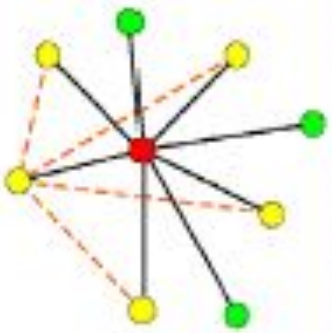
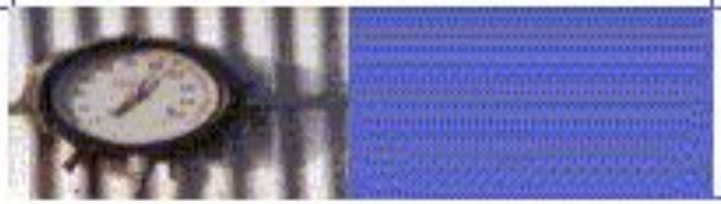


Беспроводная технология ZigBee: обзор, перспективы, демонстрация применения

11 ноября 2005

Александр Лысенко



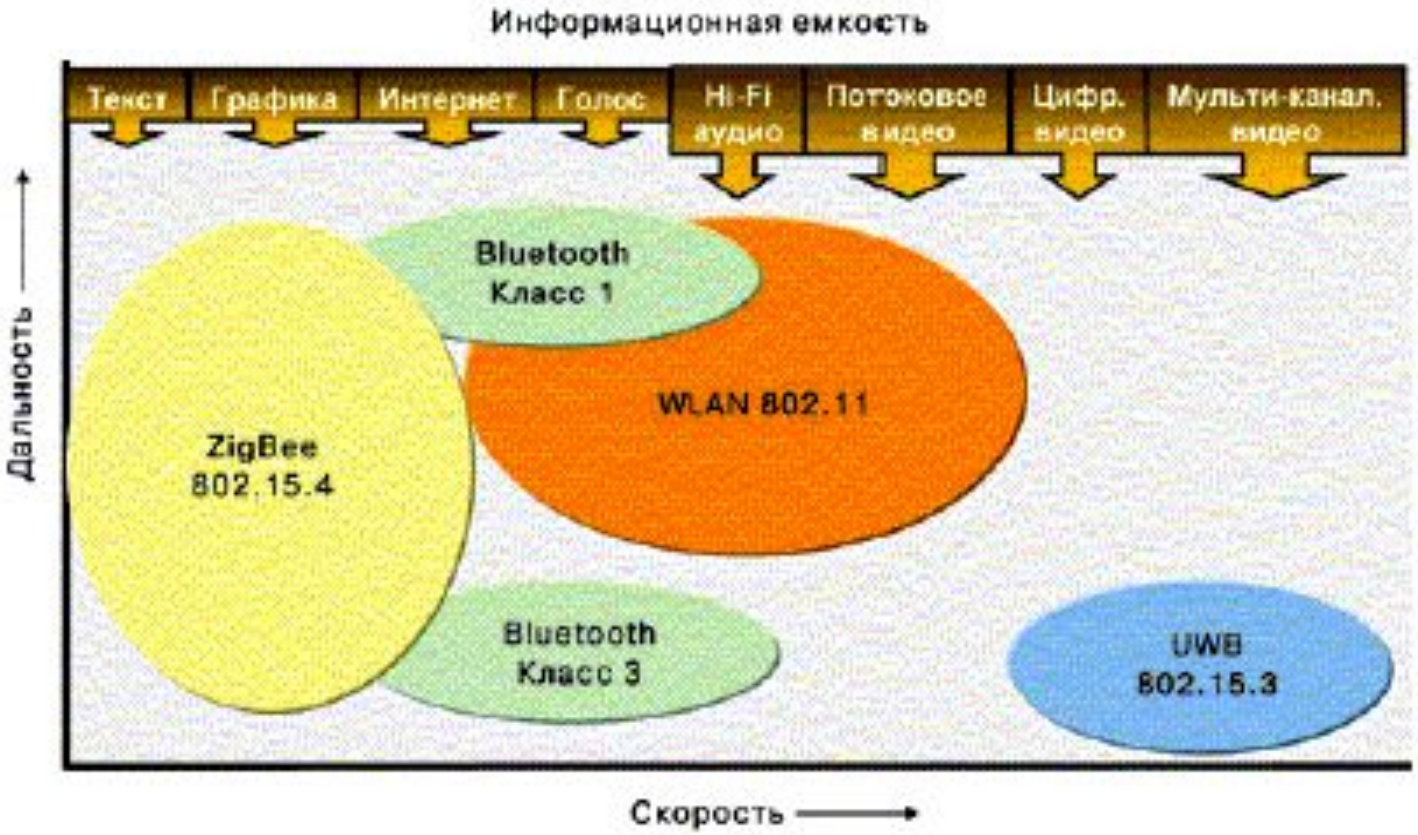
ZigBee™ .in.UA

СТАНДАРТНЫЕ БЕСПРОВОДНЫЕ СЕТИ * МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ

Лаборатория диагностических средств, приборостроительный факультет НТУУ “КПИ”

Встречайте ZigBee

Беспроводная технология ZigBee – радиоинтерфейс для низкоскоростных приложений с крайне малым энергопотреблением, защитой информации и повышенной надежностью, основанный на стандарте IEEE 802.15.4

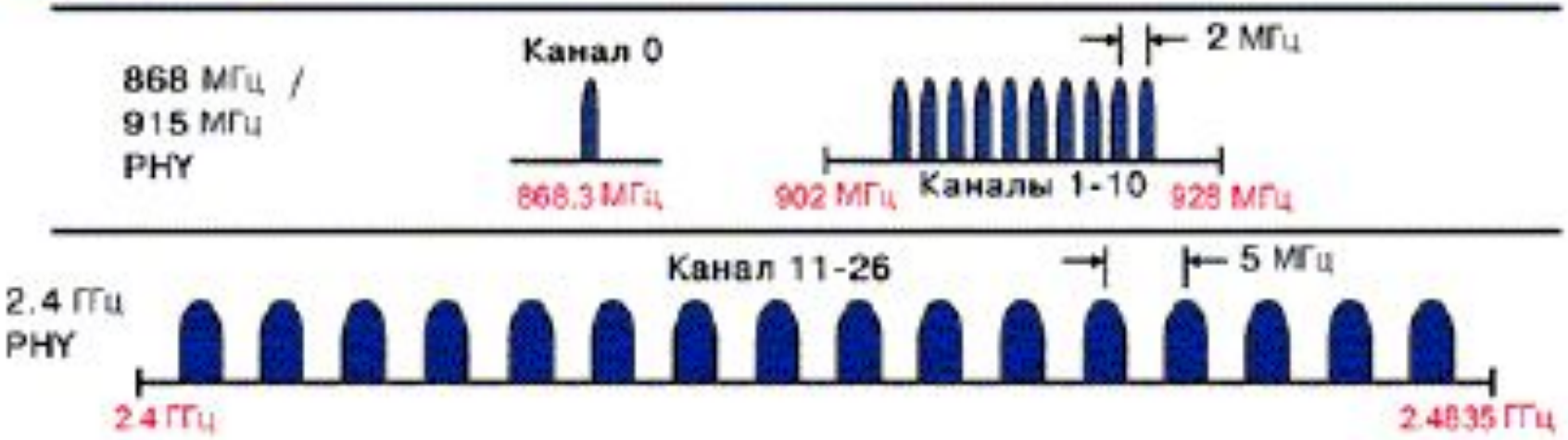


Основные преимущества ZigBee

- Низкое энергопотребление;
- Низкая стоимость ($ 3 - $ 5);
- Возможность организации сети различной топологии (число узлов до 2^{64} при IEEE адресации и 2^{16} при локальной адресации), увеличение дальности связи без дополнительного усиления радиосигнала;
- Высокая надежность сетевых решений и самовостанавливаемость системы (использование процедуры маршрутизации);
- Многоуровневая система безопасности (использование таблиц контроля доступа, AES алгоритма кодирования и собственных алгоритмов на уровне приложения);
- Простота установки и обслуживания

Краткая характеристика стандарта IEEE 802.15.4

Диапазон		География использования	Скорость	#Каналов	Модуляция
2.4 ГГц	ISM	Весь мир	250 Кбит/с	16	O-QPSK
868 МГц	ISM	Европа	20 Кбит/с	1	BPSK
915 МГц	ISM	Америка	40 Кбит/с	10	BPSK



Конфигурация стека протокола ZigBee

Библиотеки профилей, наборы сервисов устройств, типовые информационные сообщения, совместимость

Безопасность устройства, трансляция сообщений, организация сервисов устройств и т.д.

