

УДК 621.8

Проблемы использования беспроводных сетей датчиков для мониторинга промышленных объектов

Мохсен М.Н., Богуславский И.В.

В статье рассматриваются распространенные в настоящее время технологии построения беспроводных сенсорных сетей, устанавливаются проблемы, связанные с их построением и применением, как в общем случае, так и применительно к конкретной предметной области – мониторингу промышленных объектов. Обосновывается актуальность задачи. Производится классификация основных проблем, затрагивающих построение и функционирование таких сетей, рассматривается подверженность таким проблемам распространенных технологий. Даются выводы, касающиеся применимости таких технологий на промышленных объектах. Также в этой статье описывается реализация решений в виде компьютерной программы. Результаты компьютерного моделирования дают выводы относительно применимости технологии на практике и здесь мы сравниваем между беспроводными датчиками для того, чтобы выбрать лучший и более эффективный способ компьютерного моделирования.

Ключевые слова: беспроводные сети датчиков, беспроводные сенсорные сети, мониторинг промышленных объектов, безопасность, контроль показателей оборудования.

Problems using wireless sensor networks for monitoring industrial facilities

Mohsen M.N.M., Boguslavskiy I.V.

This article discusses common technology to build wireless sensor networks, set the problems associated with their construction and use, in general, and in relation to a particular subject area - monitoring of industrial facilities. The urgency of the problem. Classify the main problems affecting the construction and operation of such networks is considered exposure to the problems of common technology. We give conclusions regarding the applicability of the technology at industrial sites. And in This article describes an implementation of solutions in the form of a computer program. Results of computer simulations give conclusions regarding the applicability of the technology in practice and here we compare between the wireless sensors to choose the best and more effective one through computer simulation.

Keywords: wireless sensor networks, monitoring of industrial facilities, security, control equipment performance.

Введение

Универсальность и удобство использования беспроводных сетей датчиков, или беспроводных сенсорных сетей (далее БСС), обусловили высокий интерес к ним со стороны исследователей по всему миру. Отметим работы, которые исследуют практические аспекты внедрения БСС в тех или иных областях жизнедеятельности человека.

Вопросы применения БСС в системах промышленной автоматики рассмотрены в работе [1].

Цель работы – определение основных проблем, которые возникают при использовании

беспроводных сенсорных сетей (БСС) и методы для их решения. А также сравнение между БСС для обеспечения снижения энергопотребления.

Классификация проблем

Актуальные проблемы использования БСС можно разбить на следующие группы:

1. Безопасность сети и передаваемых данных.
2. Эффективная передача данных.
3. Ресурсоэффективность встраиваемого программного обеспечения.
4. Автономность питания узлов сети.
5. Совместимость оборудования.

Вопросы безопасности БСС можно условно разделить на а) относящиеся к безопасности передаваемых данных и б) обеспечение устойчивого функционирования сети и энергобезопасности.

Автономное питание является одновременно и одним из основных преимуществ БСС, и существенной проблемой. Следствием ее является необходимость в регулярной замене элементов питания. Отчасти эта проблема решается с помощью подхода energy harvesting – преобразование энергии побочных механических, тепловых или электромагнитных воздействий в электрический ток для питания устройства. Широкое применение методов Energy Harvesting является отличительной чертой устройств, разрабатываемых под товарным знаком Enocean.

В контексте разработки систем для мониторинга промышленных объектов автономное питание узлов сенсорной сети, с одной стороны, является серьезной проблемой, так как множество специальных датчиков (таких, как некоторые газоанализаторы) отличаются высоким энергопотреблением. С другой стороны, Energy Harvesting в производственных условиях потенциально может применяться с высоким успехом, учитывая высокий уровень электромагнитных и тепловых шумов, вибраций, производимых промышленным оборудованием. Возможность использования преобразователей вибрации в электрический ток для питания узла сенсорной сети показана, например, в статье [3].

