Стандарты беспроводной связи.

Беспроводные решения 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

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

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

Что такое “Стандарт”?

Откуда берутся стандарты?

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

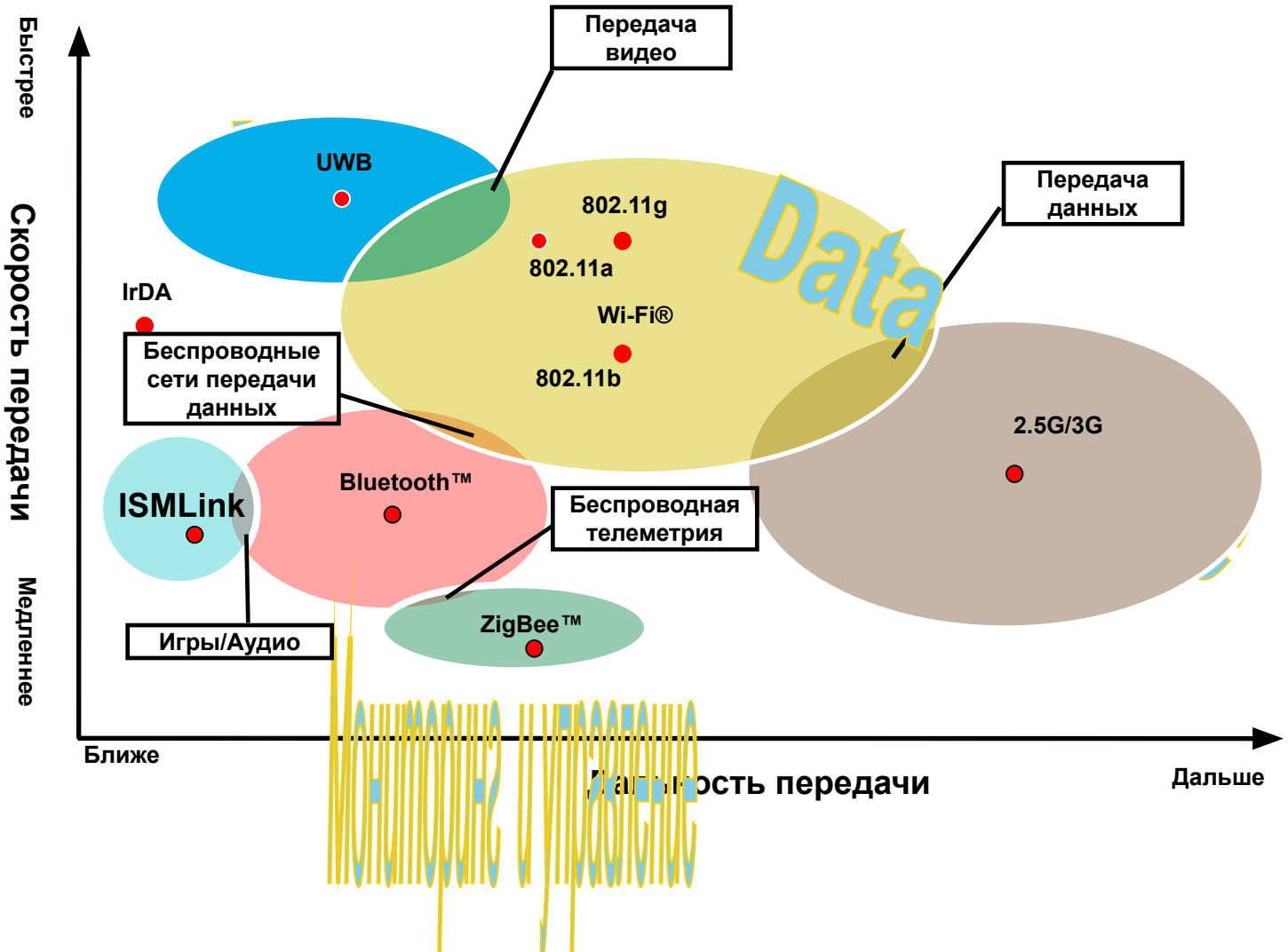
Кто разрабатывает стандарты?

- 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.

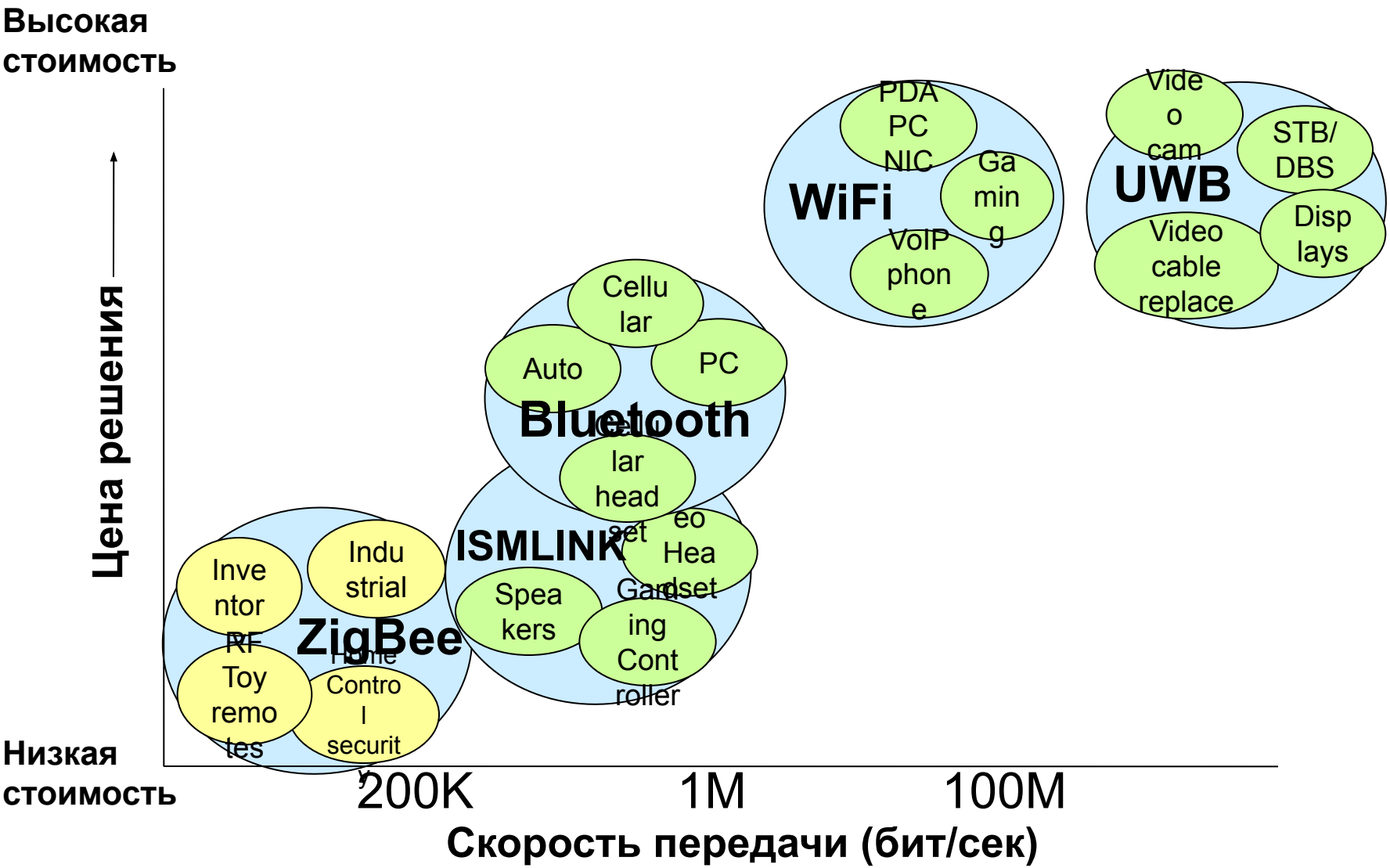
Чем хороши стандарты?

