Стандарты беспроводной связи. Введение в ZigBee/802.15.4

Беспроводные решения стандарта ZigBee/802.15.4 фирмы Freescale Semiconductor

1 декабря 2004



Стандарты беспроводной связи. Введение в ZigBee

- Обзор стандартов беспроводной связи
 - Общая характеристика и использование стандартов беспроводной локальной связи
 - 👉 WLAN
 - Bluetooth
 - 👉 UWB
 - ZigBee/IEEE 802.15.4
- →Введение в стандарт ZigBee/IEEE 802.15.4
 - Новая технология для новых рынков
 - Обзор стандарта IEEE 802.15.4
 - Обзор стандарта ZigBee
- Сравнительный анализ и совместная работа беспроводных сетей разных стандартов





Обзор стандартов беспроводной связи



Что такое "Стандарт"?

Откуда берутся стандарты?

- Технология или решение + широкое внедрение на рынке = «стандарт»
- Для принятия стандарта необходима некоторая критическая масса

Кто разрабатывает стандарты?

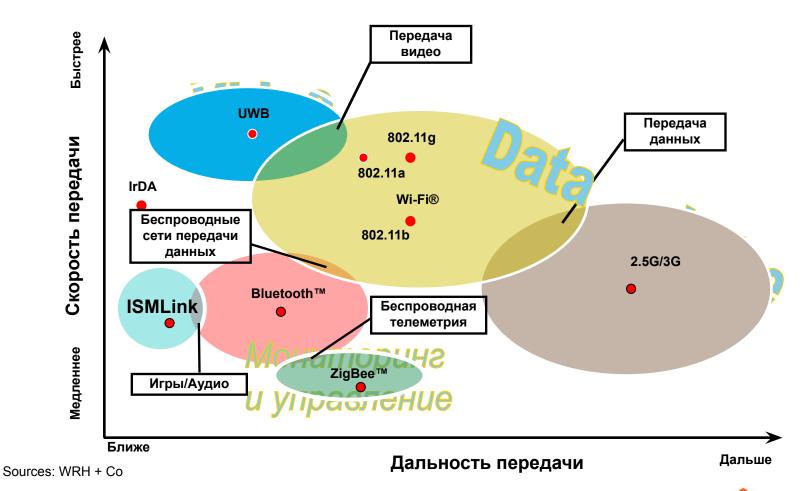
- Любой, кто обладает достаточными ресурсами (время, финансы, власть, авторитет), например:
 - ✓ ГОСТ-Р
 - ✓ International of Electronic and Electrical Engineers (IEEE)
 - ✓ Society of Automotive Engineers (SAE)
 - Qualcomm (CDMA), Motorola (iDEN, TETRA, FLEX), Intel (PC architecture), Microsoft (OS), etc.

Чем хороши стандарты?

- С рыночной точки зрения:
 - ✓ Обеспечение интероперабельности как отдельных продуктов, так и систем
 - ✓ За счет конкурентной борьбы снижаются цены

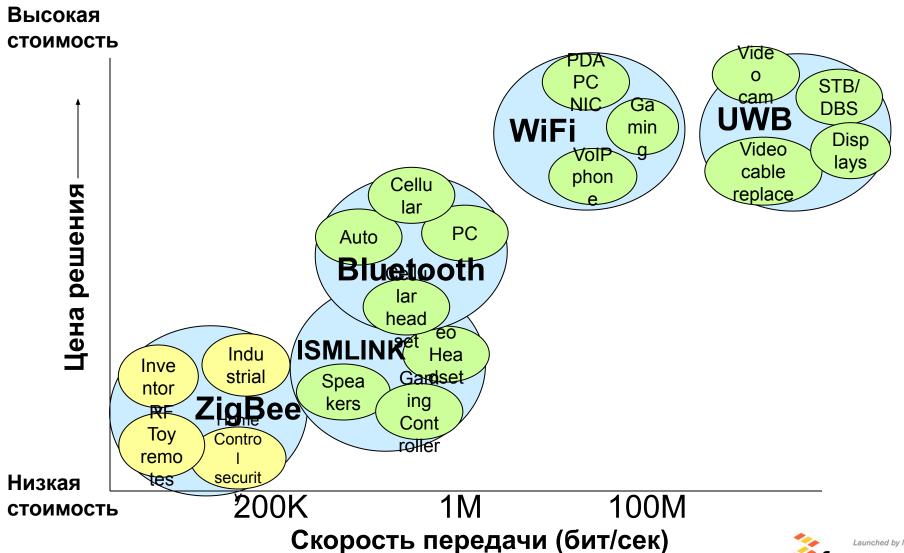


Обзор стандартов беспроводной связи





Стоимость беспроводных решений





Стандарты серии 802.11 (WLAN, Wi-Fi)

Общая характеристика

- IEEE 802.11 серия стандартов (IEEE 802.11a/b/g...)
- «Ethernet» (WLAN, Wi-Fi) без проводов
- Ориентирован на передачу данных в беспроводной сети
- Большая масса уже установленных устройств и поддержка крупных производителей (Intel, Cisco, etc)
- Стоимость 100 400 \$ USD

Требования приложений

- Низкая стоимость развертывания сети и простое подключение
- Широкополосный доступ для мобильных пользователей
- Совместимость с существующими сетями
- Обеспечение QoS
- Основные приложения
 - ✓ Точки доступа к сетям общего пользования



Стандарты серии 802.11 (WLAN, Wi-Fi)

Технические детали

- Используемый частотный диапазон: 2,4 ГГц, 4.9 5.8 ГГц
- Типы модуляции: DSSS, FHSS. OFDM
- Скорость передачи данных: 1, 2, 4, 5.5, 11, 54 Мбит/с
- Дальность передачи: <100 м
- Энергопотребление: > 400 мА / 20 мА
- Большой размер стека протоколов (> 100 кБ)

Направления развития

- Разработка технологий широкополосного доступа для мобильных пользователей с поддержкой мультимедиа
- Совместимость с существующими сетями
- Поддержка протокола VoIP в беспроводных сетях
- Обеспечение QoS
- Основные приложения
 - Точки доступа к сетям общего пользования
 - ✓ Передача голоса (VoIP)
 - Передача данных и доступ в Интернет



WLAN Summary

Рынок для технологий WLAN уже сложился

- ✓ Основной спрос на рынке формируют ПК и точки доступа
- Острая конкуренция на рынке ведет к снижению цен
- Растущее число установленных точек доступа ведет к увеличению спроса на мобильные устройства с поддержкой технологий WLAN
- ✓ Новые стандарты (IEEE 802.11.n) поддерживают внедрение мультимедиа и увеличение пропускной способности сети
- ✓ Рыночный успех технологий WLAN способствует развитию других беспроводных решений (WPAN, WMAN)



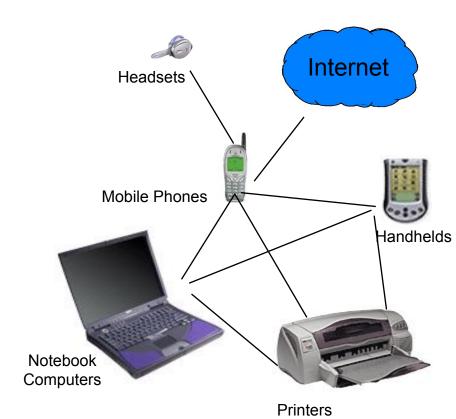
Стандарт 802.15.1/802.15.1a (Bluetooth)

Общая характеристика

- Обеспечение беспроводной связи в персональной сети
 - Передача речи (беспроводные гаритуры)
 - Передача данных (периферийные устройства, синхронизация с ПК)
- Использование в портативных устройствах
- Значительное присутствие на рынке
- Наибольшее распространение в приложениях, для которых изначально разрабатывался

Требования приложений

- Обеспечение надежного соединения для передачи аудио/данных
- Замена проводов в периферийных устройствах
- Низкое энергопотребление
- Малые размеры



Стандарт 802.15.1/802.15.1a (Bluetooth)

Технические детали

- Используемый частотный диапазон: 2,4 ГГц
- Типы модуляции: FHSS, ECC
- Скорость передачи данных: < 1 Мбит/с (~700 кБит/с в лучшем случае)
- Дальность передачи: <10 м
- Энергопотребление: > 40 мА / 200 мкА
- Большой размер стека протоколов (> 100 кБ)

Направления развития

- Спецификация 802.15.1а в разработке
- На данный момент нет четкой формулировки дальнейшего развития стандарта



Стандарт 802.15.3/ 802.15.3а

802.15.3

- Высокоскоростное беспроводное соединение в рамках персональной сети
- Ориентирован на поддержку мультимедиа-приложений в мобильных устройствах
- Скорость передачи: 11, 22, 33, 44 и 55 Мбит/с.
- Частотный диапазон 2.4 ГГц
- Поддержка Quality of Service
- Низкое энергопотребление
- Низкая стоимость

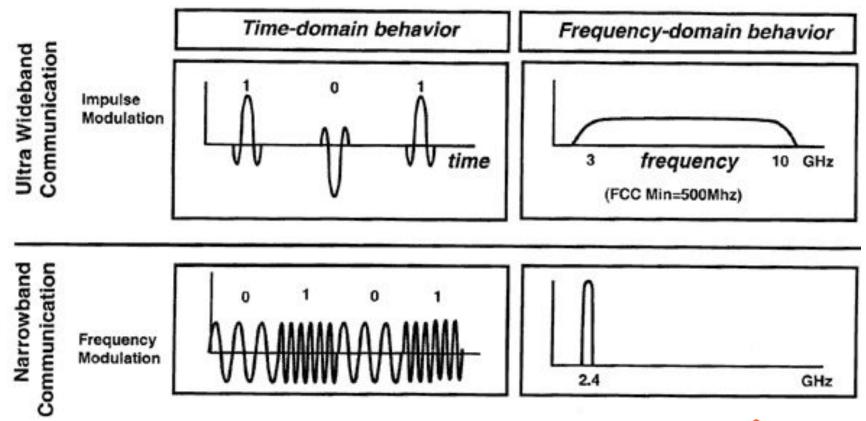
802.15.3a

- Отличия в физическом уровне от for 802.15.3
- Увеличенная скорость передачи: 114 and 220 Мбит/с
- Используется технология UWB
- Стандарт на стадии разработки



Технология Ultra Wide Band (UWB)

US Federal Communications Commission's (FCC) разрешила использование диапазона 3.1 – 10.6 ГГц





Технология Ultra Wide Band (UWB)

Общая характеристика

- Обмен потоками мультимедиа в реальном режиме времени
- Ориентирован на персональные сети (PAN), скорость заметно падает с увеличением дальности передачи
- Два альянса разработчиков устройств на базе технологии UWB: MBOA и DS-UWB (Интел и Freescale) разные технические решения
- Уже анонсированы передатчики UWB

Технические детали

- Частотный диапазон: 3.1 10.6 ГГц
- Скорость передачи: 110, 480 Мбит/с (МВОА), 1 Гбит/с (DS-UWB)
- Дальность передачи: < 10 м (3 м)
- Тип модуляции: OFDM. QPSK
- Алгоритмы FFT высокие требования к производительности МК (DSP)
- Энергопотребление на уровне Bluetooth



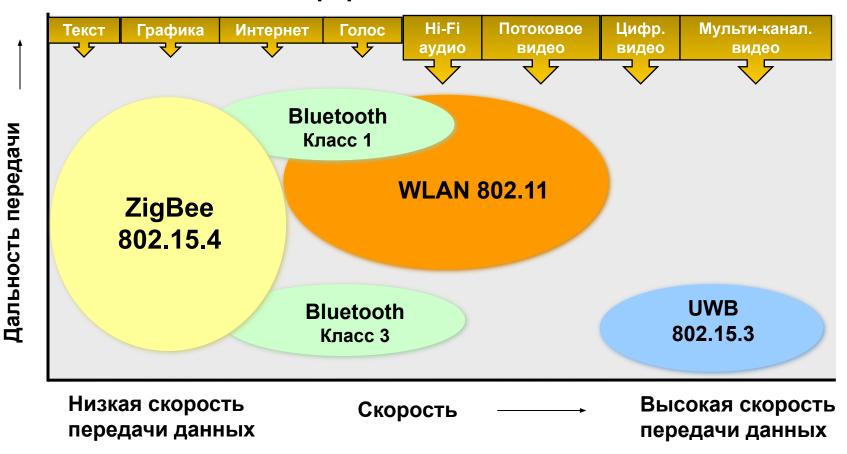


Введение в стандарт ZigBee™/ IEEE 802.15.4



Классификация основных беспроводных стандартов

Информационная емкость





Зачем нужен стандарт ZigBee?

ТОЛЬКО стандартное решение:

- Удовлетворяет специфическим требованиям приложений для дистанционного мониторинга и управляния в сетях автоматики
- Делает возможным широкое внедрение дешевых беспроводных решений с низким энергопотреблением
- Обеспечивает функционирование устройств в типичных системах мониторинга на протяжении нескольких лет от обычной батарейки
- Гарантирует интероперабельность устройств разных производителей



Требования рынка недорогих беспроводных приложений (1)

- •Глобальные частотные нелицензируемые диапазоны: 2.4 GHz, 915 MHz, 868 MHz
- •Неограниченное географическое использование
- •Проникновение RF сигнала через стены и потолки
- •Быстрое развертывание сети и простая процедура добавления / удаления устройств
- •Привлекательная цена

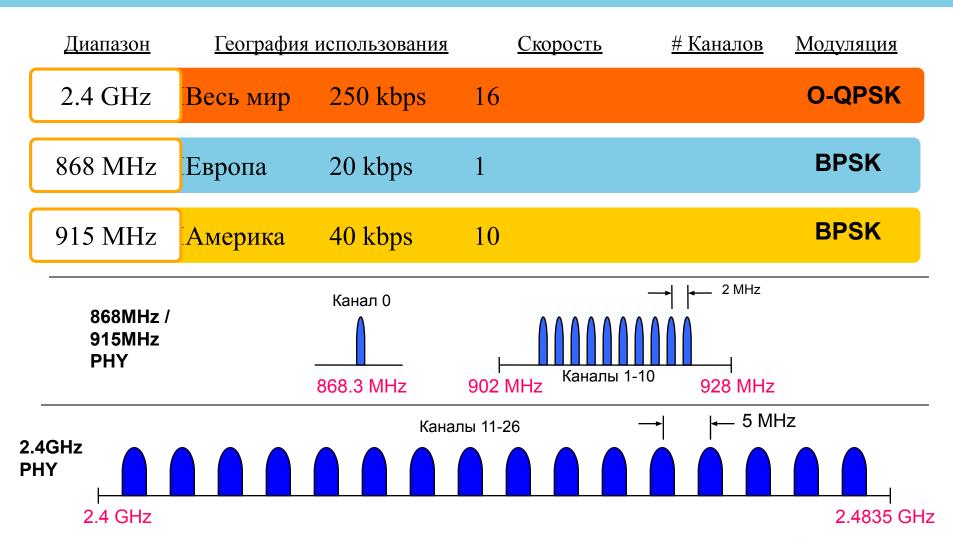


Требования рынка недорогих беспроводных приложений (2)

- •Скорость передачи 10к 250 кбит/сек
- •Радиус покрытия 10-75м
- •До 255 подчиненных устройств в сети
- •До 100 параллельно работающих сетей
- •До 2-х лет работы от стандартной алкалиновой батареи



Частотные диапазоны и скорости передачи стандарта IEEE 802.15.4





ZigBee ... Мифили реальность?

Новая технология для новых рынков



Рыночный потенциал и области применения ZigBee



Управление активами Контроль процессов Оптимизация энергопотребления





Безопасность OBK Управление освещением Контроль доступа Освещение и полив теплиц, газонов, садов



Мышь

Клавиатура

Джойстик

Промоутеры альянса ZigBee



















Участники альянса ZigBee













































































































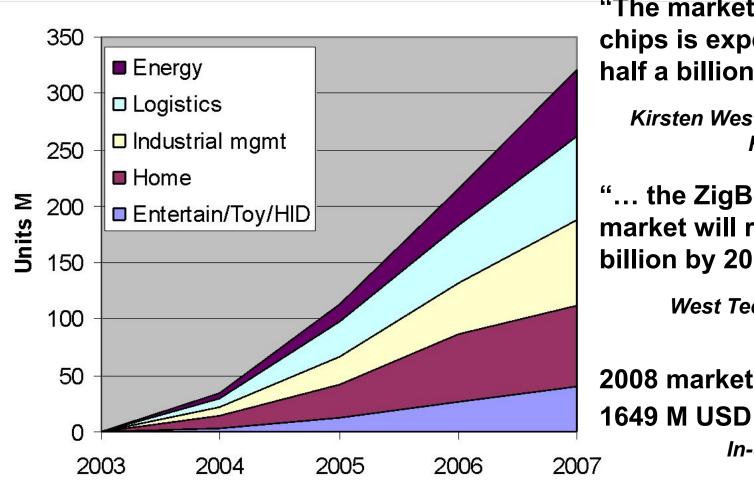








Оценка рыночного потенциала ZigBee



"The market for ZigBee chips is expected to reach half a billion units by 2008"

Kirsten West, West Technology Research Solutions

"... the ZigBee component market will reach \$1.7 billion by 2007"

> West Technology Research Solutions LLC

2008 market forecast:

In-Stat MDR Nov 2003



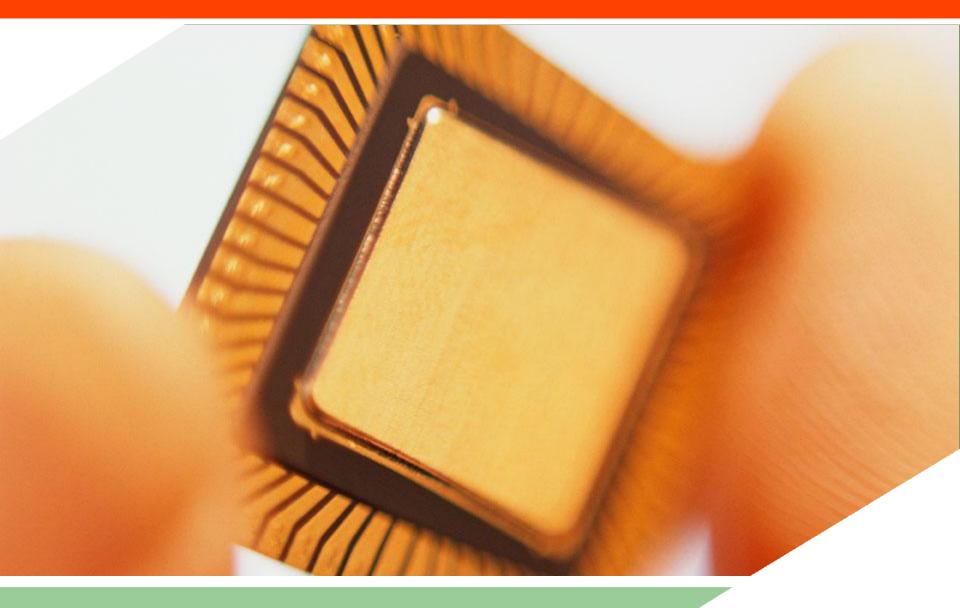
Мир интероперабельных устройств – автоматизация здания супермаркета



Launched by Motorola

Мир интероперабельных устройств – «умный» дом





Обзор стандартов ZigBee/ IEEE 802.15.4



Использование 802.15.4 в стандарте ZigBee



ZigBee использует PHY и MAC-уровни, определенные в стандарте IEEE 802.15.4

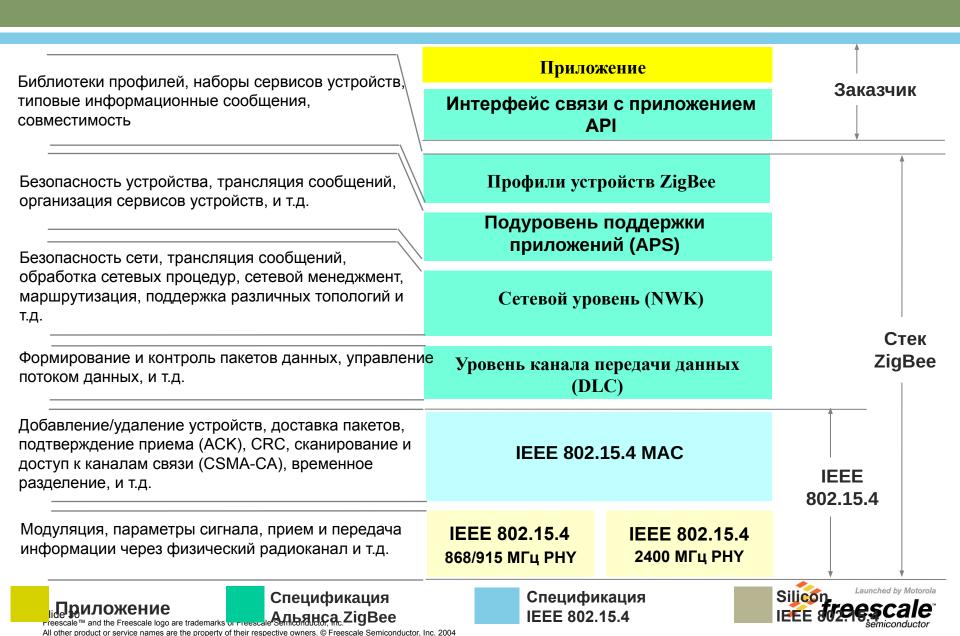
ZigBee реализует функции канального, сетевого уровня и уровня поддержки приложений Реализация разных типов устройств в зависимости от требуемой функциональности (RFD и FFD) Продолжается работа с институтом IEEE для дальнейшего развития стандарта

IEEE 802.15.4

Релизует функции физического и канального уровня



Структура стека протокола ZigBee



Общая характеристика IEEE 802.15.4

802.15.4 – простой протокол передачи данных в беспроводных соединениях с небольшими объемами передаваемой информации

Доступ к среде:

CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with collision avoidance)

Три частотных диапазона, 27 каналов

- 2.4 ГГц: 16 каналов, скорость передачи 250 kБит/с
- 868.3 МГц : 1 канал, скорость передачи 20 кБит/с
- 902-928 МГц: 10 каналов, скорость передачи 40 кБит/с

Подтверждение принятия сообщения, возможна работа по временным слотам

Обеспечение безопеасности соединения на нескольких уровнях

Хорошо работает в приложениях с нефиксированной задержкой

• Дистанционное управление и мониторинг

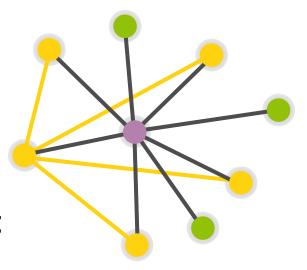
Разработан с учетом требований к пониженному энергопотреблению

- Время функционирования может превышать срок службы батареи
- Устройства могут прослушивать эфир в спящем режиме



BASICE HER WORK CHAPATIE I STICS

- До 65,536 оконечных точек (клиентов)
- 1 сетевой координатор (мастер)
- Optimized for timing-critical applications
 - Добавление устройства в сеть:~30 мс
 - Переход в активное состояние:~15 мс
 - Доступ к каналу передачи:~15 мс



- Сетевой координатор
- Устройство с полной функциональностью
- Устройство с малой функциональностью
- Коммуникационные потоки
- Логические линии связи



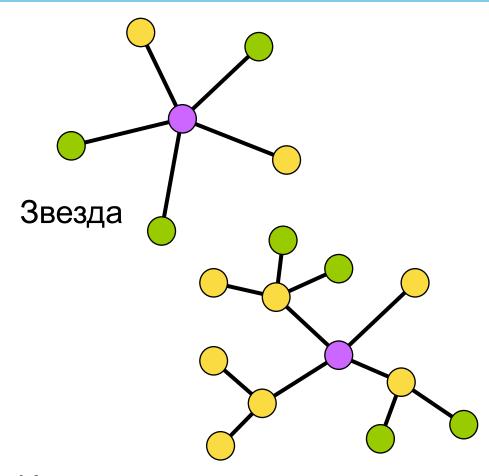
Типы устройств в стандарте IEEE 802.15.4

Три типа устройств

- Сетевой координатор
 - Содержит полную таблицу устройств и соединений в сети
 - Наиболее сложный тип устройств
 - Большой объем памяти и высокая производительность
- Устройство с полной функциональностью
 - Поддерживает все функции, определенные стандартом 802.15.4
 - Идеально подходит для выполнения функций маршрутизации необходимо иметь достаточный объем памяти и высокую производительность
 - Может выполнять функции шлюза или моста для связи с другими сетями
- Устройство с малой функциональностью
 - Поддерживает минимальный набор функций (согласно стандарту),
 что позволяет использовать дешевые МК и снизить цену
 - Выполняют роль оконечных узлов в сети

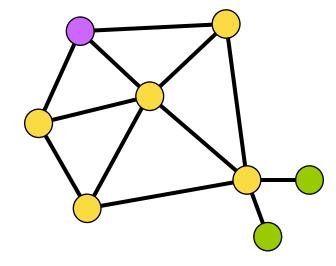


Породовуниваниые сетевые топологии



Иерархическое дерево

Многоячейковая сеть



- О Сетевой координатор
- Устройство с полной функциональностью
- Устройство с малой функциональностью



Основные функции МАС IEEE 802.15.4

Реализация адресации (64-bit IEEE и 16-bit короткий адрес)

- 64-bit for associations, 16-bit for signaling
- Using local addressing, simple networks of more than 65,000 (2¹⁶) nodes can be configured, with reduced address overhead

Определяет набор функций для устройств разных типов

- Сетевой коммуникатор
- Устройство с полной функциональностью (FFD)
- Устройство с малой функциональностью (RFD)

Определяет структуру кадра

Обеспечение надежной доставки данных

Поддержка сервисов по подключению / отключению к сети

Поддержка функций шифрования AES-128

Определяет метод доступа к каналу CSMA-CA

Поддерживает дополнительные структуры кадров для организации временных слотов



Основные функции МАС IEEE 802.15.4

Два способа доступа к каналу передачи

- Передача в произвольные моменты времени
 - Стандартный механизм ALOHA CSMA-CA
 - Передача подтверждения при успешной доставке пакета данных
- Передача по временным слотам
 - Использование специальной структуры кадра
 - Сетевой координатор передает сигналы синхронизации через определенные промежутки времени

15 мc to 252 c (15.38 мc * 2n where $0 \le n \le 14$)

16 равных временных слотов между сигналами синхронизации

Доступ к временному слоту в каждый момент времени свободен от коллизий

> Позволяет выделить гарантированные временные слоты для передачи

Три уровня безопасности сети

- Без контроля
- Доступ к сети разрешается только прописанным устройствам
- Использование шифрования с симметричным ключом AES-128





Сравнительный анализ и совместная работа беспроводных сетей разных стандартов



Сравнение стандартов семейств 602.13 и 602.11								
Стандарт	802.15.4 ZigBee TM	802.15.1 Bluetooth	802.15.3 High Rate WPAN, WiMedia	802.15.4a* UWB				
		l	l					

Мониторинг, управление, сети

датчиков, домашняя /

промышленная автоматика

Цена, энергосбережение, размеры

сети, выбор частотных диапазонов

915МГц

40кбит/с

0dBm (1мВт)

10-100м

4-32 Кбайт

100 – 1000+ дней

65536 (16-битные адреса),

 2^{64} (64-битные адреса)

-92dBm

2.4ГГц

250кбит/с

-85dBm

868МГц

20кбит/с

Приложения

Преимущества

Макс. скорость

мошность, ном.

Чувствительность

(спецификация)

Размер стека

Срок службы

Размер сети

батареи

Частота

Выходная

Дальность

равнение	стандартов	семейств	802.15 и 802.11

Голос, данные, замена

кабелей

Цена, энерго-

сбережение, передача

голоса, перескок частот

2.4ГГц

1Мбит/с

0dBm (класс 3)

4dBm (класс 2)

20dBm (класс 1)

10м (класс 3)

100м (класс 1)

-70dBm

Более 250 Кбайт

1-7 дней

Macтер + 7

802.11b Wi-Fi

Данные,

видео, LAN

Скорость,

гибкость

2.4ГГц

11Мбит/с

20dBm

100м

-76dBm

Более 1

Мбайт

0.5-5 дней

32

Потоковое мультимедиа, замена кабелей

аудио/видео систем

Высокая скорость, энергосбережение

Теоретически более 1000 дней

До 127/хост

3.1 – 10.6 ГГЦ

110Мбит/с (10м),

200Мбит/с (4м) (доп.

480Мбит/с) <100 MBT

(110Мбит/с)

<250мВт

(200Мбит/с)

10м (110Мбит/с)

4м (200Мбит/с)

2.4ГГц

22Мбит/с (доп. 11,

33, 44, 55 Мбит/с)

0 dBm

5-50м

-75dBm

равнение	стандартов о	семейств	802.15 и 802.11	

ZigBee™ / Bluetooth / WLAN

ZigBee (WPAN)

802.15.4 Standard

250 kbps

TX: 30-35 mA

Standby: <3 µA

32-60 kb Memory

Remote Control & Monitoring

Permanent Mesh networking

Bluetooth (WPAN)

802.15.1 Standard

1 Mbps

TX: 40 mA

Standby: 200 µA

100+ kb Memory

Ad Hoc Point to multi-point

Wi-Fi (WLAN)

802.11b/g Standard

Up to 54 Mbps

TX: 400+ mA

Standby: 20 mA

100+kb Memory

Telecom Audio, Small file Xfer Access Points, LAN Extension

Permanent Point to multi-point



ZigBee™ и Bluetooth

Bluetooth:

Постоянное соединение со средней скоростью передачи

- 1 Mbps, ~700 kbps в лучшем случае (ассиметричный режим)
- Передача файлов, голосовая связь
- Точка-точка, звезда (пикосеть), до 7 устройств

ZigBee:

Низкая скорость передачи, низкая скважность

- 250 kbps, 60-115 kbps (обычно)
- Большой срок работы от батарей (до нескольких лет)
- Более сложные сетевые структуры, до 65536 устройств

Целесообразность использования (в зависимости от времени активного состояния) при работе от батареи

- > 1 c BT ≅ ZigBee
- < 1 с лучше ZigBee

Основная разница между стандартами в реализации протокола



Время работы от батарей: ZigBee™ и Bluetooth

Анализ на основе опубликованных данных по Bluetooth и ZigBee (RFIC и MK HCS08)

Пример 1 High-Duty Cycle

Передача 5 байтов через 1.28 с при емкости батареи 200 mAh

При использовании *Bluetooth:* <u>15 дней</u>

При использовании Freescale ZigBee: 33 дня

Пример 2 'Event Driven' Applications (security system scenario)

Сетевой координатор питается от обычной сети Датчик передает сигнал каждые 60 с + происходит 10 событий в день 2 батареи типа АА

При использовании *Bluetooth:* <u>100 дней</u>

Battery lifetime based on *Freescale ZigBee*: <u>3559 дней или 9.8 лет</u>



Совместная работа беспроводных сетей

Возможна интерференция между сетями в <u>любом</u> нелицензированном частотном диапазоне

Комитеты IEEE 802.11 и 802.15.2 прорабатывают вопросы взаимного влияния сетей различных стандартов

Устойчивость протоколоа ZigBee™/802.15.4

- Прослушивание канала перед посылкой
 - Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance
- Если подтверждение не получено, устройство ожидает и снова делает попытку передачи
- Низкая скважность сигнала ZigBee (1% до 0.1% Duty Cycles)

Самые вероятные источники помех (802.11b/g, ВТ, СВЧ-печи) имеют максимальную скважность 50%

При скважности 1% очень высокая вероятность успешной передачи



