

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Infotehnoloogia teaduskond
Raadio- ja sidetehnika instituut
Telekommunikatsiooni õppetool

IRO0110 Sidetehnilised standardid

**Семейство стандартов IEEE 802.15
Bluetooth (IEEE 802.15.1)**

Kodutöö

Ljudmila Bakarajeva
IATM-21

Juhendaja: Maret Ots

Tallinn 2007

Содержание

Введение.....	3
Bluetooth (IEEE 802.15.1).....	3
Общие сведения о Bluetooth'е. Что это такое.....	3
Типы соединения.....	4
Передача данных Bluetooth.....	5
Структура пакета.....	6
Работа Bluetooth.....	8
Протоколы Bluetooth.....	10
Безопасность.....	15
Профили Bluetooth.....	15
Основные конкуренты.....	18
Спецификации Bluetooth.....	18
IEEE 802.15.3.....	19
ZigBee (IEEE 802.15.4).....	20
Ultra Wideband (IEEE 802.15.4 a/b).....	21
Заключение.....	22
Использованная литература.....	23

Введение

Семейство стандартов IEEE 802.15 образует беспроводную сеть WPAN (Wireless Personal Area Network) которая обеспечивает беспроводную связь между различного типа устройствами на небольших расстояниях. Стандарты, которые входят в это семейство - это Bluetooth (IEEE 802.15.1), IEEE 802.15.3, ZigBee (IEEE 802.15.4) и UWB (Ultra Wideband) (IEEE 802.15.4a/b).

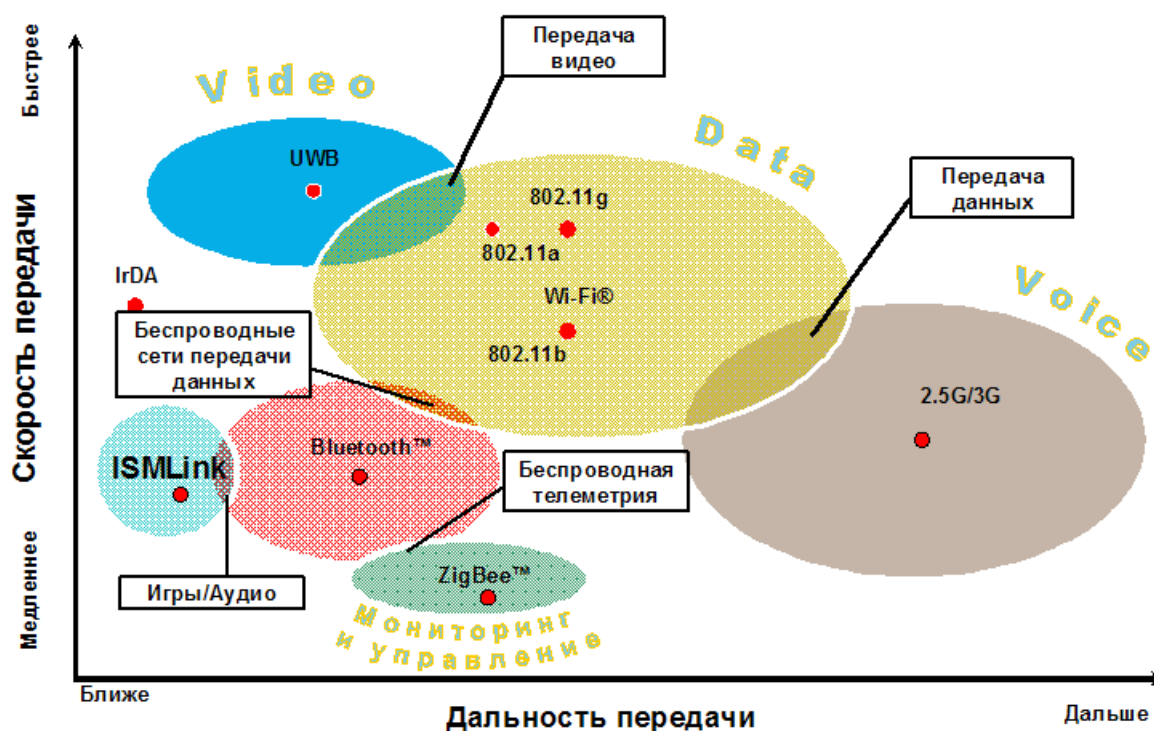


Рис1. Стандарты беспроводной связи

В данной работе больше всего хотела бы уделить внимание первому стандарту, т.е. Bluetooth (IEEE 802.15.1), поскольку сама связана с ним по работе, но остальные стандарты не хотелось бы оставить без внимания, поэтому опишу их в кратце.

Bluetooth (IEEE 802.15.1)

Общие сведения о Bluetooth®. Что это такое.