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

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
  - ✔ Передача голоса (VoIP)

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 802.15.3/ 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

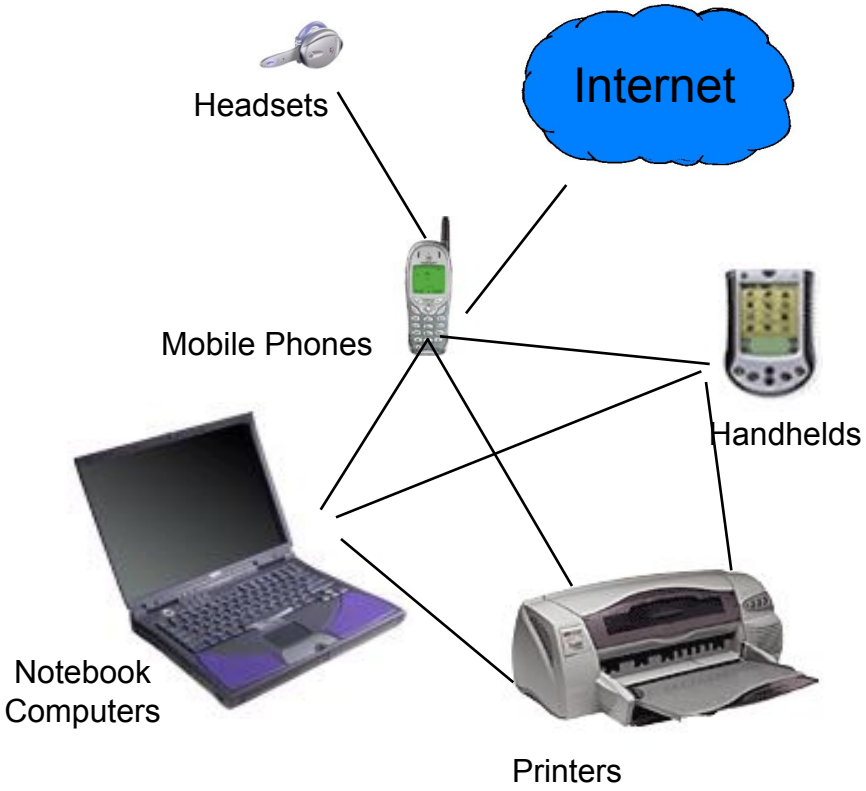
Стандарт 802.15.1/802.15.1a (Bluetooth)

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 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

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

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>**

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

Промоутеры альянса ZigBee

MOTOROLA

Launched by Motorola
freescale™
semiconductor

ember

Honeywell

invensys

MITSUBISHI ELECTRIC
Changes for the Better

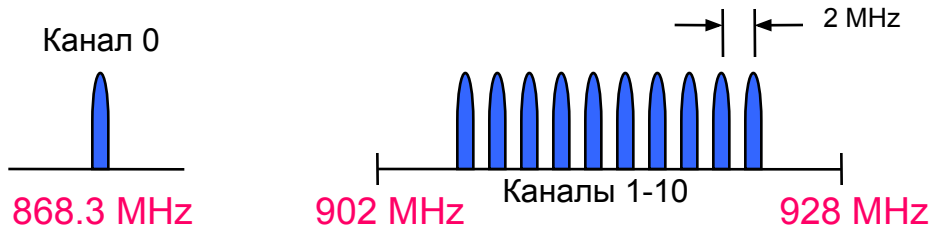
PHILIPS

SAMSUNG

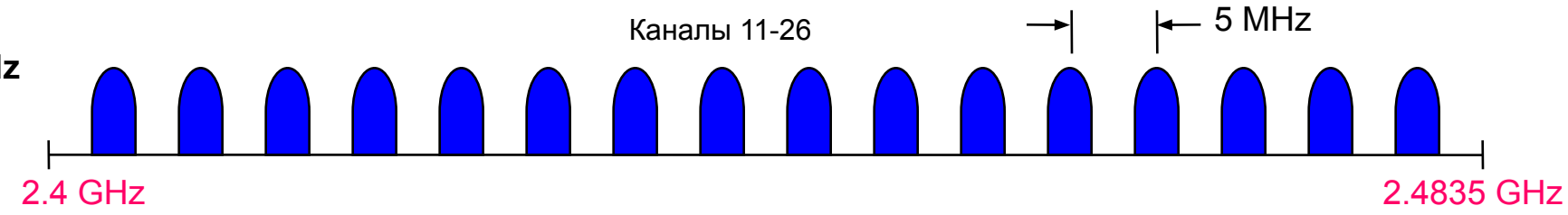
Частотные диапазоны и скорости передачи стандарта IEEE 802.15.4

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**

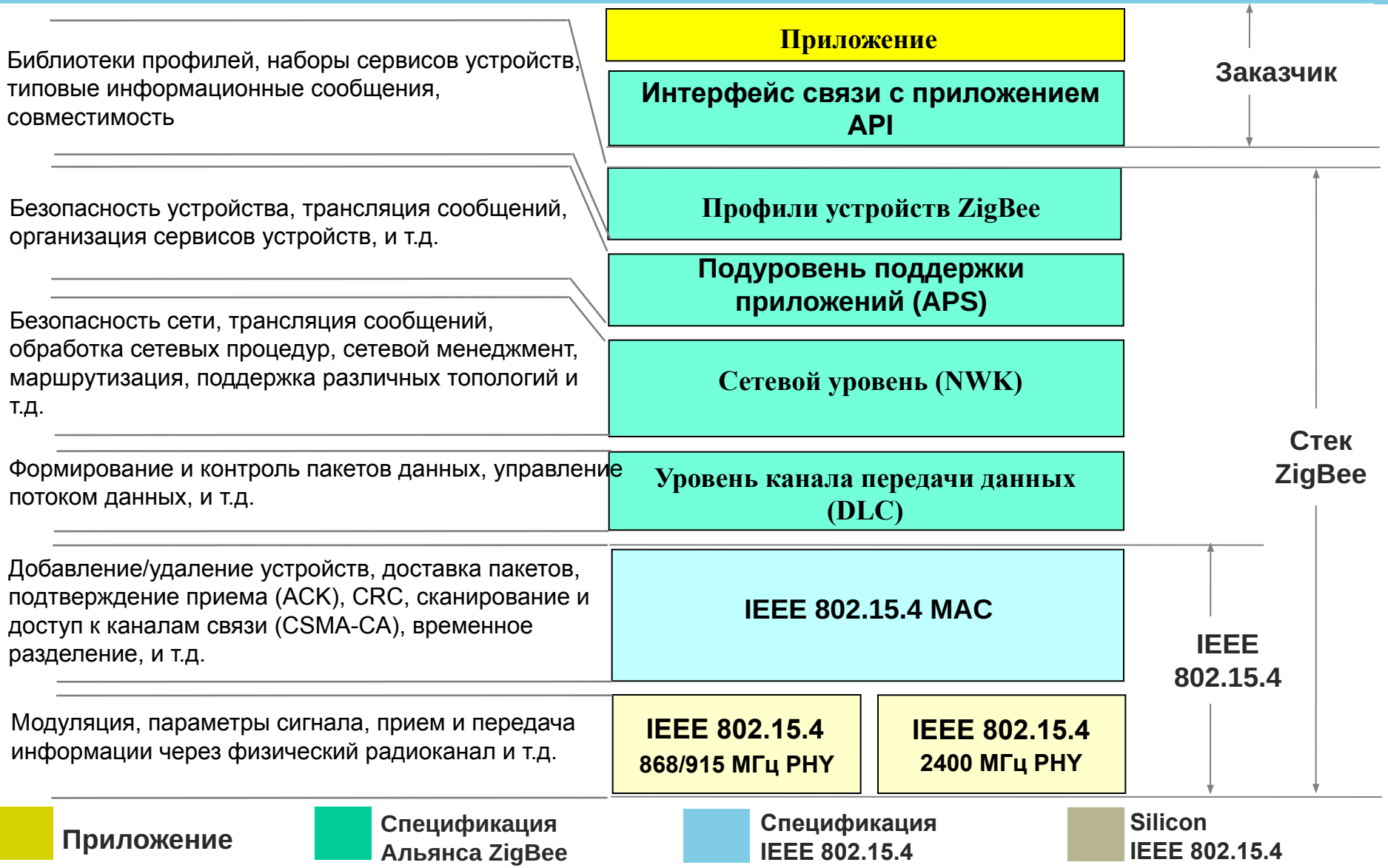
868MHz / 915MHz PHY



2.4GHz PHY



Структура стека протокола ZigBee



Сетевые особенности

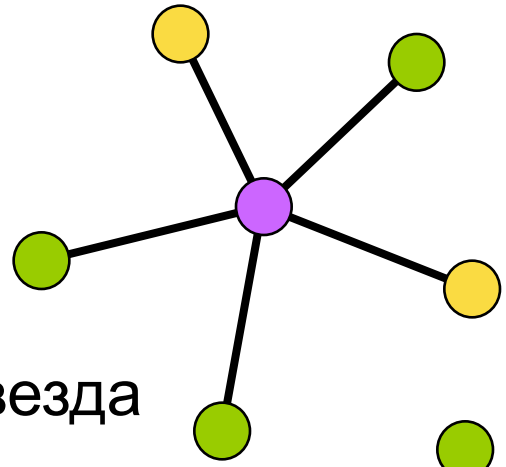
- До 65,536 оконечных точек (клиентов)
- 1 сетевой координатор (мастер)
- Optimized for timing-critical applications
  - Добавление устройства в сеть: ~30 мс
  - Переход в активное состояние: ~15 мс
  - Доступ к каналу передачи: ~15 мс