Безопасность сети, трансляция сообщений, обработка сетевых процедур, сетевой менеджмент, маршрутизация, поддержка различных топологий и т.д.

Добавление/удаление устройств, доставка пакетов, подтверждение приема (ACK), сканирование и доступ к каналам связи, временное разделение и т.д.

Модуляция, параметры сигнала, прием и передача информации через физический радиоканал и т.д.

Приложение

Интерфейс связи с приложением

Профили устройств ZigBee

Подуровень поддержки приложений (APS)

Сетевой уровень (NWK)

IEEE 802.15.4 MAC

IEEE 802.15.4 868/915 MHz PHY

IEEE 802.15.4 2400 MHz PHY

Заказчик

Стек ZigBee

IEEE 802.15.4

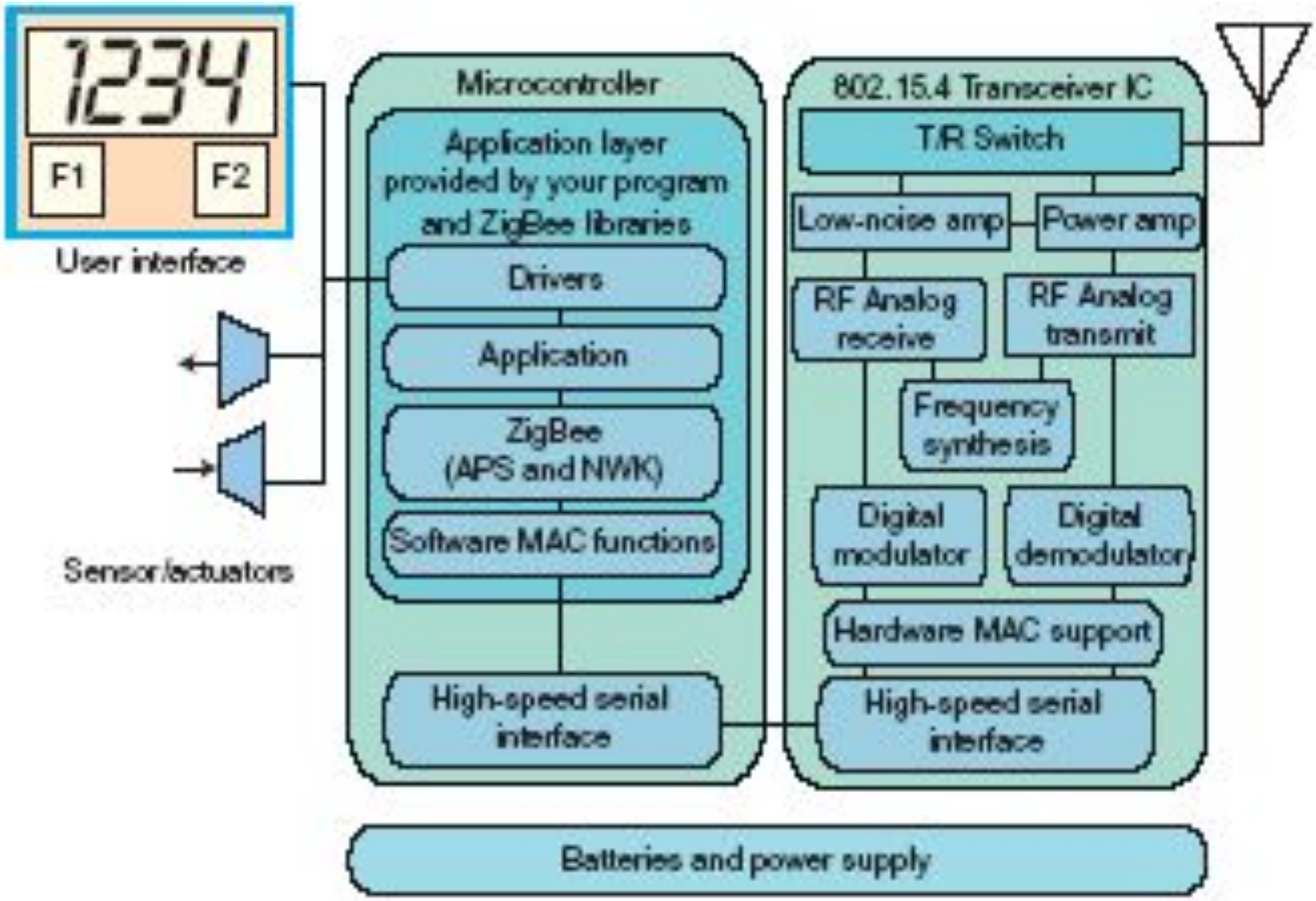
Приложение

Спецификация Альянса ZigBee

Спецификация IEEE 802.15.4

Silicon IEEE 802.15.4

Структура ZigBee-устройства



Основные классы ZigBee-устройств

1. Сетевой координатор (FFD - Full Function Device)

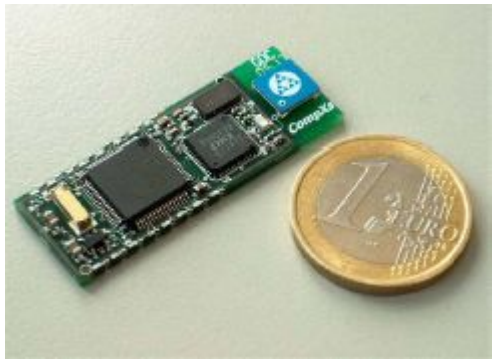
- **Осуществляет глобальную координацию, организацию и установку параметров сети, выбор RF канала и уникального сетевого ID**
- **наиболее сложный из трех типов устройств; наибольший объем памяти и потребление энергии (питание от сети)**

2. FFD-маршрутизатор

- Поддерживает все функции и параметры стандарта IEEE 802.15.4
- Дополнительная память и увеличенное энергопотребление позволяют выполнять функции ретранслятора и маршрутизатора сети
- Поддержка любой топологии
- Может выполнять роль координатора сети
- Способен обращаться к любым другим устройствам сети

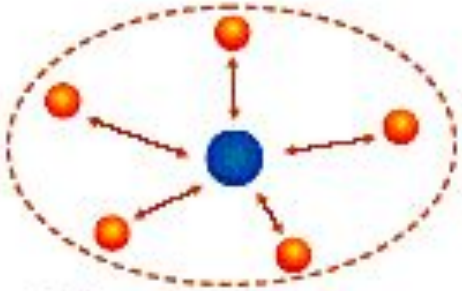
3. Конечное устройство (RFD - Reduced Function Device)

