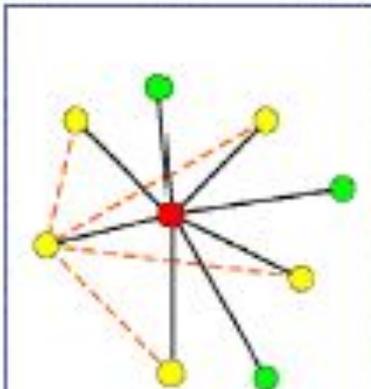
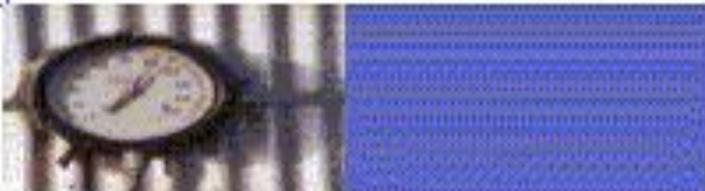


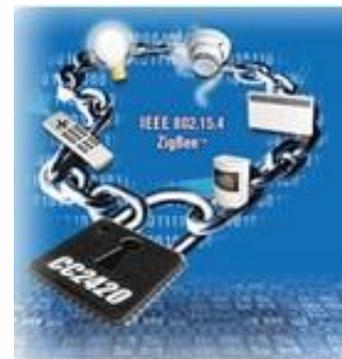
11 ноября 2005
Александр Лысенко



**Беспроводная технология
ZigBee: обзор, перспективы,
демонстрация применения**



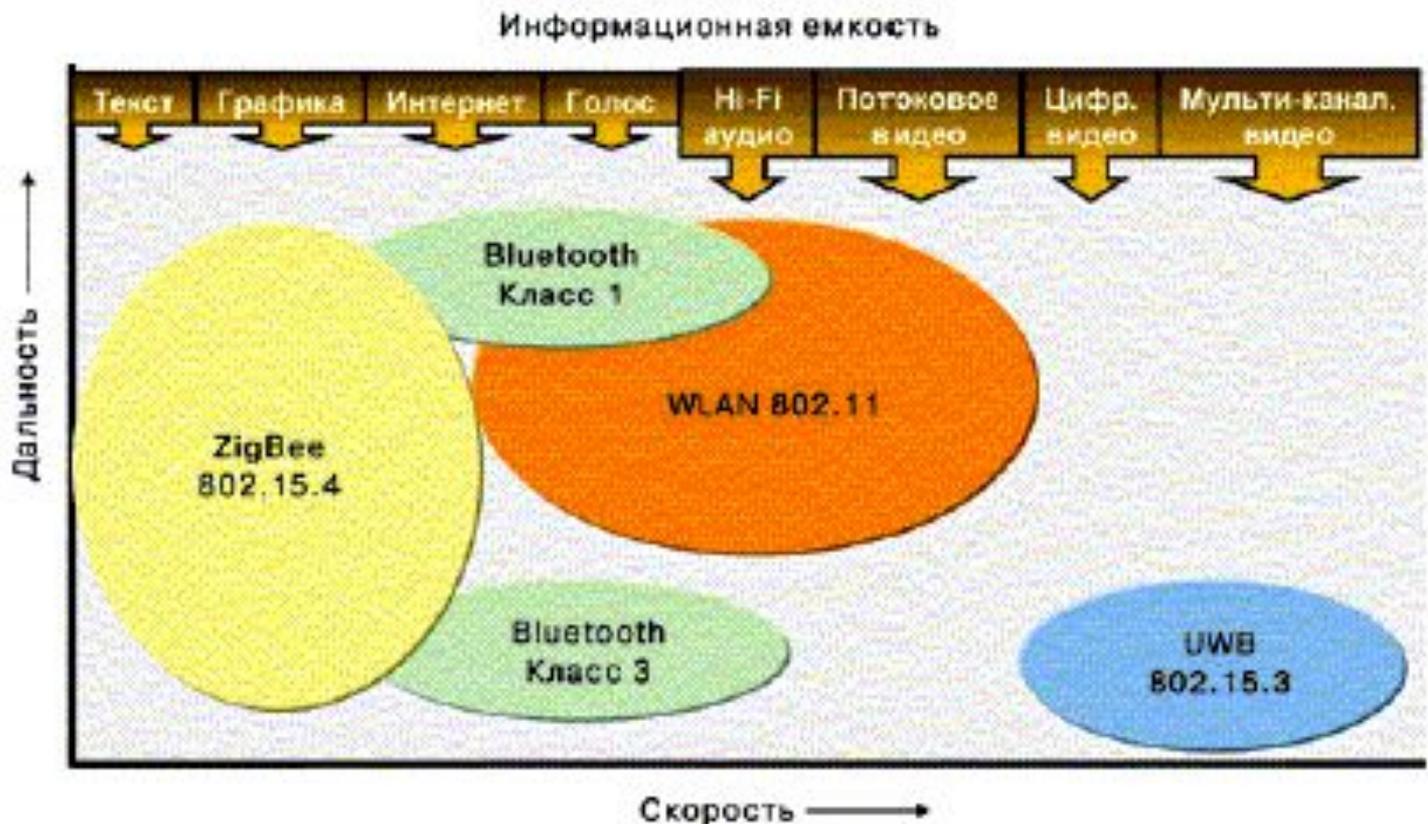
**Лаборатория диагностических средств,
приборостроительный факультет НТУУ "КПИ"**