Типы устройств в стандарте IEEE 802.15.4

Три типа устройств

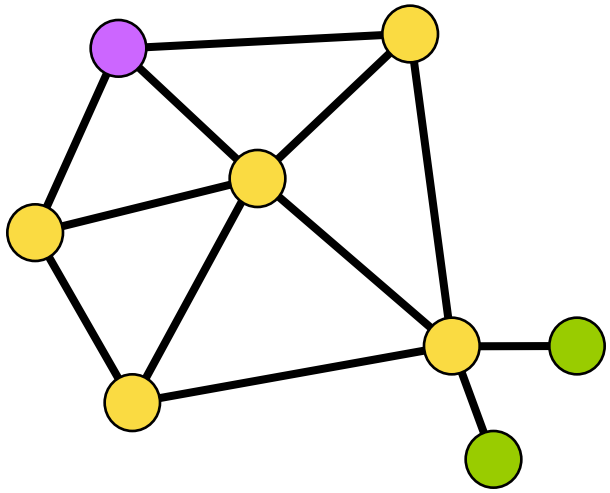
- **Сетевой координатор**
  - Содержит полную таблицу устройств и соединений в сети
  - Наиболее сложный тип устройств
  - Большой объем памяти и высокая производительность
- **Устройство с полной функциональностью**
  - Поддерживает все функции, определенные стандартом 802.15.4
  - Идеально подходит 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

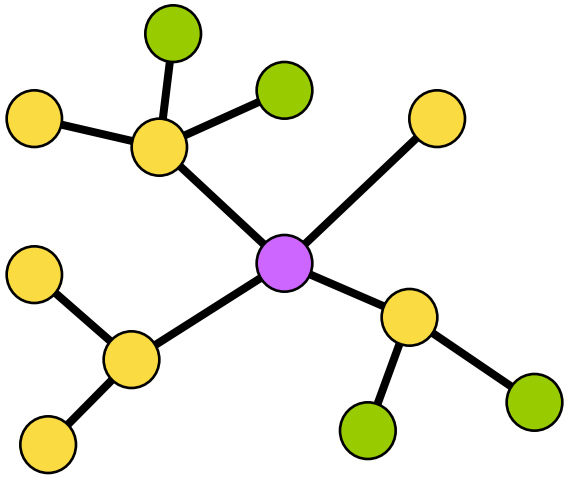
Поддерживаемые сетевые топологии



Звезда

Многоячейковая сеть





Иерархическое дерево

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

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

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

Существует порядка 200 компаний которые производят компоненты, модули и программное обеспечение, для создания ZigBee сети. Основные компании: Ember, Telegesis, Atmel, TI, Panasonic, Freescale.

ZigBee -модемы ETRX2 компании Telegesis

Модемы и модули производства компании Telegesis.

Выполнены на базе однокристального решения Ember EM250:

- Низкая цена
- Развитое программное обеспечение
- Низкий ток потребления в спящем режиме – 1 мкА
- Дальность связи модулей без усилителя – 300 м.

Введение внешнего усилителя 100 мВт (Дальность - 800 м)

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 АА

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

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 АА

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

ZigBee and Bluetooth

Air interface

ZigBee

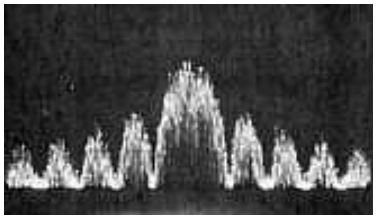
DSSS- 11 chips/ symbol

62.5 K symbols/s

4 Bits/ symbol

Peak Information Rate

~128 Kbit/second



Bluetooth

FHSS

1 M Symbol / second

Peak Information Rate

~720 Kbit / second

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

Ultra-Wideband

Стандарты 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n (Wi-Fi), HomeRF 1.0, HomeRF 2.0, ZigBee, Bluetooth 1.1, Bluetooth 2.0+EDR, 802.16d, 802.16e (WiMAX) и много чего еще не упомянуто. В таком многообразии радиоинтерфейсов и сетей элементарно запутаться даже тем, кто старается более или менее следить за рынком беспроводной связи, не говоря уже о «простых» потребителях.

Вроде, пора бы производителям приостановиться, сконцентрировав свои усилия на нескольких наиболее перспективных стандартах, но не тут-то было, сейчас начинается активная компания по продвижению очередной беспроводной технологии – **UWB**.

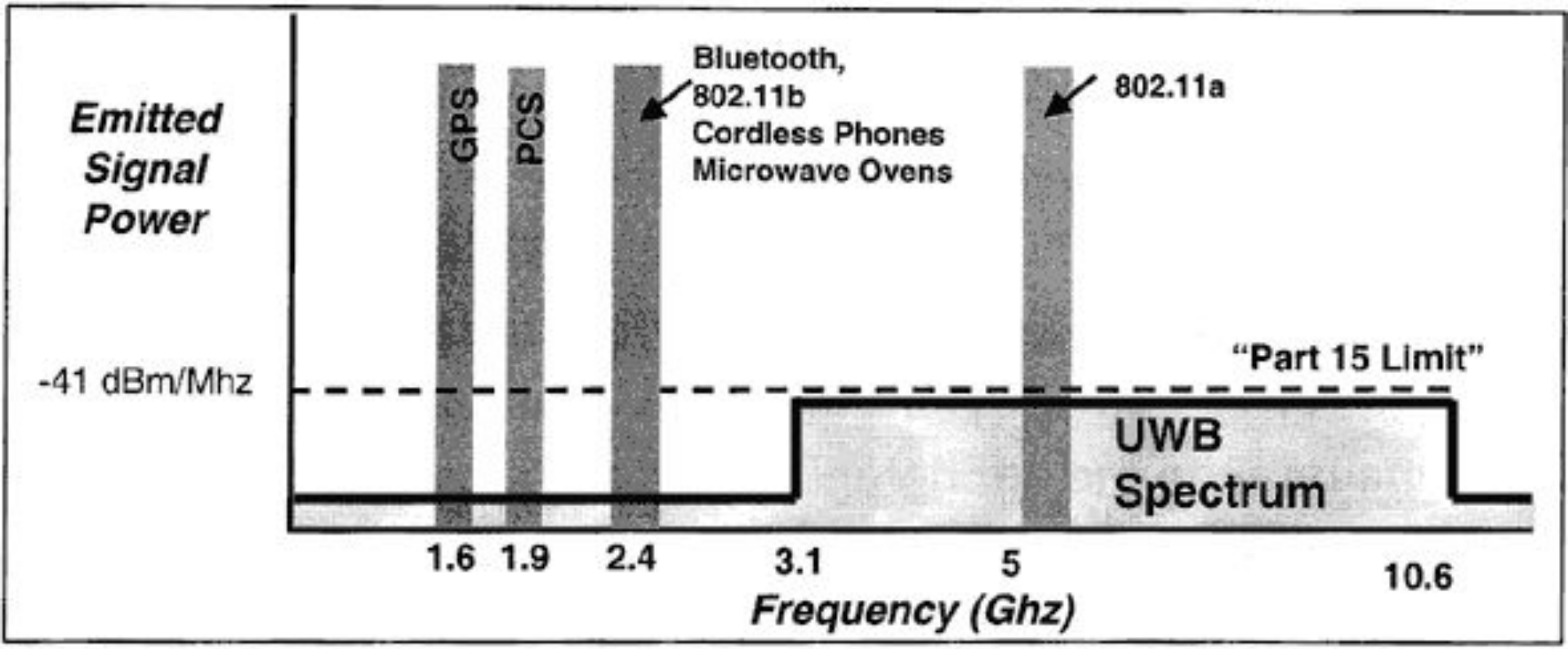
UWB

Здесь традиционный подход поставлен с ног на голову. Во временном пространстве передатчик излучает короткие импульсы специальной формы, подобранной так, чтобы равномерно размазать всю энергию импульса по заданному достаточно широкому участку спектра.

