

# УНИВЕРСАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРОПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

Л.С. ВОСКОВ, М.М. КОМАРОВ, С.Г. ЕФРЕМОВ (МИЭМ)

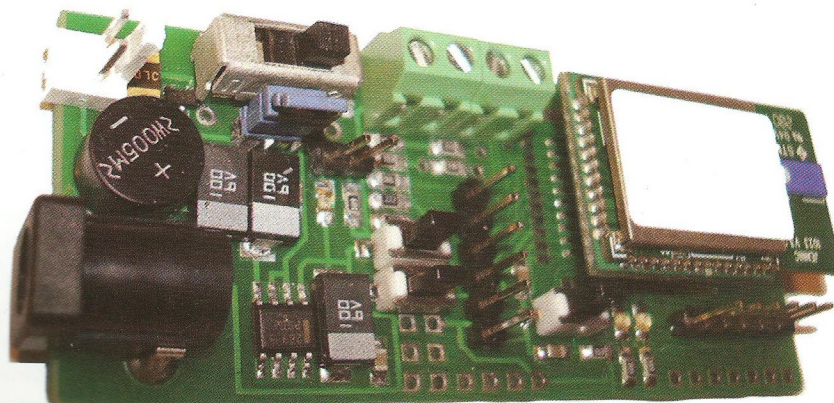
Приводится описание универсальной платформы для реализации систем мониторинга на основе технологии беспроводных сенсорных сетей стандарта 802.15.4, ZigBee. Рассматривается применение разработанной платформы в системах охранного мониторинга, климат-контроля, удаленной идентификации и перспективы ее дальнейшего использования.

## ТЕХНОЛОГИЯ БЕСПРОВODНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

Беспроводная сенсорная сеть – класс беспроводных систем, представляющих собой распределенную, самоорганизующуюся и устойчивую к отказу отдельных элементов сеть миниатюрных электронных устройств с автономным источником питания. Узлы такой сети ретранслируют сообщения по цепи, обеспечивая значительную площадь покрытия системы при малой мощности.

### Преимущества стандарта 802.15.4

- Энергопотребление в несколько раз меньше: 20–35 мА (802.15.4) против 70–80 мА (802.15.1) и 150–200 мА (802.11).
- Дальность связи в несколько раз выше: до 4 км (802.15.4) против 10–100 м (802.15.1) и 20–200 м (802.11).



- Стоимость – в несколько раз ниже (до 3–4 долл. США за сенсорный узел, содержащий микроконтроллер, приемопередатчик, антенну и датчик).
- Габариты устройств – в разы ниже, т. к. благодаря низкому энергопотреблению, нет необходимости снабжать устройства большими источниками питания.
- Надежность (отказоустойчивость) – устойчивость к изменению топологии сети

- (наличие множества альтернативных маршрутов для трафика).
- Самонастройка и самовосстановление.

### ОПИСАНИЕ ПЛАТФОРМЫ

Разработанная нами универсальная платформа включает:

- аппаратную платформу;
- программный стек для самоорганизации и поддержки работы сети;

- приложения для организации систем охранного мониторинга, климат-контроля, удаленной идентификации;
- приложения для взаимодействия с сетями Ethernet, Интернет, GPS.

### АППАРАТНАЯ ПЛАТФОРМА

Мы спроектировали и выпустили опытную партию универсальной платформы со сменными модулями и антеннами для беспроводной сенсорной сети стандарта IEEE802.15.4. Платформа работает с наиболее распространенными в настоящее время датчиками и может использоваться в разработанных нами подсистемах: охранного мониторинга, климат-контроля, удаленной системы идентификации.

#### Краткие характеристики:

- совместимость с 2,4 ГГц IEEE802.15.4 и ZigBee;
- не требует лицензирования и тестирования радиочастотного тракта;
- рабочее напряжение 2,7-3,6 В;
- ток потребления в спящем режиме (при активном таймере сна) 2,8 мкА;
- дальность связи 1-4 км на открытом пространстве (определяется типом модуля и антенны);
- время автономной работы от двух батарей типа AAA до 2 лет;
- габариты опытного образца 32 75 мм (определяется размерами батарей);
- 32-битный RISC-процессор с тактовой частотой 16 (32) МГц;
- 96 Кбайт RAM, 192 Кбайт ROM.