Встречайте ZigBee



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

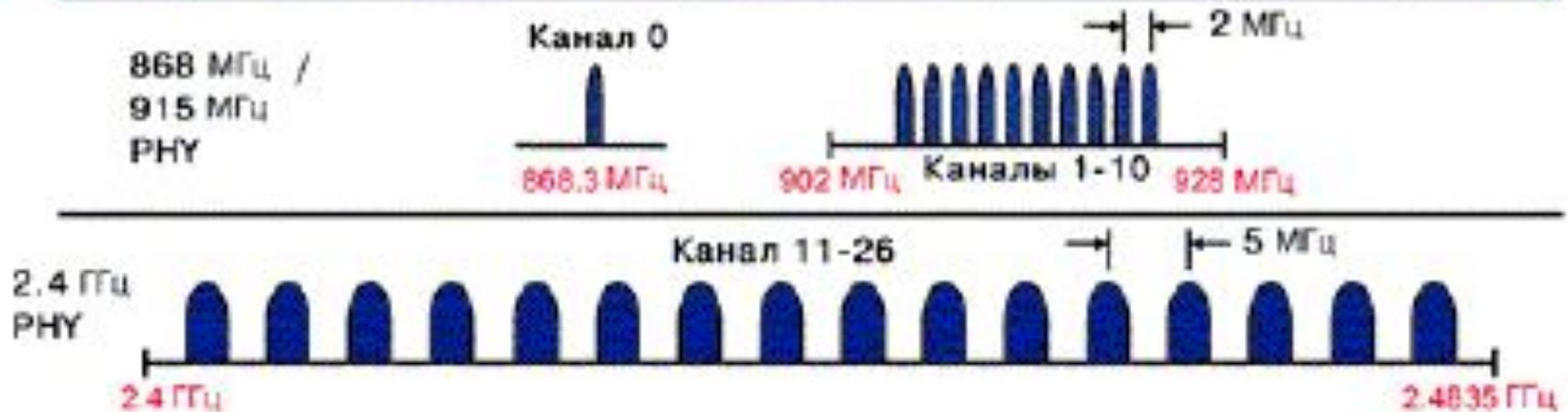


Основные преимущества ZigBee

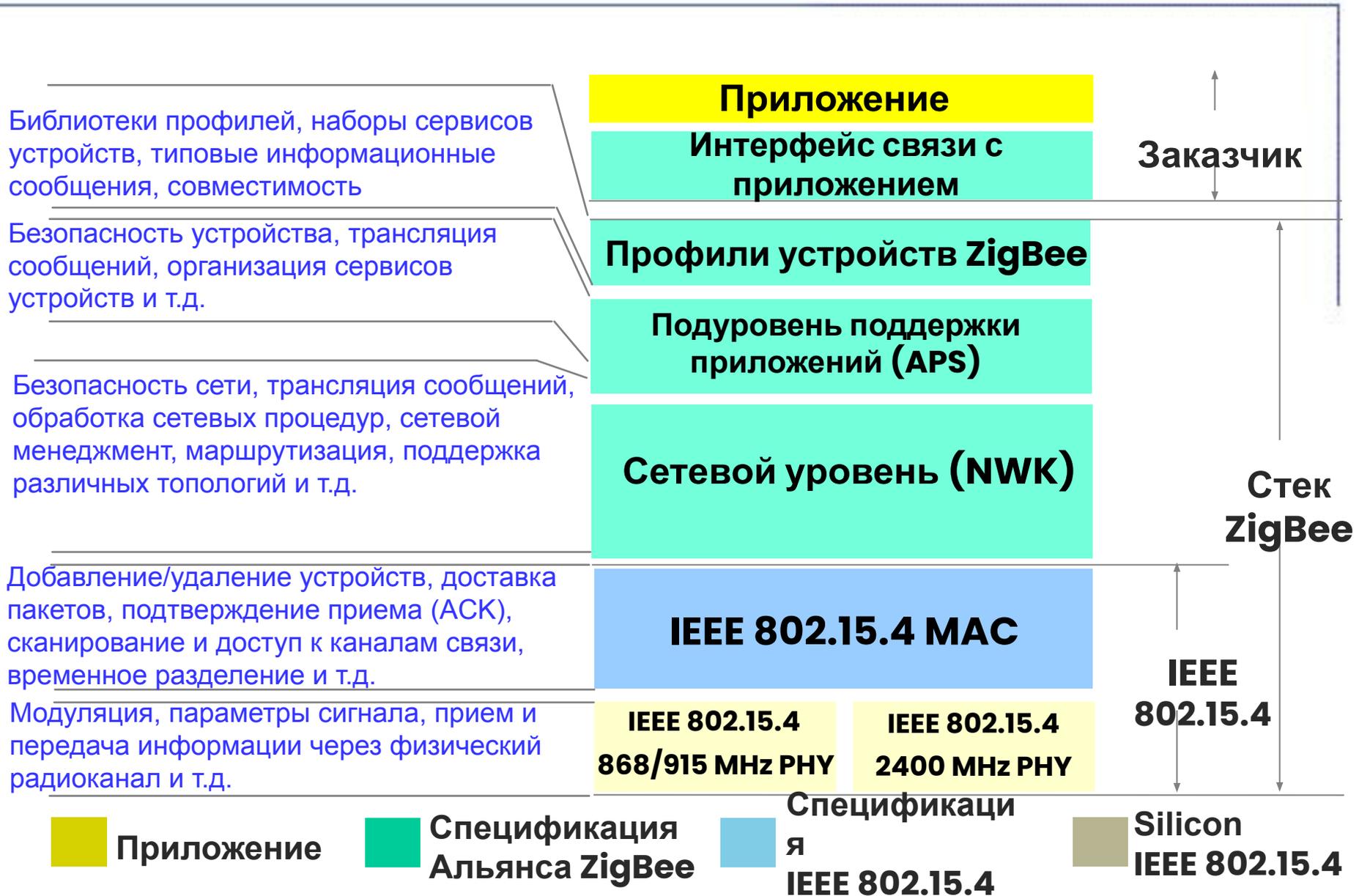
- Низкое энергопотребление;
- Низкая стоимость (\$ 3 - \$ 5);
- Возможность организации сети различной топологии (число узлов до 2^{64} при IEEE адресации и 2^{16} при локальной адресации), увеличение дальности связи без дополнительного усиления радиосигнала;
- Высокая надежность сетевых решений и самовостанавливаемость 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