Данные, в свою очередь, кодируются полярностью и взаимным расположением импульсов.

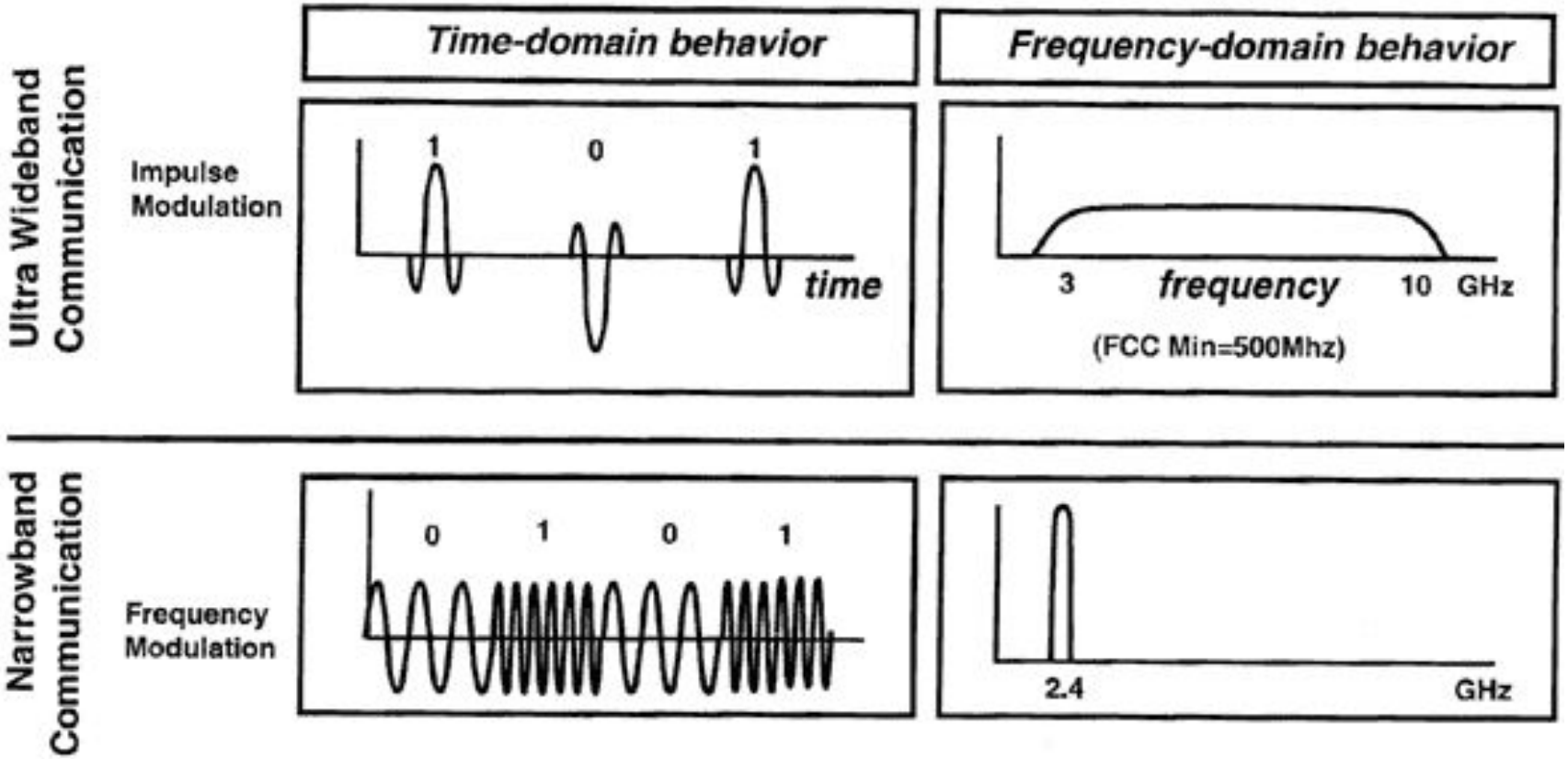
В результате, обладая достаточно высокой суммарной передаваемой в эфир мощностью и, следовательно, значительным расстоянием уверенного приема, UWB сигнал в каждой конкретной точке спектра (т.е. на каждой конкретной лицензируемой полосе частот) не превышает крайне низкого сигнала.

UWB

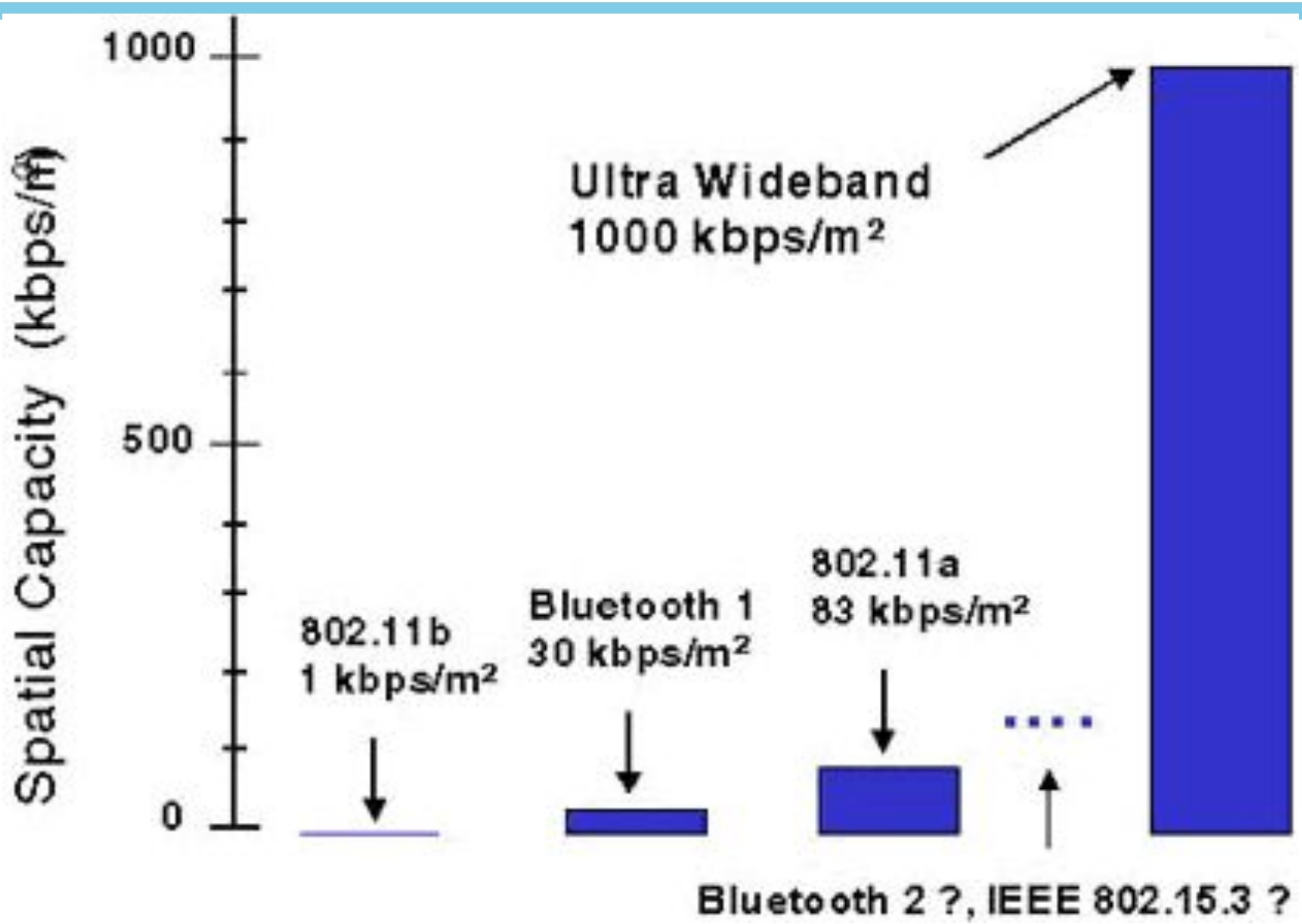

Emitted Signal Power
-41 dBm/Mhz
GPS
PCS
Bluetooth,
802.11b
Cordless Phones
Microwave Ovens
802.11a
"Part 15 Limit"
UWB Spectrum
1.6
1.9
2.4
3.1
5
10.6
Frequency (Ghz)