Bluetooth – это беспроводная технология, являющаяся стандартом, который обеспечивает беспроводную передачу данных на небольших расстояниях между мобильными персональными компьютерами, мобильными телефонами и другими устройствами в режиме реального времени как цифровых данных, так и звуковых сигналов. Стандарт IEEE 802.15.1 базируется на спецификациях Bluetooth v. 1.x. Bluetooth - это недорогой радиоинтерфейс с низким уровнем энергопотребления (порядком 1 mW). Сначала дальность действия Bluetooth была в радиусе 10 м, позже увеличилось до 100 м. Для работы Bluetooth используется так называемый нижний 2,45 ГГц диапазон ISM (industrial, scientific, medical), который предназначен для работы промышленных, научных и медицинских приборов.

Радиоканал обладает полной пропускной способностью в 1 Мбит/с, что обеспечивает создание асимметричного канала передачи данных на скоростях 723,3/57,6 Кбит/с или полнодуплексного канала на скорости 433,9 Кбит/с. Спецификация Bluetooth описывает пакетный способ передачи данных с временным мультиплексированием. Радиообмен происходит в полосе частот 2400 – 2483,5 МГц ISM-диапазона. В радиотракте применен метод расширения спектра путем скачкообразной перестройки частоты (FHSS – Fast rate frequency hopping) и двухуровневая частотная модуляция с фильтром Гаусса (GFSK - Gaussian Frequency Shift Keying). Метод частотных скачков подразумевает, что вся отведенная для передачи полоса частот подразделяется на определенное количество подканалов шириной 1 МГц каждый. Канал представляет собой псевдослучайную последовательность скачков по 79 или 23 радиочастотным подканалам. Каждый канал делится на временные сегменты продолжительностью 625 мкс, причем каждому сегменту соответствует определенный подканал. Передатчик в каждый момент времени использует только один подканал. Эти скачки происходят синхронно в передатчике и приемнике в заранее зафиксированной псевдослучайной последовательности. За секунду может происходить до 1600 частотных скачков. Мощность передатчика делится на 3 класса: 1) 100 mW (20 dBm) 2) 2.5 mW (4 dBm) 3) 1mW (0dBm). Такой метод обеспечивает конфиденциальность и некоторую помехозащищенность передач. Помехозащищенность обеспечивается тем, что если на каком-либо подканале передаваемый пакет не смог быть принят, то приемник сообщает об этом и передача пакета повторяется на одном из следующих подканалов, уже на другой частоте.

Типы соединения

Протокол Bluetooth поддерживает соединения типа точка-точка, также и соединения типа точка-многоточка. Два устройства или более, которые используют один и тот же канал образуют пикосеть (piconet). Одно из устройств работает как основное (мастер) (master), а остальные – как подчиненные (slave) устройства. В одной пикосети может быть до восьми активных подчиненных устройств, при этом остальные подчиненные устройства находятся в состоянии "парковки", которые синхронизированны с основным устройством. На расстоянии 10 м может существовать до 10 пикосетей.

“Распределенную сеть” (scatternet) образуют взаимодействующие пикосети.

В каждой пикосети действует только одно основное устройство, но подчиненные устройства могут входить в различные пикосети. Помимо этого, основное устройство одной пикосети может быть подчиненным устройством в другой.

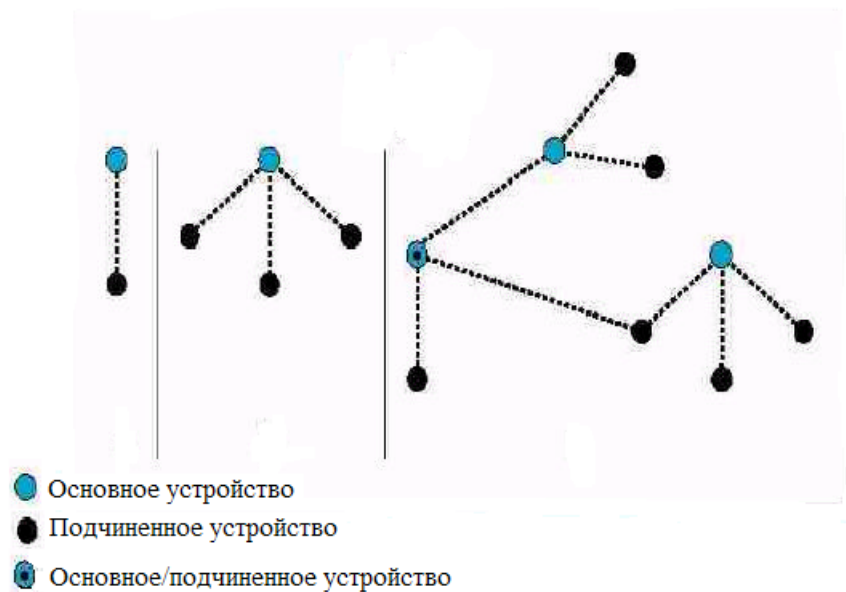


Рис. 2. Различные виды пикосети Bluetooth

Из этого следует, что в распределенную сеть могут объединяться столько Bluetooth устройств, сколько необходимо. Логические связи могут образовываться как это требуется и также могут изменяться, если это необходимо, как угодно.

Но необходимо учесть, что различные пикосети, которые принадлежат одной распределенной сети, должны иметь разные каналы связи (различные последовательности частотных скачков и работать на различных частотах). Частотные скачки - это регулярная смена частот, происходящая в определенной последовательности. В одной пикосети все устройства синхронизированы по времени и частотам. Последовательность скачков уникальна для каждой пикосети и она определяется адресом и часами ее основного устройства. Длина цикла псевдослучайной последовательности – 227 элементов.