- Поддерживает ограниченный согласно стандарта набор функций для обеспечения наилучшего баланса цены, сложности и функциональности
- Обращается только к координатору сети или к своему маршрутизатору
- Только топологии типа «Точка-точка» и «Звезда»
- Не способно выполнять функции координатора
- Не участвует в маршрутизации

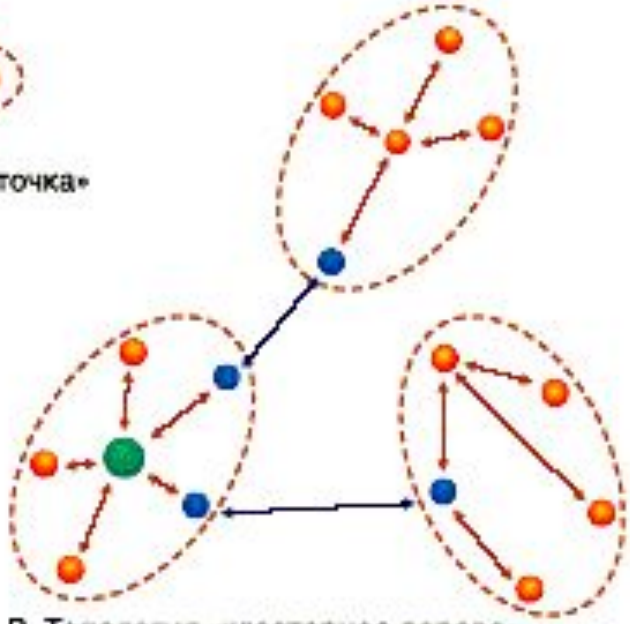


Варианты топологий сетей ZigBee

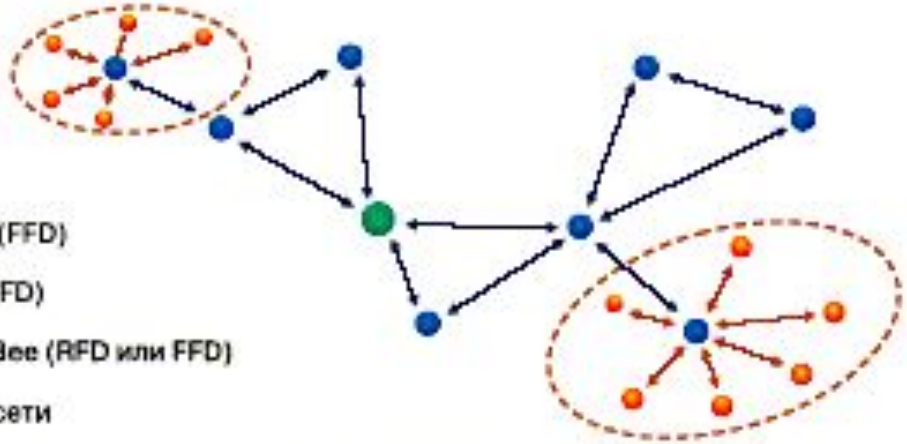
А. Топология «точка–точка»



Б. Топология «звезда»



В. Топология «кластерное дерево»



Г. Топология «многоячейковая сеть»

PAN Координатор ZigBee (FFD)

Маршрутизатор ZigBee (FFD)

Конечные устройства ZigBee (RFD или FFD)

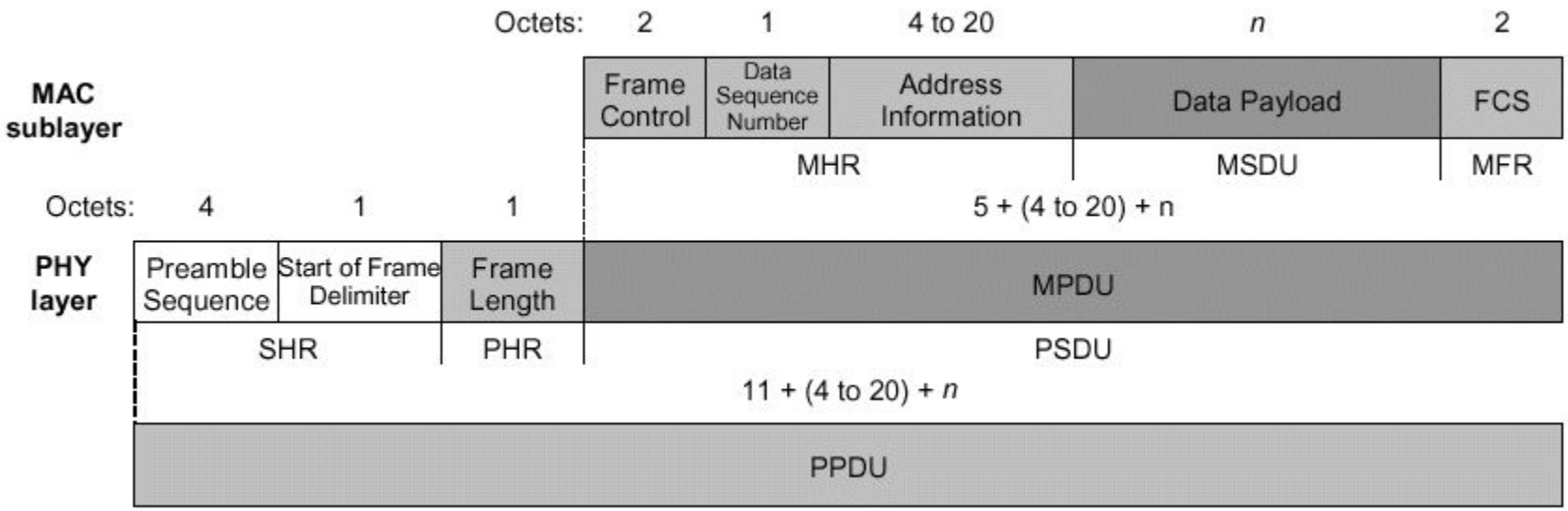
Связи в многоячейковой сети

Радиальные связи типа точка–точка

Форматы передаваемых пакетов в сетях ZigBee

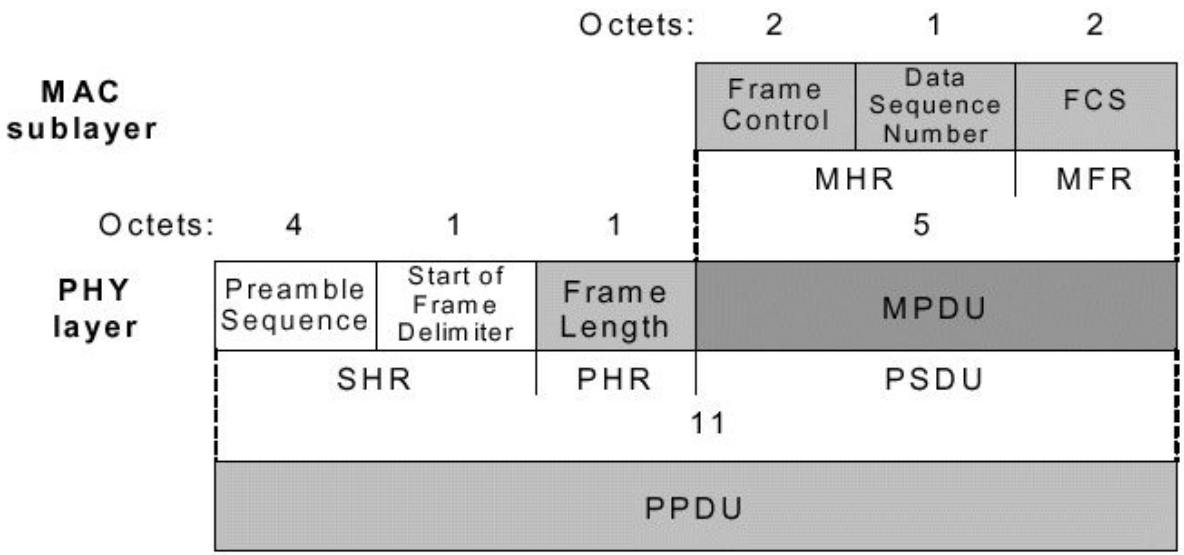
- **Пакет данных:** используется для передачи данных
- **Пакет подтверждения:** используется для подтверждения успешной передачи данных
- **Пакет MAC команды:** используется для организации пересылок управляющих MAC команд
- **Сигнальный пакет:** используется координатором для организации синхронизированного доступа