Стоит отметить, что вопрос энергобезопасности сети требует наблюдения за текущим состоянием питания всех узлов сети с обязательным учетом маршрутов прохождения данных и физического расположения узлов. Последнее требуется для поддержания постоянной доступности всех узлов сети. Данная проблема исследуется, в том числе, в работе [4].

Исследование распространенных технологий

Как правило, с каждым стандартом связана одна или несколько организаций, в функции которых входит:

- 1) финансирование разработки и продвижения стандарта,
- 2) создание и утверждение спецификаций,
- 3) сертификация устройств и ПО на соответствие стандартам и другое.

Ими же ставятся условия, на которых лицензируется использование технологии в каком-либо приложении.

Под стеком протоколов понимается набор программного обеспечения, достаточного для функционирования устройства в составе сети, построенной по соответствующему стандарту. Важными его параметрами являются:

- 1) размер (от него зависит объем требуемой постоянной и оперативной памяти, а также, частично, объем потребляемых вычислительных ресурсов),
- 2) условия распространения (бесплатный, ограниченный, платный),
- 3) открытость (доступность исходного кода для просмотра и изменения).

Последний параметр важен, среди прочего, потому, что открытость исходного кода позволяет произвести его аудит, а также модификации для применения в специфических приложениях и оптимизации.

Следует учитывать, что в некоторых сетях предусмотрено наличие узлов с различной функциональностью (только считывание информации с датчиков и передача по сети; маршрутизация пакетов; стыковка с ПК или другими сетями и т.д.), обусловленное, в том числе, применяемой топологией или вообще особенностями стандарта. Соответственно, размер стека протоколов для узлов с различными ролями может отличаться.

В различных странах применение той или иной технологии для организации сети может

быть ограничено в силу особых правил регулирования использования радиочастот в этих странах. Это следует учитывать при выборе технологии для использования в решении, для которого предполагается экспорт в другие страны. Некоторые распространенные протоколы (например, ZigBee) включают поддержку различных диапазонов частот, что избавляет от необходимости вносить модификации в программное обеспечение. Однако, сами устройства – узлы сети – как правило, собираются на определенной элементной базе и привязаны к конкретному варианту стандарта.

В таблице 1 приводится сравнение распространенных технологий для построения беспроводных сетей датчиков по указанным выше характеристикам.

Отметим, что в таблице не отражены показатели энергопотребления, мощности передатчиков и дальности передачи данных, так как они определяются конкретным аппаратным решением. Рассмотрение и сравнение технических характеристик современных микросхем, применяющихся в узлах беспроводных сетей рассмотренных здесь стандартов, можно найти в работах [9], [10]. Более подробное сравнение отдельных рассмотренных здесь технологий можно найти в работах [10].

Заключение

В статье были рассмотрены основные проблемы, возникающие при проектировании и практическом применении беспроводных сетей датчиков для мониторинга состояния промышленных объектов. На основании рассмотренных проблем можно сформулировать следующие основные требования, которые предъявляются к сетям с подобным назначением:

1. Контроль достоверности получаемых из сети данных.
2. Работа с датчиками с относительно высоким уровнем энергопотребления.
3. Поддержка распределенной пространственной структуры сети.

На основании произведенного анализа можно заключить, что наиболее распространенные современные технологии для построения беспроводных сетей датчиков, рассмотренные в данной статье, не полностью соответствуют указанным требованиям, что следует учитывать при их практическом применении при разработке систем мониторинга промышленных объектов.

