

# Обзор архитектуры Bluetooth

Версия 2.0 + EDR

# Кто такой Bluetooth ?

Гарольд Блаатанд “Синий зуб” –  
король Дании (X век н.э.)

- принёс христианство в Скандинавию
- объединил разрозненные земли на территории современных Швеции, Дании и Норвегии



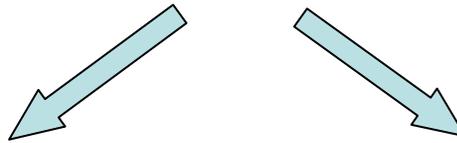
– руническая запись инициалов короля (сочетание “\*”, означающей “H”, и “B”)



# Что может Bluetooth ?

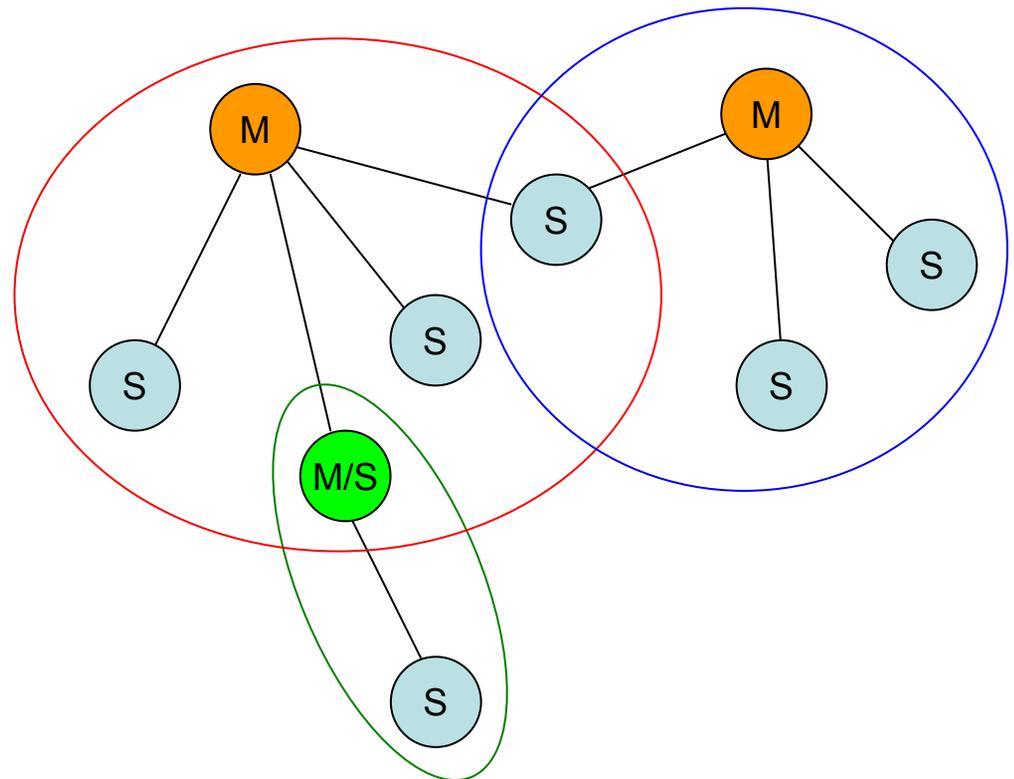
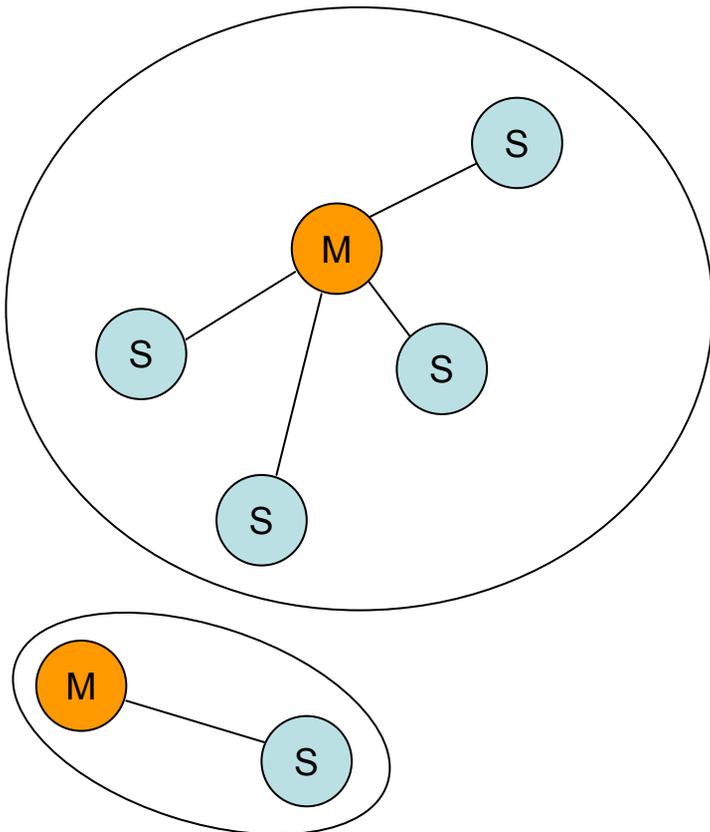
- **Точки доступа для обмена данными и голосовыми сообщениями.** Bluetooth обеспечивает передачу в реальном времени данных и речи, организуя удобную беспроводную связь портативных и стационарных аппаратов связи (мост Internet, связь телефонной трубки со стационарным аппаратом, доступ к данным через ноутбук, КПК или мобильный телефон).
- **Замена кабеля.** Может обеспечивать беспроводную связь между ПК и периферийными устройствами (клавиатура, мышь, принтер и т.д.), между мобильным телефоном и наушниками (микрофоном), между мобильным телефоном и КПК и т.п.
- **Организация Ad-Hoc сетей.** Устройство, оснащённое чипом Bluetooth, может устанавливать связь с другими устройствами, находящимися в пределах области охвата.

# Топология сетей Bluetooth



пикосети

рассеянные сети



# Топология сетей Bluetooth

Все устройства сети делятся на ведущие (master) и подчинённые (slave). Обмен информацией может осуществляться только между ведущим и подчинённым устройствами. Каждое устройство может быть и ведущим и подчинённым.

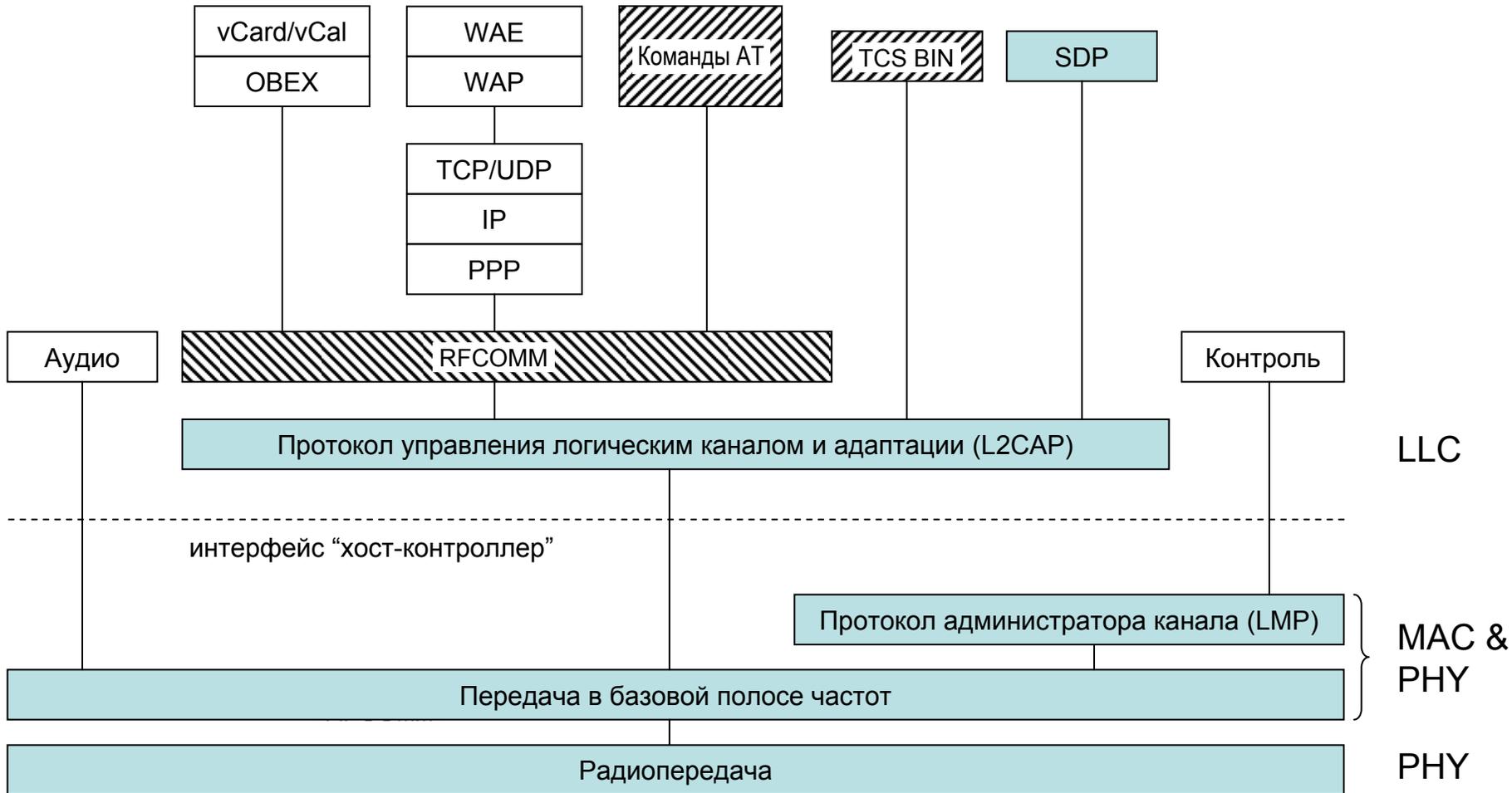
## Пикосеть:

- в одной пикосети существует только одно ведущее устройство, все остальные – подчинённые
- максимальное количество устройств одной пикосети, одновременно участвующих в передаче информации, – не более 8
- общее количество устройств, подключенных к ведущему устройству одной пикосети не ограничено
- в каждый момент времени обмен данными может идти только между двумя устройствами в одном направлении

## Рассеянная сеть:

- образуется путём перекрытия отдельных пикосетей
- каждое устройство одной пикосети может входить в другую пикосеть как в качестве подчинённого, так и в качестве ведущего

# Стек протоколов Bluetooth



 внутренние протоколы (протоколы ядра)

 протокол кабельной замены

 протоколы управления телефонией

 адаптированные протоколы

# Стек протоколов Bluetooth

AT – префикс модема

IP – протокол Internet

OBEX – протокол объектного обмена

PPP – протокол двухточечного соединения

RFCOMM – протокол замещения кабеля

SDP – протокол обнаружения службы

TCP – протокол управления передачей

TCS BIN – бинарная спецификация управления телефонией

UDP – протокол пользовательских дейтаграмм

vCal – виртуальный календарь

vCard – виртуальная карта

WAE – среда беспроводных приложений

WAP – протокол беспроводных приложений

**Внутренние протоколы** (образуют ядро системы Bluetooth).

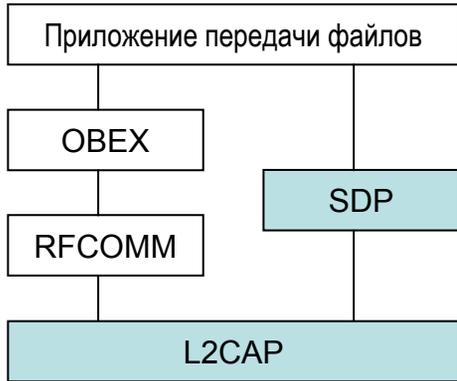
- **Протокол радиопередачи (часть PHY-уровня).** Описывает детали радиоинтерфейса (используемые частоты, тип модуляции, мощность передачи).
- **Протокол передачи в базовой полосе частот (PHY- и MAC-уровни).** Описывает некоторые функции физического уровня и функции управления доступом к среде (установление соединения, распределение временных интервалов, адресация, проверка и исправление ошибок, кодирование/декодирование аудиопотока, аутентификация и шифрование, различные состояния устройства Bluetooth и режимы передачи данных, реализация схемы ARQ).
- **Протокол администратора канала связи (LMP – Link Manager Protocol).** Отвечает за установление логического канала связи между устройствами Bluetooth и его текущее администрирование (аутентификация, шифрование), согласование размеров пакетов, параметров качества передачи, управление излучаемой мощностью.
- **Протокол управления логическим каналом и адаптации (L2CAP – Logical Link Control and Adaptation Protocol).** Адаптирует протоколы высших уровней к уровню передачи в базовой полосе частот (MAC-уровню). Согласовывает и обеспечивает заданное качество обслуживания на уровне логических каналов и реализует расширенную схему повторной передачи ARQ.
- **Протокол обнаружения службы (SDP – Service Discovery Protocol).** Служит для запроса приложением информации о службах, предоставляемых устройством Bluetooth или через него, и их характеристиках.

**Протокол замещения кабеля** – виртуальный последовательный порт (RS-232).

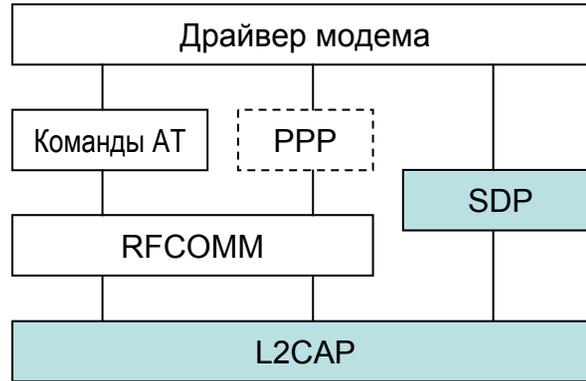
**Протокол управления телефонией (TCS BIN – Telephony Control Specification – Binary).** Определяет передачу сигналов управления вызовами для установления сеансов передачи речи и данных, когда Bluetooth используется радиотелефоном или базовой станцией.

**Адаптированные протоколы** определяются спецификациями, выпускаемыми другими организациями по стандартизации, и вводятся в общую архитектуру Bluetooth.

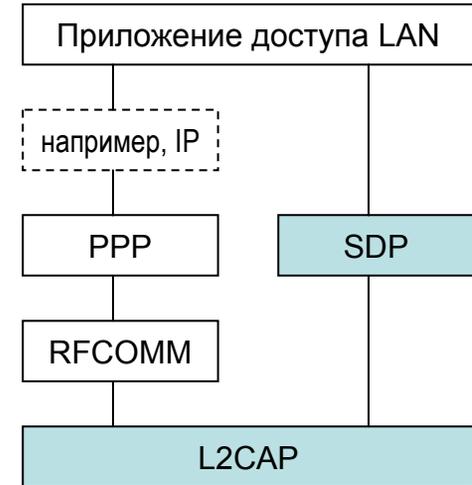
# Модели использования



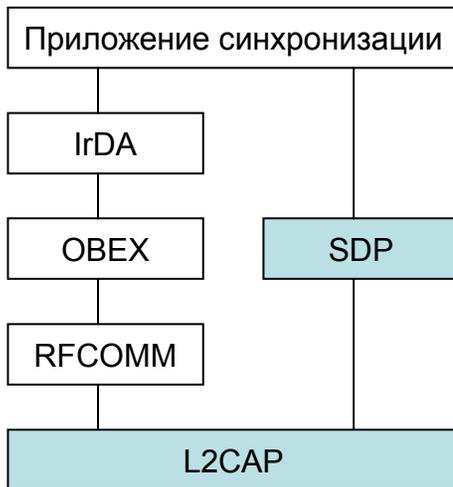
Передача файлов



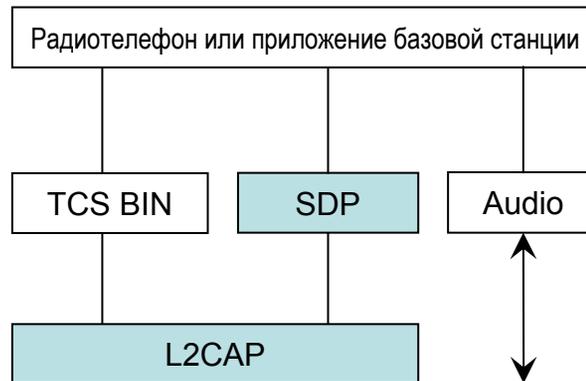
Мост Internet



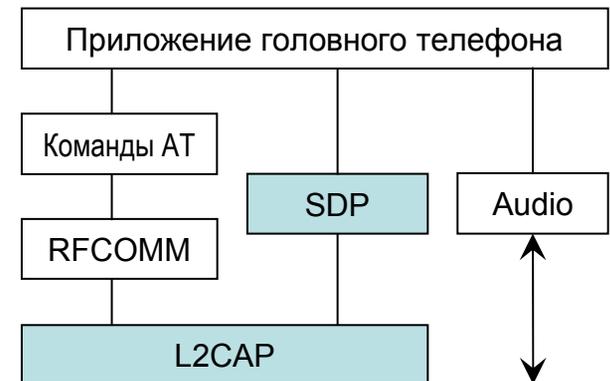
Доступ к локальной сети



Синхронизация



Телефон "три в одном"