Передача данных Bluetooth

В стандарте Bluetooth предусмотрена дуплексная передача на основе деления времени (Time Division Duplexing - TDD). Основное устройство передает пакеты в нечетные временные сегменты, а подчиненное устройство – в четные.

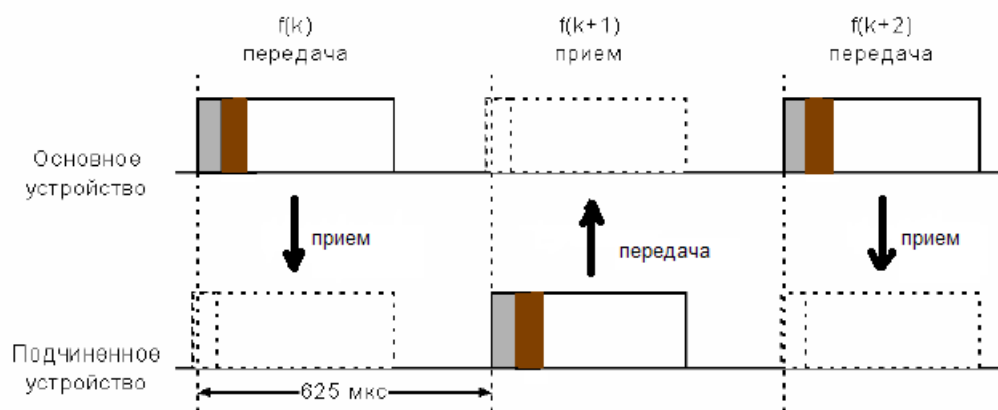


Рис.3. Дуплексная передача с временным разделением.

Пакеты в зависимости от длины могут занимать до пяти временных сегментов. При этом частота канала не меняется до окончания передачи пакета.

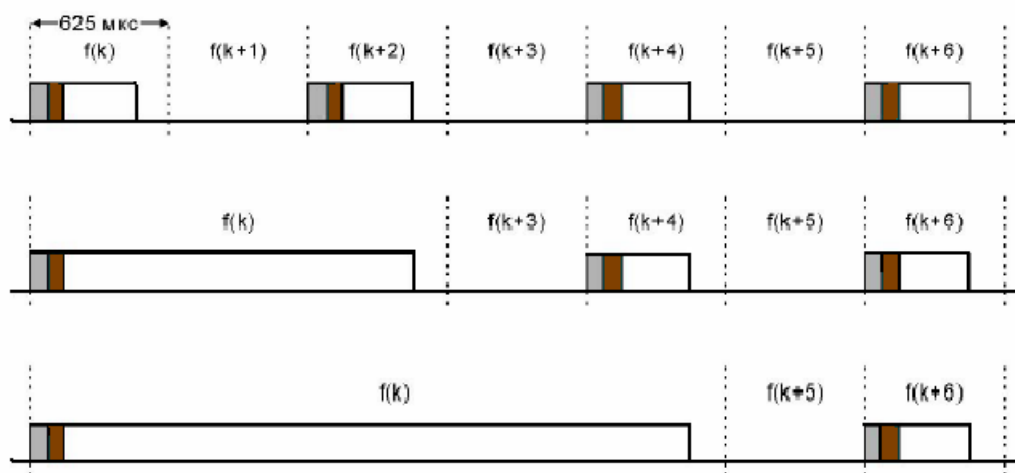


Рис.4. Передача пакетов различной длины.

Протокол Bluetooth может поддерживать асинхронный канал данных, до трех синхронных (с постоянной скоростью) голосовых каналов или канал с одновременной асинхронной передачей данных и синхронной передачей голоса. Скорость каждого голосового канала – 64 Кбит/с в каждом направлении, асинхронного в асимметричном режиме – до 723,2 Кбит/с в прямом и 57,6 кбит/с в обратном направлениях или до 433,9 Кбит/с в каждом направлении в симметричном режиме.

- Синхронное соединение (SCO – Synchronous Connection Oriented) возможно только в режиме точка-точка. Такой вид связи применяется для передачи информации, чувствительной к задержкам – например, голоса. Основное устройство поддерживает до трех синхронных соединений, подчиненное – до трех синхронных соединений с одним основным устройством или до двух – с разными основными устройствами. При синхронном соединении основное устройство резервирует временные сегменты, следующие через так называемые SCO-интервалы. Даже если пакет принят с ошибкой, повторно при синхронном соединении он не передается.
- При асинхронной связи (ACL – Asynchronous Connection Less) используются временные сегменты, не зарезервированные для синхронного соединения. Асинхронное соединение возможно между основным и всеми активными подчиненными устройствами в пикосети (точка - многоточка). Основное и подчиненное устройства могут поддерживать только одно асинхронное соединение. Поскольку в пикосети может быть несколько подчиненных устройств, конкретное подчиненное устройство отправляет пакет основному, только если в предыдущем временном интервале на его адрес пришел пакет от основного устройства. Если в адресном поле ACL-пакета адрес не указан, пакет считается “широковещательным” – его могут принимать все устройства. Асинхронное соединение позволяет повторно передавать пакеты, принятые с ошибками.