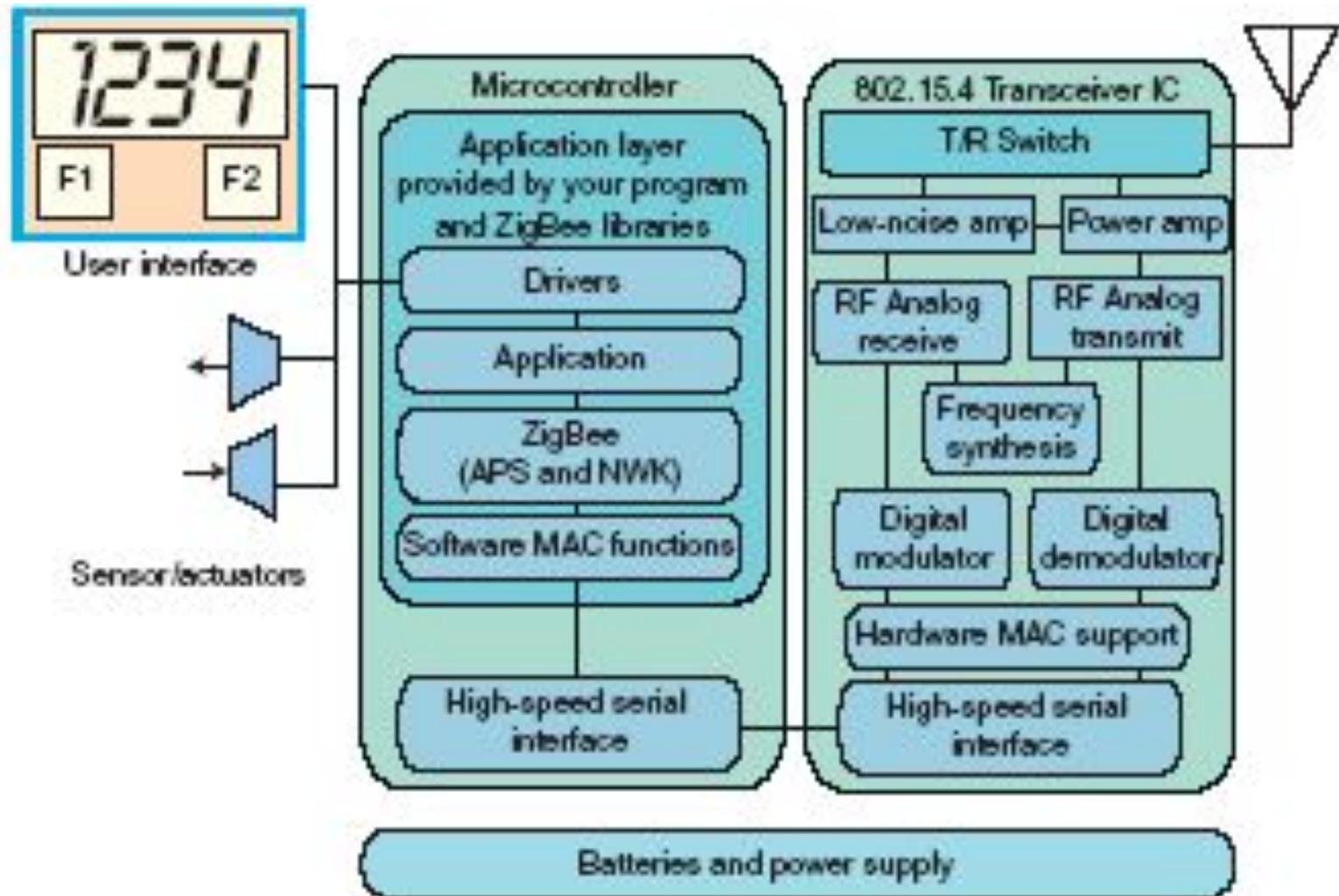
Диапазон	География использования	Скорость	#Каналов	Модуляция
2.4 ГГц	ISM	Весь мир	16	O-QPSK
868 МГц	ISM	Европа	1	BPSK
915 МГц	ISM	Америка	10	BPSK



Конфигурация стека протокола ZigBee



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)



Основные классы ZigBee-устройств

2. FFD-маршрутизатор

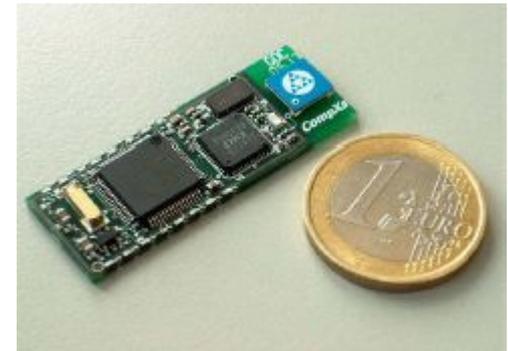
- Поддерживает все функции и параметры стандарта IEEE 802.15.4
- Дополнительная память и увеличенное энергопотребление позволяют выполнять функции ретранслятора и маршрутизатора сети
- Поддержка любой топологии
- Может выполнять роль координатора сети
- Способен обращаться к любым другим устройствам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