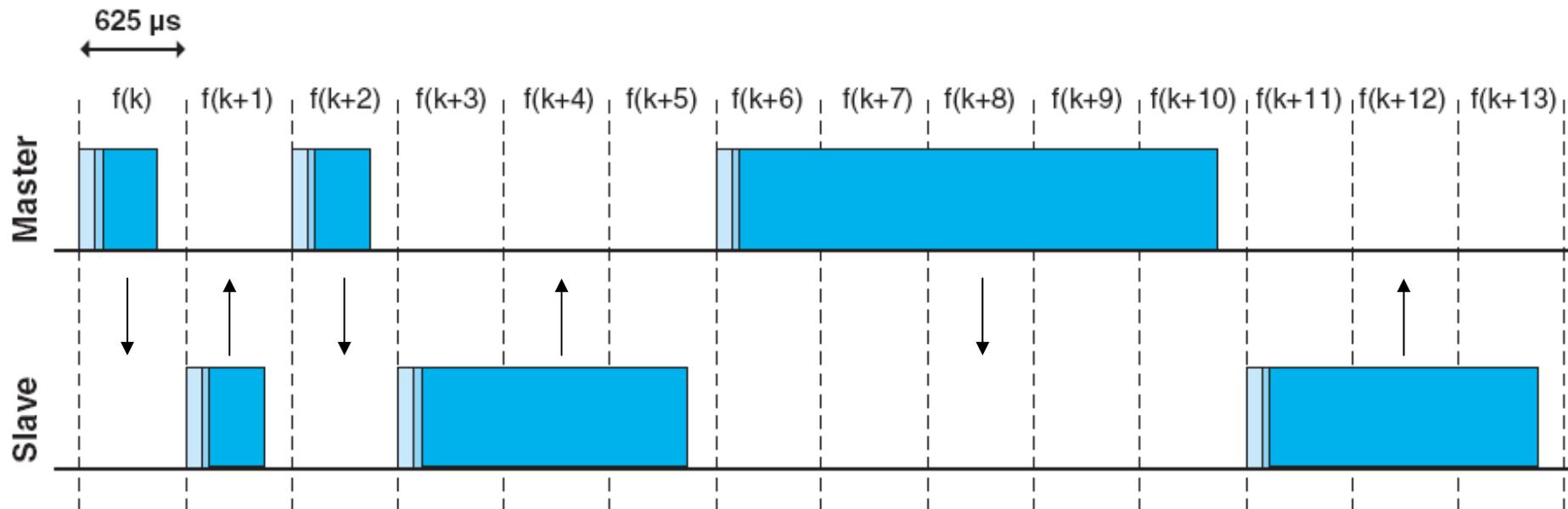
Головной телефон

# Радиоспецификация

Диапазон частот	2.4 ГГц, диапазон ISM 2.4000-2.4835 ГГц $f=2402+k$ MHz, $k=0,\dots,78$ – радиоканалы
Модуляция	GFSK – основная (BT=0.5) $\pi/4$ -DQPSK, 8DPSK – для EDR* (roll-off = 0.4)
Максимальная скорость передачи данных в канале	1 Мбит/с – для GFSK 2 Мбит/с – для $\pi/4$ -DQPSK 3 Мбит/с – для 8DPSK
Схемы доступа	TDMA, FDMA, CDMA
Схема передачи	TDD
Расширение спектра	FHSS
Число радионесущих	79
Расстояние между несущими	1 МГц
Скорость перестройки частоты	1600 скачков в секунду в режиме передачи 3200 скачков в секунду в режимах опроса и запроса
Максимальная мощность передачи	1 мВт - 100 мВт – класс 1 0.25 мВт - 2.5 мВт – класс 2 до 1 мВт – класс 3

\*EDR – Enhanced Data Rate (повышенная скорость передачи)

# Спецификация базовой полосы частот Перестройка частоты и схема TDD



625 μs – слот

Длина пакета: 1-слотовый, 3-слотовый, 5-слотовый

При передаче многослотового пакета частота не меняется

Передача Master-Slave – чётные слоты

Передача Slave-Master – нечётные слоты

Перестройка частоты – по псевдослучайному закону

# Спецификация базовой полосы частот

## Адрес Bluetooth-устройства (BD\_ADDR)

Каждое устройство Bluetooth имеет уникальный 48-битный адрес (выдаётся регистрирующим органом IEEE)

LSB						MSB					
назначаемый						id производителя					
LAP						UAP		NAP			
0000	0001	0000	0000	0000	0000	0001	0010	0111	1011	0011	0101

LAP (lower address part) – нижняя часть адреса

UAP (upper address part) – верхняя часть адреса

NAP (non-significant part) – несущественная часть адреса

64 значения (0x9E8B00-0x9E8B3F) LAP-части зарезервированы для кодов доступа процедуры опроса и не могут являться частью адреса устройства

LAP и UAP вместе участвуют в выборе псевдослучайной последовательности перестройки частоты

LAP формирует синхрослово в коде доступа

UAP участвует в процессе проверки ошибок

# Спецификация базовой полосы частот

## Состояния Bluetooth

Основные состояния:

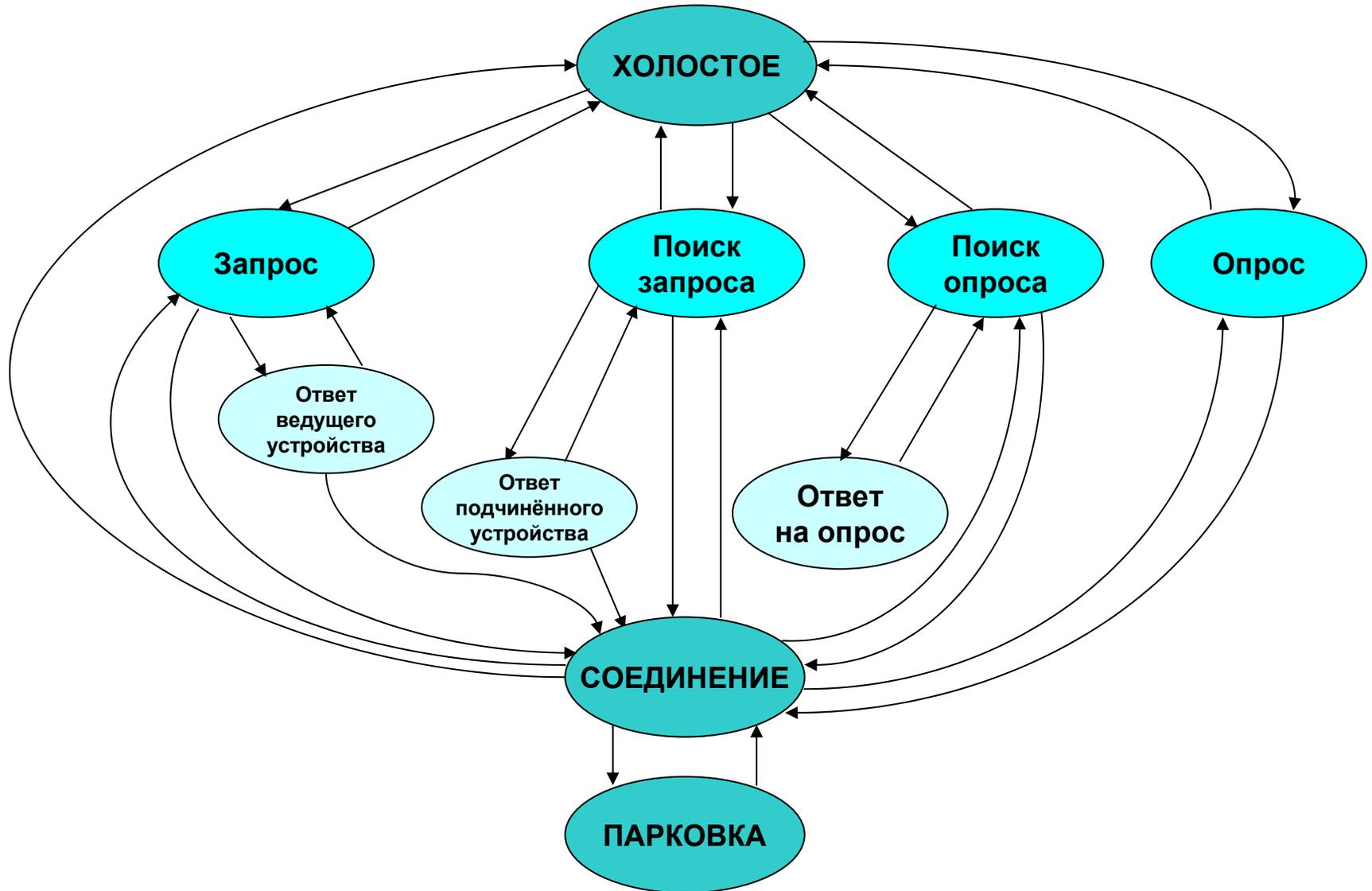
- **холостое состояние** – низкое энергопотребление, работают только часы устройства
- **состояние соединения** – устройство подключено к пикосети
- **состояние парковки** – состояние подчинённого устройства, от которого не требуется участия в работе пикосети, но которое должно оставаться её частью

