

ВЫБОР ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КОНТЕЙНЕРОВ

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

Проведено исследование платформ Crossbow, Rbee, Epic, VEK-21ZB1 по параметрам: объем встроенной Flash-памяти, поддерживаемые интерфейсы. В результате выбраны следующие характеристики: объем встроенной Flash-памяти – 128 Кб, дальность передачи данных – до 4 км, поддерживаемые интерфейсы I²C, SPI, RS-232, аппаратная система шифрования данных – AES-128. Результаты исследования могут быть использованы при разработке систем мониторинга оборудования.

В рамках настоящего научно-технического проекта разрабатывается прототип системы мониторинга контейнеров на основе беспроводной сети передачи информации [1], который может быть интегрирован как в существующие, так и в будущие процессы в интралогистике. Одной из основных частей прототипа является подсистема сбора данных о параметрах окружающей среды. Данные с датчиков собираются специализированным микроконтроллером в составе определенной платформы (законченного элемента сети). В системе используется 5 датчиков и флэш-память для хранения информации в условиях отсутствия связи с центральным элементом сети. Вся совокупность собранных данных передается на компьютер. Поэтому целью данного этапа является исследование – выбор ключевых параметров, подходящих для решения поставленных задач в системе мониторинга контейнеров [2].

Сравнение и окончательный выбор производятся с учетом следующих требований:

- наличие встроенной Flash-памяти не менее 64 Кб;
- дальность передачи данных не менее 1 км (на открытом пространстве);
- наличие аппаратной системы шифрования данных;
- поддерживаемые интерфейсы передачи данных: I²C, SPI, UART [3].

Crossbow's TelosB mote platform

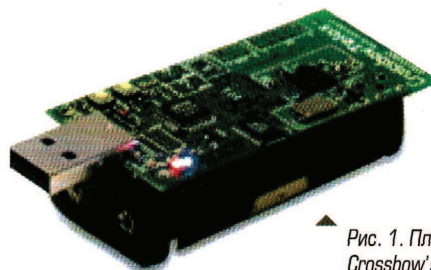


Рис. 1. Платформа Crossbow's TelosB

Платформа TelosB компании Crossbow (рис. 1) представляет собой беспроводной сенсорный модуль с низким энергопотреблением, разработанный для беспроводных сенсорных сетей. TelosB предоставляет всё необходимое для исследований, объединенное в одну платформу: USB интерфейс для программирования, совместимость со стандартом IEEE 802.15.4, высокую скорость передачи данных по радиоканалу с помощью интегрированной в платформу антенны, микроконтроллер с низким энергопотреблением и возможностью подключения дополнительных датчиков. Питание системы осуществляется от 2-х AA батарей. При постоянном подключении к USB порту питание происходит через него, в этом случае батареи не требуются.

Особенности:

- совместимость со стандартом IEEE 802.15.4;
- скорость передачи данных до 250 кбит/с;
- передача данных на частоте 2,4 ГГц;

- микроконтроллер TI MSP430 16 МГц с 10 Кб внутренней памяти;
- интегрированная антенна;
- 1 Мб внешней памяти для сбора данных;
- сбор данных и программирование устройства через интерфейс USB;
- операционная система с открытыми исходными кодами, TinyOS;
- опциональные интегрированные датчики: температуры, освещенности и влажности;
- возможность подключения дополнительных датчиков с интерфейсами: UART, I²C, SPI, A/D.
- дальность действия: на открытой местности — 75-100 м, внутри помещения — до 30 м;
- питание — 2 AA батареи;
- размеры модуля без батарейного отсека (мм) — 65×31×6.

Области применения:

- платформа с низким энергопотреблением для научных исследований и разработок;
- эксперименты с беспроводными сенсорными сетями.

Crossbow's MICAz 2,4 GHz

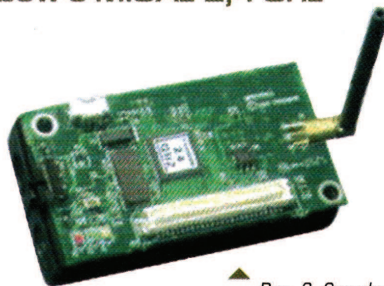


Рис. 2. Crossbow's MICAz

MICAz (рис. 2) — это беспроводная платформа с низким энергопотреблением для беспроводных сенсорных сетей.

Особенности:

- передача данных на частоте 2,4 ГГц;
- совместимость со стандартом IEEE 802.15.4;
- скорость передачи данных до 250 кбит/с;
- 4 kB RAM, 128 kB FLASH;
- микроконтроллер с низким энергопотреблением Atmel ATmega128L;
- работа от батарей в течение нескольких лет;
- операционная система MoteWork;
- разъемы для подключения различных сенсорных плат Crossbow: освещенности, температуры, атмосферного давления, ускорения, акустических, магнитных и др.;

- режим “Plug and play” с сенсорными платами Crossbow;
- 51-pin разъем для подключения дополнительных устройств с различными интерфейсами: A/D, I²C, SPI и UART;
- аппаратное шифрование AES-128;
- дальность действия: на открытой местности — 75-100 м, внутри помещения — до 30 м;
- размеры модуля без батарейного отсека (мм) — 58×32×7;
- питание — 2 AA батареи.