Формат пакета данных



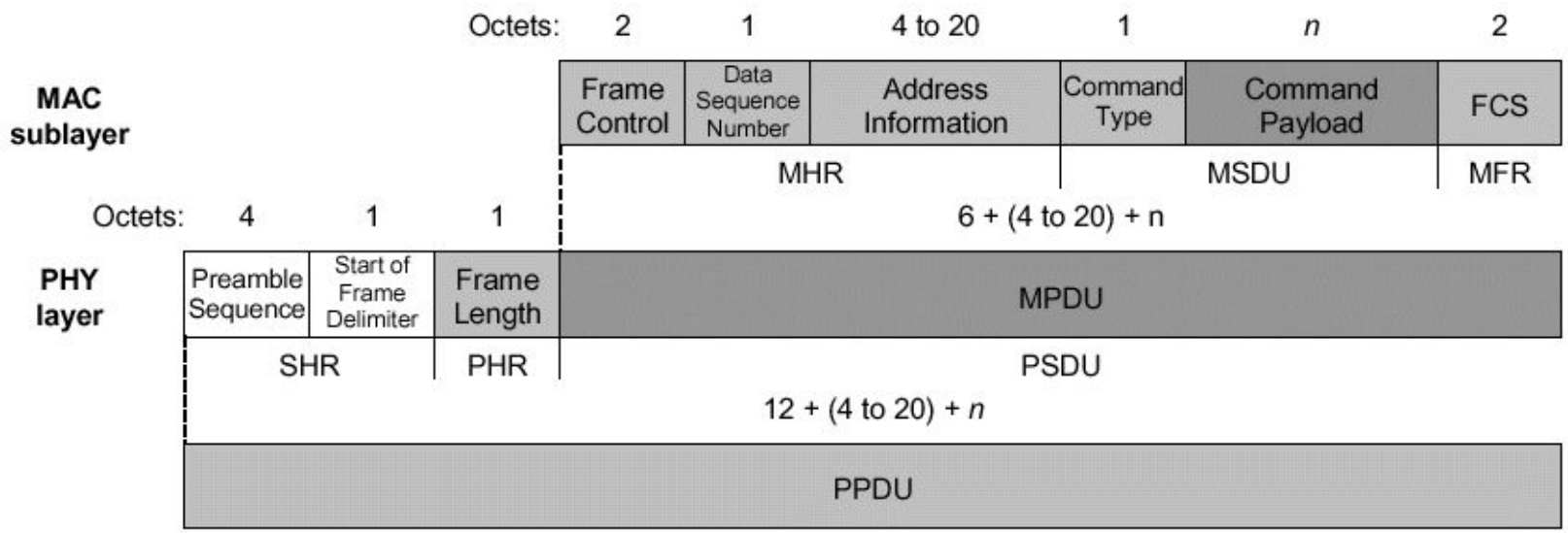
- **Позволяет передавать до 104 байт данных**
- **Для контроля последовательности передаваемых пакетов используется нумерация пакетов (Data sequence number)**
- **Контрольная сумма последовательности кадра обеспечивает безошибочную передачу (Frame Check Sequence - FCS)**

Формат пакета подтверждения



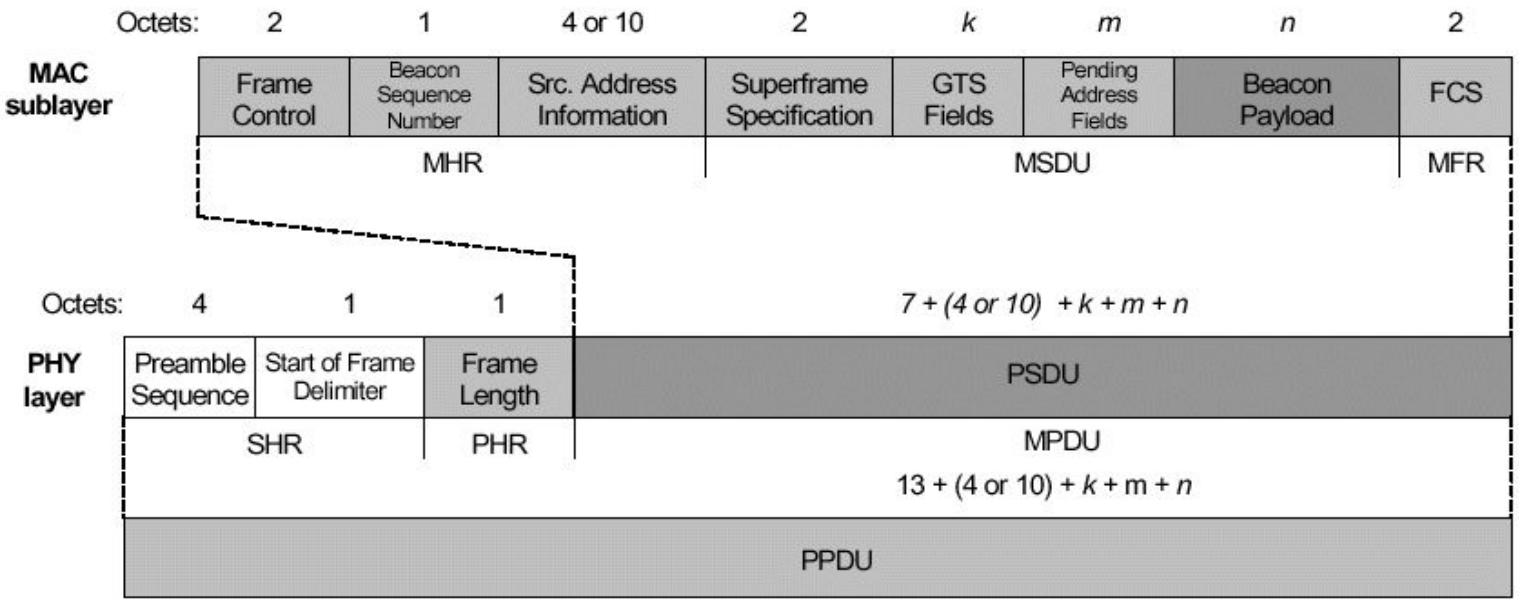
- Обеспечивает обратную связь от получателя к отправителю об успешной безошибочной передаче пакета данных
- Малая длина пакета увеличивает время нахождения в состоянии покоя сетевых конечных устройств.
- Передача пакета подтверждения осуществляется сразу после получения пакета данных

Формат пакета MAC команды



- **Используется для удаленного управления и конфигурирования сетевых устройств**
- **Позволяет координатору сети конфигурировать по отдельности все сетевые подчиненные устройства вне зависимости от размеров сети**