Структура пакета

Стандартный пакет Bluetooth содержит код доступа длиной 72 бита, 54-битный заголовок и информационное поле длиной не более 2745 бит. Однако пакеты

могут быть различных типов. Так, пакет может состоять только из кода доступа (в этом случае его длина равна 68 битам) или кода доступа и заголовка.

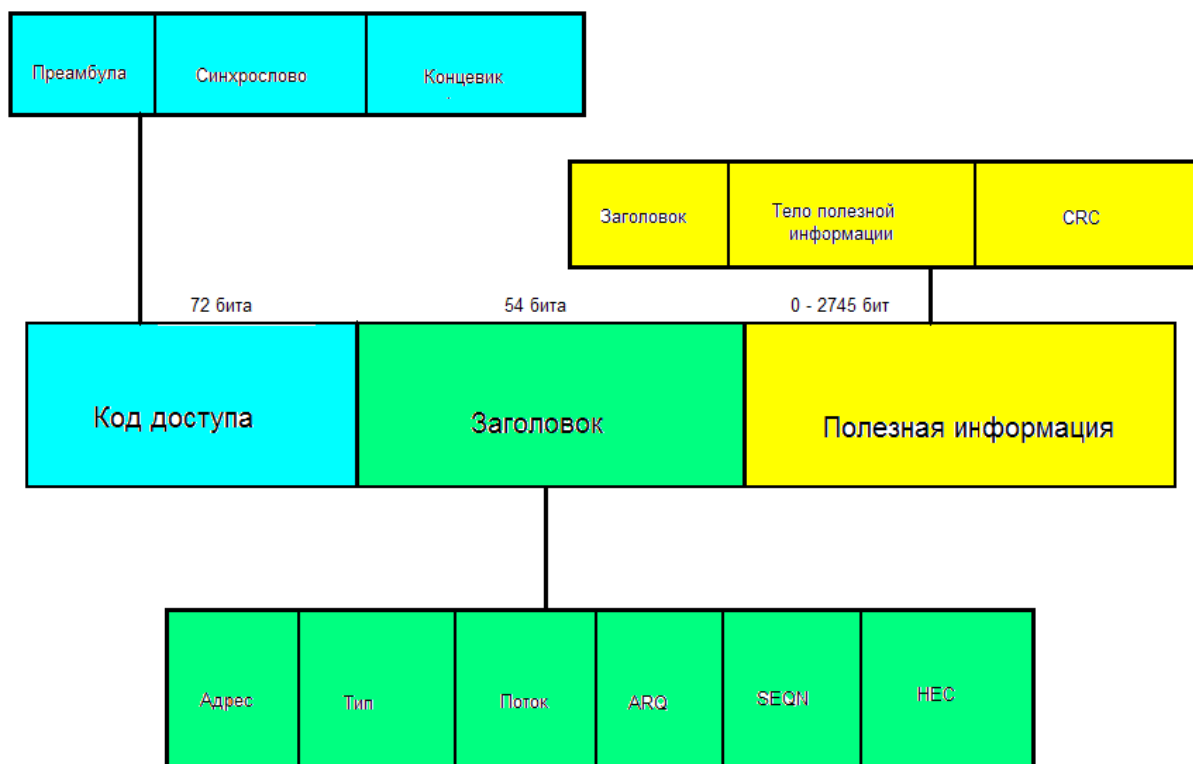


Рис. 5. Структура пакета.

Код доступа

Код доступа идентифицирует пакеты, принадлежащие одной пикосети, а также используется для синхронизации и процедуры запросов. Он включает преамбулу (4 бита), синхрослово (64 бита) и концевик – 4 бита контрольной суммы.

Заголовок

Заголовок содержит информацию для управления связью и состоит из шести полей:

Адрес (3 бита) - адрес активного элемента;

Тип (4 бита) - код типа данных;

Поток (1 бит) - управление потоком данных, показывает готовность устройства к приему;

ARQ (1 бит) - подтверждение правильного приема;

SEQN (1 бит) - служит для определения последовательности пакетов;

HEC (8 бит) - контрольная сумма.

Полезная информация

Заключительной частью общего формата пакета является полезная информация. В этой части есть два типа полей: поле голоса (синхронное) и поле данных (асинхронное). ACL пакеты имеют только поле данных, а SCO пакеты – только поле голоса. Исключением является пакет данных и голоса (Data Voice - DV), который имеет оба поля. Поле данных состоит из трех сегментов: заголовок полезной информации, тело полезной информации и возможно, CRC (Cyclic Redundancy Check) код.

- Заголовок полезной информации (8 бит). Только поля данных имеют заголовок полезной информации. Он определяет логический канал, управление потоком в логических каналах, а также имеет указатель длины полезной информации.
- Тело полезной информации (0-2721 бит). Тело полезной информации включает пользовательскую информацию. Длина этого сегмента указана в поле длины заголовка полезной информации.
- CRC (16 бит). От передаваемой информации вычисляется 16-битный циклический избыточный код (CRC), после чего он прикрепляется к информации.