#### Основные характеристики:

- процессор шифрования по стандарту AES с длиной ключа 128 бит;
- MAC-ускоритель, поддерживающий форматирование пакетов, вычисление контрольной суммы, проверку адреса, автоответ, система управления

- энергопотреблением, включающая таймер сна;
- SPI порт с 5 пунктами выбора;
- два программируемых таймера/счетчика с возможностью загрузки/сравнения;
- два программируемых таймера сна и системный таймер;
- последовательный интерфейс совместимый с SMBus и I2C;
- второстепенный SPI порт (общий с цифровыми входами/выходами);
- 21 цифровой вход/выход;
- 4-входный 12-битный АЦП;
- два 11-битных ЦАП;
- два компаратора;
- датчик температуры и датчик заряда батареи;
- два UART;
- две программируемые кнопки + кнопка сброса микроконтроллера;
- два программируемых светодиода;
- работа от сети 220 В и автономных источников питания;
- включения или отключения светодиода, сигнализирующего о включении питания;
- технология поверхностного монтажа (SMD-элементы).

Платформа может быть оперативно подстроена (конструктивно и программно) под конкретные требования.

#### Характеристики модулей платформы

Существует 5 вариантов исполнения аппаратной части модулей: JN5139-xxx-M00 имеет встроенную антенну, JN5139-xxx-M01/M03 – антенный коннектор, а JN5139-xxx-M02/M04 – усилитель мощности и МШУ для обеспечения большой дальности связи. В каждый из вариантов модулей может быть предварительно запрограммирован сетевой протокол ZigBee (JN5139-Z01-Муу).

#### Особенности модуля:

- совместимость с 2,4 ГГц IEEE802.15.4 и ZigBee;
- рабочее напряжение 2,7-3,6 В;

- ток потребления в спящем режиме (при активном таймере сна) 2,8 мкА;
- JN5139-xxx-M00/01/03:
  - дальность связи до 1 км (с внешней антенной);
  - M00 имеет встроенную антенну;
  - M01 имеет SMA-коннектор;
  - M03 имеет uFI-коннектор;
  - чувствительность приемника – 96,5 дБм;
  - выходная мощность передатчика +2,5 дБм;
  - ток потребления в режиме TX (передача) < 37 мА;
  - ток потребления в режиме RX (прием) < 37 мА;
  - габариты модуля 18x30 мм;
- JN5139-xxx-M02/04:
  - дальность связи до 4 км;
  - M02 имеет SMA-коннектор;
  - M04 имеет uFI-коннектор;
  - чувствительность приемника – 100 дБм;
  - выходная мощность передатчика +19 дБм;
  - ток потребления в режиме TX (передача) < 120 мА;
  - ток потребления в режиме RX (прием) < 45 мА;
  - габариты модуля 18x41 мм.

#### Особенности

##### микроконтроллера:

- 32-битный RISC-процессор с тактовой частотой 16 МГц (в режиме удвоенной частоты – 32 МГц); 96 Кбайт RAM, 192 Кбайт ROM; АЦП: 4 входа, 12 разрядов; два 11-разрядных ЦАП; 2 компаратора; 2 программируемых таймера/счетчика; датчик температуры; 2 интерфейса UART (один – для внутрисхемной отладки); интерфейс SPI; двухпроводной последовательный интерфейс; 21 порт ввода/вывода.

#### Применение модулей:

- надежные и безопасные беспроводные системы с низким энергопотреблением;

- сети датчиков на основе беспроводных компонентов;
- промышленная и домашняя автоматика и управление;
- домашние сети;
- периферийное оборудование ПК: мыши, джойстики, игровые приставки и т. п.;
- системы телеметрии и мониторинга;
- промышленный температурный диапазон от  $-20$  до  $+70$  С;
- бессвинцовая технология, удовлетворяющая требованиям RoHS (Restriction of Hazardous Substances).