Области применения: мониторинг и охрана помещений; сбор различных данных: акустических, видео, вибрация и др.; высокая расширяемость сети (1000 + элементов).

FireFly Nodes

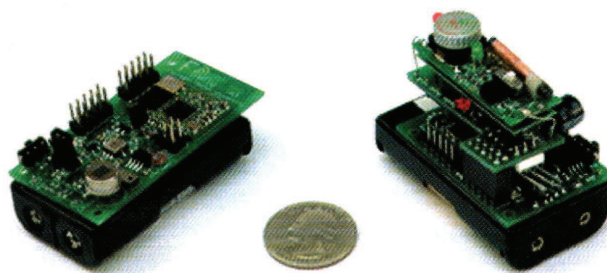


Рис. 3. FireFly Nodes

FireFly Nodes (рис. 3) — платформа для беспроводной сенсорной сети, разработанная в лаборатории “Real-Time & Multimedia Systems Lab” Питсбургского университета Carnegie Mellon, США. FireFly — это платформа с низким энергопотреблением для беспроводной сенсорной сети. Она предназначена для сбора данных, обработки и коммуникаций в mesh сетях. Время работы узлов при питании от батарей составляет 1,5-2 года. Мобильные и стационарные узлы могут динамически формировать сеть и выполнять различные функции: мониторинг, трекинг объектов и передача голосовых сообщений.

Особенности:

- совместимость со стандартом IEEE 802.15.4;
- скорость передачи данных 250 кбит/с на дистанциях 50-100 м;
- 8-битный микроконтроллер;
- опциональные интегрированные датчики: освещенности, движения, аудио, температурные и ускорения;
- разъем для SD карт памяти;
- глобальная система синхронизации времени;

- AM/FM радиоприемник с низким энергопотреблением для периодической синхронизации;
- операционная система реального времени Nano-RK;
- питание — 2 AA батареи.

Crossbow's Imote2

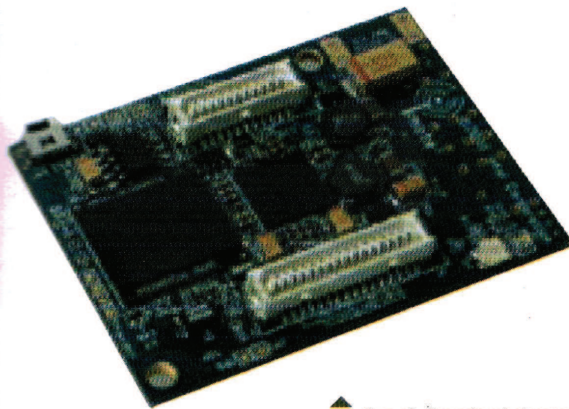


Рис. 4. Crossbow's Imote2

Imote2 (IPR2400) (рис. 4) — это расширенная платформа для беспроводной сенсорной сети. В ней используется процессор с низким энергопотреблением PXA271 XScale. Imote2 представляет собой модульную платформу, которая может быть расширена за счет плат расширения для использования в различных задачах. Питание осуществляется через интегрированный USB порт либо через батарейный блок.

Особенности:

- процессор Intel PXA271 XScale® с частотой 13-416 МГц;
- беспроводной сопроцессор MMX DSP;
- скорость передачи данных до 250 кбит/с;

- 256 kB SRAM, 32 MB FLASH, 32 MB SDRAM;
- передача данных на частоте 2,4 ГГц;
- совместимость со стандартом IEEE 802.15.4;
- интегрированная антенна;
- разноцветный LED индикатор;
- USB порт;
- дальность: 50-70 м;
- режимы энергосбережения;
- разъемы для подключения периферии: 3xUART, 2xSPI, I²C, SDIO, GPIOs;
- питание от USB или 3 AAA батареи;
- размеры (мм): 36×48×9.

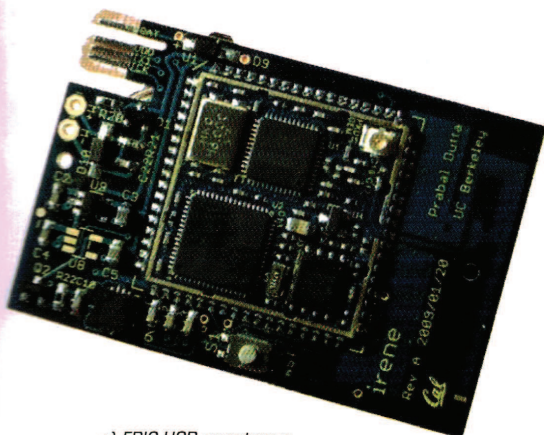
Области применения: цифровая обработка изображений, промышленный мониторинг и анализ, мониторинг за сейсмической активностью и вибрацией.