Технология Ultra Wide Band (UWB)

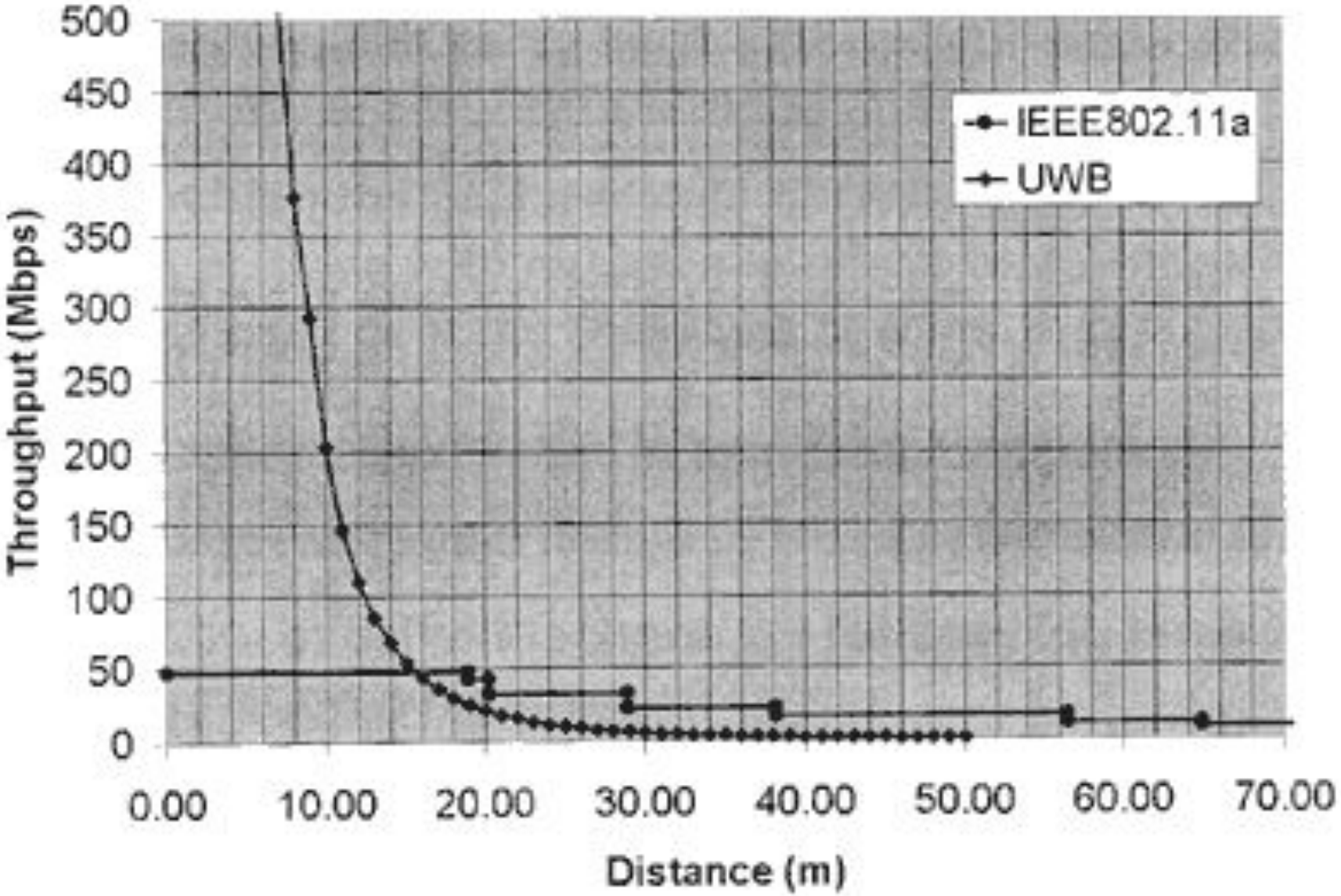
US Federal Communications Commission's (FCC) разрешила использование диапазона 3.1 – 10.6 ГГц



UWB


1000
500
0
Spatial Capacity (kbps/m²)
Ultra Wideband
1000 kbps/m²
802.11b
1 kbps/m²
Bluetooth 1
30 kbps/m²
802.11a
83 kbps/m²
Bluetooth 2 ?, IEEE 802.15.3 ?

Ultra-Wideband



Первое приоритетное направление – это **беспроводное подключение компьютерной периферии** (внешние жесткие диски и приводы лазерных дисков, принтеры, сканеры и многое-многое другое). Для этих целей высокая пропускная способность при ограниченном радиусе действия – как раз то, что нужно.

Второе – это **обмен данными между мобильными устройствами** (телефоны, смартфоны, КПК, ноутбуки и т. д.). Тут как нельзя кстати придется низкое энергопотребление.

Третье – это **связь бытовой электроники** (телевизоры, Blu-ray/HD-DVD/DVD-плееры, видеокамеры, проекторы и т.д.). Здесь снова пригодятся сверхвысокие скорости.