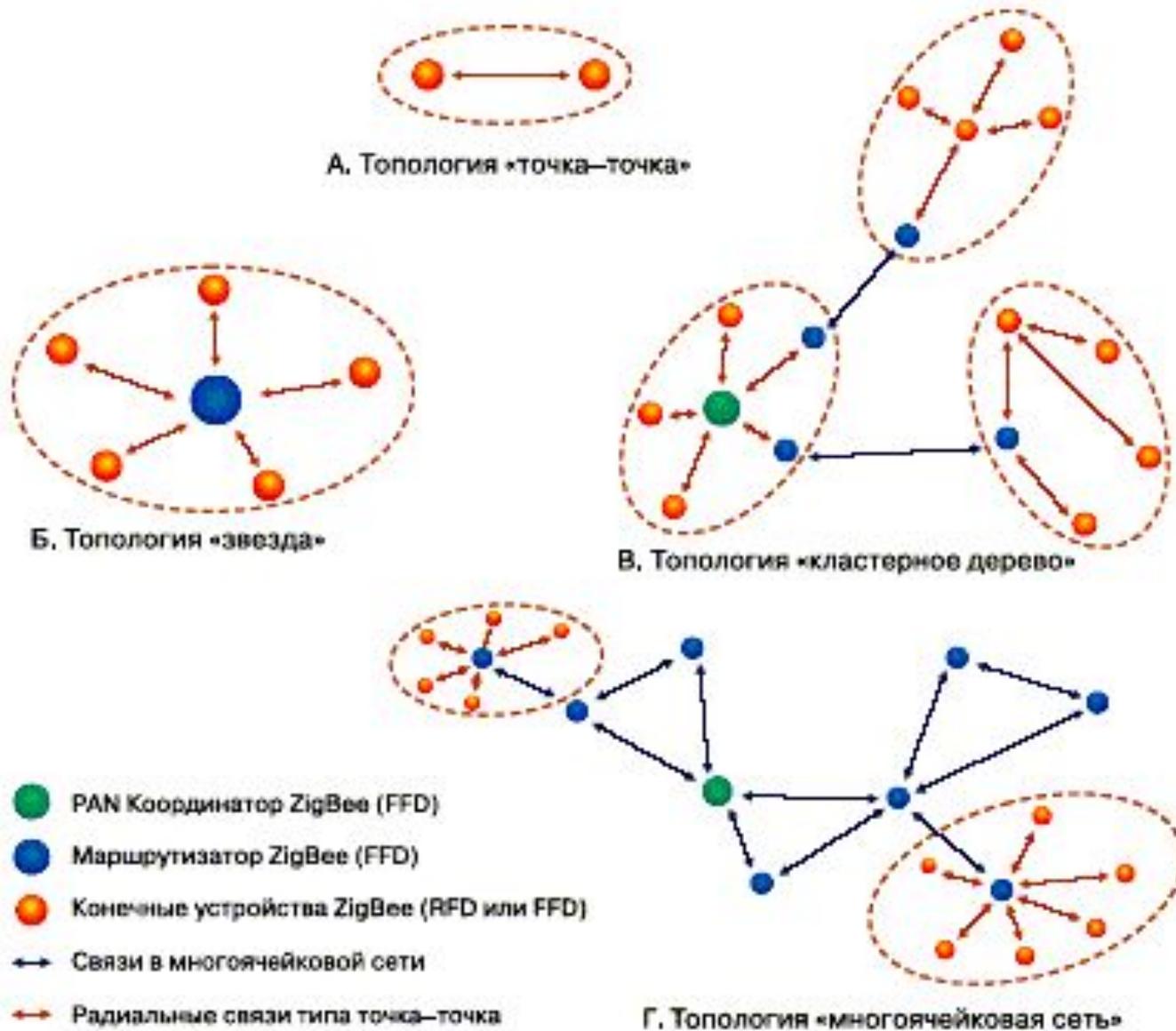
Основные классы ZigBee-устройств

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



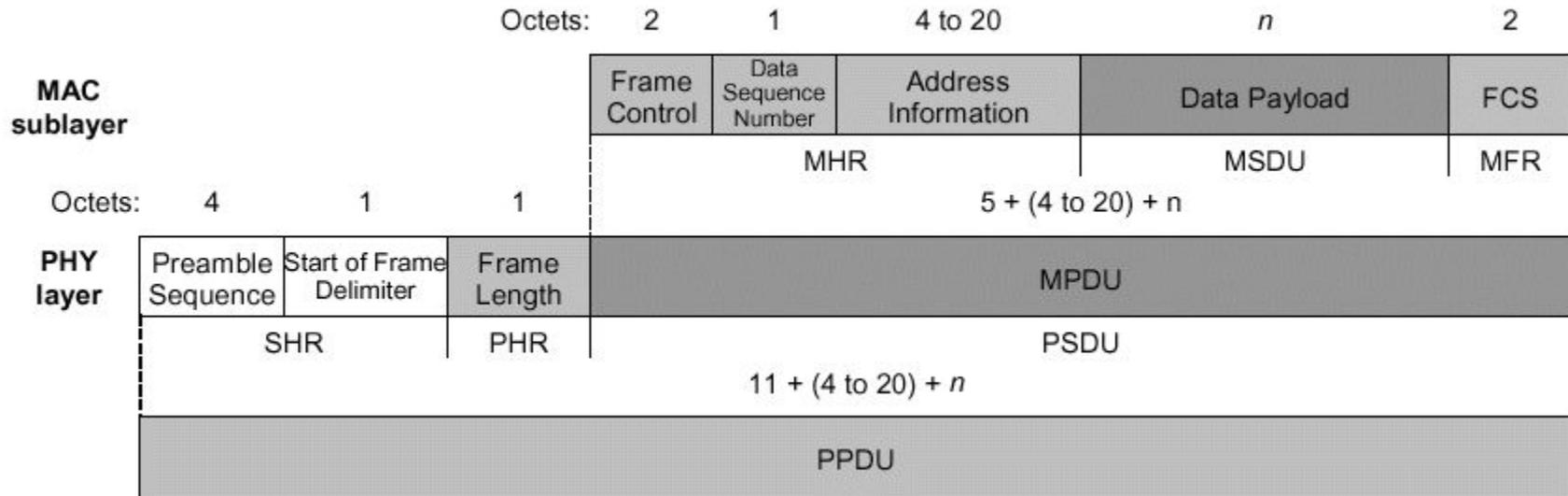
Варианты топологий сетей ZigBee



Форматы передаваемых пакетов в сетях ZigBee

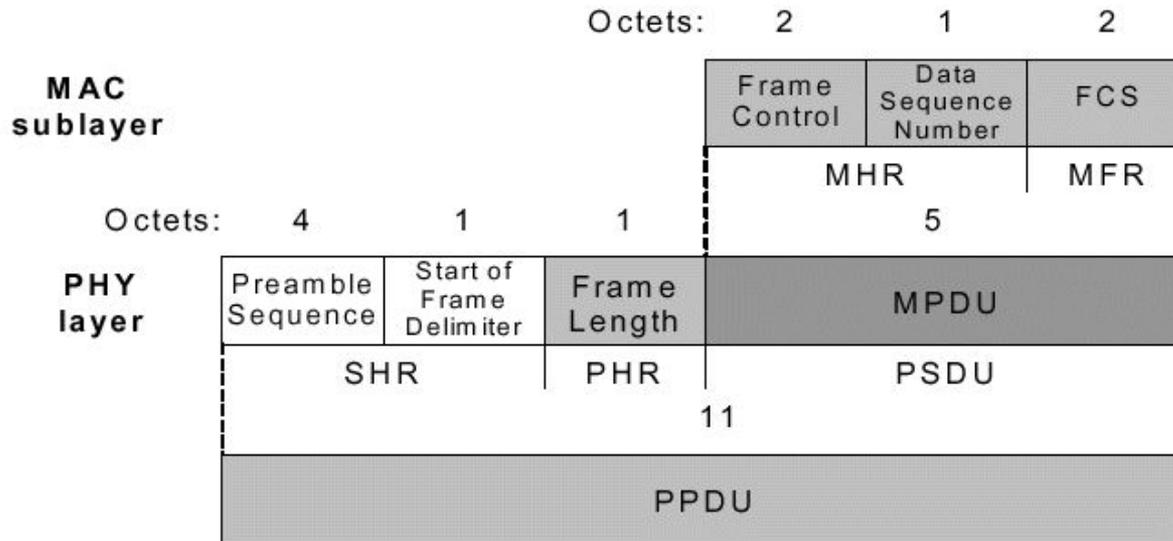
- Пакет данных: используется для передачи данных
- Пакет подтверждения: используется для подтверждения успешной передачи данных
- Пакет MAC команды: используется для организации пересылок управляющих MAC команд
- Сигнальный пакет: используется координатором для организации синхронизированного доступа