Промежуточные состояния (для подключения к пикосети новых подчинённых устройств):

- **опрос** – определение устройством наличия других устройств в пределах его досягаемости
- **поиск опроса** – ожидание устройством опроса
- **ответ на опрос** – устройство, получившее опрос, отвечает на него
- **запрос** – посылается одним устройством другому для установления с ним соединения (запрашивающее устройство становится ведущим, запрашиваемое – подчинённым)
- **поиск запроса** – устройство ожидает запрос
- **ответ подчинённого устройства** – подчинённое устройство отвечает на запрос ведущего
- **ответ ведущего устройства** – ведущее устройство отвечает подчинённому после получения от него ответа на запрос

# Спецификация базовой полосы частот

## Диаграмма переходов между состояниями Bluetooth





# Спецификация базовой полосы частот

## Физические каналы

Типы физических каналов:

- основной физический канал пикосети
- адаптированный физический канал пикосети
- физический канал поиска опроса
- физический канал поиска запроса

Отличия адаптированного канала пикосети от основного:

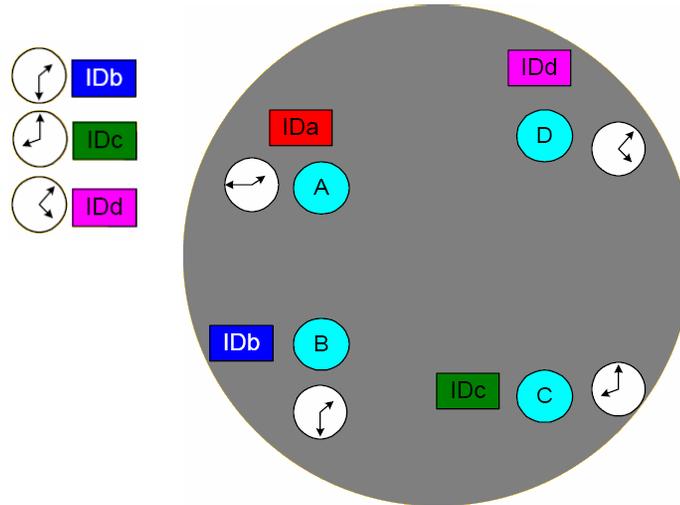
- подчинённое устройство отвечает ведущему на той же частоте
- используется меньшее количество частот; псевдослучайная последовательность перестройки частоты та же самая за исключением замены неиспользуемых частот на разрешённые частоты

Канал поиска опроса: специальный код доступа к опросу, короткая псевдослучайная последовательность из 32 частот, более медленная (по сравнению с каналами пикосети) частота скачков для опрашиваемого устройства и более быстрая – для опрашивающего, опрашивающее и опрашиваемое устройства не синхронизированы по времени

Канал поиска запроса: код доступа, определяемый адресом запрашиваемого устройства, короткая псевдослучайная последовательность из 32 частот, более медленная (по сравнению с каналами пикосети) частота скачков для запрашиваемого устройства и более быстрая – для запрашивающего, запрашивающее и запрашиваемое устройства могут быть с некоторой точностью синхронизированы по времени

# Спецификация базовой полосы частот

## Процедура опроса

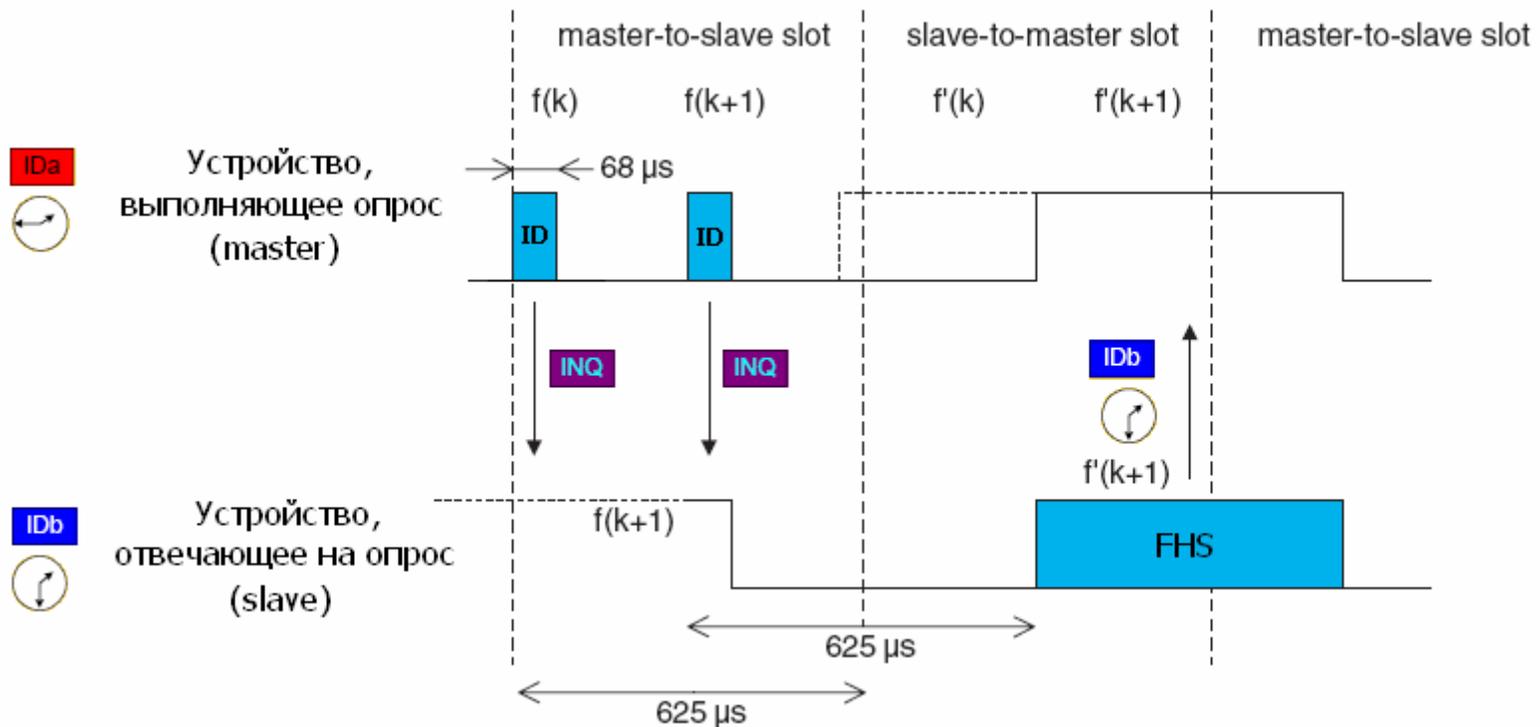


### Устройство A хочет найти другие устройства

- Устройство A посылает пакет опроса, устройства B, C и D сканируют канал поиска опроса
- Устройство B распознало опрос и ответило FHS-пакетом, содержащим его адрес и значение часов
- Устройство A снова делает опрос
- Устройства C и D одновременно отвечают на опрос FHS-пакетами. Из-за конфликта устройство A не распознаёт ответные пакеты. После ответа каждое из устройств пропускает случайное количество слотов и снова начинает сканировать канал поиска опроса
- Устройство A снова делает опрос
- Устройство C отвечает на опрос
- Устройство A снова делает опрос
- Устройство D отвечает на опрос
- Теперь устройство A знает информацию о всех других устройствах