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

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

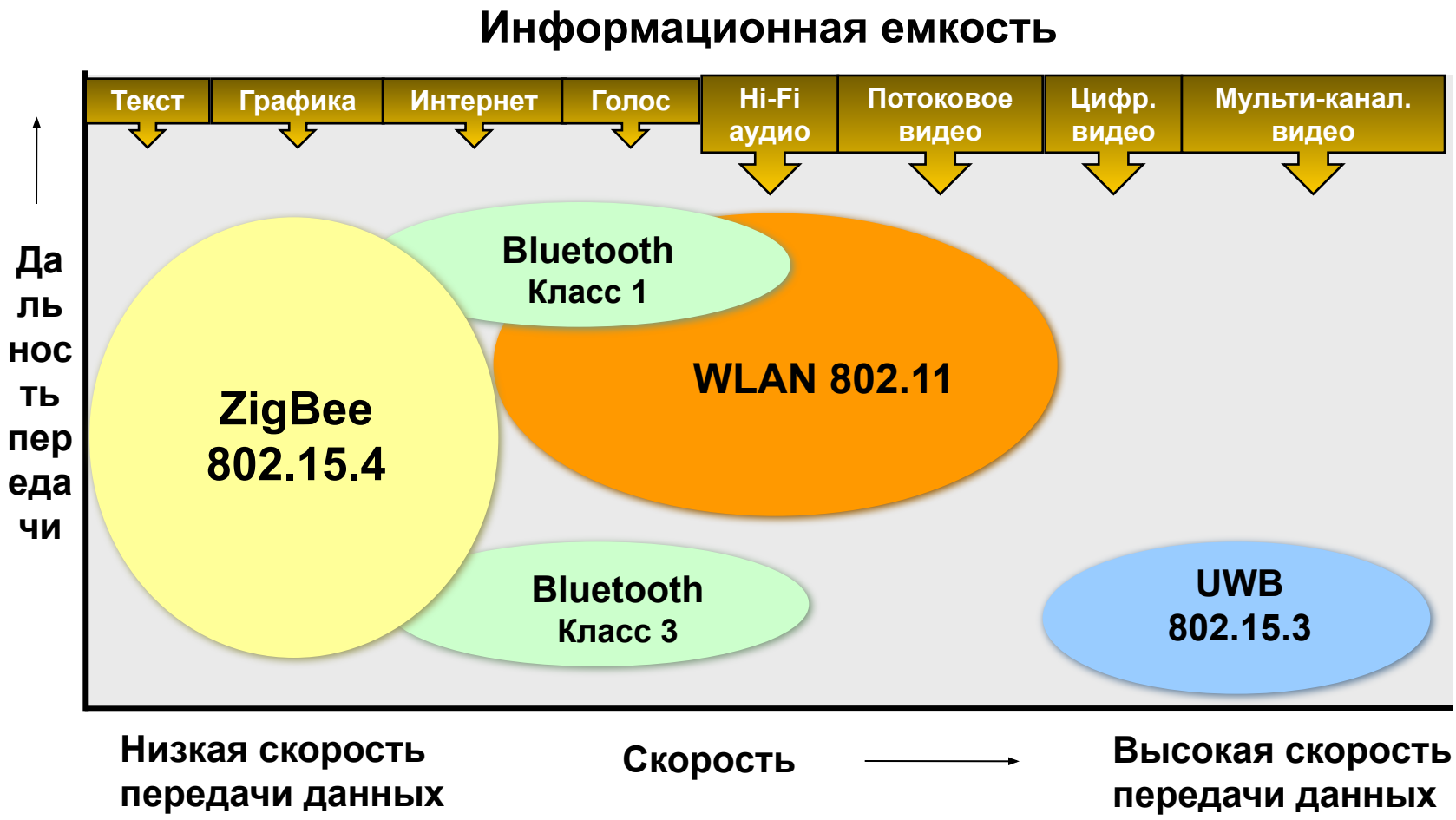
Wireless Networking Standards

Market Name Standard	GPRS/GSM 1xRTT/CDMA	Wi-Fi™ 802.11b	Bluetooth™ 802.15.1	ZigBee™ 802.15.4
Application Focus	Wide Area Voice & Data	Web, Email, Video	Cable Replacement	Monitoring & Control
System Resources	16MB+	1MB+	250KB+	4KB - 32KB
Battery Life (days)	1-7	.5 - 5	1 - 7	100 - 1,000+
Network Size	1	32	7	255 / 65,000
Bandwidth (KB/s)	64 - 128+	11,000+	720	20 - 250
Transmission Range (meters)	1,000+	1 - 100	1 - 10+	1 - 100+
Success Metrics	Reach, Quality	Speed, Flexibility	Cost, Convenience	Reliability, Power, Cost

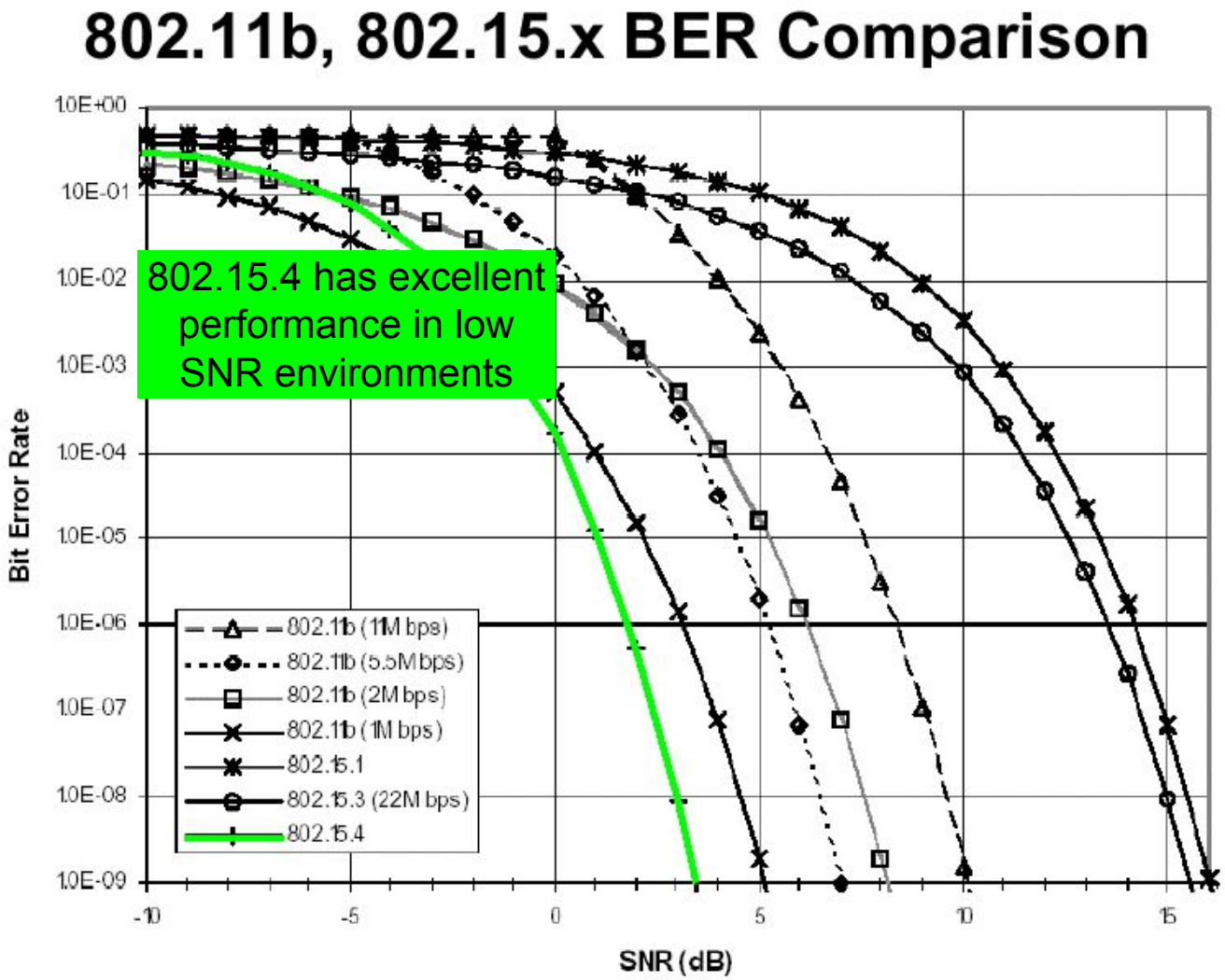
ZigBee™ / Bluetooth / WLAN

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

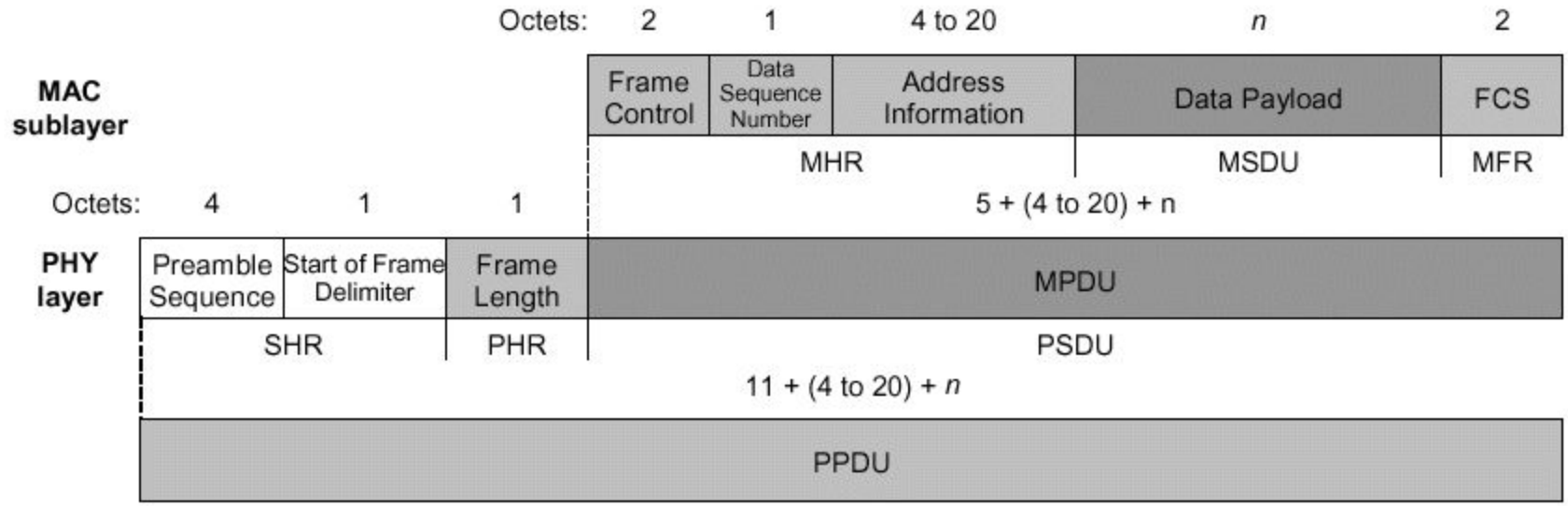
Классификация основных беспроводных стандартов