Литература

1. Вишневский В., Гайкович Г. Беспроводные сенсорные сети в системах промышленной автоматизации // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес, 2008, № 1. – С. 106–110.
2. Мочалов В.А. Метод синтеза отказоустойчивой структуры сенсорной сети при наличии ограничений по размещению узлов сети в разнородном пространстве // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт, 2012, № 10. – С. 71–75.
3. Уитакер М., Бочарников И. Energy Harvesting. Новый этап в развитии автономных устройств // Компоненты и технологии, 2010, № 8. – С. 146–169.
4. Восков Л.С., Комаров М.М. Метод энергетической балансировки беспроводной стационарной сенсорной сети с автономными источниками питания // Информационные системы и технологии в бизнесе, 2012, Т. 19, № 1. – С. 70–75.
5. Киреев А.О., Светлов А.В. Распределенная система энергетического мониторинга беспроводных сенсорных сетей // Известия ЮФУ. Технические науки, 2011, Т. 118, № 5. – С. 60–65.
6. Formazier H., Martin A., Messner S. Wireless Communication: Wi-Fi, Bluetooth, IEEE 802.15.4, DASH7 [Электронный ресурс] // URL: [http:// rose.eu.org/2012/wp-content/uploads/2012/03/Wireless-communication.pdf](http://rose.eu.org/2012/wp-content/uploads/2012/03/Wireless-communication.pdf) (дата обращения: 20.07.2013).
7. Верхулевский К., Шаропин Ю. Открытый стандарт беспроводной сети ONE-NET и аппаратные решения на его основе. Часть 2 // Современная электроника, 2008, № 9. – С. 22–25.
8. Microchip ZigBee Protocol Connectivity Solutions [Электронный ресурс] // URL: http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=2113¶m=en520414 (дата обращения: 20.07.2013).

Таблица 1. Сравнение технологий беспроводных сетей датчиков

Название	Текущая версия	Стандарт передачи данных	Разработчик	Стек протоколов (размер/открытость)	Диапазон частот	Предельная скорость передачи пакета	Поддерживаемые топологии	Особенности
ZigBee	ZigBee 2007	IEEE 802.15.4 – Уровни OSI 1-2	ZigBee Alliance	40-100 Кб бесплатный для некоммерческого использования, открытый	2,4 ГГц 868,42 МГц 869,0 МГц и другие	250 Кбит/с	звезда, дерево, ячеистая	
Z-Wave	5 поколение (2013)	ITU-T G.9959	Sigma Designs	закрытый; в некоторых реализациях - open source	868,42 МГц 869,0 МГц 908,42 МГц и другие	100 Кбит/с	ячеистая	
WirelessHART	2010	IEEE 802.15.4 (OSI 1,2) IEC/PAS 62591	HART Communications Foundation	закрытый	2,4 ГГц	производитель не заявлен	ячеистая, звезда	
MiWi	2008	IEEE 802.15.4 (OSI 1,2)	Microchip	3-17 Кб бесплатный, закрытый, использование только с контроллерами производства Microchip	2,4 ГГц 433,92 МГц 868 МГц 915 МГц	производитель не заявлен	звезда, одноранговая	
EnOcean	2012	ISO/IEC 14543-3-10 (OSI 1-3)	EnOcean GmbH	закрытый	868 МГц	125 Кбит/с	одноранговая / ячеистая	Много разрабатываемых устройств используют Energy Harvesting
One-Net	2.3.1 (2012)	Не зарегистрирован	ONE-NET open source initiative	16 Кб бесплатный, открытый, свободный	868 МГц	230 Кбит/с	одноранговая, звезда, ячеистая	
DASH7	DASH7 Mode 2 (2010)	ISO 18000-7 (OSI 1-2)	DASH7 Alliance	16 Кб бесплатный, открытый	433,92 МГц	200 Кбит/с	ячеистая	
NanoNet			Nanontron Technologies GmbH					
Bluetooth low energy technology	4.0 (2010)	IEEE 802.15.1	Bluetooth SIG	100 Кб платный, закрытый	2,4 ГГц 902 МГц 868 МГц	1 Мбит/с	одноранговая, звезда	

9. *Артюшенко В.М., Корчагин В.А.* Анализ беспроводных технологий обмена данными в системах автоматизации жизнеобеспечения производственных и офисных помещений // *Электротехнические и информационные комплексы и системы*, 2010, Т. 6, № 2. – С. 18–24.

10. *Леонов А.* Модули ZigBee сокращают разработку ZigBee-совместимых продуктов вдвое // *Беспроводные технологии*, 2007, № 1. – С. 14–16.