Формат сигнального пакета

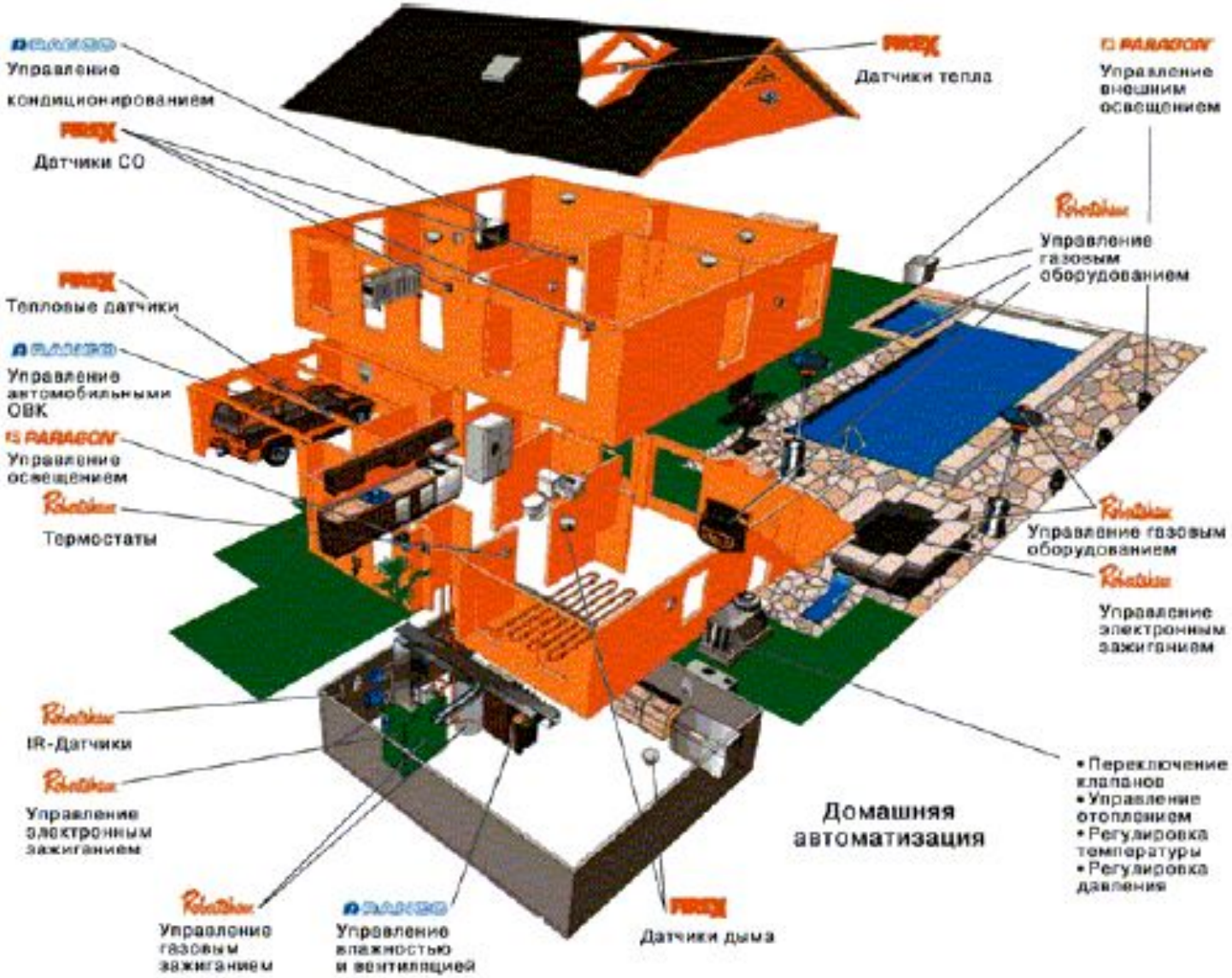


- **Конечные устройства «просыпаются» только в периоды приема пакетов синхронизации, считывают адреса в пакете синхронизации и переходят в спящее состояние, если адрес устройства не обнаружен**
- **Сигнальные пакеты необходимы для сетей типа «многоячейковая» и «кластерное дерево», обеспечивая синхронизацию всех сетевых устройств без необходимости каждым из них тратить энергию своих автономных источников питания, «слушая» эфир в ожидании получения пакета**

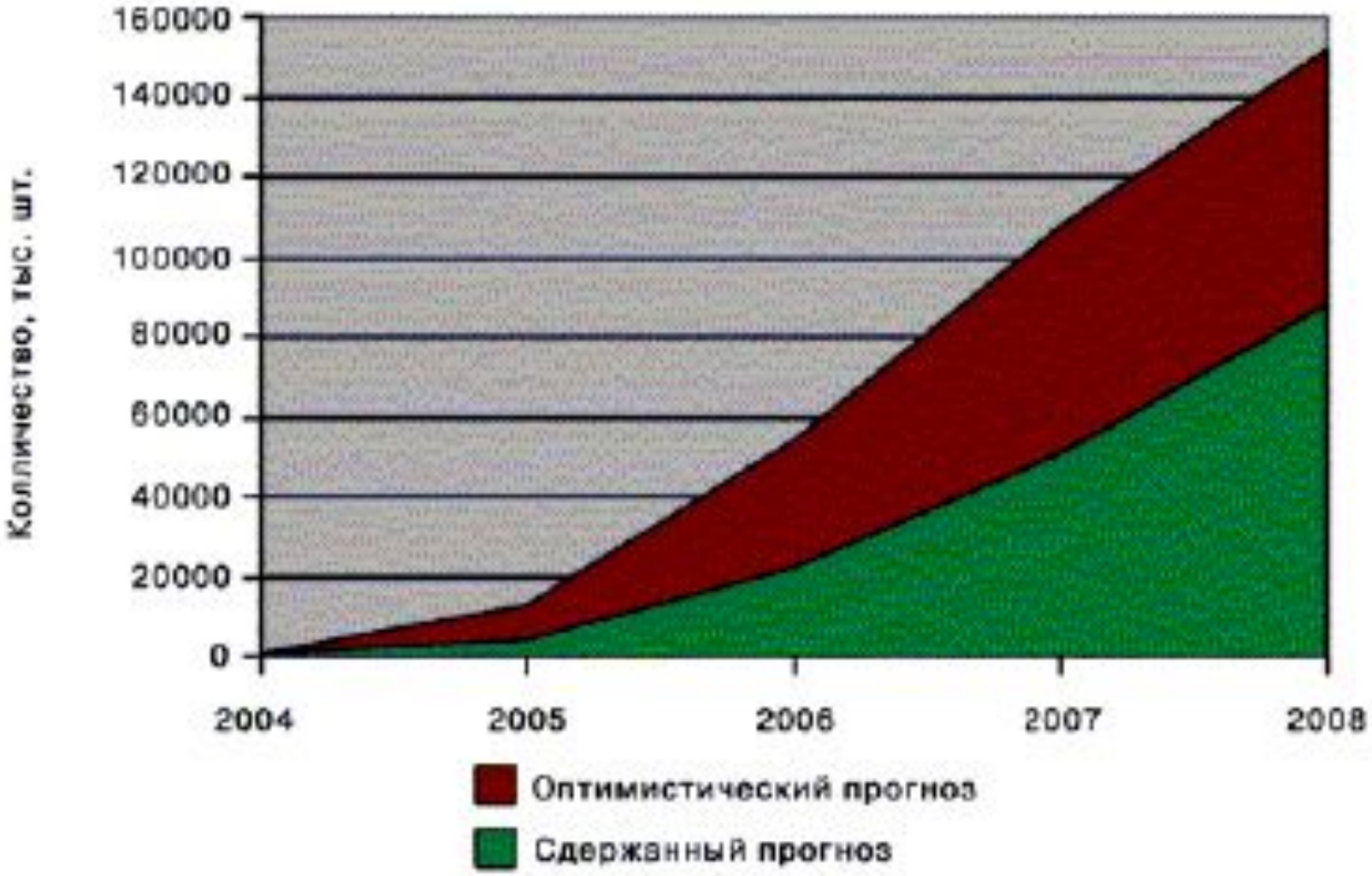
Области применения технологии ZigBee

Пример использования ZigBee-технологии:

проектирование системы домашней автоматизации



Перспективы использования технологии ZigBee

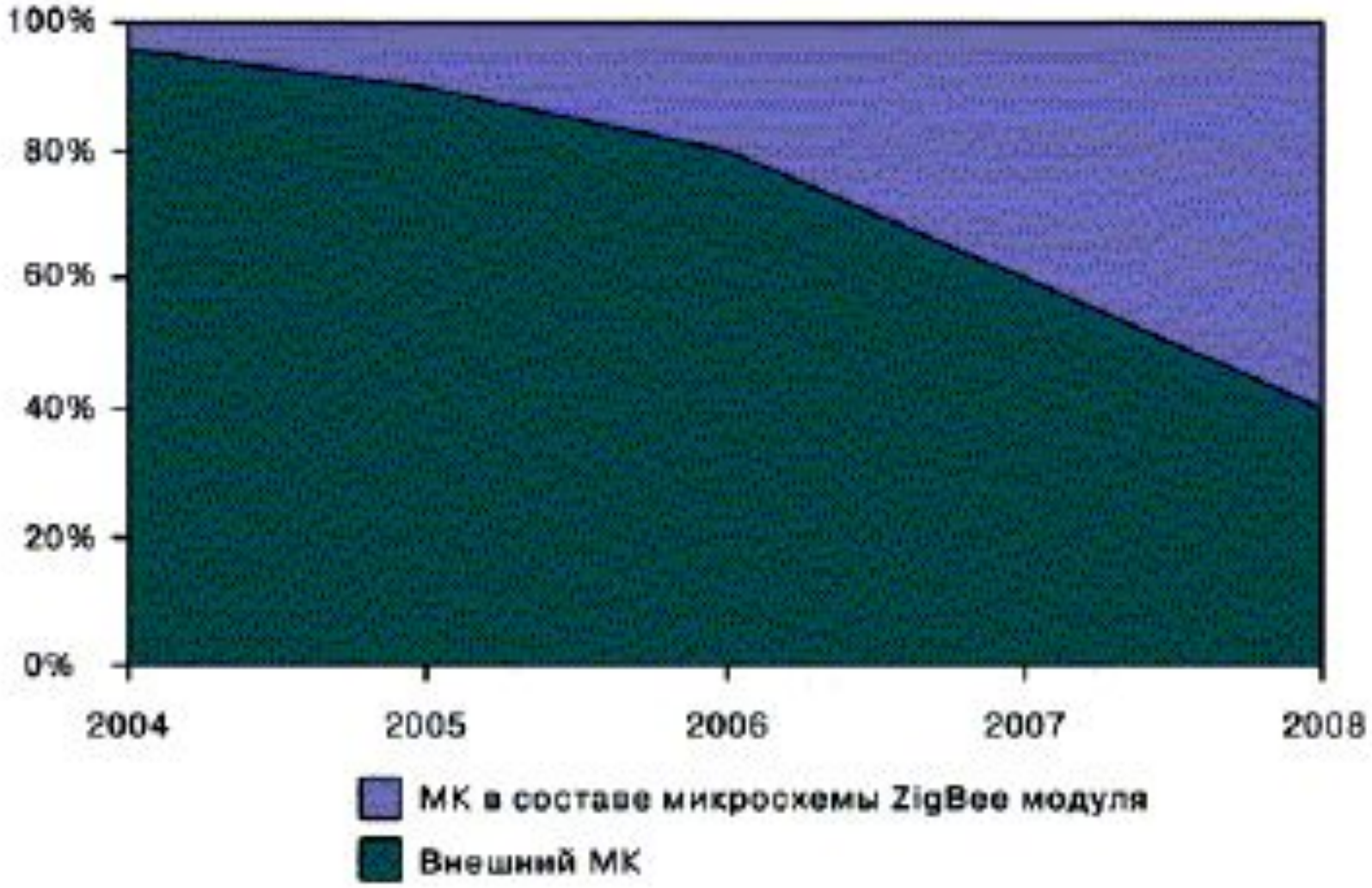


(по материалам аналитического агентства In-Stat)

Перспективы использования технологии ZigBee

- Joyce Putscher, an analyst at In-Stat, predicts that the market for ZigBee devices will grow to **150 million units by 2008**. *Electronic Business*, January 2005.
- By 2008, there will 100 million wireless sensors in use, up from about 200,000 today, market-research company Harbor Research says.
- The worldwide market for wireless sensor networks, it savs, will grow from $100 million in 2005 to **more than $1 billion by 2009**.

Перспективы однокристальных решений ZigBee



(по материалам аналитического агентства In-Stat)

Платформа ZigBee от фирмы Chipcon (Норвегия)

2,4 ГГц IEEE 802.15.4/ZigBee радиомодем

Скорость передачи данных: до 250 Кбит/с

Ток потребления: RX – 19,7 mA; TX – 17,4 mA

Напряжение питания: 2,1 – 3,6 В

Аппаратурное MAC кодирование и идентификация (AES-128)

SPI интерфейс для сопряжения с внешним МК

2,4 ГГц IEEE 802.15.4/ZigBee SoC (радиомодем + МК)

