

## МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

© 2019 П. И. Русанов, А. Г. Юрочкин

*Воронежский институт высоких технологий (Воронеж, Россия)  
Российская академия народного хозяйства и государственной службы  
при Президенте Российской Федерации (Воронеж, Россия)*

*В настоящее время можно говорить о беспроводных сенсорных сетях (БСС), как о перспективных технологиях. Их используют для самых разных отраслей, которые обеспечивают жизнедеятельность людей, безопасность их работы. В статье продемонстрировано, какие могут быть характеристики при проектировании БСС. БСС будут все большим образом распространяться вследствие того, что производство становится с каждым днем все сложнее. Следует обращать внимание на вопросы тестирования БСС.*

*Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети, моделирование.*

Беспроводные сенсорные сети (БСС) ежегодно все активнее проникают во все отрасли промышленности и сферы деятельности человека [1, 2].

В настоящее время они широко используются не только для сбора и обработки данных и управления промышленными объектами, но и в обычном быту в виде Интернета вещей (Internet of Things).

Беспроводная сенсорная сеть (БСС) уже перестала быть только объектом научных исследований и превращается в массовый продукт, который выпускают многие производители [3, 4].

Именно это обусловило появление многих промышленных стандартов, разрабатываемых различными международными организациями, например, Международной организацией по стандартизации (ISO), Институтом инженеров электротехники и электроники (IEEE), Инженерной советом Интернета (IETF) и Международным союзом электросвязи (ITU).

Результатом работы ведущих в области стандартизации организаций стало семейство стандартов IEEE 802.15.4, которые определяют особенности построения сетей с высокой пропускной способностью.

Самоорганизация характерна для БСС. При этом есть требования по структуре построения БСС [5, 6]. Внутри заданного пространства располагаются сенсорные узлы.

На их базе можно решать широкий круг практических задач.

Существующие и проектируемые БСС различаются как областями применения, так используемыми техническими решениями.

Тем не менее, можно выделить основные параметры, которые характерны для большинства беспроводных систем [7, 8].

Типичная БСС состоит из большого количества простых устройств или, другими словами, узлов для сбора информации и нескольких более сложных устройств, которые еще называют координаторами, для обработки информации и управления сетью [9, 10].

Каждый узел осуществляет периодические измерения, первичную обработку информации и передачу этих данных к координатору.

В координаторе данные обрабатываются и хранятся, а при необходимости передаются на более высокий уровень или в другую систему.

Узлы могут передавать измеренную информацию не только напрямую координатору, но при необходимости и через другие промежуточные узлы.

Типичные сценарии использования БСС накладывают определенные ограничения на структуру и функционирование узлов.

В частности, узлы должны быть компактными, довольно дешевыми и иметь достаточно долгое время автономной работы.

Соответственно, узлы имеют энергетические и вычислительные ограничения, следует учитывать при разработке БСС.

---

Русанов Петр Игоревич – Воронежский институт высоких технологий, студент, russannnov2350@yanfex.ru.  
Юрочкин Анатолий Геннадьевич – Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, д. т. н., профессор, yuroch89udnncalexf@yanfex.ru.

Координаторы выполняют отличные от узлов функции и, поэтому, часто обладают мощными процессорами, большими объемами памяти и лучшими источниками автономного питания.

Следует заметить, что специфика БСС предусматривает возможность передачи данных от узла к координатору через один или более промежуточных узлов.

При этом надежность в передаче данных достигается не за счет установки надежного радиоканала, а за счет подтверждения приема каждого переданного пакета. Именно поэтому, для беспроводных сенсорных сетей важна разработка необходимых протоколов сетевой маршрутизации.

БСС уже развиваются в течение ряда лет. Но при этом нельзя говорить о завершенности в их развитии. Их концепция, это надо признать, сформирована пока неполным образом. Также не реализованы на практике аппаратно-программные решения.

Разработчики на практике ориентируются на то, какие прикладные задачи необходимо решать [11, 12].

Это определяет требования по реализации БСС.

В настоящее время моделирование и проектирование беспроводных сенсорных сетей является весьма актуальной темой для исследований во всем мире.

Следует указать, что, при наличии семейства стандартов, многие аспекты работы и построения БСС не стандартизованы.

Проведение натурных испытаний даже небольшой части БСС является сравнительно сложным и в большинстве случаев дорогим процессом.

Кроме того, нельзя предусмотреть и обеспечить стабильность работы всего участка сети при натурном эксперименте, поскольку невозможно учесть все факторы и изолировать их друг от друга.

При моделировании протоколы, схемы, топологии и даже идеи могут быть оценены в больших масштабах достаточно быстро и дешево.

Из-за сложности и длительности настройки БСС широкое применение получили различные системы имитационного моделирования сетей, которые позволяют пользователям изолировать различные факторы с помощью настройки параметров.

Моделирование БСС - это замена оригинала некоторым объектом, который позволяет изучать характеристики оригинала с определенным приближением к реальности.

