

УДК 004.056: 061.068

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧАХ МОНИТОРИНГА ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

А.В. СИДОРЕНКО, К.С. МУЛЯРЧИК

*Белорусский государственный университет  
Независимости, 4, Минск, 220050, Беларусь*

*Поступила в редакцию 28 октября 2015*

Приведено описание характеристик беспроводных сенсорных сетей и основных, связанных с данными сетями, исследовательских задач. Рассмотрена задача обеспечения конфиденциальности информации, передаваемой по беспроводному каналу сенсорной сети. Приведено описание структурной схемы системы мониторинга на базе беспроводной сенсорной сети, выделены перспективные сферы применения подобного рода систем.

*Ключевые слова:* беспроводные сенсорные сети, системы мониторинга.

### Введение

Важнейшей задачей современных предприятий является предоставление услуг или производство продукции с максимальной эффективностью и минимальной себестоимостью. В рамках предприятия протекает множество технологических процессов, требующих непрерывного контроля для обеспечения соблюдения установленных норм и промышленных стандартов. Учитывая масштабы современных предприятий и высокую степень сложности процессов, актуальной становится задача всеобъемлющего автоматизированного мониторинга с использованием современных средств информационных технологий.

Беспроводные сенсорные сети как одно из современных направлений развития сетей передачи данных обладают значительным потенциалом для решения подобного рода задач.

### Беспроводные сенсорные сети

Беспроводные сенсорные сети (Wireless Sensor Networks) представляют собой особый класс сетей, состоящих из большого числа распределенных в пространстве миниатюрных устройств (узлов) с автономным питанием, объединенных между собой в единую сеть посредством беспроводного канала связи.

Внедрение в данное устройство измерительных функций или функций взаимодействия со сторонним оборудованием делает возможным использование беспроводных сенсорных сетей для решения задачи распределенного мониторинга и удаленного управления различными объектами и физическими процессами.

Беспроводные сенсорные сети обладают некоторыми характерными свойствами: одноранговая топология; самоорганизация; масштабируемость; безопасная передача данных.

Беспроводные сенсорные сети, как правило, построены на базе одноранговой физической топологии, что приводит к отсутствию центрального устройства, контролирующего все остальные устройства в сети. В данном случае каждый узел является независимым и выполняет одновременно роль и «клиента» (других устройств), и «сервера» (для других устройств) в рамках сети. В дополнение к этому, такая физическая топология обеспечивает отказоустойчивость сети.

Под самоорганизацией подразумевается способность беспроводной сенсорной сети, будучи целостной и живой системой, реагировать на изменения окружающей среды путем изменения своих внутренних процессов, поведения и потоков данных. К подобного рода процессам относятся:

- маршрутизация трафика между узлами сети (в том числе, маршрутизация трафика в сети с мобильными узлами, маршрутизация трафика в сетях с изменяющейся доступностью узлов);
- кластеризация.

В соответствии с требованием масштабируемости беспроводная сенсорная сеть должна иметь возможность легко подключить к себе новые узлы.

Обеспечение безопасной передачи данных в беспроводных сенсорных сетях является одной из наиважнейших задач при организации систем мониторинга и включает:

- шифрование трафика между узлами;
- аутентификацию узлов сети и трафика;
- устойчивость сети к атакам на отказ в обслуживании.

### **Обеспечение безопасной передачи данных в беспроводных сенсорных сетях**

При решении задач, связанных с обеспечением безопасной передачи данных в беспроводных сенсорных сетях, следует учитывать следующие факторы:

1) ограниченные вычислительные ресурсы узла сети (объем оперативной памяти микроконтроллера составляет от 1 до 4 Кб, тактовая частота – 20 МГц), а в некоторых случаях и ограниченные ресурсы самой сети (средняя скорость передачи между узлами может составлять до 100 байт/с);

2) отсутствие центрального (главного) узла – отсутствие единой точки принятия решений – ввиду того, что в основе беспроводных сенсорных сетей лежит одноранговая физическая топология;

3) небольшой размер пакета данных, передаваемого по беспроводному каналу между узлами сети, который, как правило, составляет 10–100 байт.