32-МГц MCU 8051, ОЗУ 8 Кбайт, ПЗУ 32, 64, 128 Кбайт

Скорость передачи данных: до 250 Кбит/с

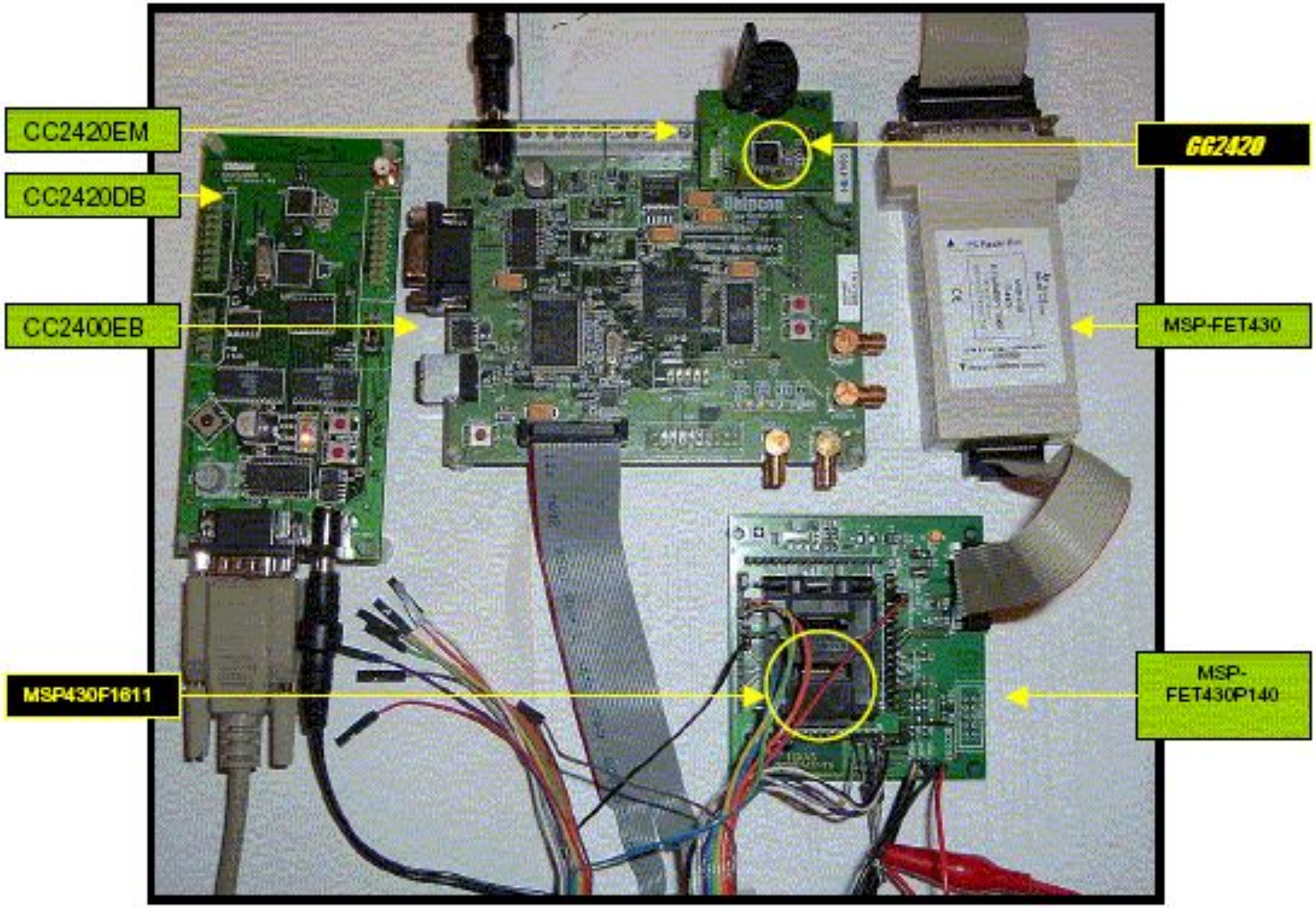
Ток потребления: RX – 27 mA; TX – 25 mA (32 МГц МК)

Напряжение питания: 2,0 – 3,6 В

Аппаратурный AES-128 ко-процессор

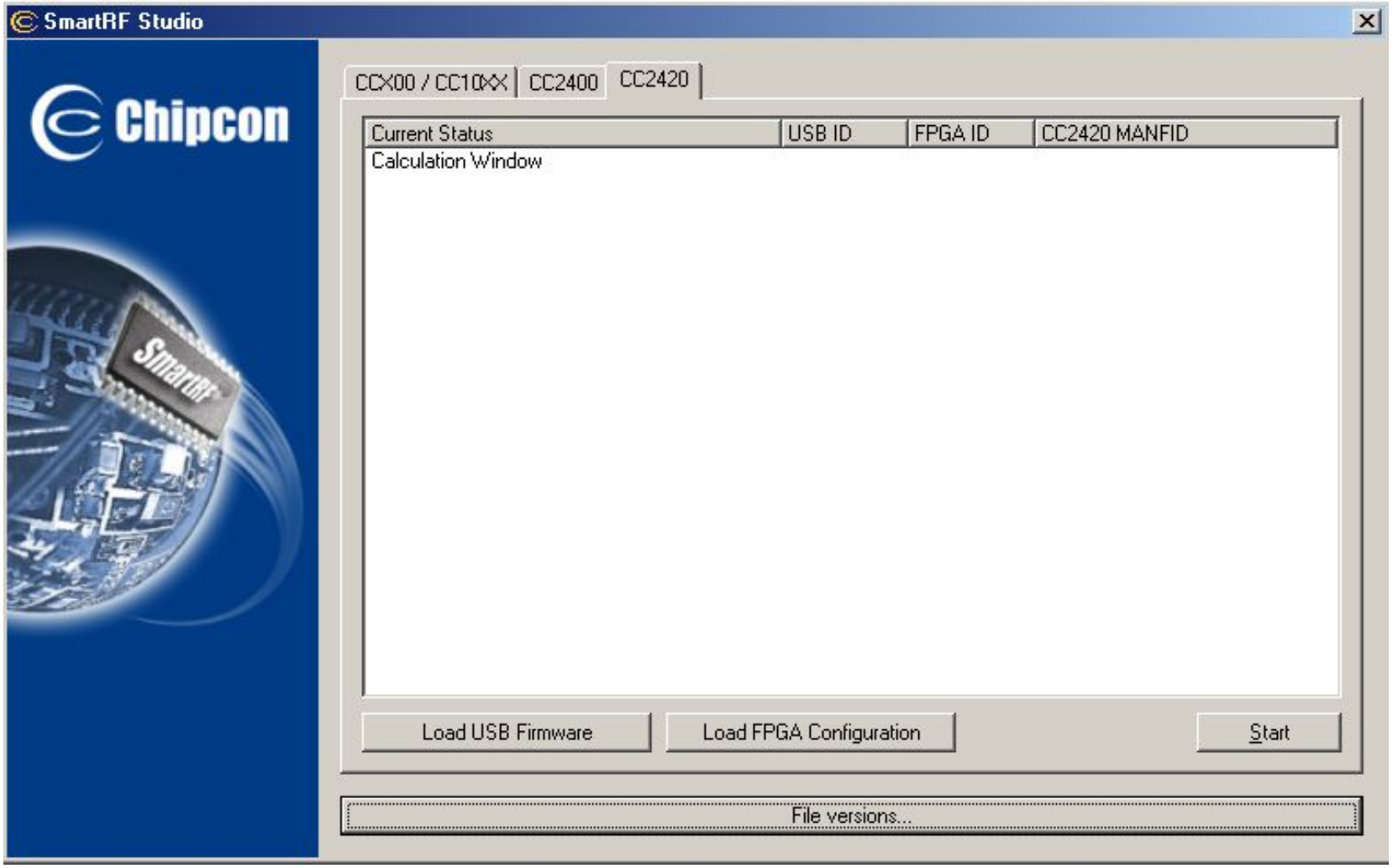
USART, WDT, TM, DMA, PPI, ADC

Платформа ZigBee от фирмы Chipcon (Норвегия)