Существует 4 типа контрольных пакетов: NULL, POLL, FHS, ID. Они одинаковые как для ACL, так и для SCO.

- ID-пакеты имеют длину 68 бит и применяются для пейджинга и запросов. Состоит из поля Код Доступа.
- NULL-пакеты (126 бит) состоят только из полей Код Доступа и Заголовок, играя роль подтверждений установления соединения или получения данных
- Тип POLL (126 бит) аналогичен предыдущему за исключением того, что POLL-пакеты обязывают получателя ответить.
- Пакеты FHS (366 бит) содержат информацию об адресе, классе устройства и тактовой частоте его передатчика

Работа Bluetooth

Есть два основных состояния для устройств Bluetooth: Соединение (Connection) и Режим ожидания (Standby). Предусмотрено семь субсостояний, которые используются для добавления клиента или подключения к пикосети: **page**, **page scan**, **inquiry**, **inquiry scan**, **master response**, **slave response** и **inquiry response**.

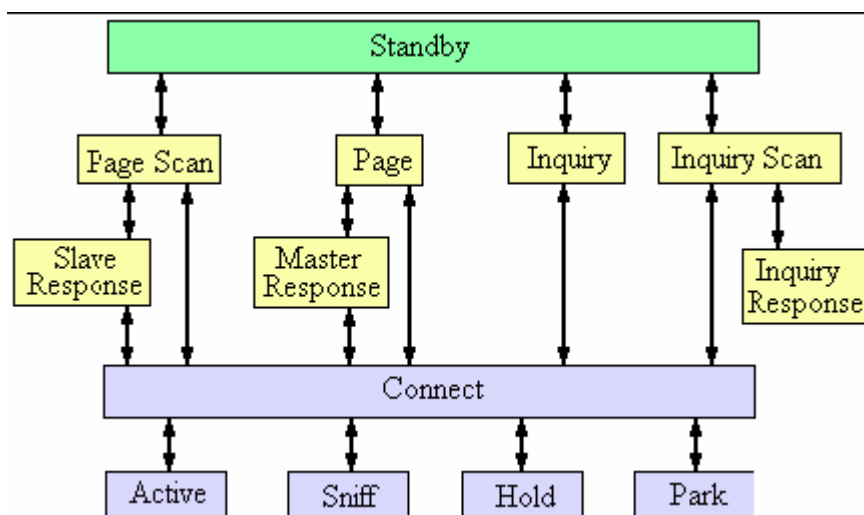


Рис6. Состояния соединений

Состояние Standby по умолчанию является режимом с пониженным энергопотреблением, работает только внутренний задающий генератор. В состоянии Соединения основной узел (master) и подчиненный (slave) могут обмениваться пакетами, используя код доступа к каналу.

Соединение между устройствами происходит так - если об удаленном устройстве ничего не известно, то используются процедуры *inquiry* и *page*. Если некоторая информация о устройстве все-таки есть, то достаточно процедуры *page*.

Этап 1

Процедура **inquiry** позволяет устройству определить, какие приборы доступны, выяснить адреса и осуществить синхронизацию.

1.1 Посылаются пакеты inquiry и получаются отклики.

1.2 Если адресат, получивший пакет inquiry, находится в состоянии inquiry scan , тогда он способен принимать такие пакеты

1.3 Получатель переходит в состояние inquiry response и посылает отправителю пакет-отклик.

После того как процедура inquiry завершена, соединение может быть установлено с помощью процедуры paging.

Этап 2

Процедура **paging** реализует соединение. Для осуществления этой процедуры необходим адрес. Устройство, выполняющее процедуру paging, автоматически становится хозяином этого соединения.

2.1 Посылается пакет paging

2.2 Адресат получит этот пакет (находится в состоянии page Scan)

2.3 Получатель посылает отправителю пакет-отклик (находится в состоянии Slave Response)

2.4 Инициатор посылает адресату пакет FHS (находится в состоянии Master Response).

2.5 Получатель посылает отправителю второй пакет-отклик (находится в состоянии Slave Response)

2.6 Получатель и отправитель устанавливают параметры канала заданные инициатором (находятся в состоянии Master Response & Slave Response)

После установления соединения основной узел (master) посылает пакет POLL, чтобы проверить, синхронизовал ли клиент свои часы и настроился ли на коммутацию частот. Клиент при этом может откликнуться любым пакетом. После успешного обнаружения устройств новое Bluetooth устройство получает набор адресов доступных Bluetooth устройств, после чего выясняет имена всех доступных Bluetooth устройств из списка. У каждого Bluetooth устройства есть свой глобально уникальный адрес, но на уровне пользователя обычно используется не этот адрес, а имя устройства, которое может быть любым, и ему не обязательно быть глобально уникальным. Имя Bluetooth устройства может быть длиной до 248 байт, и использовать кодовую страницу в соответствии с Unicode UTF-8 (при использовании UCS-2, имя может быть укорочено до 82 символов). Также у Bluetooth есть возможность автоматического подключения Bluetooth устройств к службам, предоставляемым другими Bluetooth устройствами. Поэтому, после того как имеется список имён и адресов, выполняется поиск доступных услуг, предоставляемых различными устройствами. Для поиска возможных услуг используется специальный протокол обнаружения услуг (Service

Discovery Protocol - SDP).

Устройство Bluetooth при установлении соединения может работать в четырех режимах: **Active** (активный), **Hold** (удержание), **Sniff** (прослушивание) и **Park** (пассивный).

Название режима	Описание
Active	В активном режиме устройство Bluetooth участвует в работе канала. Основной узел (master) диспетчеризует обмены на основе запросов трафика, поступающих от участников. Кроме того, этот режим предусматривает регулярные обмены с целью синхронизации клиентов. Активные клиенты прослушивают домены master-to-slave пакетов. Если к активному клиенту нет обращений, он может пребывать в пассивном состоянии (sleep) до очередной передачи со стороны главного узла
Sniff	Устройства синхронизованные в рамках пикосети могут перейти в режим экономного расходования энергии, когда их активность понижается. В режиме SNIFF , подчиненное устройство прослушивает пикосеть с пониженной частотой. Этот режим имеет наивысшую скважность рабочего цикла (наименьшая экономия энергии) из 3 экономичных режимов (sniff , hold и park)
Hold	Устройства синхронизованные в рамках пикосети могут перейти в режим экономного расходования энергии, когда их активность понижается. Основной узел пикосети может перевести клиента в режим HOLD , когда работает только внутренний таймер. Подчиненное устройство может запросить перевода в режим HOLD . Передача данных возобновляется мгновенно, когда устройство выходит из режима HOLD . Клиент имеет промежуточную скважность (промежуточный уровень экономии энергии) из указанных 3 режимов (sniff , hold и park)
Park	В режиме PARK , устройство еще синхронизовано в рамках пикосети, но не принимает участия в обменах. Пассивные устройства отказываются от своих MAC-адресов, прослушивают трафик главного модуля с целью ресинхронизации и отслеживают широковещательные сообщения. Данный режим имеет минимально возможную скважность (максимальная экономия энергии) из указанных 3 режимов (sniff , hold и park). Устройства, находящиеся в режиме park , должны посылать пакеты широковещательно, так как лишены собственного активного адреса.

Таблица 1. Режимы работы Bluetooth.

Протоколы Bluetooth.

При работе устройств Bluetooth используются специфические протоколы для Bluetooth и общие, которые используются в различных телекоммуникационных системах. Все они образуют стек протоколов Bluetooth.

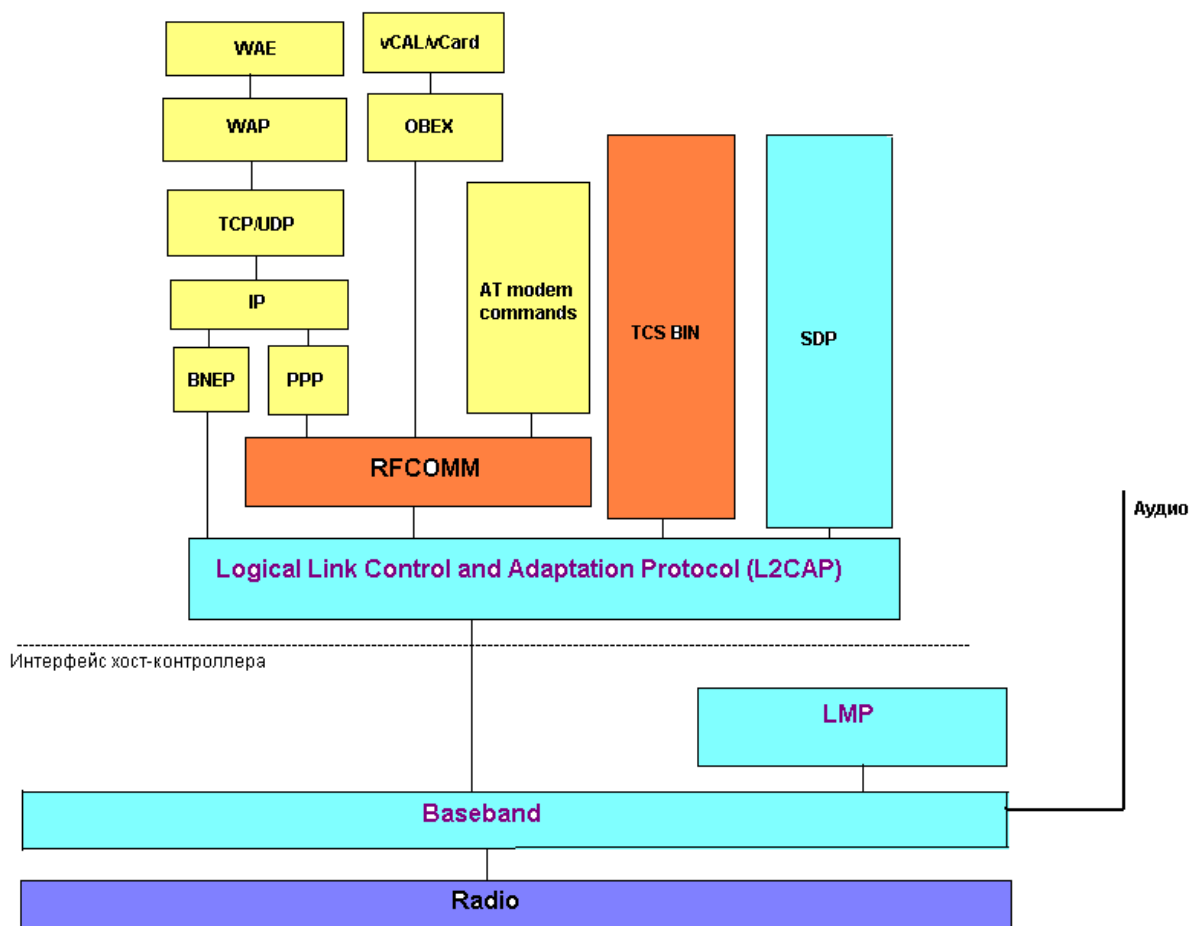


Рис7.Стек протоколов Bluetooth.

Все эти протоколы можно разделить на 4 слоя:

1. Корневые протоколы.
2. Протокол замены кабеля
3. Протокол управления телефонией
4. Заимствованные протоколы

Рассмотрение каждого слоя и описание, входящих в них протоколов, будет чуть ниже. Различные приложения могут использовать различные протокольные стеки. Тем не менее, каждый из этих стеков использует передачу данных и физический слой, общий для Bluetooth. Все эти протоколы были разработаны рабочей группой Bluetooth SIG (Special Interest Group). Протоколы RFCOMM и бинарный протокол управления телефонией TCS BIN также были разработаны этой группой, но они основаны, соответственно, на стандарте ETSI TS 07.10 и на рекомендации Q.931 Международного союза электросвязи.

Помимо этих протокольных слоев спецификация Bluetooth определяет также интерфейс хост-контроллера (HCI — Host Controller Interface), который дает командный интерфейс к baseband-контроллеру, диспетчеру соединений (Link Manager), и доступ к аппаратным регистрам статуса и управления.

Три слоя — слой замены кабеля, слой управления телефонией и слой заимствованных протоколов — совместно определяют совокупность протоколов, которые ориентированы на приложения, которые позволяют прикладным задачам выполняться над корневыми протоколами Bluetooth.

Спецификация Bluetooth является открытой и дополнительные протоколы (например, HTTP, FTP и т.д.) могут быть подключены поверх специфических транспортных

протоколов Bluetooth или поверх протоколов, ориентированных на приложения. Корневые протоколы Bluetooth требуются для большинства устройств, тогда как остальные протоколы используются только там, где они нужны.

Радио

Определяет детали поверхности воздуха. Использует не имеющий разрешения ISM – диапазон около 2.45 ГГц.

Расширение спектра посредством частотных скачков

- частотные скачки зафиксированы на $f=2402+k$ МГц, где $k=0,1,...,78$ (число каналов)
- количество скачков до 1600 в секунду
- передача данных основывается на разделении времени (TDD)
- каждое устройство подразделяется на классы мощности – 1, 2 и 3

Корневые протоколы Bluetooth

Baseband

Baseband (Link Controller) и протокол управления связью (LMP – Link Manager Protocol) обеспечивают физическую радиочастотную связь между устройствами Bluetooth, образующими пикосеть. Этот уровень предоставляет два различных способа физического подключения с соответствующими пакетами базовой полосы:

1. Синхронным, ориентированным на соединение (SCO – Synchronous Connection Oriented)
2. Асинхронным без установления соединения (ACL – Asynchronous Connection Less).

Также здесь определяется формат пакетов, адресация устройств, процедуры вызова и запроса, физические и логические каналы.

Протокол управления связью (LMP — Link Manager Protocol)

Протокол управления связью (LMP — Link Manager Protocol) отвечает за установление подключений между устройствами Bluetooth. Также сюда относятся и вопросы безопасности, такие как идентификация и шифрования, связанные генерированием ключей шифрования и подключения, а также с обменом ключами и их проверкой. LMP имеет более высокий приоритет чем остальные протоколы (например L2CAP). Если, например, получается, что канал занят чем-либо другим, то при необходимости передать LMP сообщение он немедленно освобождается.

Протокол управления логическим подключением и адаптацией (L2CAP — Logical Link Control and Adaptation Protocol)

Протокол управления логическим подключением и адаптацией (L2CAP — Logical Link Control and Adaptation Protocol) адаптирует протоколы верхнего уровня над Baseband. L2CAP является базовым протоколом передачи данных для Bluetooth. Протокол Baseband позволяет устанавливать SCO и ACL соединения. L2CAP работает только с ACL соединениями. Многие протоколы и службы более высокого уровня используют L2CAP как транспортный протокол.

Протокол обнаружения услуг (Service Discovery Protocol – SDP)

Протокол обнаружения услуг (Service Discovery Protocol – SDP) является одним из важнейших протоколов Bluetooth, который использует L2CAP в качестве транспортного протокола. Используя протокол SDP можно запросить информацию о самом устройстве, о его услугах и о характеристиках этих услуг, а после этого может быть установлено соединение между двумя или несколькими устройствами Bluetooth.