EPIC

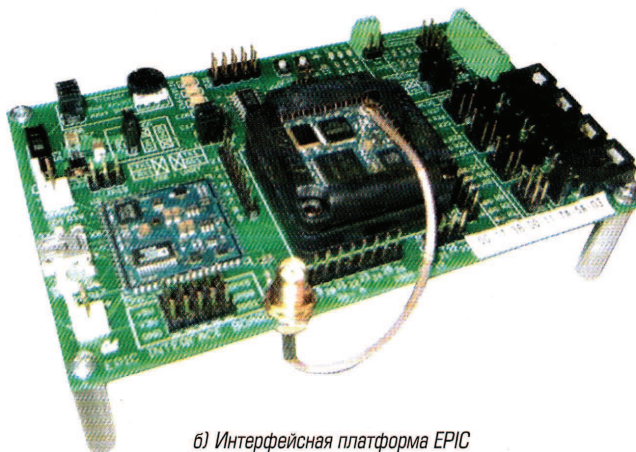
Платформа EPIC (рис. 5), разработанная в университете Беркли в США. Основной принцип, использованный при разработке, — максимальная универсальность для применения в различных проектах. На платформе имеется микроконтроллер Texas Instruments MSP430F1611, приемопередатчик Texas Instruments CC2420, sma-разъем для подключения внешней антенны, внешняя флэш-память Atmel AT45DB161D.

Особенности:

- 16-битный микроконтроллер MSP430F1611;
- скорость передачи данных до 250 кбит/с;
- SMA разъем для подключения внешней антенны;
- 10 kB RAM, 48 kB FLASH;



а) EPIC USB платформа



б) Интерфейсная платформа EPIC

Рис. 5

- дальность связи — до 2 км на открытом пространстве, 200 м в помещениях;
- передача данных на частоте 2,4 ГГц;
- совместимость со стандартом IEEE 802.15.4;
- режимы энергосбережения;
- 4 аналоговых входа, 2 GPIOs, USB, UART, SPI, 68 выводов от модуля;
- питание от внешнего источника, солнечной батареи или 2 AA батарей;
- размеры (мм): 120×75×10.

Области применения: системы мониторинга, системы автоматизации (“Умный дом” и др).

RBee100

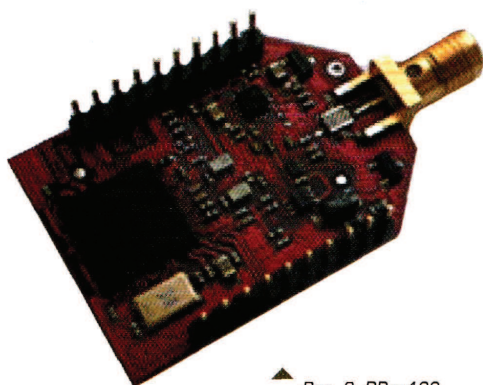


Рис. 6. RBee100

ZigBee-модули Rbee (рис. 6) построены на базе микросхемы MC13213 (Freescale) и предназначены для беспроводной передачи данных в диапазоне 2,4 ГГц в сетях 802.15.4/ZigBee. В основе модуля лежит микросхема MC13213, объединяющая в одном корпусе радиочастотный трансивер и микроконтроллер с ядром HCS08 и множеством различных периферийных модулей. На внешние выводы модуля напрямую выведены GPIO выходы контроллера, которые также могут выполнять альтернативные функции, например, UART, PWM, ADC, ExtInt и некоторые другие. Модуль Rbee100 обладает повышенной выходной мощностью (дальность более 1 км), а также малошумящим приемником по входу, что делает его полезным в условиях применения в железобетонных или кирпичных конструкциях.

Особенности:

- микроконтроллер MC13213 с ядром HCS08;
- скорость передачи данных до 250 кбит/с;
- SMA разъем для подключения внешней антенны;

- 4 kB RAM, 60 kB FLASH;
- дальность связи до 1 км на открытом пространстве;
- 128 AES-шифрование;
- передача данных на частоте 2,4 ГГц;
- совместимость со стандартом IEEE 802.15.4;
- режимы энергосбережения;
- 17 выводов с возможностью работы, как 2xUART, I²C, SPI, аналоговые выводы, GPIOs.
- питание 3,3 В;
- размеры (мм): 30×35×10.

Области применения: охранно-пожарные системы, промышленная автоматика, системы “Умный дом”, системы сбора данных, тревожные кнопки, в качестве отладочного средства.