# Спецификация базовой полосы частот

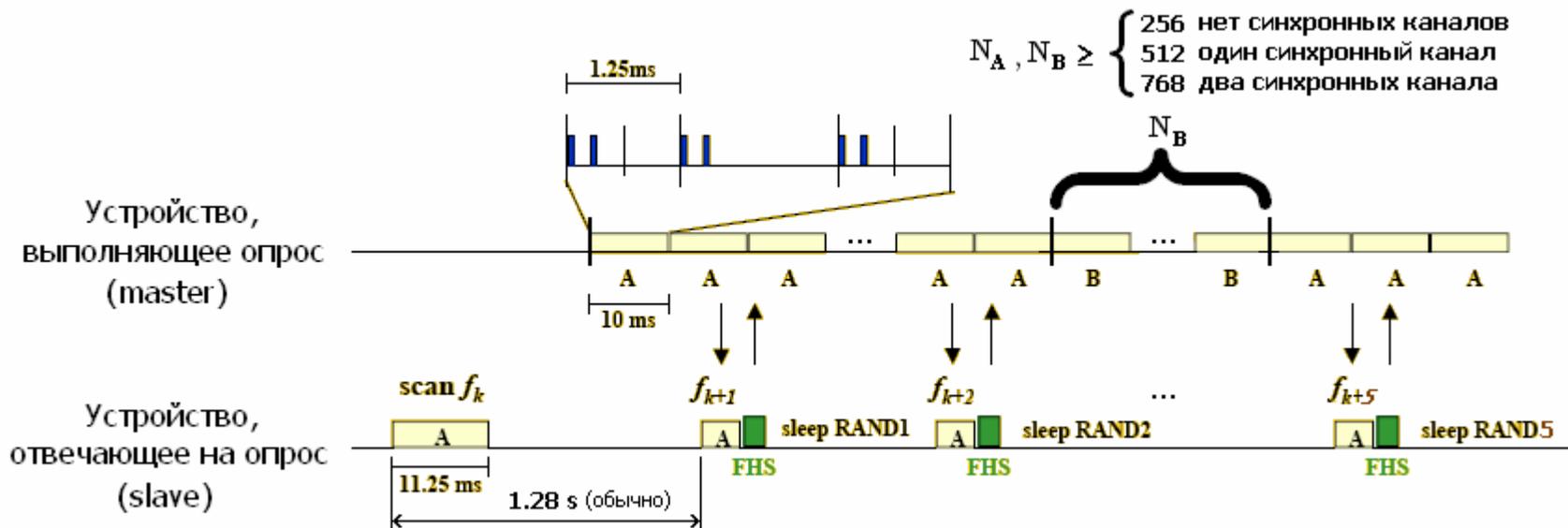
## Процедура опроса



- Опросные ID-пакеты содержат только код доступа к каналу поиска опроса, который не зависит от адресов устройств.
- Скорость перестройки частоты опрашиваемого устройства 3200 скачков в секунду.
- Опрашиваемое устройство отвечает пакетом FHS через  $625 \mu\text{s}$  после приёма ID-пакета

# Спецификация базовой полосы частот

## Процедура опроса

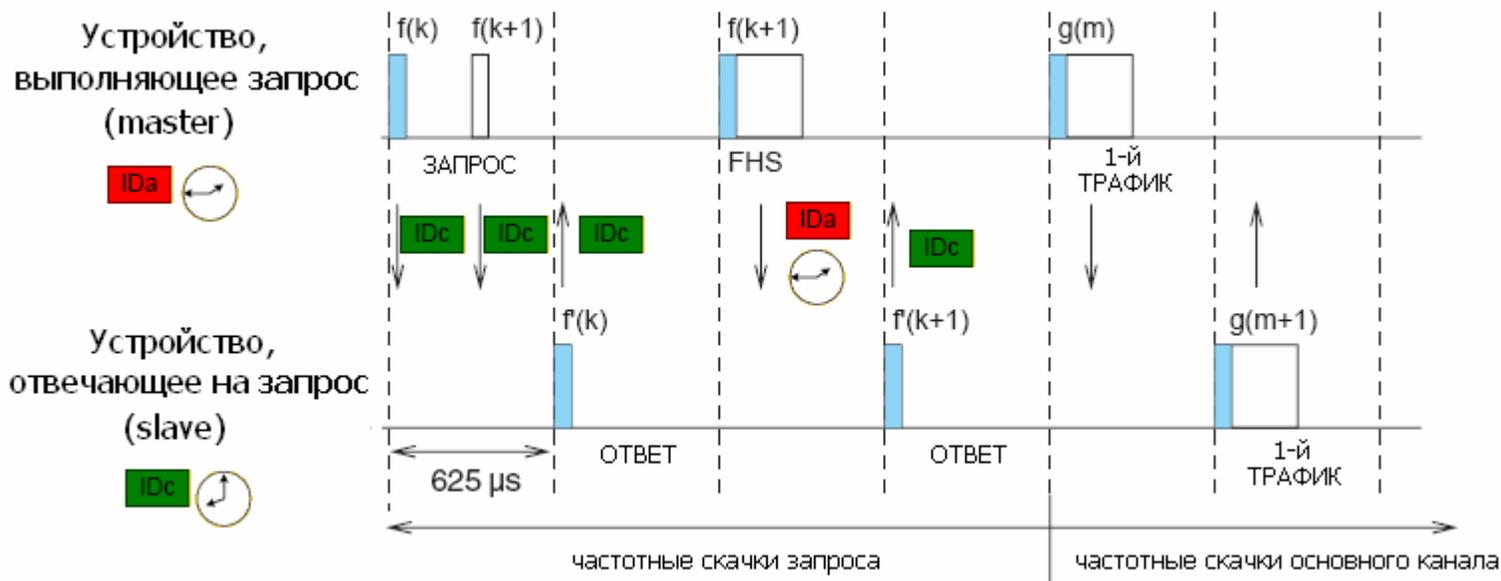


- Последовательность из 32 частот канала поиска опроса поделена на две 16-частотные последовательности A и B, повторяемые N раз
- После ответа FHS-пакетом с целью избежания коллизий опрашиваемое устройство ждёт случайное количество слотов перед возобновлением сканирования канала

# Спецификация базовой полосы частот

## Процедура запроса

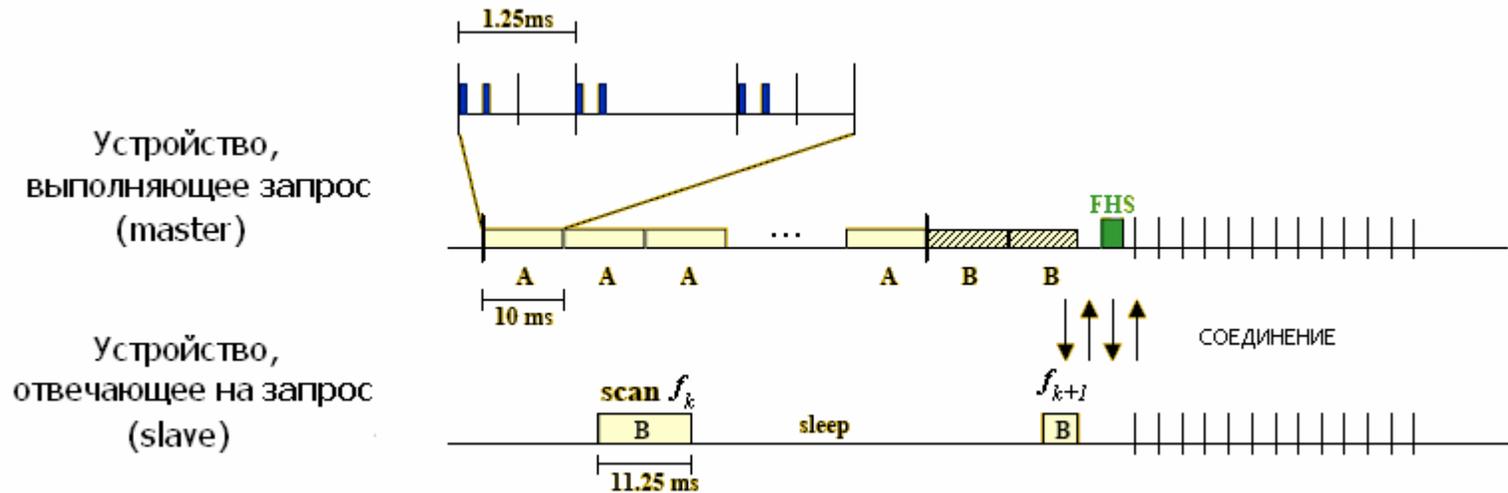
После процедуры опроса устройство А знает номер устройства В, которому хочет передать запрос, и с некоторой точностью знает значение его часов



