании программных приложений:

- Архитектура сенсорных узлов. Моты состоят из нескольких компонентов, в число которых обязательно входят процессор и передатчик; кроме того, обычно присутствуют датчики, память, батарея. Таким образом, состав компонентов мота может различаться для разных устройств даже в рамках одной сети (гетерогенная сеть).

- Работа в реальном времени. В большинстве приложений беспроводные сенсорные сети работают в режиме реального времени, то есть передают информацию по мере ее поступления, отвечают на посылаемые запросы, обмениваются технологическими сообщениями.

- Обмен сообщениями. Основной функцией БСС, наряду со сбором информации об окружающей среде, является ее передача. Механизмы обмена сообщениями критически важны для БСС.

- Режимы функционирования. Из-за необходимости экономии энергии моты должны функционировать в различных режимах, предусматривающих различные схемы питания их компонентов. Таких режимов у одного устройства может быть несколько.

- Работа на основе событий. В работе БСС важную роль играют события, то есть

изменения, происходящие в окружающей среде или в самом устройстве, на которые должна следовать определенная реакция.

- Псевдопараллелизм. В связи с ориентацией на обработку событий моты работают по принципу псевдопараллелизма: в составе управляющей программы выделяются задачи, которые выполняются единственным процессором последовательно, однако их выполнение может прерываться обработкой событий.

- Различные уровни абстракции. Различные платформы предоставляют конечному пользователю различные возможности для настройки сети на конкретное приложение.

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 путем 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 косимуляции с физическим оборудованием и последующим переносом на реальное оборудование [1, 2, 3, 4, 5]. 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). 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.

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., Интеллектуальная информационная система удаленных измерений для сбора и анализа метаданных о работе беспроводных сенсорных сетей // Тезисы XII Всероссийского симпозиума по прикладной и промышленной математике (осенняя открытая сессия) (Сочи – Adler, 1–8 октября 2011 г.)
2. 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. техн. акад., 2011. – 266 с.
3. Володин К.И., Переходов А.И., Разработка макета поведенческой модели устройства сопряжения модельного и натурального экспериментов в рамках синтеза адаптивных распределенных сенсорных сетей // Современные информационные технологии: труды международной научно-технической конференции. – Пенза: ПГТА, 2012.
4. Володин К.И., Переходов А.И., Имитационные модели устройства сопряжения модельного и натурального экспериментов в рамках концепции синтеза адаптивных распределенных сенсорных сетей // Современные информационные технологии: труды международной научно-технической конференции. – Пенза: ПГТА, 2013.
5. 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.

References

1. Volodin K.I., Intellektualnaya informacionnaya sistema udalennykh izmerenij dlya sbora i analiza metainformacii o rabote besprovodnykh sensornykh setej // Tezisy XII Vserossijskogo simpoziuma po prikladnoj i promyshlennoj matematike (osennaya otkrytaya sessiya)(Sochi Adler, 1 8 oktyabrya 2011 g.)
2. Volodin K.I., Primenenie modelno-orientirovannogo podxoda pri skvoznom proektirovanii adaptivnykh raspredelennykh sensornykh setej // Innovacionnye tehnologii v ekonomike, informatike i medicine. VIII Mezhhregionalnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya studentov i aspirantov. Sbornik statej. Penza: Izd-vo Penz. gos. texnol. akad., 2011. 266 p.
3. Volodin K.I., Perexodov A.I., Razrabotka maketa povedencheskoj modeli ustrojstva sopryazheniya modelnogo i naturalnogo eksperimentov v ramkax sinteza adaptivnykh raspredelennykh sensornykh setej // Sovremennye informacionnye tehnologii: Trudy mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii. Penza: PGTA, 2012.
4. Volodin K.I., Perexodov A.I., Imitacionnye modeli ustrojstva sopryazheniya modelnogo i naturalnogo eksperimentov v ramkax koncepcii sinteza adaptivnykh raspredelennykh sensornykh setej // Sovremennye informacionnye tehnologii: Trudy mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii. Penza: PGTA, 2013.
5. Goryunova V.V., Volodin K.I., Avtomatizirovannoe proektirovanie processov texnicheskogo obsluzhivaniya i diagnostiki // Izvestiya Yuzhnogo federalnogo universiteta. Texnicheskie nauki. 2009. T. 98. no. 9. pp. 64.

Рецензенты:

Костников Ю.Н., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Информационно-вычислительные системы», Пензенский государственный университет, г. Пенза;

Михеев М.Ю., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Информационные технологии и системы», ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза.