Стандарты беспроводной связи. Введение в ZigBee/802.15.4

Беспроводные решения стандарта ZigBee/802.15.4 фирмы Freescale Semiconductor

1 декабря 2004

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Launched by Motorola
freescale semiconductor

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

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004
Launched by Motorola
freescale semiconductor

Обзор стандартов беспроводной связи

Launched by Motorola
freescale™ semiconductor

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Что такое “Стандарт”?

Откуда берутся стандарты?

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

Кто разрабатывает стандарты?

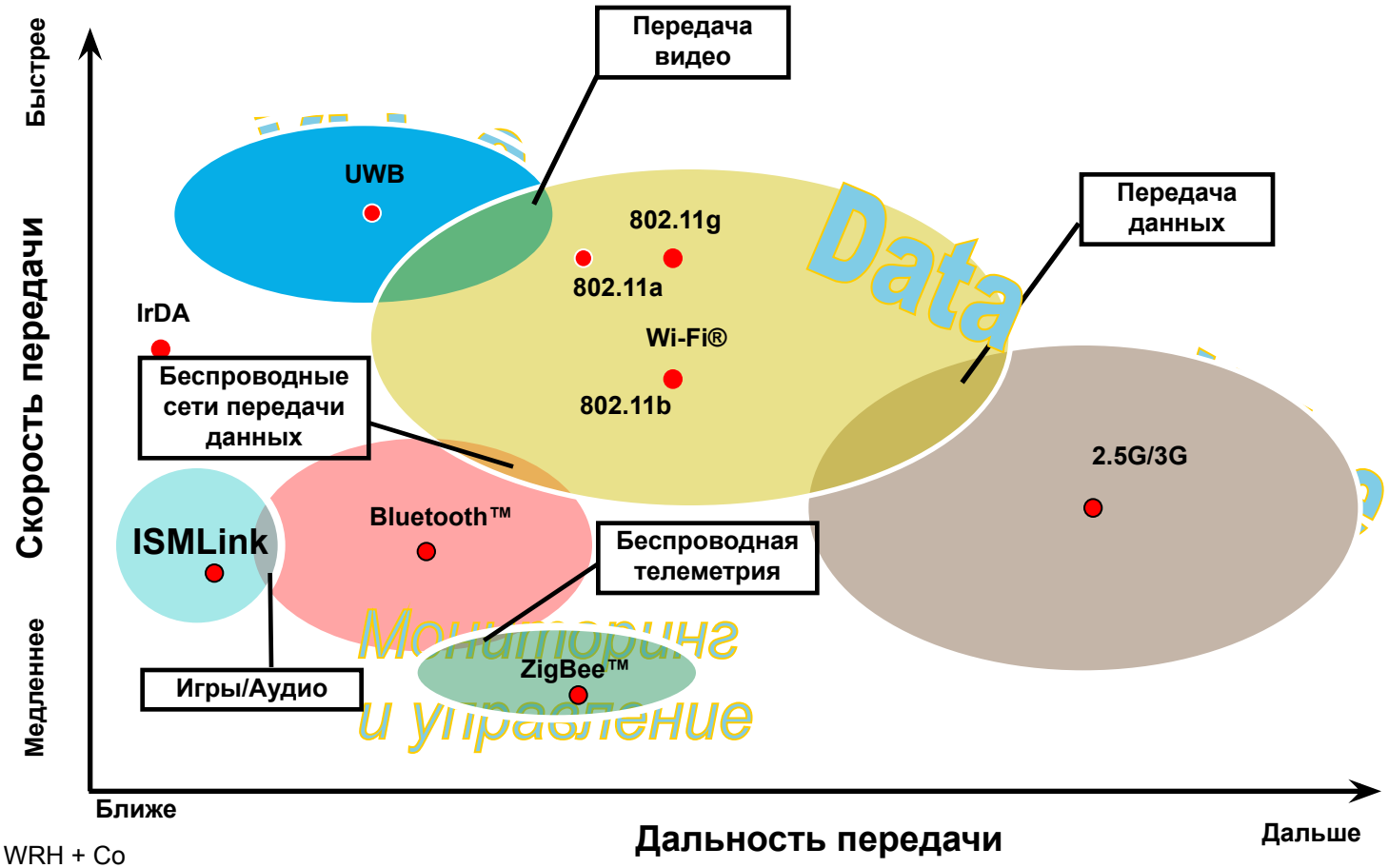
- Любой, кто обладает достаточными ресурсами (время, финансы, власть, авторитет), например:
  - ✔ ГОСТ-Р
  - ✔ International of Electronic and Electrical Engineers (IEEE)
  - ✔ Society of Automotive Engineers (SAE)
  - ✔ Qualcomm (CDMA), Motorola (iDEN, TETRA, FLEX), Intel (PC architecture), Microsoft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

Чем хороши стандарты?

- С рыночной точки зрения:
  - ✔ Обеспечение интероперабельности как отдельных продуктов, так и систем
  - ✔ За счет конкурентной борьбы снижаются цены
  - ✔ Стандартное решение редко бывает самым оптимальным

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004
Launched by Motorola
freescale semiconductor

Обзор стандартов беспроводной связи

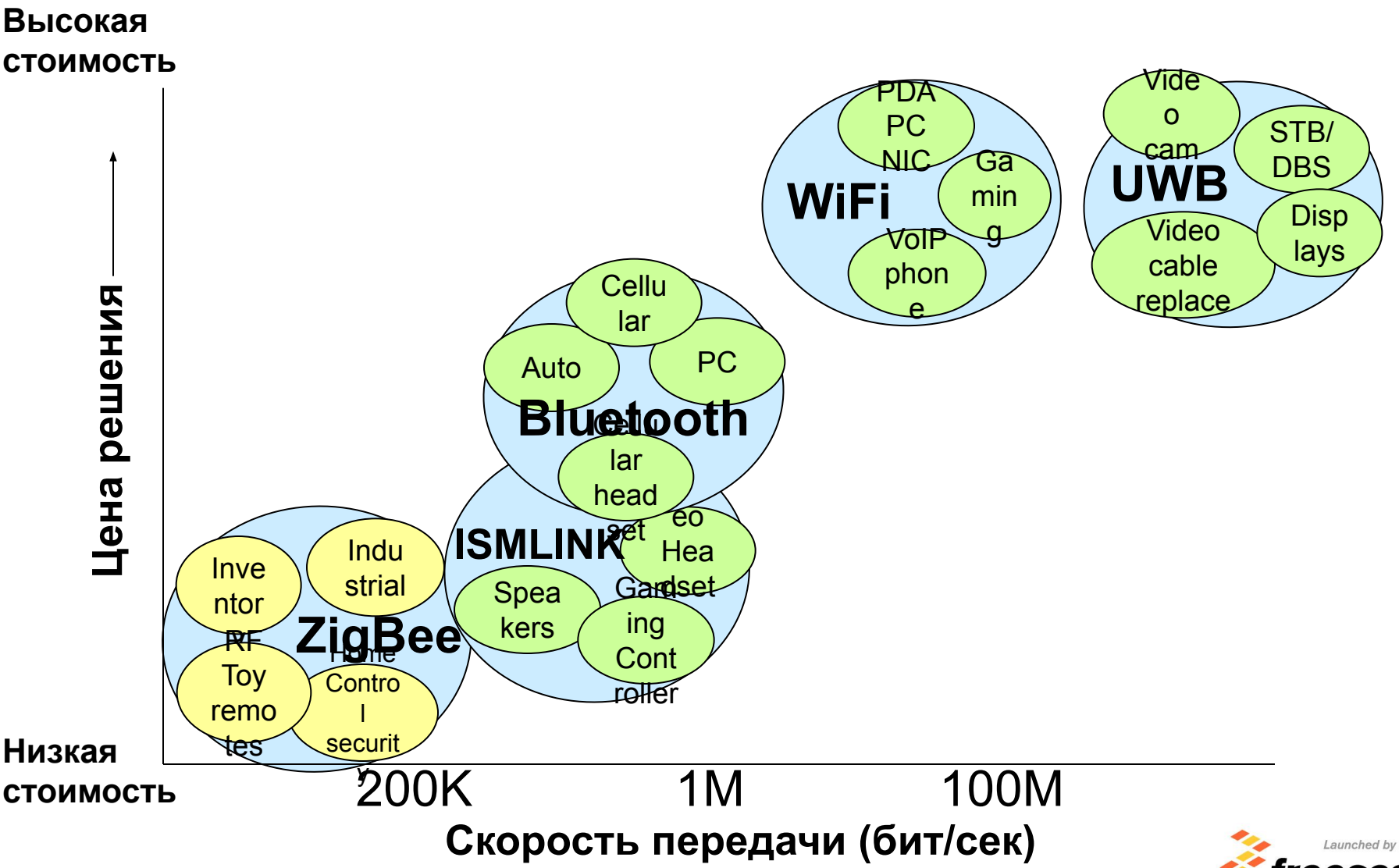


Sources: WRH + Co

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Launched by Motorola
freescale semiconductor

Стоимость беспроводных решений



Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Launched by Motorola freescale semiconductor

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
  - ✔ Передача голоса (VoIP)
  - ✔ Передача данных и доступ в Интернет

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

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

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Launched by Motorola freescale semiconductor

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)

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Launched by Motorola
freescale semiconductor

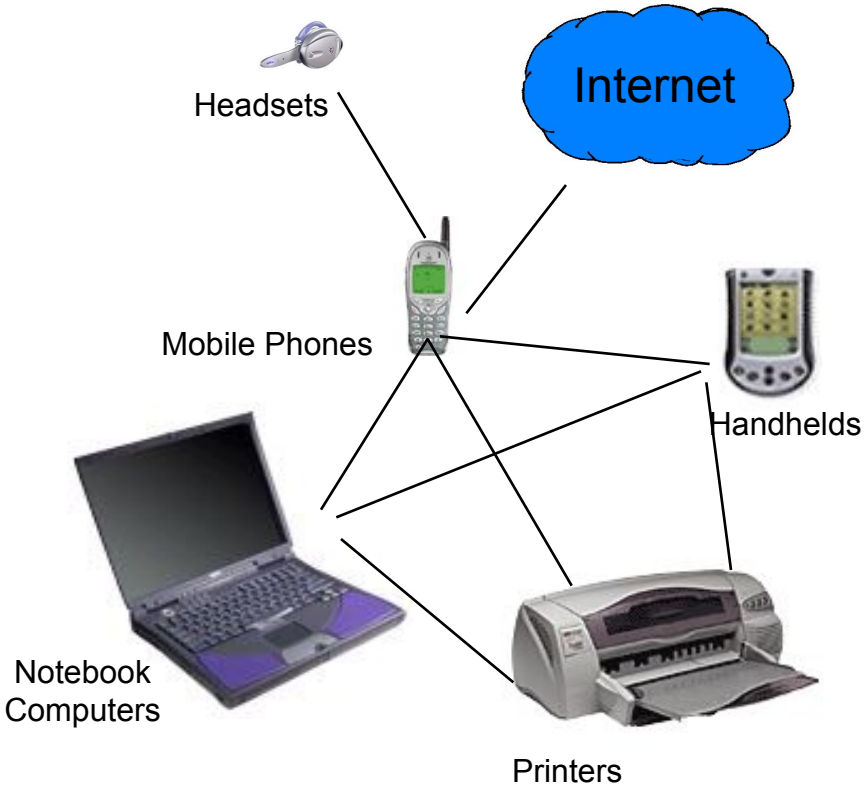
Стандарт 802.15.1/802.15.1a (Bluetooth)

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



Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

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 kБит/с в лучшем случае)
- Дальность передачи: <10 м
- Энергопотребление: > 40 мА / 200 мкА
- Большой размер стека протоколов (> 100 кБ)

Направления развития

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

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

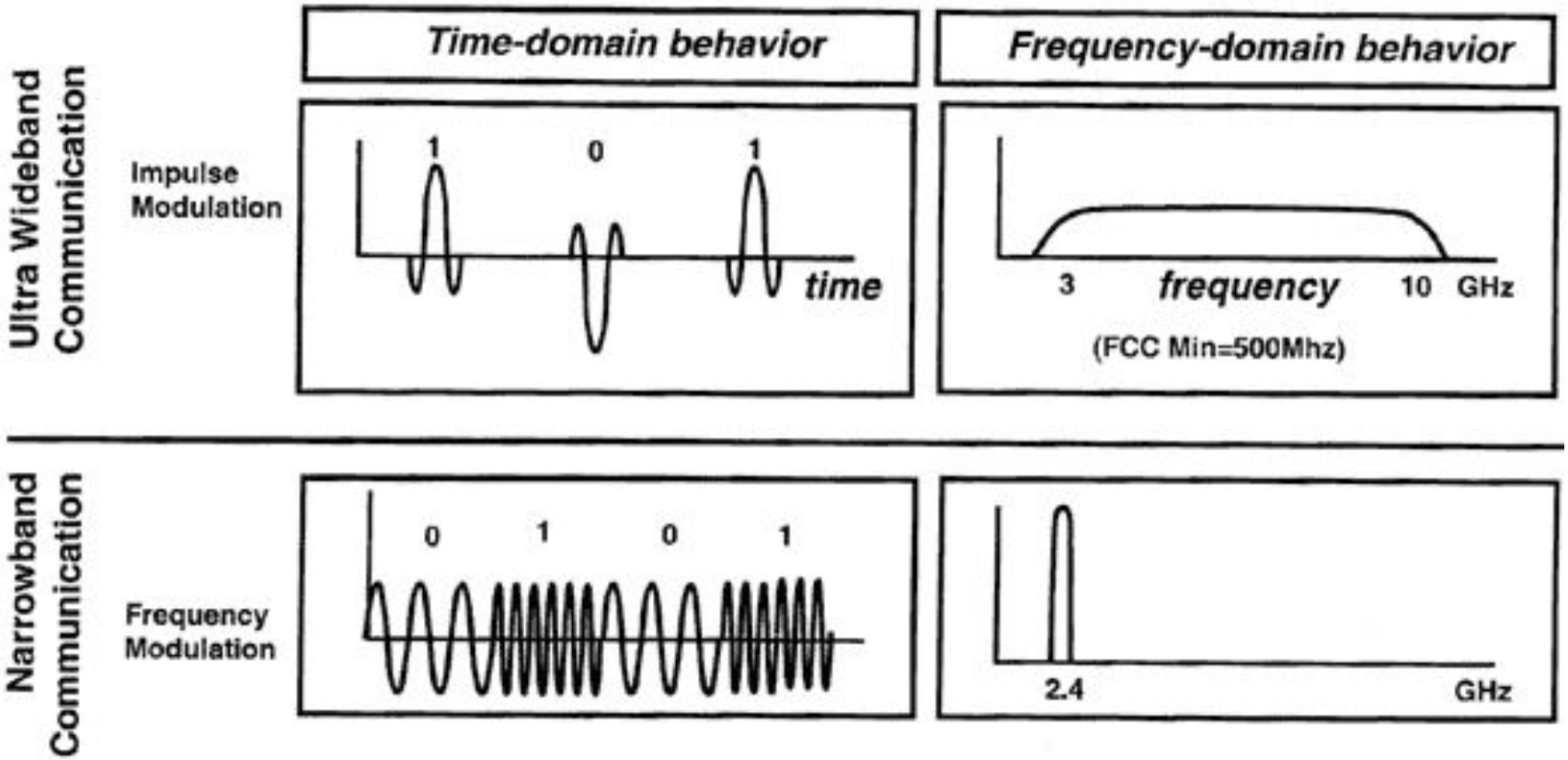
Стандарт 802.15.3/ 802.15.3a

- **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

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004
Launched by Motorola
freescale semiconductor

Технология Ultra Wide Band (UWB)

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



Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Launched by Motorola
freescale semiconductor

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 (MBOA), 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

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

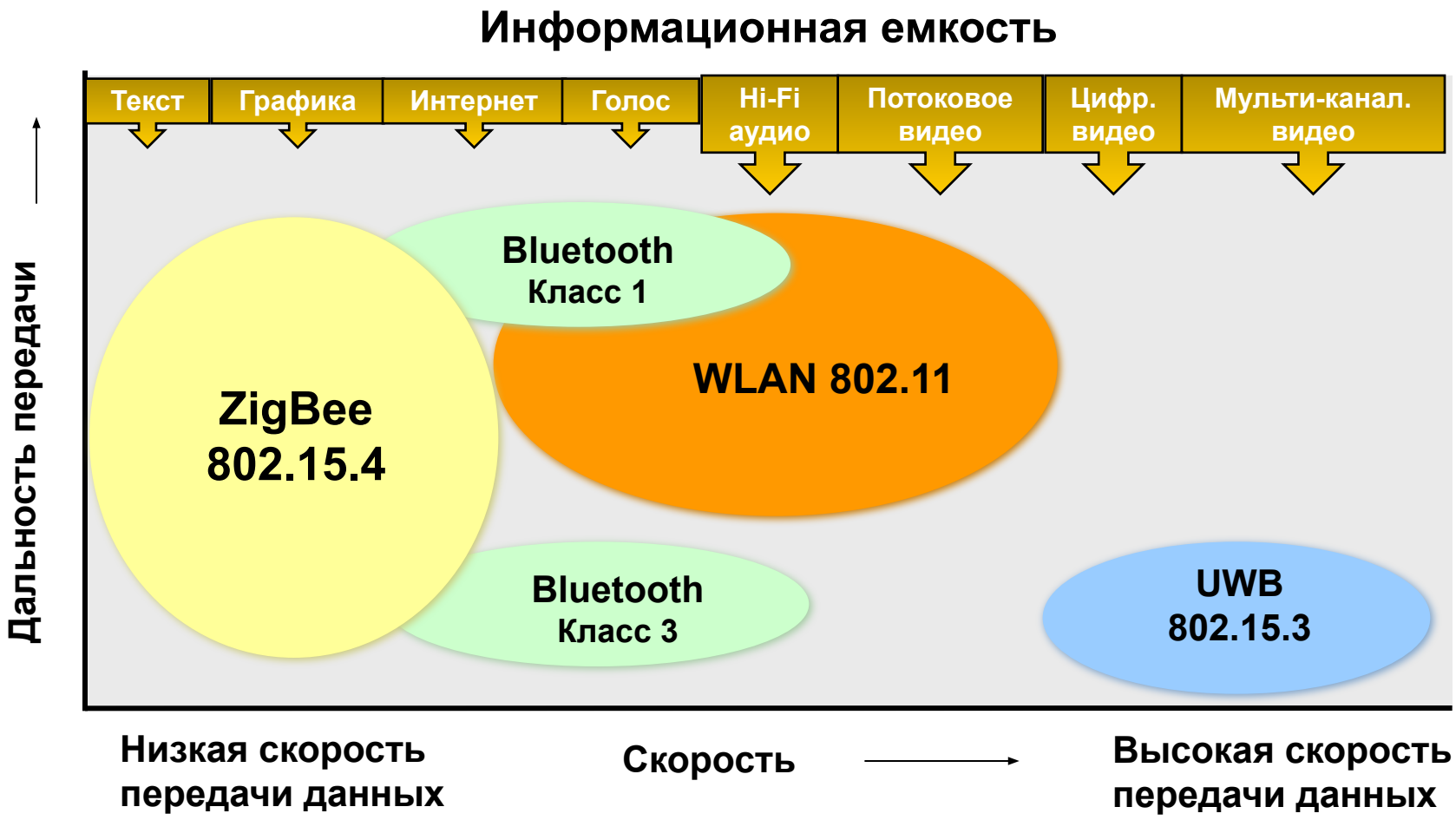
Введение в стандарт ZigBee™/ IEEE 802.15.4

Launched by Motorola

freescale™ semiconductor

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Классификация основных беспроводных стандартов



Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Launched by Motorola freescale semiconductor

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**
- **<u>Гарантирует интероперабельность устройств разных производителей</u>**

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Launched by Motorola
freescale semiconductor

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

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Требования рынка недорогих беспроводных приложений (2)

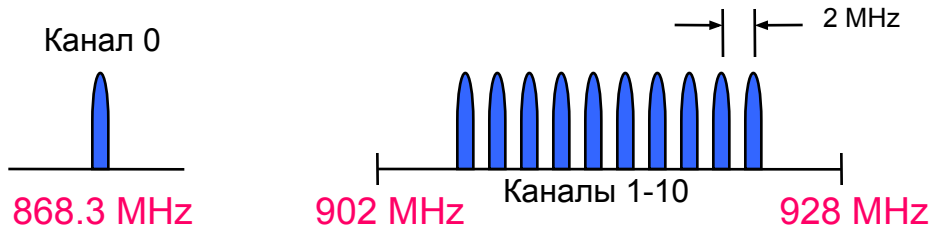
- Скорость передачи – 10к - 250 кбит/сек
- Радиус покрытия - 10-75м
- До 255 подчиненных устройств в сети
- До 100 параллельно работающих сетей
- До 2-х лет работы от стандартной алкалиновой батареи

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004
Launched by Motorola
freescale semiconductor

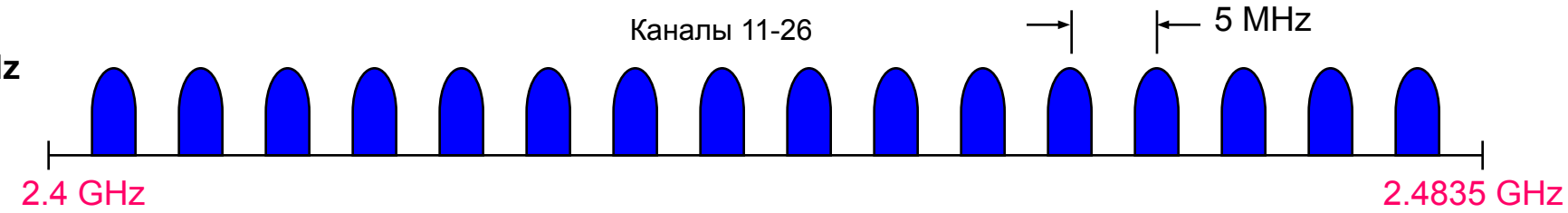
Частотные диапазоны и скорости передачи стандарта IEEE 802.15.4

Диапазон	География использования	Скорость	# Каналов	Модуляция
2.4 GHz	Весь мир	250 kbps	16	**O-QPSK**
868 MHz	Европа	20 kbps	1	**BPSK**
915 MHz	Америка	40 kbps	10	**BPSK**

868MHz / 915MHz PHY



2.4GHz PHY



Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Launched by Motorola freescale semiconductor

ZigBee … Миф или реальность?

Новая технология для новых рынков

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Launched by Motorola
freescale™ semiconductor

Рыночный потенциал и области применения ZigBee

Автоматизация Зданий

Безопасность
ОВК
Считывание счетчиков
Управление освещением
Контроль доступа

Потребительская Электроника

ТВ & VCR
DVD/CD
Дистанционное управление
Интерактивные игры

Индивидуальное медицинское диагностическое оборудование

Диагностика пациента
Оборудование для фитнеса

ZigBee

Беспроводное решение, которое просто работает. .

ПК & Периферия

Мышь
Клавиатура
Джойстик

Промышленные управление и мониторинг

Управление активами
Контроль процессов
Оптимизация энергопотребления

Управление доступом и освещением

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

Launched by Motorola freescale semiconductor

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Промоутеры альянса ZigBee

MOTOROLA

Launched by Motorola
freescale™
semiconductor

ember

Honeywell

invensys

MITSUBISHI ELECTRIC
Changes for the Better

PHILIPS

SAMSUNG

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

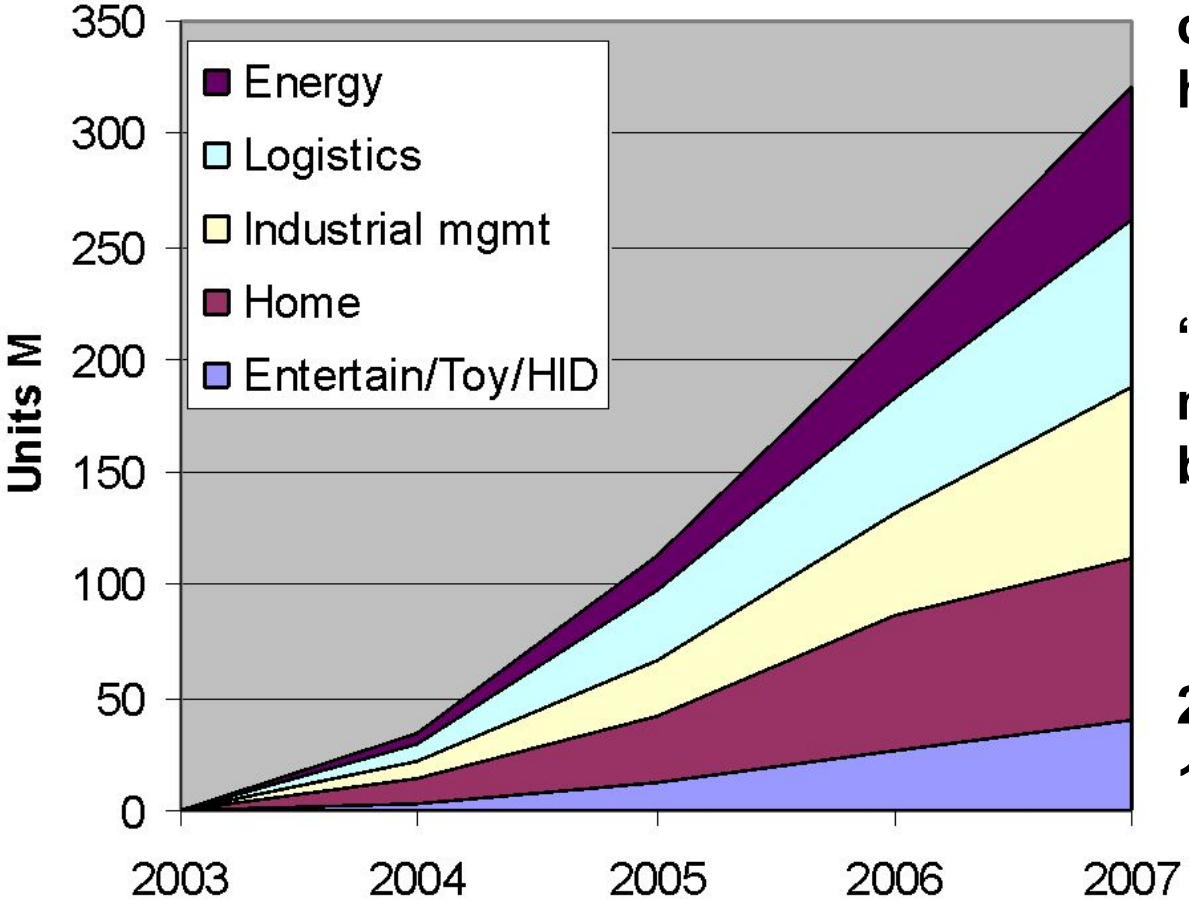
Launched by Motorola
freescale™
semiconductor

Участники альянса ZigBee

ABB
ADCUS,INC.
airbee
AMI SEMICONDUCTOR
ARDESTA Leading the Small Tech Revolution.
ATMEL
betronic THE POWER OF INNOVATION
brunelco electronic engineering
Cambridge Consultants
certicom
Chipcon
CompXs
csem technologies for innovation
CYPRESS Connecting From Last Mile to First Mile.
DaintreeNetworks
Danfoss
duolog
DUST INCORPORATED
EATON
eaZix
figure8wireless
france telecom R&D
Frontline Test Equipment, Inc.
GRUNDFOS
Helicomm
INTEGRATION ASSOCIATES
iNOVONICS WIRELESS CORPORATION
INSTA
Jennic TECHNOLOGY FOR A CHANGING WORLD
KETI 전자부품연구원 Korea Electronics Technology Institute
Korwin
LEVITON Building a Connected World
LG
Melexis Microelectronic Integrated Systems
MICROCHIP
Millennial Net Wireless Sensor Networking...Anywhere
Mobilepro
nanotron TECHNOLOGIES
NEC NEC Engineering,Ltd.
NTS
OKI
OMRON Sensing tomorrow™
OTSL
Polaris Networks
RENESAS
Rincon Research Corporation
Sensicast systems
SIEMENS
Silicon Wave
TEXAS INSTRUMENTS
TÜV TÜV Rheinland Group
TWACS BY DCSI
B
VIA Networking Technologies, Inc.
XEMICS
ZMD The Analog Mixed Signal Company
Launched by Motorola freescale semiconductor

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

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:

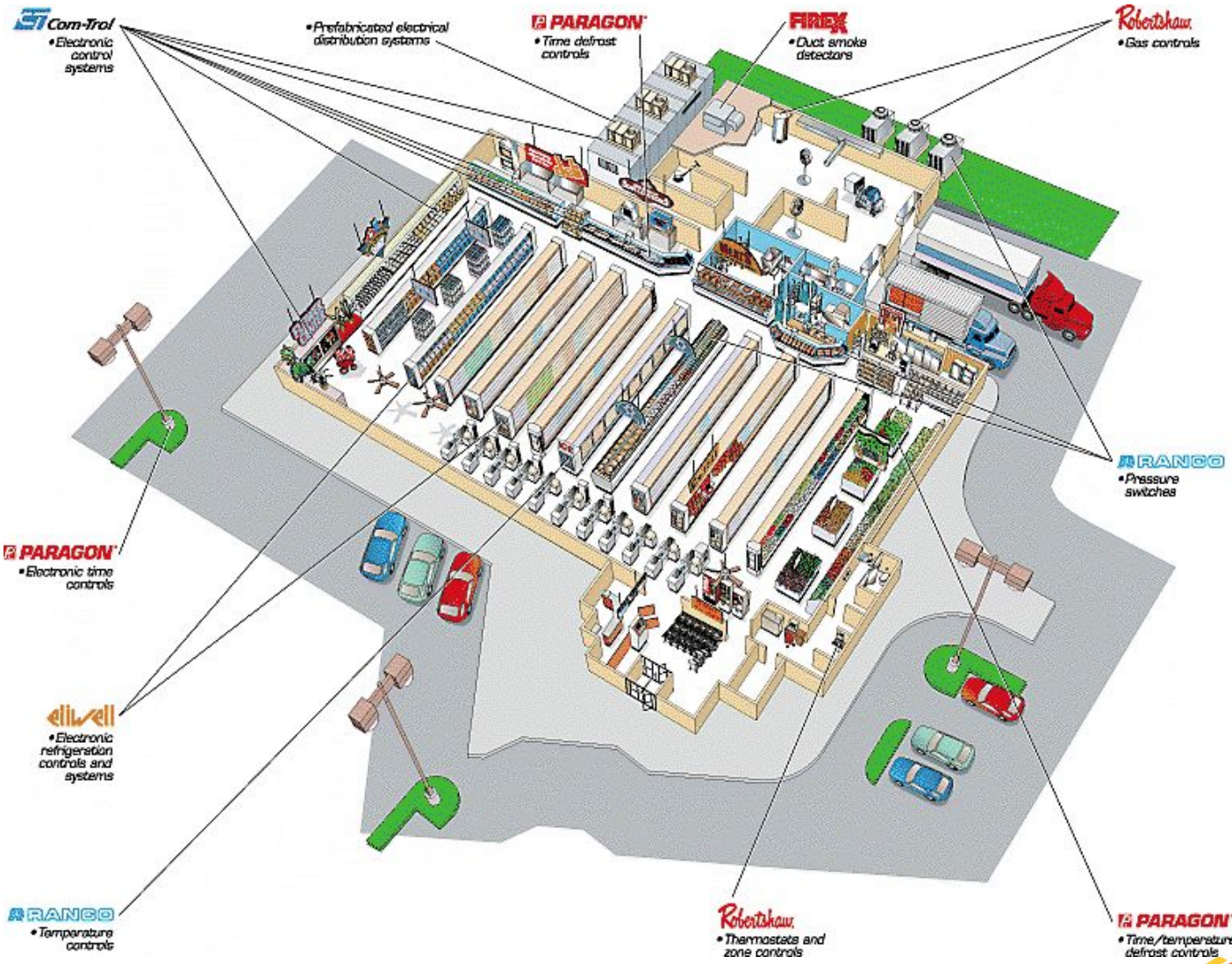
1649 M USD

In-Stat MDR Nov 2003

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Launched by Motorola freescale semiconductor

Мир интероперабельных устройств – автоматизация здания супермаркета



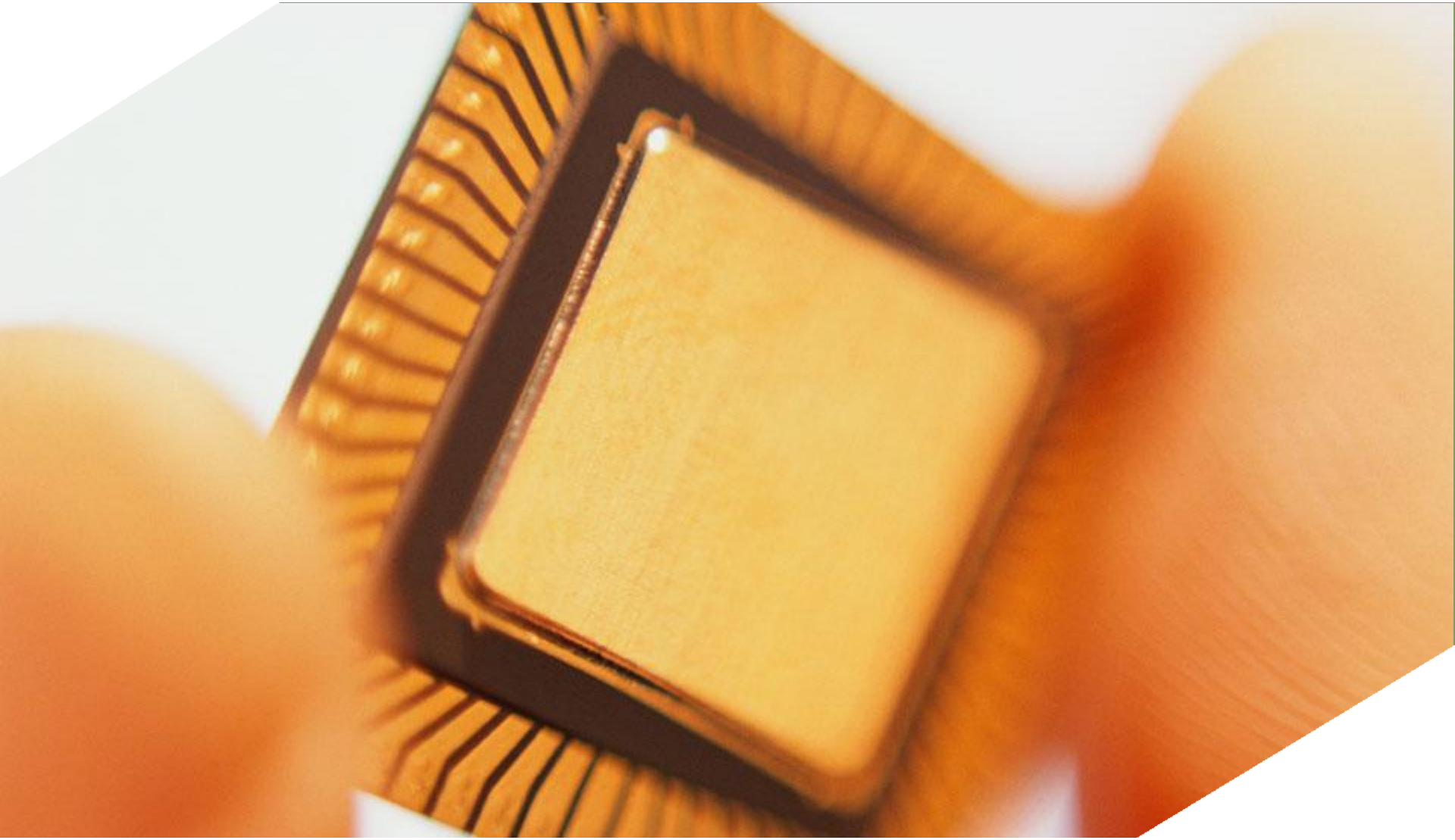
Launched by Motorola

freescale semiconductor

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Мир интероперабельных устройств – «умный» дом

Freescale™ and the Freescale logo are tra
All other product or service names are the p
e owners. © Freescale Se



Обзор стандартов ZigBee/ IEEE 802.15.4

Launched by Motorola
freescale™ semiconductor

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Использование 802.15.4 в стандарте ZigBee

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

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Launched by Motorola freescale semiconductor

Структура 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.

Формирование и контроль пакетов данных, управление потоком данных, и т.д.

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

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

Приложение

Интерфейс связи с приложением API

Профили устройств ZigBee

Подуровень поддержки приложений (APS)

Сетевой уровень (NWK)

Уровень канала передачи данных (DLC)

IEEE 802.15.4 MAC

IEEE 802.15.4
868/915 МГц PHY

IEEE 802.15.4
2400 МГц PHY

Заказчик

Стек ZigBee

IEEE 802.15.4

Приложение

Спецификация Альянса ZigBee

Спецификация IEEE 802.15.4

Silicon IEEE 802.15.4

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

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 kБит/с
- 902-928 МГц: 10 каналов, скорость передачи 40 kБит/с

Подтверждение принятия сообщения, возможна работа по временным слотам

Обеспечение безопеасности соединения на нескольких уровнях

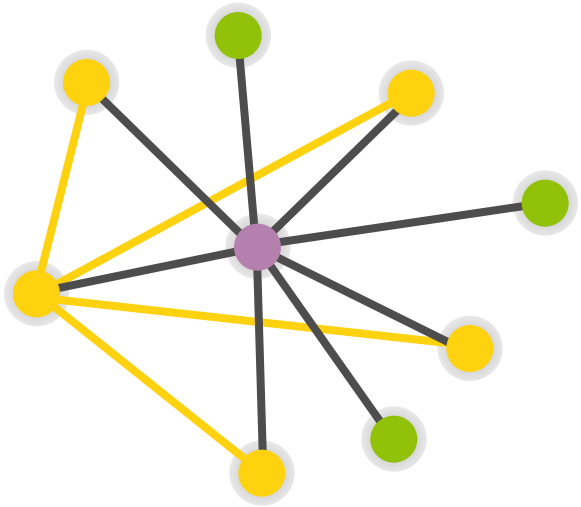
Хорошо работает в приложениях с нефиксированной задержкой
- Дистанционное управление и мониторинг

Разработан с учетом требований к пониженному энергопотреблению
- Время функционирования может превышать срок службы батареи
- Устройства могут прослушивать эфир в спящем режиме

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Сетевые особенности
Basic Network Characteristics

- 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

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

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

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004
Launched by Motorola
freescale semiconductor

Поддерживаемые сетевые топологии

Звезда

Многоячейковая сеть

Иерархическое дерево

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

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Основные функции MAC 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 (2^{16}) 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

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Основные функции MAC 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 мс to 252 с (15.38 мс * 2n where 0 ≤ n ≤ 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

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Сравнительный анализ и совместная работа беспроводных сетей разных стандартов

Launched by Motorola
freescale™ semiconductor

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Сравнение стандартов семейств 802.15 и 802.11

Стандарт	802.15.4 ZigBee™			802.15.1 Bluetooth	802.15.3 High Rate WPAN, WiMedia	802.15.4a* UWB	802.11b Wi-Fi
Приложения	Мониторинг, управление, сети датчиков, домашняя / промышленная автоматика			Голос, данные, замена кабелей	Потоковое мультимедиа, замена кабелей аудио/видео систем		Данные, видео, LAN
Преимущества	Цена, энергосбережение, размеры сети, выбор частотных диапазонов			Цена, энерго-сбережение, передача голоса, перескок частот	Высокая скорость, энергосбережение		Скорость, гибкость
Частота	868МГц	915МГц	2.4ГГц	2.4ГГц	2.4ГГц	3.1 – 10.6 ГГЦ	2.4ГГц
Макс. скорость	20кбит/с	40кбит/с	250кбит/с	1Мбит/с	22Мбит/с (доп. 11, 33, 44, 55 Мбит/с)	110Мбит/с (10м), 200Мбит/с (4м) (доп. 480Мбит/с)	11Мбит/с
Выходная мошность, ном.	0dBm (1мВт)			0dBm (класс 3) 4dBm (класс 2) 20dBm (класс 1)	0 dBm	<100мВт (110Мбит/с) <250мВт (200Мбит/с)	20dBm
Дальность	10-100м			10м (класс 3) 100м (класс 1)	5-50м	10м (110Мбит/с) 4м (200Мбит/с)	100м
Чувствительность (спецификация)	-92dBm		-85dBm	-70dBm	-75dBm	-	-76dBm
Размер стека	4-32 Кбайт			Более 250 Кбайт	-		Более 1 Мбайт
Срок службы батареи	100 – 1000+ дней			1-7 дней	Теоретически более 1000 дней		0.5-5 дней
Размер сети	65536 (16-битные адреса), 2^{64} (64-битные адреса)			Мастер + 7	До 127/хост		32

ZigBee™ / Bluetooth / WLAN

ZigBee (WPAN)	Bluetooth (WPAN)	Wi-Fi (WLAN)
802.15.4 Standard	802.15.1 Standard	802.11b/g Standard
250 kbps	1 Mbps	Up to 54 Mbps
TX: 30-35 mA	TX: 40 mA	TX: 400+ mA
Standby: <3 µA	Standby: 200 µA	Standby: 20 mA
32-60 kb Memory	100+ kb Memory	100+kb Memory
Remote Control & Monitoring	Telecom Audio, Small file Xfer	Access Points, LAN Extension
Permanent Mesh networking	Ad Hoc Point to multi-point	Permanent Point to multi-point

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Launched by Motorola
freescale semiconductor

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 с BT ≅ ZigBee
- < 1 с лучше ZigBee

Основная разница между стандартами в реализации протокола

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Время работы от батарей: ZigBee™ и Bluetooth

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

Пример 1 High-Duty Cycle
Передача 5 байтов через 1.28 с при емкости батареи 200 mAh

При использовании *Bluetooth:* 15 дней
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 AA

При использовании *Bluetooth:* 100 дней
Battery lifetime based on *Freescale ZigBee*: 3559 дней или 9.8 лет

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

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**
  - **C**arrier **S**ense **M**ultiple **A**ccess / Collision **A**voidance
- **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, BT, СВЧ-печи) имеют максимальную скважность 50%

- **При скважности 1% очень высокая вероятность успешной передачи**

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004

Launched by Motorola
freescale semiconductor

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2004