Формат пакета данных



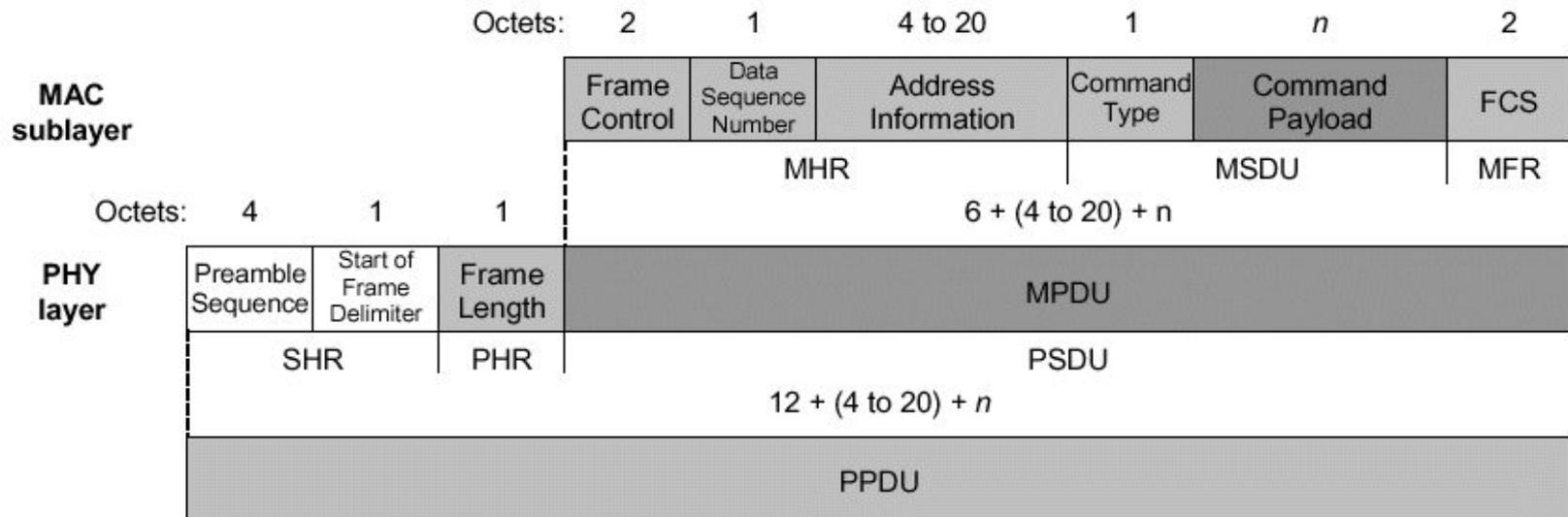
- Позволяет передавать до 104 байт данных
- Для контроля последовательности передаваемых пакетов используется нумерация пакетов (Data sequence number)
- Контрольная сумма последовательности кадра обеспечивает безошибочную передачу (Frame Check Sequence - FCS)

Формат пакета подтверждения



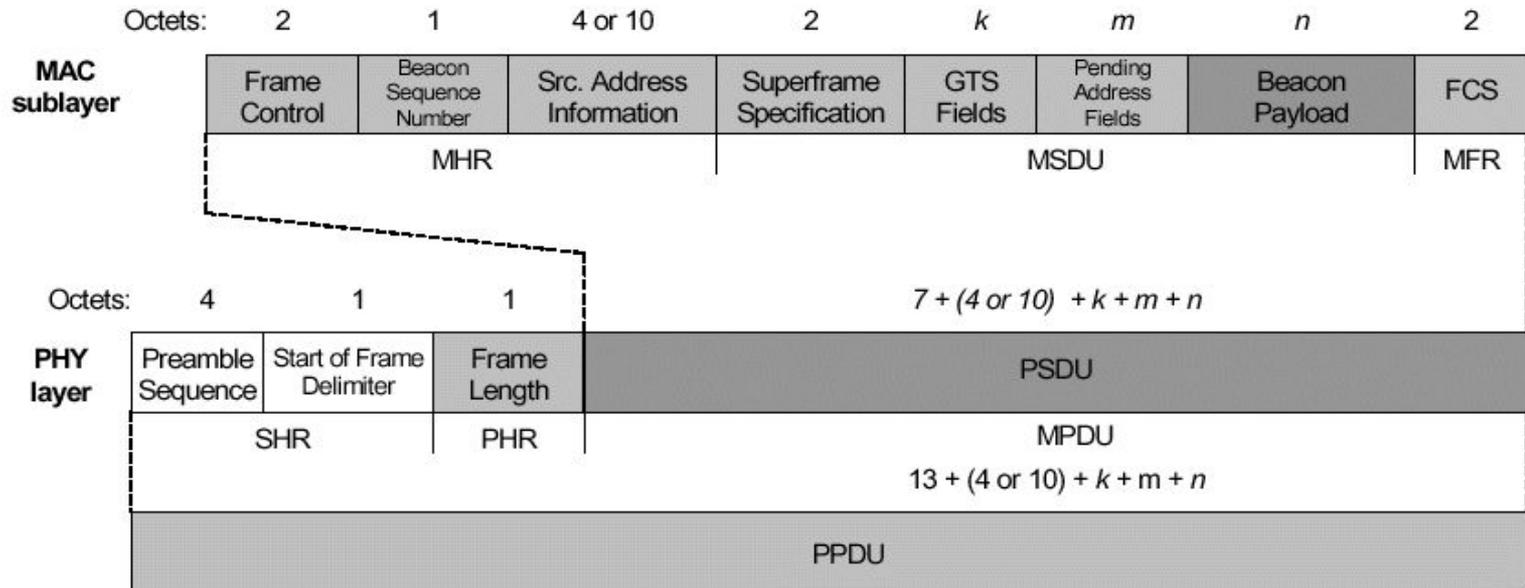
- Обеспечивает обратную связь от получателя к отправителю об успешной безошибочной передаче пакета данных
- Малая длина пакета увеличивает время нахождения в состоянии покоя сетевых конечных устройств.
- Передача пакета подтверждения осуществляется сразу после получения пакета данных

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

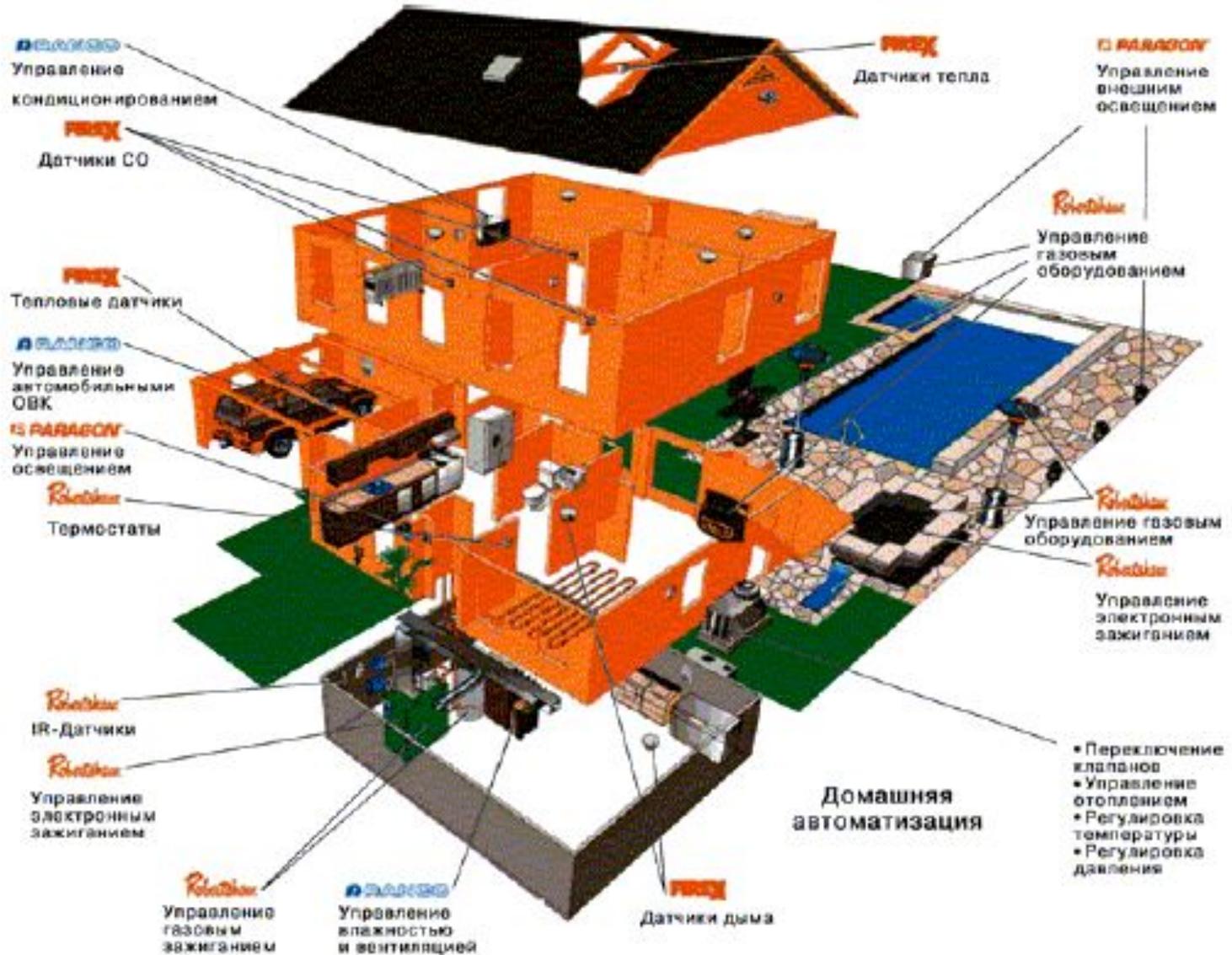


- Конечные устройства «просыпаются» только в периоды приема пакетов синхронизации, считывают адреса в пакете синхронизации и переходят в спящее состояние, если адрес устройства не обнаружен
- Сигнальные пакеты необходимы для сетей типа «многочейковая» и «кластерное дерево», обеспечивая синхронизацию 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

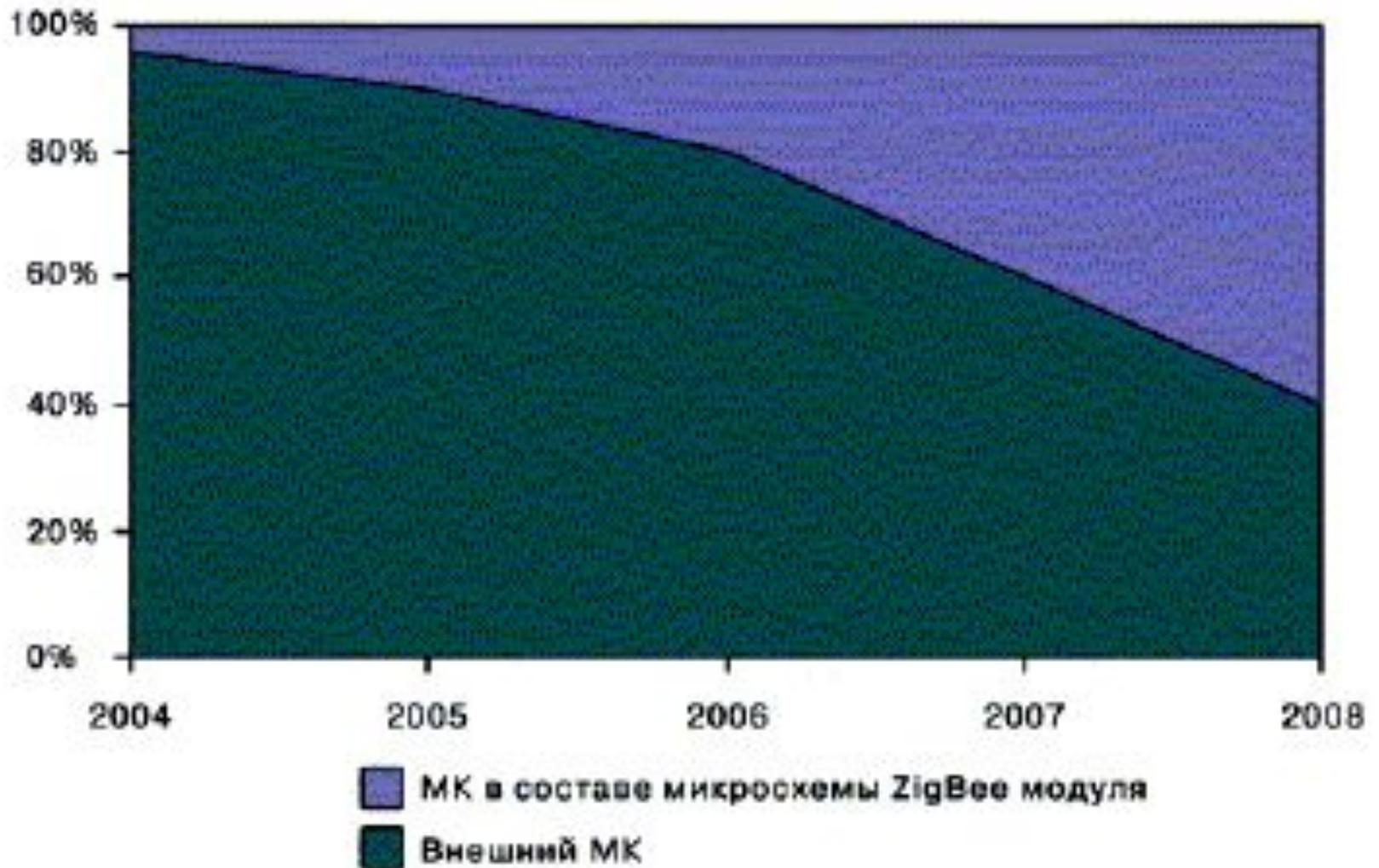


(по материалам аналитического агентства In-Stat)

Перспективы использования технологии ZigBee

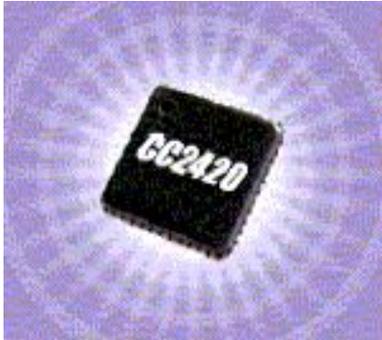
- Joyce Putscher, an analyst at In-Stat, predicts that the market for ZigBee devices will grow to **150 million units by 2008**. *Electronic Business*, January 2005.
- By 2008, there will be 100 million wireless sensors in use, up from about 200,000 today, market-research company Harbor Research says.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

Перспективы однокристалльных 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 мА; TX – 17,4 мА

Напряжение питания: 2,1 – 3,6 В

Аппаратное 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

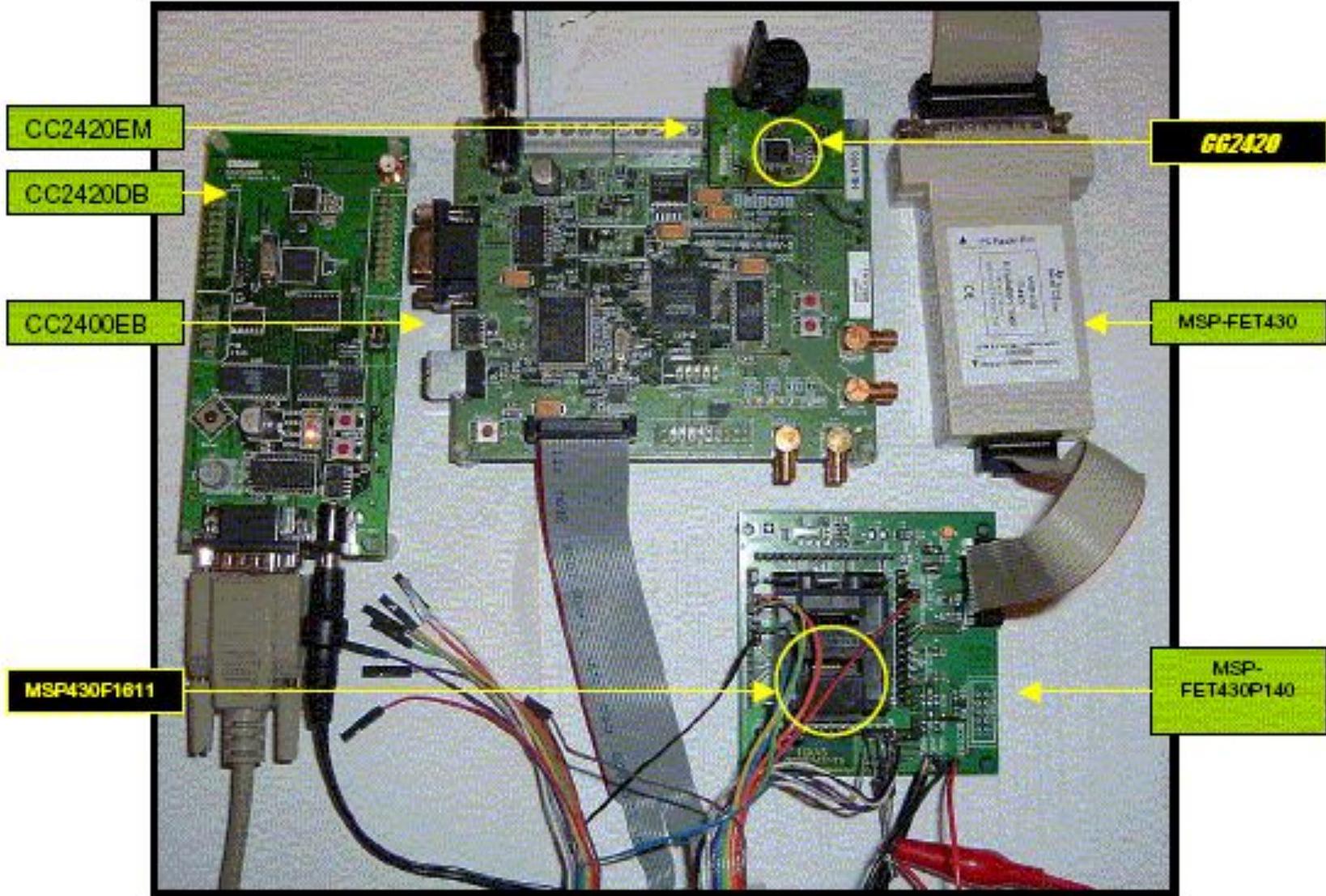
Ток потребления: RX – 27 мА; TX – 25 мА (32 МГц МК)