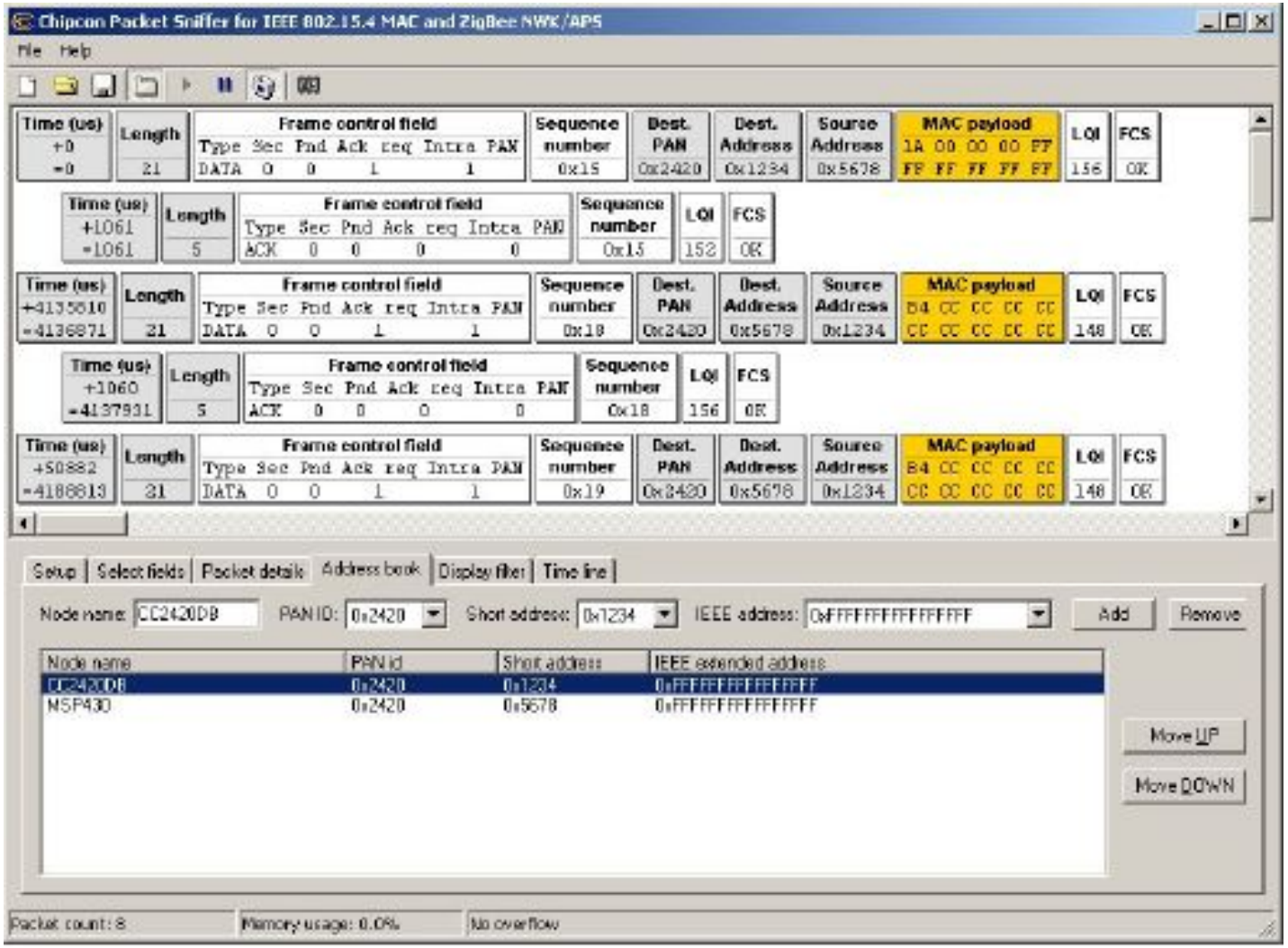
Отладочные средства для ZigBee-решений на базе CC2420 и МК MSP430

Платформа ZigBee от фирмы Chipcon (Норвегия)



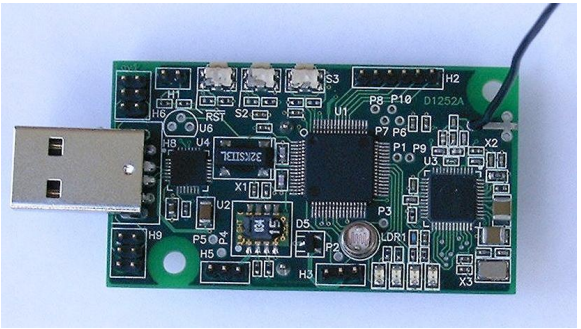
Отладочные средства для ZigBee-решений: пакет ПО SmartRF ® Studio

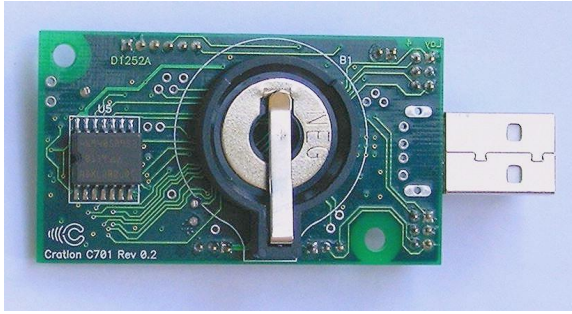
Платформа ZigBee от фирмы Chipcon (Норвегия)



Отладочные средства для ZigBee-решений: программа IEEE 802.15.4 Packet Sniffer Chipcon

Обзор ZigBee-модулей на базе CC2420





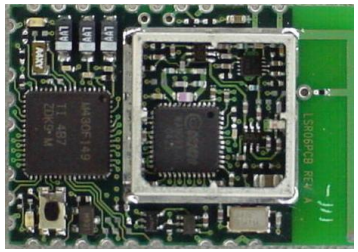
Cratlon C701 Sensor Module (Ирландия)

Тип МК: MSP430F149

Датчики: температуры, влажности, освещенности, ускорения

Питание: батарея 3 В

Интерфейс: USB, RS232C, JTAG, пользовательский



ChipStar Module (США)

Тип МК: MSP430F149

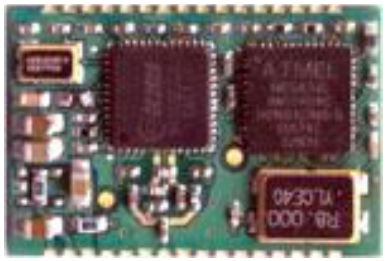
Питание: 2,1 – 3,6 В

100 мВт усилитель

Ток потребления: RX – 30 mA, TX – 25 mA (1 мВт)

Размеры: 20 x 30 мм

Обзор ZigBee-модулей на базе CC2420



EZZBM01 Module (Филлипины))

Тип МК: ATMega 32L, 8 МГц

Интерфейс: UART, JTAGICE, PPI

Питание: 2,7 – 3,6 В

Ток потребления: RX – 32 mA, TX – 30 mA (1 мВт)

Размеры: 24 x 16 мм

DZ1612 Module (США)

Тип МК: MSP430F1612 (1611), 32 кГц

Интерфейс: RS232C, JTAG, PPI, I^2C

Питание: 3 В

Размеры: 24 x 16 мм

Обзор ZigBee-модулей на базе CC2420

Tmote Sky Module (США)

Тип МК: MSP430F1611, 32 кГц

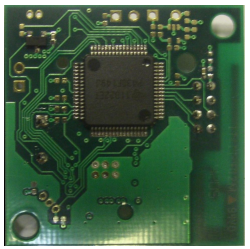
Интерфейс: USB, JTAG, пользовательский

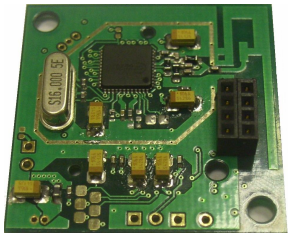
Датчики: температуры, освещенности, влажности

Питание: 1,8 – 3,6 В (2 батареи АА)

Ток потребления: RX-23 mA, TX-21 mA (1 мВт)

Размеры: 65 x 32 мм





LDS Module (Украина)

Тип МК: MSP430F149

Интерфейс: JTAG, пользовательский

Питание: 3,0 В (2 батареи АА)

Размеры: 34 x 34 мм

Контактная информация:

03056, г. Киев-56, проспект Победы, 37
Национальный технический университет Украины “КПИ”
Приборостроительный факультет
корпус 1 (главный), к. 213-1
лаборатория диагностических средств

- *тел. 454-95-38*
- *факс 241-77-02*
- E-mail: Lysenko@pson.ntu-kpi.kiev.ua
- WEB: www.digitallab.kiev.ua

???

Демонстрация

работы элементов системы пожарной сигнализации на основе ZigBee-модулей Tmote Sky

1. Извещатель пожарный ручной
2. Извещатель пожарный тепловой
3. Извещатель пожарный дымовой (-)