References

1. *Vishnevsky V., Gaykovich G.* Besprovodnye sensornye seti v sistemah promyshlennoj avtomatiki [Wireless sensor networks in industrial automation systems] // *Jelektronika: Nauka, Tehnologija, Biznes* [Electronics: Science, Technology, Business], 2008, № 1. – P. 106–110.

2. *Mochalov V.A* Metod sinteza otkazoustojchivoj struktury sensornoj seti pri nalichii ogranichenij po razmeshheniju uzlov seti v raznorodnom prostranstve [Method of synthesis of fault-tolerant sensor network structure with constraints on placement of network nodes in heterogeneous space] // *T-Comm: Telekomunikacii i transport* [T-Comm: Telecommunications and Transportation], 2012, № 10. – P. 71–75.

3. *Whitaker M., Bocharnikov I.* Energy Harvesting. Novyj jetap v razvitii avtonomnyh ustrojstv [Energy Harvesting. A new stage in the development of autonomous devices] // *Komponenty i tehnologii* [Components and Technologies], 2010, № 8. – P. 146–169.

4. *Veskov L.S, Komarov M.M* Metod jenergeticheskoj balansirovki besprovodnoj stacionarnoj sensornoj seti s avtonomnymi istochnikami pitaniya [The method of energy balancing fixed wireless sensor network with independent power sources] // *Informacionnye sistemy i tehnologii v biznese* [Information

Systems and Technology business], 2012, vol. 19, № 1. – P. 70–75.

5. *Kireev A.A., Svetlov A.V.* Raspredelelnaja sistema jenergeticheskogo monitoringa besprovodnyh sensornyh setej [Distributed system energy monitoring of wireless sensor networks] // *Izvestija JuFU. Tehniceskie nauki* [Proceedings of the SFU. Engineering], 2011, vol. 118, № 5. – P. 60–65.

6. *Formazier H., Martin A., Messner S.* Wireless Communication: Wi-Fi, Bluetooth, IEEE 802.15.4, DASH7 [electronic resource] // URL: <http://rose.eu.org/2012/wp-content/uploads/2012/03/Wireless-communication.pdf>.

7. *Verhulevskiy K., Sharopin Y.* Otkrytyj standart besprovodnoj seti ONE-NET i apparatnye reshenija na ego osnove. Chast' 2 [Open standard wireless network ONE-NET and hardware solutions based on it. Part 2] // *Sovremennaja jelektronika* [Modern electronics], 2008, № 9. – P. 22–25.

8. *Microchip ZigBee Protocol Connectivity Solutions* [electronic resource] URL: http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGENodeId=2113¶m=en520414.

9. *Artyushenko V.M., Korgaknin V.A.* Analiz besprovodnyh tehnologij obmena dannymi v sistemah avtomatizacii zhizneobespechenija proizvodstvennyh i ofisnyh pomeshhenij [Analysis of wireless data exchange in automation systems life support industrial and office space] // *Jelektrotehniceskie i informacionnye komplekсы i sistemy* [Electrical and information systems and systems], 2010, vol. 6, № 2. – P. 18–24.

10. *Leonov A.* Moduli ZigBee sokrashhajut razrabotku ZigBee-sovmestimyh produktov vdvoe [ZigBee modules reduce development ZigBee-compliant products twice] // *Besprovodnye tehnologii* [Wireless], 2007, № 1. – P. 14–16.

Статья поступила в редакцию 16 февраля 2014 г.

Мохсен Мохаммед Неама Мохсен – Аспирант ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет», г. Багдад, Ирак. E-mail: Mohammed.naima@gmail.com

Богуславский Игорь Владимирович – доктор технических наук, ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия. E-mail: biv63@mail.ru

Moshen Mohammed Neama Moshen – Graduate student, Don State Technical University, Baghdad, Iraq. E-mail: Mohammed.naima@gmail.com

Boguslavskiy Igor Vladimirovich – Professor, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia. E-mail: biv63@mail.ru