VEK-21ZB1

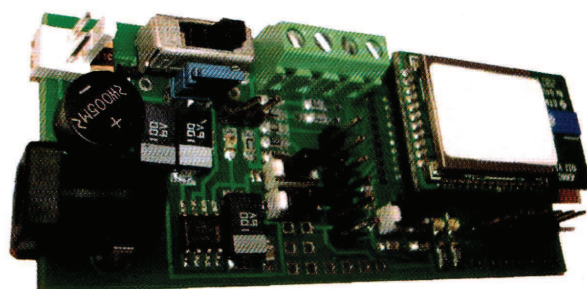


Рис. 7. VEK-21ZB1

Основной принцип, использованный при разработке устройства (рис. 7) [2,4,5] — максимальная простота и универсализация решения. Платформа построена на базе микроконтроллера JN5139, работающего на частоте 2,4 ГГц в сетях 802.15.4/ZigBee. На платформе имеются различные интерфейсы для работы с периферийными устройствами, что расширяет область ее применения.

Особенности:

- 32-битный микроконтроллер JN5139;
- скорость передачи данных до 250 кбит/с;
- возможность использования сменных модулей с внешней и встроенной антеннами;
- 192 kB RAM, 128 kB FLASH;
- 128 AES-шифрование;
- передача данных на частоте 2,4 ГГц;
- совместимость со стандартом IEEE 802.15.4;
- режимы энергосбережения;

Таблица 1. Сравнение платформ передачи данных по ключевым параметрам

	Объем встроенной Flash-памяти, Кб	Поддерживаемые интерфейсы	Дальность передачи данных, м	Аппаратное шифрование данных
Crossbow's TelosB	10	UART, I ² C, SPI	75–100	–
Crossbow's MICAz	128	UART, I ² C, SPI	75–100	AES-128
FireFly Nodes	– (внешняя)	UART, I ² C, SPI	50–100	–
Crossbow's Imote2	32 000	UART, I ² C, SPI	50–70	–
EPIC	48	требуется интерфейсная плата	До 2000	–
RBEE	60	UART, I ² C, SPI	До 1000	–
VEK-21ZB1	128	UART, I ² C, SPI	До 4000	AES-128

- 21 GPIOs, 2xUART, I²C, SPI, аналоговые выходы (A/D);
- напряжение питания 2,7–3,6 В (2 батареи AA, AAA), питание от солнечных батарей, питание от внешнего источника – 6 В;
- дальность действия: на открытой местности до 4 км, в помещениях – 200 м;
- размеры (мм): 75×32×10.

Области применения: охранно-пожарные системы, системы автоматизации, системы сбора данных, в качестве отладочного средства.

В таблице 1 представлено сравнение описанных выше платформ по ключевым параметрам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы;

- с учетом предварительно заявленных требований: по наличию необходимых интерфейсов (I²C, SPI, UART) не удовлетворяет платформа EPIC;
- по объему встроенной Flash-памяти и наличию аппаратной подсистемы шифрования данных – удовлетворяют требованиям платформы: Crossbow's MICAz и VEK-21ZB1;
- наибольшая дальность работы отмечена у платформы VEK-21ZB1 [4], что позволит без дополнительных затрат организовать территориально-распределенную систему сбора данных в интралогистике.

Таким образом, с учетом проведенного исследования было принято решение использовать платформу со следующими ключевыми характеристиками: объем встроенной Flash-памяти – 128 Кб; дальность передачи данных – до 4 км; поддерживаемые интерфейсы – I²C, SPI, UART; наличие аппаратной системы шифрования данных – AES-128.

Список литературы

1. Вишневецкий В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации // Москва: Техносфера, 2005.
2. Восков Л.С., Комаров М.М., Ефремов С.Г. Устройство для дистанционного мониторинга окружающей среды на основе технологии беспроводных сенсорных сетей. Патент на полезную модель №87259, 11.06.2009
3. Болл С.Р. Аналоговые интерфейсы микроконтроллеров // Москва: Додэка, 2007.
4. Восков Л.С., Комаров М.М., Ефремов С.Г. Универсальная платформа для мониторинга эффективности использования ресурсов на основе технологии беспроводных сенсорных сетей. Автоматизация и ИТ в энергетике №1. Отраслевой научно-производственный журнал. М., 2009 г., с.41–43.
5. Восков Л.С. Беспроводные сенсорные сети и прикладные проекты. Автоматизация и ИТ в энергетике №2–3. Отраслевой научно-производственный журнал. М., 2009 г., с.44–49.

Восков Леонид Сергеевич – профессор Московского государственного института электроники и математики (технического университета), МИЭМ.

E-mail: voskov@narod.ru

Ефремов Сергей Геннадьевич – аспирант МИЭМ.

Комаров Михаил Михайлович – аспирант МИЭМ.