- Запросные ID-пакеты содержат код доступа к запрашиваемому устройству, который определяется его адресом.
- Скорость перестройки частоты запрашивающего устройства 3200 скачков в секунду.
- Запрашивающее устройство посылает запрашиваемому для настройки на канал пикосети пакет FHS через  $625 \mu s$  после получения подтверждения приёма ID-пакета

# Спецификация базовой полосы частот

## Процедура запроса



- Как и при опросе, последовательность из 32 частот канала поиска запроса поделена на две 16-частотные последовательности A и B, повторяемые N раз.
- Поскольку устройство, делающее запрос, знает с некоторой точностью значение часов запрашиваемого устройства, последовательность A содержит наиболее вероятные частоты поиска запроса, что позволяет ускорить процедуру запроса

# Спецификация базовой полосы частот

## Типы трафика

- **асинхронный** – не имеет строгих ограничений по времени доставки, разные части трафика могут доставляться с большим разбросом значений задержек (переменная скорость передачи)
- **синхронный** – последовательные части трафика доставляются через фиксированные интервалы времени (фиксированная скорость передачи)
- **изохронный** – среднее между синхронным и асинхронным, скорость передачи может меняться в некоторых ограниченных пределах

# Спецификация базовой полосы частот

## Транспортная архитектура



# Спецификация базовой полосы частот

## Транспортная архитектура

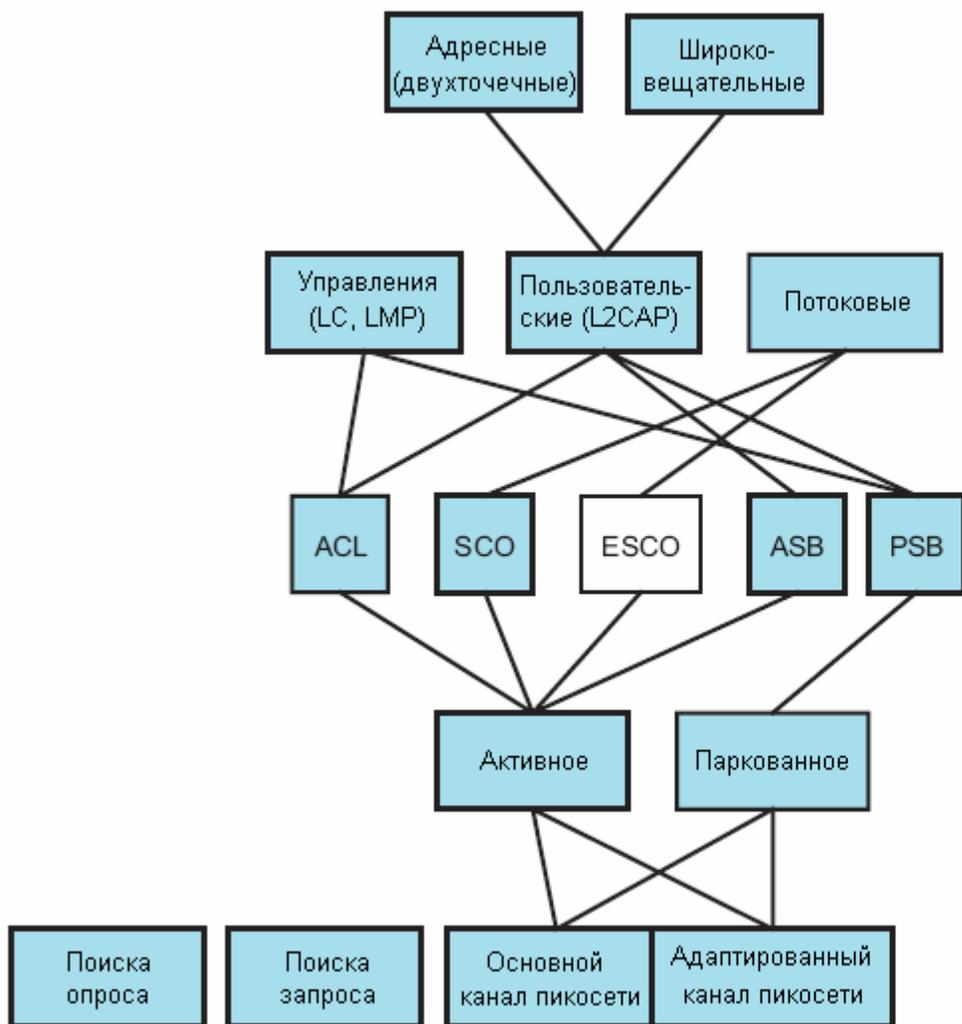
L2CAP  
каналы

логические каналы

логический транспорт

физические соединения

физические каналы



- SCO** - synchronous connection-oriented (синхронный с установлением соединения)
- ESCO** - расширенный SCO
- ACL** - asynchronous connection-oriented [unicast] (асинхронный с установлением соединения) [двухточечный]
- ASB** - active slave broadcast [connectionless] (широковещательный для подчинённых устройств в активном режиме) [без установления соединения]
- PSB** - parked slave broadcast [connectionless] (широковещательный для подчинённых устройств в состоянии парковки) [без установления соединения]

# Спецификация базовой полосы частот

## Транспортная архитектура

- **Физические каналы.** Рассмотрены выше.
- **Физическое соединение.** Соединение типа “точка-точка” в базовой полосе частот между Bluetooth-устройствами. Не имеет представления в структуре пакета, может быть идентифицировано путём ассоциации с физическим каналом и логическим транспортом. Обладает некоторыми свойствами, такими как контроль мощности, шифрование и др.
  - ◆ **Активное физическое соединение** – между ведущим и находящимся в активном состоянии подчинённым устройствами
  - ◆ **Физическое соединение в состоянии парковки** – между ведущим и находящимся в состоянии парковки подчинённым устройствами
- **Логический транспорт (тип передачи).** Определяет тип передачи данных (синхронная, асинхронная, широкополосная) по логическим каналам. Идентифицируется через заголовок пакета или заголовок полезной нагрузки пакета.
  - ◆ **ACL** (Asynchronous Connection-oriented Logical transport – асинхронный с установлением соединения). Предназначен для доставки асинхронных данных пользователя и сигналов управления протоколов LMP и L2CAP. Для обеспечения надёжности передачи использует простую 1-битовую схему ARQ (Automatic Repeat reQuest). Определяется адресом логического транспорта (LT\_ADDR), который назначается ведущим устройством.
  - ◆ **SCO** (Synchronous Connection-Oriented – синхронный с установлением соединения) – симметричный канал для доставки синхронных данных пользователя (поток аудио) со скоростью 64 кбит/с посредством резервирования временных слотов. Имеет тот же адрес LT\_ADDR, что и ACL.
  - ◆ **eSCO** (Extended Synchronous Connection-Oriented – расширенный синхронный с установлением соединения). Отличается от SCO тем, что поддерживает несколько скоростей передачи, повторную передачу пакетов (ограниченную) и имеет собственный, отличный от ACL и SCO адрес LT\_ADDR.
  - ◆ **ASB** (Active Slave Broadcast – широкополосный для подчинённых устройств в активном режиме). Односторонний (от ведущего к подчинённым), широкополосный, без установления соединения канал. Используется для передачи только пользовательских данных с уровня L2CAP всем подчинённым устройствам пикосети, находящимся в активном состоянии. Определяется нулевым адресом LT\_ADDR.
  - ◆ **PSB** (Parked Slave Broadcast – широкополосный для подчинённых устройств в режиме парковки). Односторонний (от ведущего к подчинённым), широкополосный, без установления соединения канал. Используется для передачи управляющих сигналов и пользовательских данных с уровня L2CAP всем подчинённым устройствам пикосети, находящимся в состоянии парковки. Как и ASB, определяется нулевым адресом LT\_ADDR.