В существующих условиях можно указать несколько программных средств, которые позволяют моделировать беспроводные сенсорные сети с учетом многих факторов.

Наиболее известны Anylogic, TOSSIM, OPNET Modeler, Нетворк Simulator (NS, NS-2, NS-3), GloMoSim, Worldsens, NetSim, OMNeT ++, Castalia. Среди указанных программных инструментов есть как платные, так и бесплатные варианты.

Кроме инструментов для моделирования сети следует отметить также средства для моделирования распространения радиосигналов, например, EDX Signal pro, Винпроп (AWE) и CINDOOR.

Вывод. Перед созданием и внедрением такой сложной системы, как БСС, целесообразно провести ее моделирование в различных режимах работы и оценить основные параметры, например, потери пакетов данных при передаче вследствие препятствий и помех, энергопотребление измерительных узлов и координатора, время самоорганизации сети, диаграммы видимости и др.

Вывод. В статье приведен перечень как коммерческих, так и бесплатных систем моделирования беспроводных сетей, позволяющие в короткие сроки и с минимальными временными затратами провести моделирование беспроводной сенсорной сети любой сложности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Львович, Я. Е. Исследование характеристик защищенности мобильных сенсорных сетей / Я. Е. Львович, И. Я. Львович, А. П. Преображенский, Ю. П. Преображенский, О. Н. Чопоров // Радиолокация, навигация, связь Сборник трудов XXV Международной научно-технической конференции, посвященной 160-летию со дня рождения А. С. Попова. В 6-ти томах. –2019. – С. 239-244.

2. Львович, Я. Е. Разработка системы автоматизированного проектирования беспроводных систем связи / Я. Е. Львович, И. Я. Львович, А. П. Преображенский, С. О. Головинов // Телекоммуникации. – 2010. – № 11. –С. 2-6.

3. Львович, Я. Е. Исследование характеристик защищенности мобильных сенсорных сетей / Я. Е. Львович, И. Я. Львович, А. П. Преображенский, Ю. П. Преображенский, О. Н. Чопоров // Радиолокация, навигация, связь Сборник трудов XXV Международной научно-технической конференции, посвященной 160-летию со дня рождения

- А. С. Попова. В 6-ти томах. – 2019. – С. 239-244.
4. Завьялов, Д. В. О применении информационных технологий / Д. В. Завьялов // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 8-1. – С. 71-72.
5. Черников, С. Ю. Использование системного анализа при управлении организациями / С. Ю. Черников, Р. В. Корольков // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2014. – № 2 (5). – С. 16.
6. Кульнева, Е.Ю. О характеристиках, влияющих на моделирование радиотехнических устройств / Е. Ю. Кульнева, И. А. Гащенко // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5-2. – С. 50.
7. Преображенский, Ю. П. О повышении эффективности работы промышленных предприятий / Ю. П. Преображенский // Исследование инновационного потенциала общества и формирование направлений его стратегического развития. Сборник научных статей 8-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2018. – С. 45-48.
8. Lvovich, I. Y. The simulation of error-correcting communication channel for video transmission / I. Y. Lvovich, A. P. Preobrazhenskiy, O. N. Choporov // Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies, MWENT 2018 – Proceedings 1. – 2018. – С. 1-6.
9. Скляр, А. В. Анализ подстройки стабилизирующих параметров для сшивания частей декомпозированной радиотехнической системы при использовании дополнения Шура / А. В. Скляр // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2019. – Т. 7. – № 1 (24). – С. 127-150.
10. Будко, Н. А. Применение ИНС в интерфейсах человек-машина / Н. А. Будко, Р. Ю. Будко, А. Ю. Будко // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2019. – Т. 7. – № 1 (24). – С. 328-340.
11. Свиридов, В. И. Лингвистическое обеспечение автоматизированных систем управления и взаимодействие пользователя с компьютером / В. И. Свиридов, Е. И. Чопорова, Е. В. Свиридова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2019. – Т. 7. – № 1 (24). – С. 430-438.
12. Кизим, А.В. Программный комплекс поддержки модернизации технических систем / А. В. Кизим, А. В. Матохина, А. Г. Кравец, И. П. Мединцева // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2019. – Т. 7. – № 2 (25). – С. 311-324 с.

## SIMULATION OF WIRELESS SENSOR NETWORKS

© 2019 P. I. Rusanov, A. G. Yurochkin

*Voronezh institute of High Technologies (Voronezh, Russia)  
Russian Academy of national economy and public administration under the President  
of the Russian Federation (Voronezh, Russia)*

*Currently, we can talk about wireless sensor networks (BSS), as promising technologies. They are used for a variety of industries that ensure the livelihoods of people, the safety of their work. The article demonstrates what characteristics can be in the design of the FSU. FSU will be increasingly distributed due to the fact that production is becoming more difficult every day. You should pay attention to the issues of testing FSU.*

*Key words: wireless sensor networks, modeling.*