Напряжение питания: 2,0 – 3,6 В

Аппаратный AES-128 ко-процессор

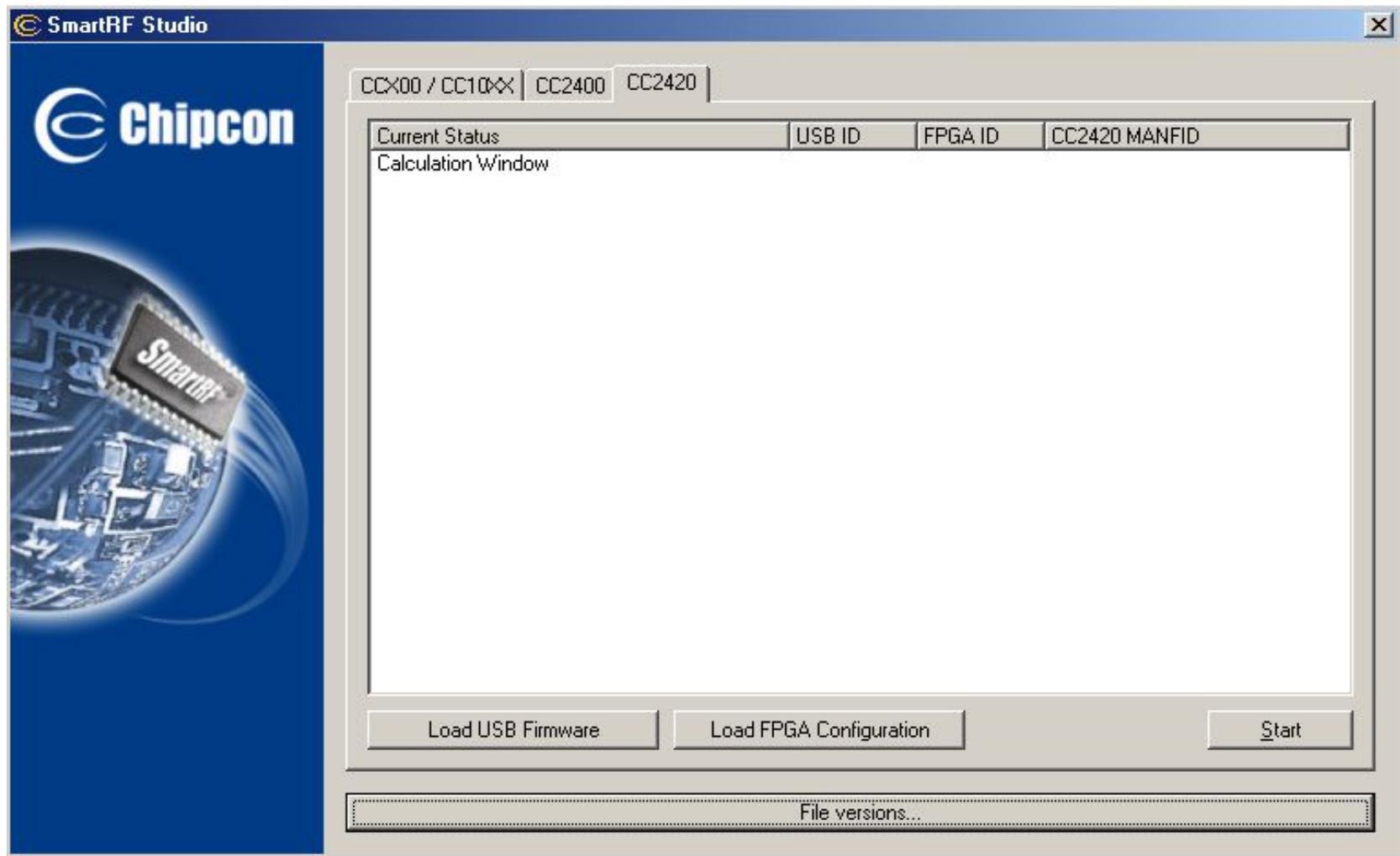
USART, WDT, TM, DMA, PPI, ADC

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)

Chipcon Packet Sniffer for IEEE 802.15.4 MAC and ZigBee NWK/APS

Time (us)	Length	Frame control field	Sequence number	Dest. PAN	Dest. Address	Source Address	MAC payload	LQI	FCS
+0 -0	21	Type Sec Pnd Ack req Intra PAN DATA 0 0 1 1	0x15	0x2420	0x1234	0x5678	1A 00 00 00 FF FF FF FF FF FF	156	OK
+1061 -1061	5	Type Sec Pnd Ack req Intra PAN ACK 0 0 0 0	0x15					152	OK
+4135610 -4136871	21	Type Sec Pnd Ack req Intra PAN DATA 0 0 1 1	0x18	0x2420	0x5678	0x1234	B4 CC CC CC CC CC CC CC CC CC	148	OK
+1060 -4137931	5	Type Sec Pnd Ack req Intra PAN ACK 0 0 0 0	0x18					156	OK
+50882 -4188813	21	Type Sec Pnd Ack req Intra PAN DATA 0 0 1 1	0x19	0x2420	0x5678	0x1234	B4 CC CC CC CC CC CC CC CC CC	148	OK

Setup | Select fields | Packet details | Address book | Display filter | Time line

Node name: CC2420DB PAN ID: 0x2420 Short address: 0x1234 IEEE address: 0xFFFFFFFFFFFFFFF Add Remove

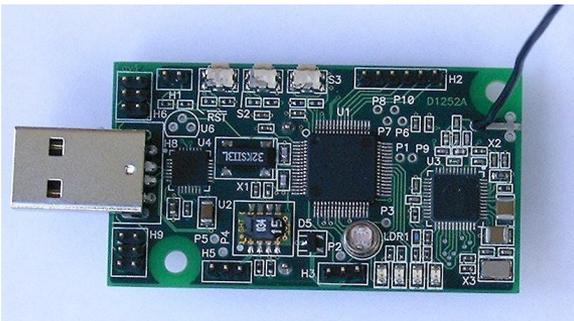
Node name	PAN id	Short address	IEEE extended address
CC2420DB	0x2420	0x1234	0xFFFFFFFFFFFFFFF
MSP430	0x2420	0x5678	0xFFFFFFFFFFFFFFF

Move UP Move DOWN

Packet count: 8 Memory usage: 0.0% No overflow

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

Обзор ZigBee-модулей на базе CC2420



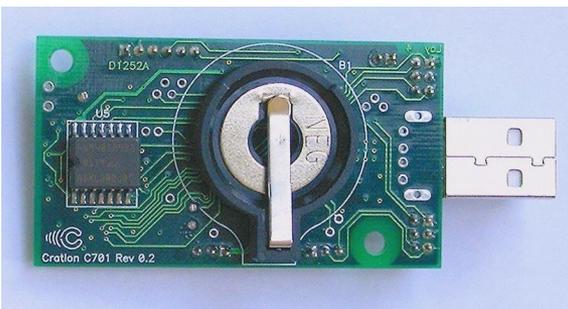
Cratlon C701 Sensor Module (Ирландия)

Тип МК: MSP430F149

Датчики: температуры, влажности, освещенности, ускорения

Питание: батарея 3 В

Интерфейс: USB, RS232C, JTAG, пользовательский



ChipStar Module (США)

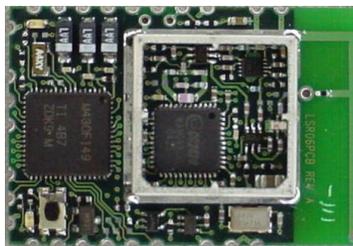
Тип МК: MSP430F149

Питание: 2,1 – 3,6 В

100 мВт усилитель

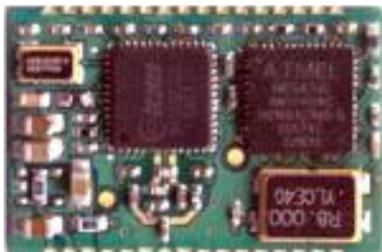
Ток потребления: RX – 30 мА, TX – 25 мА (1 мВт)

Размеры: 20 x 30 мм



Обзор ZigBee-модулей на базе CC2420

EZZBM01 Module (Филлипины)



Тип МК: ATМega 32L, 8 МГц

Интерфейс: UART, JTAGICE, PPI

Питание: 2,7 – 3,6 В

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

Размеры: 24 x 16 мм

DZ1612 Module (США)



Тип МК: MSP430F1612 (1611), 32 кГц

Интерфейс: RS232C, JTAG, PPI, I²C

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 мА, TX-21 мА (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 (-)**