# Спецификация базовой полосы частот

## Транспортная архитектура

- **Логические каналы.** Предназначены для передачи различных типов данных пользователя и управляющих сигналов. Каждый логический канал ассоциируется с определённым типом передачи (логическим транспортом), имеющим определённые характеристики.
  - ◆ **Канал управления LC** (Link Control). Предназначен для передачи управляющих сигналов протокола LC (контроллера канала). Отображается на заголовок пакетов (кроме ID-пакета).
  - ◆ **Канал управления ACL-C** (ACL Control). Предназначен для передачи управляющих сигналов протокола LMP. Использует ACL или PSB типы передачи.
  - ◆ **Пользовательский канал ACL-U** (User Asynchronous/Isochronous). Используется для передачи асинхронных и изохронных данных пользователя. Использует все типы передачи, кроме SCO/eSCO.
  - ◆ **Потоковые пользовательские каналы SCO-S/eSCO-S** (User Synchronous/Extended Synchronous). Предназначены для передачи синхронных потоковых данных.
- **Каналы L2CAP.** Отображаются на логические каналы ACL-U и ASB-U, позволяя делить их между многими различными приложениями.
  - ◆ **Каналы “точка-точка” (с установлением соединения)** – для передачи данных между двумя приложениями
  - ◆ **Широковещательные (групповые) каналы** – для передачи данных между несколькими приложениями. Могут быть как с установлением соединения (последовательная передача по каналам ACL-U), так и без установления (передача по каналу ASB-U).

# Спецификация базовой полосы частот

## Транспортная архитектура

Тип логического транспорта	Поддерживаемые логические каналы	Реализуется через	Свойства
ACL	Управляющий (LMP) ACL-C Пользовательский (L2CAP) ACL-U	активное физическое соединение, основной или адаптированный физические каналы	надёжный или время-ограниченный, двунаправленный, “точка-точка”
SCO	Потоковый SCO-S	активное физическое соединение, основной или адаптированный физические каналы	двунаправленный, симметричный, “точка-точка”, аудио-видеоканалы, для передачи с постоянной скоростью 64 кбит/с
eSCO	Потоковый eSCO-S	активное физическое соединение, основной или адаптированный физические каналы	двунаправленный, симметричный или асимметричный, “точка-точка”, ограниченная повторная передача, для передачи с постоянной скоростью
ASB	Пользовательский (L2CAP) ASB-U	активное физическое соединение, основной или адаптированный физические каналы	ненадёжный, однонаправленная широковещательная передача всем устройствам пикосети, для широковещательной передачи группам L2CAP
PSB	Управляющий (LMP) PSB-C Пользовательский (L2CAP) PSB-U	паркованное физическое соединение, основной или адаптированный физические каналы	ненадёжный, однонаправленная широковещательная передача всем устройствам пикосети, для передачи LMP- и L2CAP-трафика паркованным устройствам и для запросов доступа от них

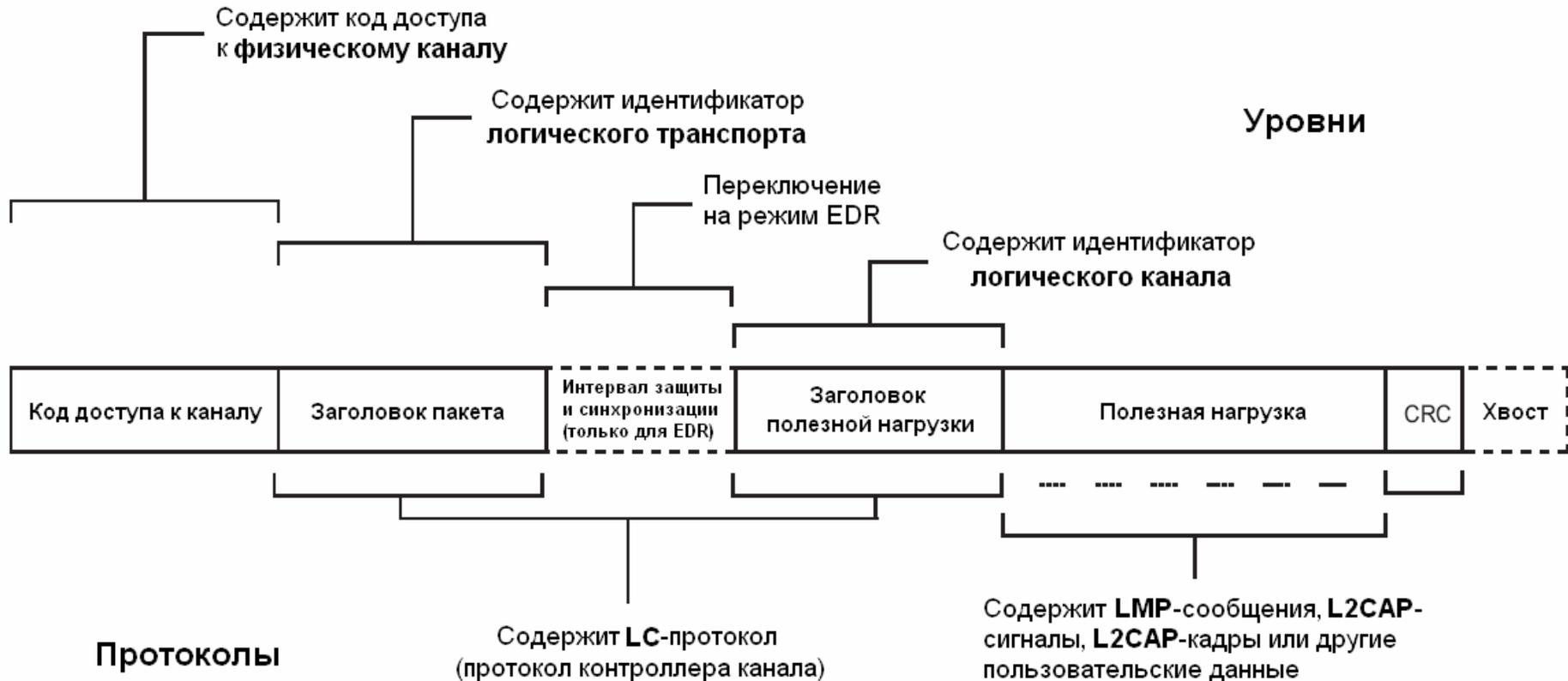
# Спецификация базовой полосы частот

## Режимы Bluetooth

- **Активный режим.** Подчинённое устройство активно участвует в работе пикосети, ожидая, передавая и принимая пакеты. Ведущее устройство периодически передаёт подчинённому устройству пакеты для поддержания синхронизации.
- **Режим удержания.** Устройство не поддерживает работу по асинхронным каналам, но может участвовать в обмене по каналам SCO/eSCO. В периоды неактивности устройство может переходить в режим пониженного энергопотребления, делать опросы, запросы, сканировать поисковые каналы или участвовать в работе другой пикосети. Режим удержания активен в течение заранее определённого времени, по истечении которого устройство возвращается в предыдущий режим.
- **Режим подслушивания.** Для передачи подчинённому устройству, находящемуся в режиме подслушивания, ведущее устройство выделяет по каналам ACL меньше слотов, чем обычно. Доступность синхронных каналов SCO и eSCO при этом не уменьшается. В периоды неактивности ACL-канала устройство может переключаться на другой физический канал (другая пикосеть) или переходить в режим энергосбережения.
- **Режим повышенной скорости передачи (EDR – Enhanced Data Rate).** В данном режиме устройство может обмениваться информацией по каналам ACL-U и eSCO-S с повышенной скоростью (до 3 Мбит/с) и поддерживать дополнительные типы пакетов.