Таким образом, традиционные криптографические алгоритмы не могут быть использованы для обеспечения безопасности данных в беспроводной сенсорной сети ввиду приведенных выше причин. В настоящее время является актуальным решение следующих задач:

1) разработка алгоритмов шифрования, ориентированных на применение в устройствах с ограниченными вычислительными ресурсами;

2) разработка алгоритмов шифрования, которые могут работать с различными длинами блоков, учитывая при этом энергопотребление устройства и вероятности коллизий;

3) разработка алгоритмов обмена ключевой информацией.

В результате проведенных авторами исследований был разработан блочный симметричный алгоритм шифрования данных для применения в узлах в беспроводной сенсорной сети. Схема шифрования алгоритма основана на использовании сети Фейстеля и дискретной хаотического отображения. Подобная комбинация структурных элементов позволяет балансировать между размером шифруемого блока, криптографической стойкостью выходной последовательности и продолжительностью процедуры шифрования.

Разработанный алгоритм реализован на платформе 8-битных микроконтроллеров Atmel и встроено в базовую функциональность беспроводного приемопередатчика типа ППС-40А. Рабочие характеристики указанной реализации алгоритма: использование памяти для хранения программ – 762 байт, использование оперативной памяти – 241 байт, максимальная скорость обработки данных – 88,2 Кбит/с (при тактовой частоте микроконтроллера 20 МГц).

### **Система мониторинга на базе беспроводной сенсорной сети**

Беспроводная сенсорная сеть, в свою очередь, является частью системы мониторинга – аппаратно-программного комплекса, в который помимо беспроводной сети также входит сервер и рабочее место пользователя (рис. 1).

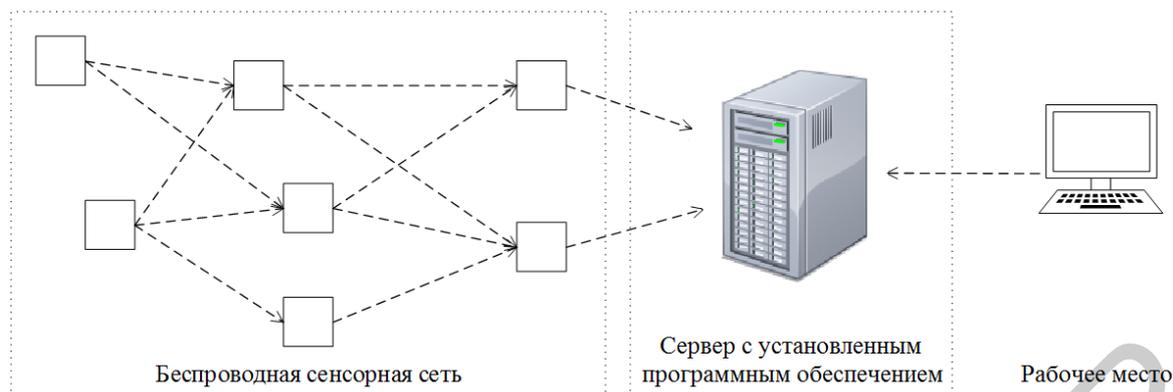


Рис. 1. Структурная схема системы мониторинга

Беспроводная сенсорная сеть состоит из некоторого числа приемопередатчиков, осуществляет сбор информации от подключенного оборудования или датчиков на определенной территории и передает эту информацию посредством комплексного канала связи в программное обеспечение, установленное на сервере.

Сервер с установленным программным обеспечением осуществляет прием, обработку и хранение информации, поступающей от подключенного оборудования или датчиков, а также отправку на них, при необходимости, по команде пользователя управляющих воздействий.

Рабочее место пользователя представляет собой персональный компьютер (или любое другое мобильное устройство, например, планшет), с которого осуществляется доступ к программному обеспечению для анализа информации и, при необходимости, управления работой подключенного оборудования.

Программное обеспечение осуществляет хранение и обработку поступающей с приемопередатчиков информации, и предоставляет интерактивный интерфейс взаимодействия пользователя (потребителя информации или администратора системы) с системой. При этом выполняются следующие функции:

- учет подключенного (активного) оборудования или датчиков;
- предоставление отчетов;
- настройка контролируемых пороговых уровней параметров, превышение которых повлечет автоматическое извещение заинтересованных лиц посредством электронной почты или СМС-сообщений;
- экспорт информации в требуемый формат для последующей обработки в других системах (приложениях);
- настройка параметров работы системы (периодичность сбора данных, режимы работы и т.д.).