PHY Performance



Data Frame format



One of two most basic and important structures in 15.4

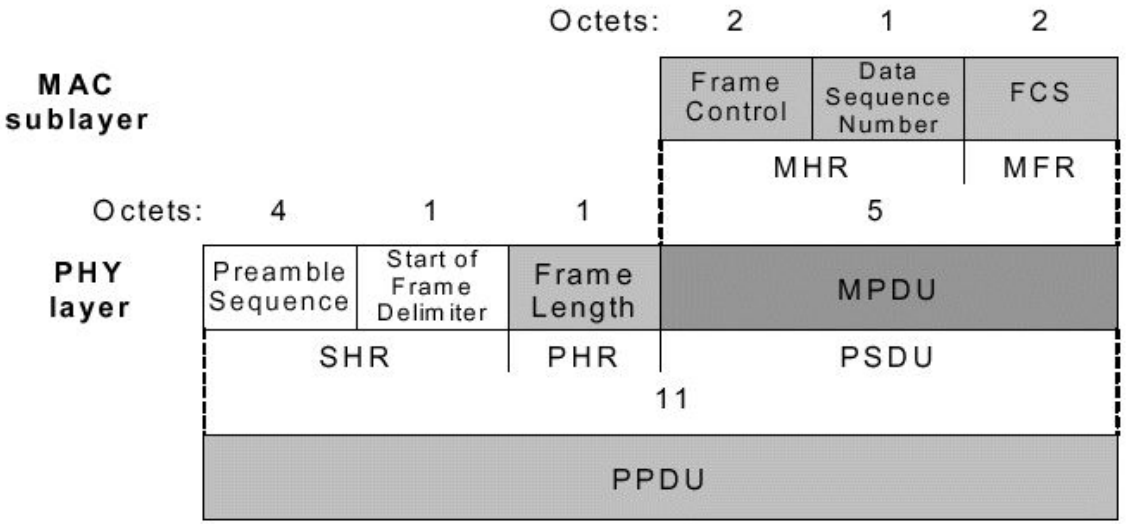
Provides up to 104 byte data payload capacity

Data sequence numbering to ensure that packets are tracked

Robust structure improves reception in difficult conditions

Frame Check Sequence (FCS) validates error-free data

Acknowledgement Frame Format

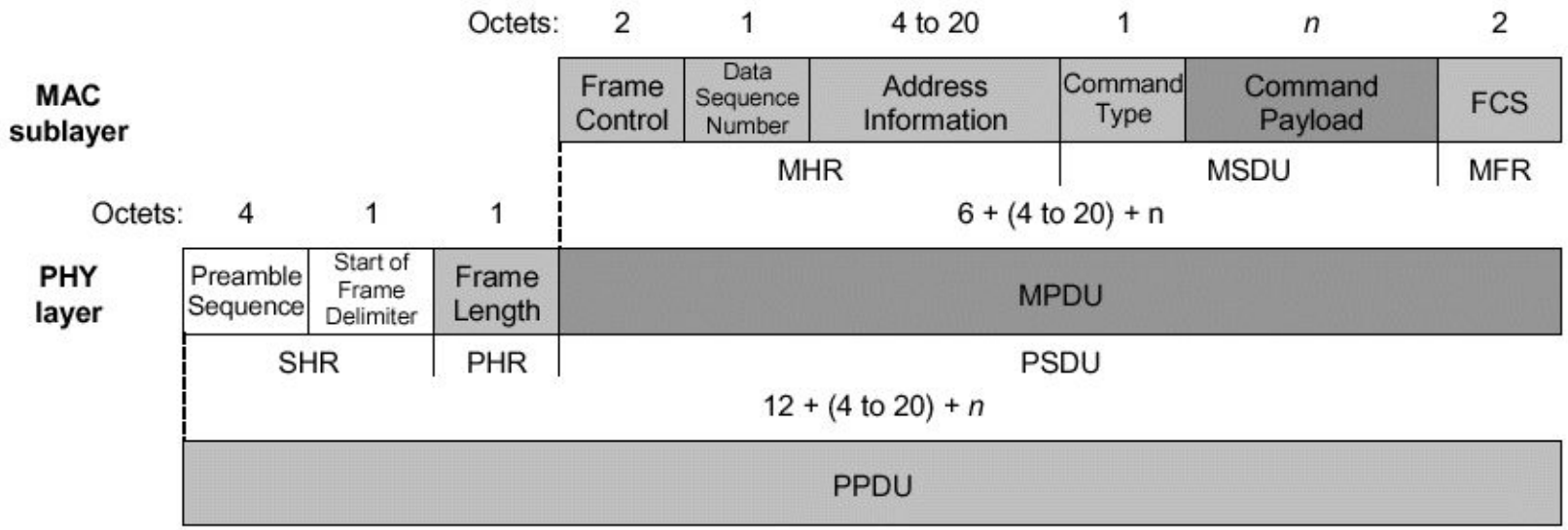


The other most important structure for 15.4

Provides active feedback from receiver to sender that packet was received without error

Short packet that takes advantage of standards-specified "quiet time" immediately after data packet transmission

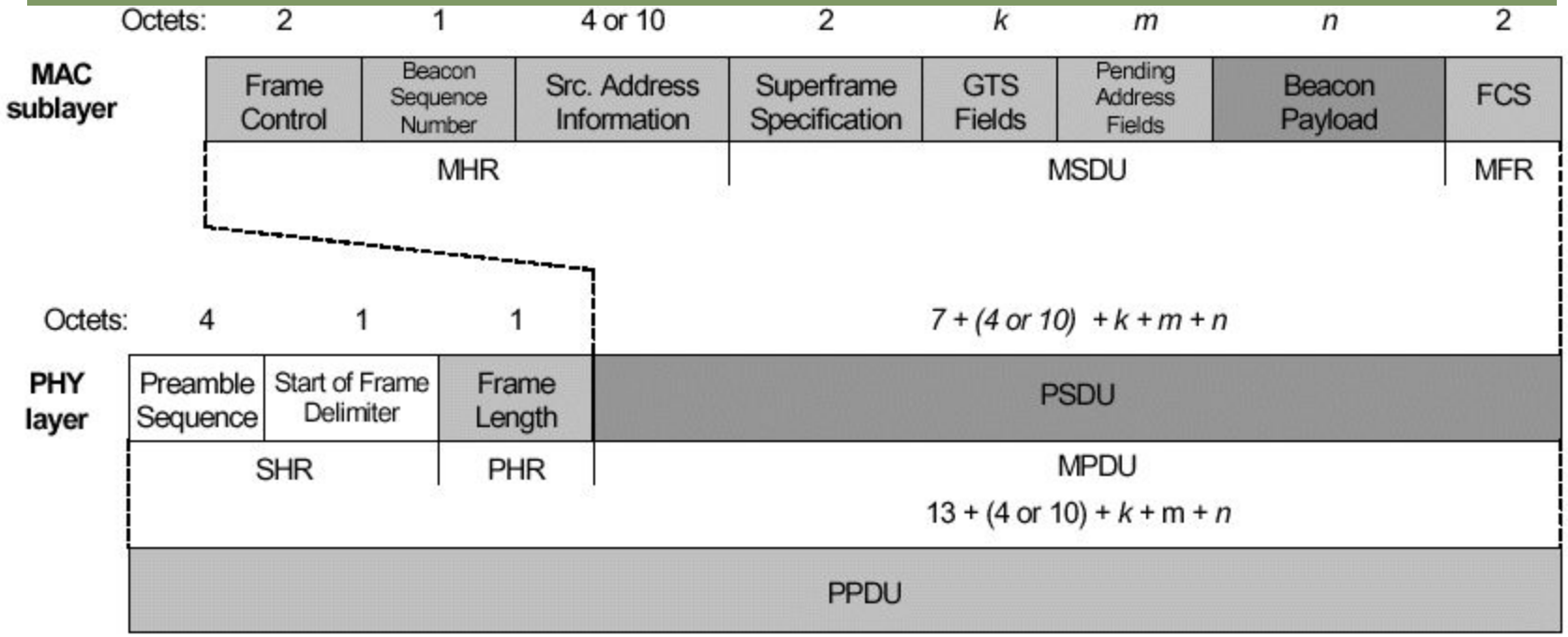
MAC Command Frame format



Mechanism for remote control/configuration of client nodes

Allows a centralized network manager to configure individual clients no matter how large the network