# Спецификация базовой полосы частот

## Формат пакетов Bluetooth

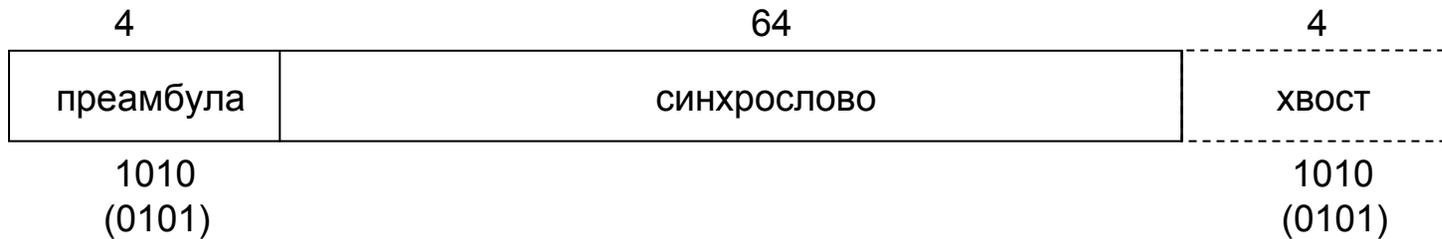


- Каждый пакет включает только те поля, которые необходимы для представления уровней, задействованных при передаче
- Код доступа к каналу содержат все типы пакетов

# Спецификация базовой полосы частот

## Формат пакетов Bluetooth

- Формат кода доступа к каналу:

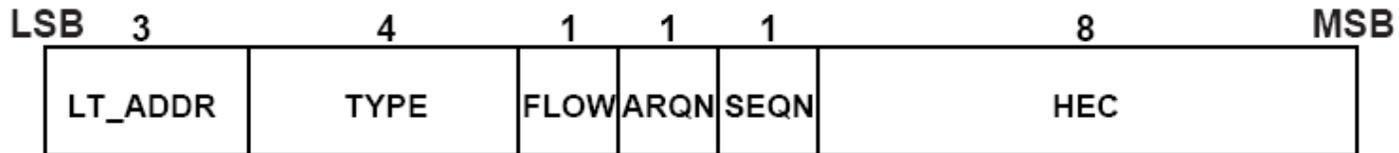


- хвост присутствует, когда присутствует заголовок пакета
- преамбула и хвост используются для компенсации постоянного смещения с сигнале
- синхрослово формируется из LAR-части адреса ведущего или подчинённого устройства или специальных зарезервированных значений LAR в зависимости от назначения пакета

# Спецификация базовой полосы частот

## Формат пакетов Bluetooth

- Формат заголовка пакета (перед кодированием):

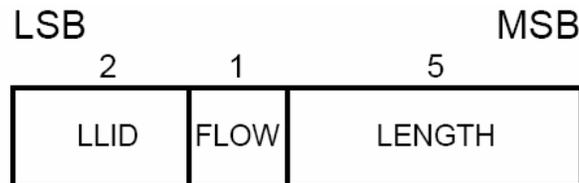


- LT\_ADDR 3-битовый адрес логического транспорта
- TYPE 4-битовый код пакета
- FLOW 1-битовый флаг для управления потоком данных (с целью предотвращения переполнения входного буфера)
- ARQN 1-битовый индикатор подтверждения правильного приёма поля полезной нагрузки (проверка ошибок по CRC)
- SEQN 1-битовый индикатор последовательности (применяется для упорядочения последовательности пакетов)
- CRC 8-битовый код для проверки наличия ошибок в заголовке пакета

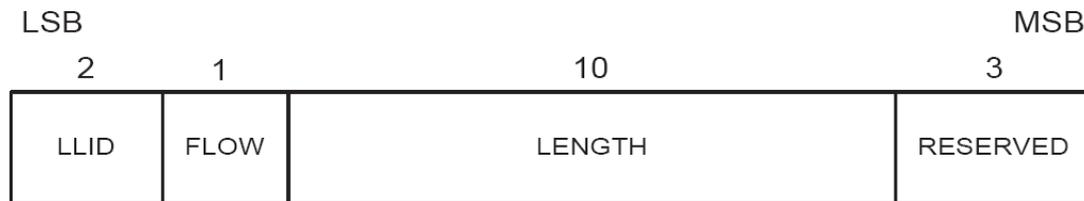
# Спецификация базовой полосы частот

## Формат пакетов Bluetooth

- Для SCO- и eSCO-пакетов заголовков полезной нагрузки отсутствует
- Формат заголовка полезной нагрузки для 1-слотовых ACL-пакетов в режиме обычной скорости:



- LLID 2-битовый адрес логического канала
  - FLOW флаг для управления потоком данных логического канала на уровне L2CAP
  - LENGTH длина поля полезной нагрузки
- Формат заголовка полезной нагрузки для многослотовых ACL-пакетов в режиме обычной скорости и для всех пакетов в режиме EDR:



- RESERVED в данной версии не используется

# Спецификация базовой полосы частот

## Формат пакетов Bluetooth

- Значения LLID (Logical Link Identifier – адрес логического канала):

LLID	Логический канал	Описание
00	—	в данной версии не определён
01	ACL-U	продолжение L2CAP-сообщения
10	ACL-U	начало L2CAP-сообщения или L2CAP-сообщение без фрагментации
11	ACL-C	LMP-сообщение

- Для других логических каналов LLID не используется

# Спецификация базовой полосы частот

## Типы пакетов

Пакеты общего типа:

Тип пакета	Полезная нагрузка (байт)	Степень кодирования	Циклическая проверка чётности (CRC)	Макс. скорость симметричной передачи	Макс. скорость асимметричной передачи
ID	—	—	—	—	—
NULL	—	—	—	—	—
POLL	—	—	—	—	—
FHS	18	2/3	да	—	—

- **ID-пакет.** Содержит только код доступа к каналу.
- **NULL-пакет.** Состоит из кода доступа к каналу и заголовка пакета. Используется для посылки флагов ARQN и FLOW. Может не подтверждаться.
- **POLL-пакет.** Состоит из кода доступа к каналу и заголовка пакета. Используется ведущим устройством для опроса подчинённых устройств. Должен быть подтверждён.
- **FHS-пакет.** Кроме кода доступа к каналу и заголовка пакета содержит 240 бит полезной нагрузки (кодированной со степенью 2/3) и поле CRC. Полезная нагрузка содержит адрес и значение таймера отправителя и некоторую другую управляющую информацию. Используется при опросе, запросе и в процедуре переключения ведущий/подчинённый.

# Спецификация базовой полосы частот

## Типы пакетов

ACL-пакеты:

Тип пакета	Заголовок полезной нагрузки (байт)	Полезная нагрузка (байт)	Степень кодирования	CRC	Макс. скорость симметричной передачи (кбит/с)	Макс. скорость асимметричной передачи (кбит/с) в направлении	
						прямо	обратно
DM1	1	0-17	2/3	да	108.8	108.8	108.8
DH1	1	0-27	—	да	172.8	172.8	172.8
DM3	2	0-121	2/3	да	258.1	387.2	54.4
DH3	2	0-183	—	да	390.4	585.6	86.4
DM5	2	0-224	2/3	да	286.7	477.8	36.3
DH5	2	0-339	—	да	433.9	723.2	57.6
AUX1	1	0-29	—	нет	185.6	185.6	185.6
2-DH1	2	0-54	—	да	345.6	345.6	345.6
2-DH3	2	0-367	—	да	782.9	1174.4	172.8
2-DH5	2	0-679	—	да	869.7	1448.5	115.2
3-DH1	2	0-83	—	да	531.2	531.2	531.2
3-DH3	2	0-552	—	да	1177.6	1766.4	235.6
3-DH5	2	0-1021	—	да	1306.9	2178.1	177.1

# Спецификация базовой полосы частот

## Типы пакетов

SCO/eSCO-пакеты:

Тип пакета	Заголовок полезной нагрузки (байт)	Полезная нагрузка (байт)	Степень кодирования	CRC	Макс. скорость симметричной передачи (кбит/с)
HV1	—	10	1/3	нет	64.0
HV2	—	20	2/3	нет	64.0
HV3	—	30	—	нет	64.0
DV*	1 D	10+(0-9) D	2/3 D	да D	64.0+57.6 D
EV3	—	0-30	—	да	96
EV4	—	0-120	2/3	да	192
EV5	—	0-180	—	да	288
2-EV3	—	0-60	—	да	192
2-EV5	—	0-360	—	да	576
3-EV3	—	0-90	—	да	288
3-EV5	—	0-540	—	да	864

\* Пункты, отмеченные D, относятся только к полю данных

# Литература

1. В. Столлингс. Беспроводные линии связи и сети.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003.
2. BLUETOOTH SPECIFICATION Version 2.0 + EDR.  
<http://www.bluetooth.com>
3. Б. Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение, 2-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003.
4. К. Феер. Беспроводная цифровая связь. – М.: “Радио и связь”, 2000.