Доступ к программному обеспечению для пользователей осуществляется с рабочего места посредством веб-браузера (например, Internet Explorer). При таком использовании отпадает необходимость установки дополнительного программного обеспечения на компьютеры пользователей, что значительно ускоряет процесс первоначального развертывания системы, а также значительно упрощает внедрение новых функций и исправление ошибок.

### Функциональное назначение и сферы применения

Можно выделить следующие возможные функциональные назначения аппаратно-программного комплекса:

- управление промышленным и технологическим оборудованием (устройства, установки, аппараты, машины);
- съем информации и параметров с устройств измерения и контроля (счетчики электроэнергии, тепла, воды);
- измерение параметров окружающей среды (температура, влажность, освещенность, вибрации, внешние факторы);
- контроль охраняемой территории.

- К перспективным сферам применения подобного рода систем следует отнести:
- сельское хозяйство (тепличное хозяйство, овощехранилища);
  - промышленность и производство (производственные предприятия, склады);
  - жилищно-коммунальное хозяйство;
  - контроль охраняемой территории;
  - лечебно-профилактические учреждения;
  - иные сферы, где необходим оперативный мониторинг и управление оборудованием.

### Аппаратные средства беспроводных сенсорных сетей

В качестве узлов беспроводной сенсорной сети могут быть использованы сверхширокополосные прямохаотические приемопередатчики серии ППС-40А, внешний вид и структурная схема которых представлена на рис. 2, а технические характеристики приведены в таблице.

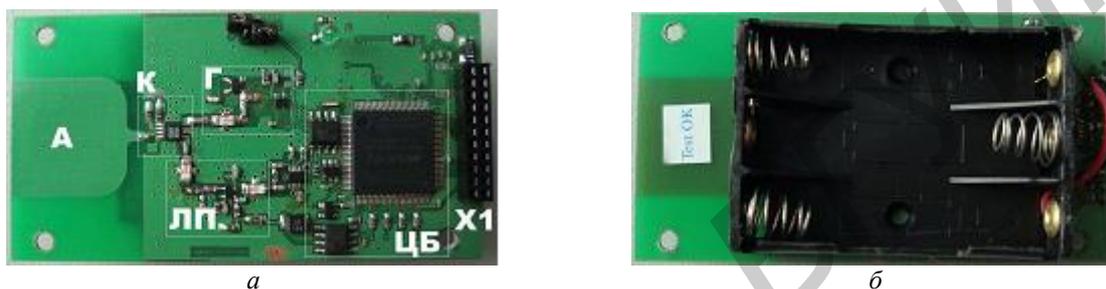


Рис. 2. Приемопередатчик для беспроводных сенсорных сетей: а – вид сверху; б – вид снизу

#### Технические характеристики приемопередатчика ППС-40А

Наименование характеристики	Значение
Полоса выходного сигнала	3,1–5,1 ГГц
Средняя мощность излучаемого сигнала (скорость 2,5 Мбит/с)	–10 дБм
Средняя мощность излучаемого сигнала (скорость 0,1 Мбит/с)	–21 дБм
Дальность приема	до 20 м
Физическая скорость передачи/приема данных	2,5/2,5 Мбит/с
Интерфейс сопряжения с ПК и датчиками	UART
Напряжение питания	4,5 В

### Заключение

Беспроводные сенсорные сети представляют собой особый класс сетей передачи данных, обладающий такими свойствами как самоорганизация, масштабируемость и безопасная передача данных. Беспроводные сенсорные сети могут входить в состав аппаратно-программных комплексов, которые, в свою очередь, используются для решения широкого круга задач мониторинга и управления.

## THE USE OF WIRELESS SENSOR NETWORKS FOR MONITORING OF HUMAN-MADE OBJECTS

A.V. SIDORENKO, K.S. MULYARCHIK

### Abstract

The description of the characteristics of wireless sensor networks and the description of related research tasks have been given. The problem of ensuring of confidentiality of information transmitted over the wireless channel in sensor network has been addressed. The description of the monitoring system based on wireless sensor network has been provided, promising areas of application of such systems have been highlighted.