### СИСТЕМА ОХРАННОГО МОНИТОРИНГА

Подсистема охранного мониторинга на основе БСС [1] работает с различными охранными датчиками и интегрируется с GSM-каналом и Интернет. Система может использоваться автономно и в качестве дополнения к существующим охранным системам для увеличения их надежности. Она проста в установке и использует более дешевую технологию беспроводной передачи данных, по сравнению с существующими технологиями.

Система состоит из аппаратной части (узлы сенсорной сети) и специального программного обеспечения (для микроконтроллеров и ПК), которое, в частности, реализует функцию удаленного наблюдения и управления через Интернет.

*Примеры использования:* охрана квартир, коттеджей, коттежных поселков, домов, офисов и административных зданий.

### СИСТЕМА КЛИМАТ-КОНТРОЛЯ

Система климат-контроля (температура, освещенность, влажность) на основе БСС [2] — многофункциональное программно-аппаратное решение для автоматизированного

контроля и управления различными устройствами, связана с GSM-каналом и Интернет.

*Примеры использования:* учет, контроль, управление расходом электричества, газа, воды с целью уменьшения расхода.

### СИСТЕМА УДАЛЕННОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

*Система удаленной идентификации на основе БСС [3]* — идентификация мобильных объектов, находящихся в зоне действия стационарных узлов БСС.

Система состоит из базовых сенсорных узлов, расположенных в контролируемой зоне. Когда объект входит в зону, фиксируется изменение силы радиосигнала и статистики передаваемых пакетов, система переводится в состояние “внимание”. Если объект имеет при себе зарегистрированный сенсор, то он идентифицируется как “свой”, выдается сообщение “свой”; не имеет сенсора — идентифицируется как “чужой”, и выдается сообщение “чужой”. Когда объект выходит из зоны контроля, выдается сообщение “вышел из зоны”. Базовые сенсоры могут быть связаны телефонной линией, GSM-каналом и Интернет.

*Примеры использования:* охранные системы, электронные системы регистрации участников мероприятий, автоматизация зданий, умный дом.

### ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАТФОРМЫ В 2009 Г.

Планируется проведение НИР и ОКР для реализации макетов следующих подсистем мониторинга на основе БСС:

- персональная (домашняя) телемедицина;
- мониторинг мобильных объектов, снабженных сенсорами (проект BodyNets);

- позиционирование сенсоров;
- 2D визуализации сенсоров;
- 3D визуализации сенсоров;
- передача изображения;
- передача видео;
- дистанционная автодиагностика;
- распределенные вычисления в БСС;
- интеллектуальный шлюз для гетерогенных БСС;
- высокоскоростная платформа для БСС.

*Восков Л.С.* — профессор кафедры ВСУС МИЭМ, научный руководитель работы. Автор более 70 работ. E-mail: voskov@narod.ru

*Комаров М.М.* — магистрант МИЭМ, каф. ВСУС. Автор 7 работ. Победитель конкурса У.М.Н.И.К. 2008 г.

*Ефремов С.Г.* — магистрант МИЭМ, каф. ВСУС. Автор 7 работ.

### Список литературы

1. *Комаров М.М.* Система мониторинга окружающей обстановки на основе беспроводной сенсорной сети. Тезисы докладов XVI международной студенческой школы-семинара “Новые информационные технологии”. М. МИЭМ. 2008 г. С. 235-236.
2. *Ефремов С.Г.* Система климат-контроля на базе беспроводной сенсорной сети с возможностью удаленного мониторинга и управления. Тезисы докладов XVI международной студенческой школы-семинара “Новые информационные технологии”. М. МИЭМ. 2008 г. С. 238-239.
3. *Восков Л.С., Курпатов Р.О.* Задачи визуализации сенсоров в беспроводных сенсорных сетях. Information and Telecommunication Technologies in Intelligent System. Proceeding of International Conference in Crete/Greece, June 02-06, 2008. Pp. 29-34.