Beacon Frame format



Beacons add a new level of functionality to a network

Client devices can wake up only when a beacon is to be broadcast, listen for their address, and if not heard, return to sleep

Beacons are important for mesh and cluster tree networks to keep all of the nodes synchronized without requiring nodes to consume precious battery energy listening for long periods of time

Peel-n'-Stick Security Sensors

Battery Operation

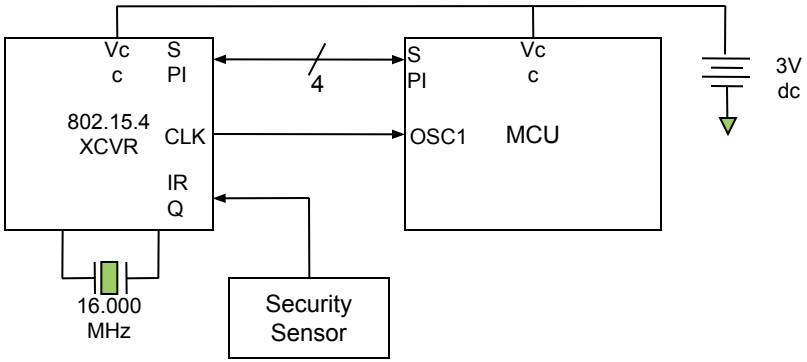
- **2 AA Alkaline or 1 Li-AA cell**

802.15.4/ZigBee Mode

- **Non-beacon network environment**

Sensor process

- **RC Oscillator waking up MCU and doing network check-in at some interval**
  - Many security systems have between ~10 second and ~15 minute requirement
- **On a sensor event, device immediately awakens and reports in to network**



Body-Worn Medical Sensors

Heartbeat Sensor

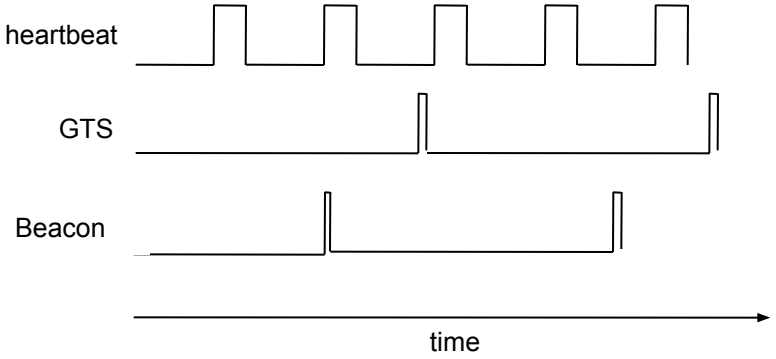
- **Battery-operated using CR2032 Li-Coin cell**

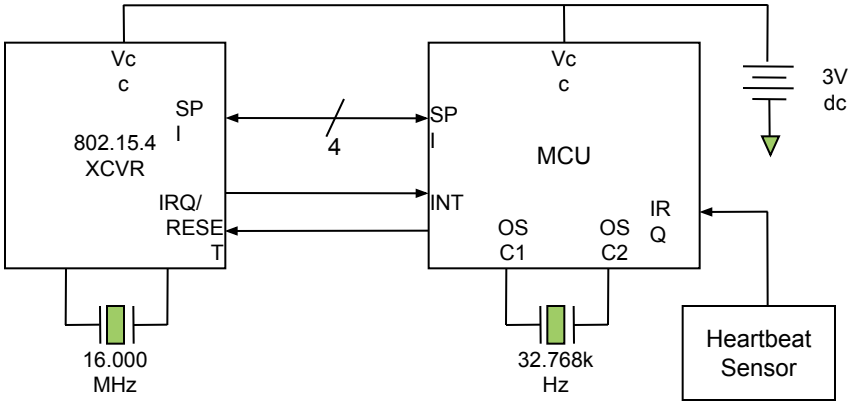
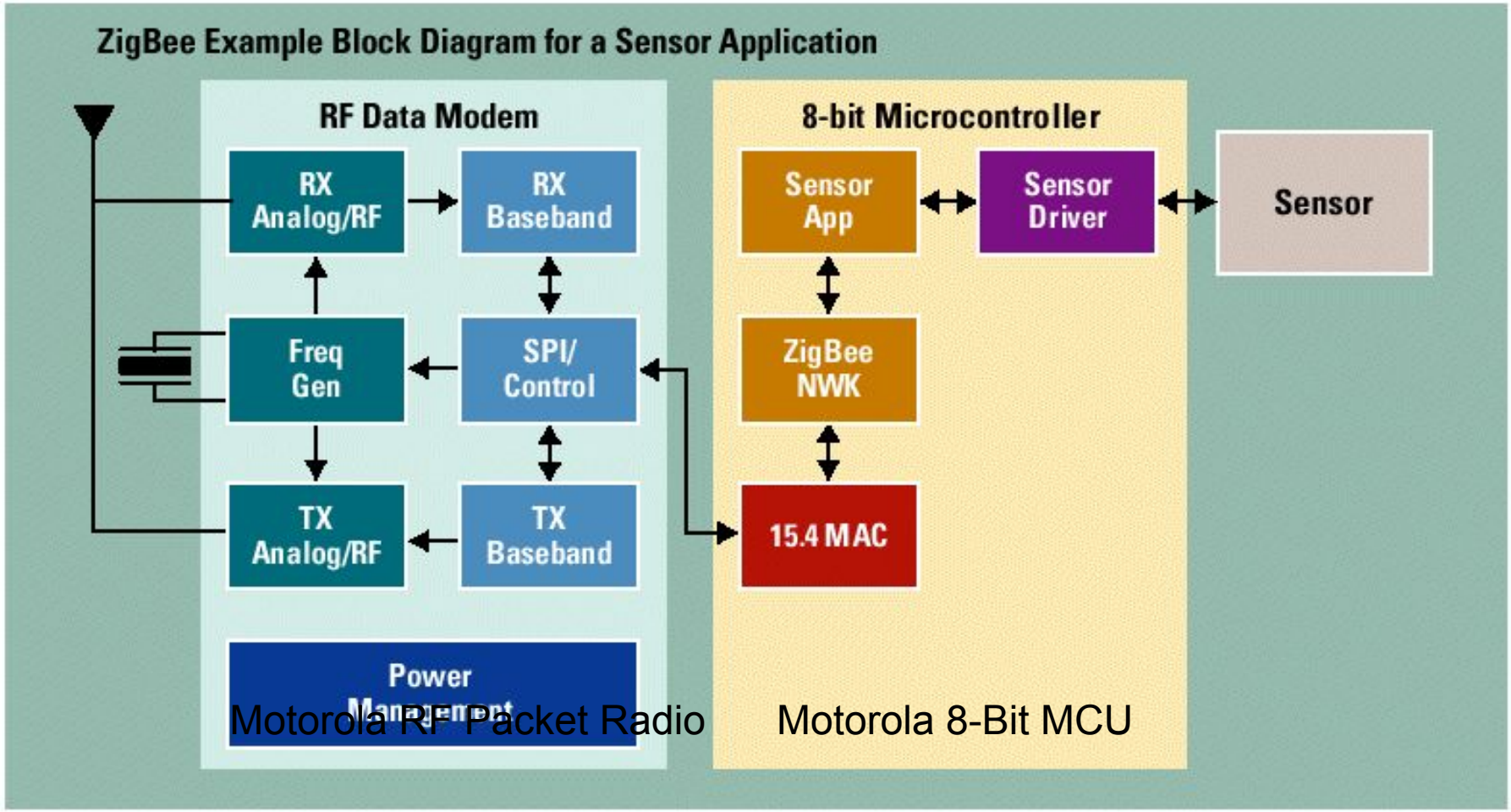
802.15.4/ZigBee Mode

- **Network environment using Guaranteed Time Slot (GTS)**
- **Network beacons occurring either every**
  - 960ms or 61.44s (closest values to 1 and 60 s)

Sensor has two ongoing processes

- **Heartbeat time logging**
- **Transmit heartrate and other information (8 bytes total)**
  - Instantaneous and average heart rate
  - Body temperature and battery voltage





System Simplicity and Flexibility