Протокол замены кабеля (RFCOMM)

Ещё одним из протоколов, которые использует L2CAP в качестве транспортного, является RFCOMM (Radio Frequency Comm.). Этот протокол эмулирует соединение PPP (point-to-point) по последовательному порту (RS-232 или EIA/TIA-232-E, более известным как COM-порты). Также он обеспечивает транспортировку при выполнении услуг верхнего уровня, которые используют последовательную линию как транспортный механизм. Через него работают такие службы как доступ к локальной сети (LAN). Эта служба может работать как эмуляция прямого кабельного соединения, когда надо обеспечить связь между двумя персональными компьютерами, так и использоваться для полноценного входа в уже существующую локальную сеть. Во втором случае используется точка доступа к локальной сети, через которую компьютер Bluetooth оказывается подключен к LAN так, как он мог бы подключиться через dial-up соединение.

Протокол управления телефонией

Протокол управления телефонией (TCS Binary)

Двоичный протокол управления телефонией (TCS Binary (Telephony Control Protocol Specification- Binary) или TCS BIN) является бит-ориентированным протоколом. Он определяет контроль сигнализации вызова для установления речевого вызова или вызова данных между устройствами Bluetooth. Кроме того, он определяет процедуры управления мобильностью при манипулировании с группами TCS-приборов Bluetooth.

Управление телефонией — команды AT

Bluetooth SIG определила набор AT-команд (Attention Sequence), с помощью которых можно управлять мобильным телефоном или модемом в режиме моделей мульти-использования. Команды, используемые при FAX-услугах, специфицируются реализацией. Это могут быть FAX-услуги класса 1.0 и класса 2.0.

Voice или Bluetooth audio

Voice или Bluetooth audio одна из служб Bluetooth которая использует синхронное соединение. Одновременно может передаваться до 3 аудиоканалов. Характеристики звуковых потоков могут различаться, и во многом определяются используемым приложением. Максимально звуковой поток может передаваться с точностью в 16 бит при частоте дискретизации 48 кГц.

Заемствованные протоколы

Протокол «точка-точка» (Point-to-Point Protocol - PPP)

В технологии Bluetooth протокол «точка-точка» (Point-to-Point Protocol - PPP) должен работать «поверх» RFCOMM. Соединения PPP служат средством, позволяющим перемещать IP-пакеты с уровня PPP на уровень локальных сетей.

Протокол TCP/UDP/IP

В настоящее время семейство протоколов TCP/IP используется наиболее широко во всем мире. Стеки TCP/IP установлены на самых разных устройствах. Встраивание этих стандартов в приборы Bluetooth позволяет осуществлять связь с любым другим устройством, подключенным к Internet. Такой прибор Bluetooth используется затем как «мост» к Internet.

Протокол OBEX (Object Exchange Protocol)

Протокол IrOBEX (Infrared Object Exchange Protocol) или, сокращенно, OBEX, является сеансовым протоколом, разработанным ассоциацией IrDA для простого, поэтапного обмена объектами. OBEX, обеспечивающий функциональность, сходную с HTTP, использует модель клиента-сервера, не зависит ни от транспортного механизма, ни от транспортного API-интерфейса (Application Programming Interface). Наряду с самим протоколом — «грамматикой» для OBEX-переговоров между устройствами — OBEX дает также модель для представления объектов и операций. Вдобавок OBEX определяет оглавление папок, которое используется для просмотра содержимого папок, находящихся на удаленных устройствах.

Формат содержимого (vCard, vCalendar)

Форматы vCard (обмен электронными визитными карточками) и vCalendar (обмен электронными календарными данными) являются открытыми спецификациями, которые были разработаны консорциумом Versit и контролируются сегодня консорциумом Internet Mail. Сами по себе vCard и 5.0 TD0 vCalendar не определяют никакого транспортного механизма. Они определяют только форматы данных, которые должны транспортироваться.

Два других формата содержимого, которые передаются протоколом OBEX, — это форматы vMessage («сообщение») и vNote («заметка»). Они также являются открытыми стандартами и используются для обмена сообщениями и замечаниями. Они определены в спецификации Инфракрасных мобильных коммуникаций (IrMC — Infrared Mobile Communications). Там же определен формат журнальных файлов, который необходим для синхронизации данных между отдельными приборами.

Протокол беспроводных приложений (WAP, WAE)

Протокол беспроводных приложений (WAP — Wireless Application Protocol), разработанный Форумом WAP, должен работать в самых разнообразных беспроводных сетях.

Цель состоит в том, чтобы распространить содержимое сети Internet и ее телефонные услуги на цифровые сотовые телефоны и на другие беспроводные терминалы.

Идея, стоящая за разработкой WAP, — повторно использовать приложения верхнего уровня, разработанные для среды WAE (WAP Application Environment).

К таким приложениям относятся браузеры WML и WTA, способные взаимодействовать с приложениями на компьютере. Построение шлюзов для приложений, обеспечивающих связь между WAP-серверами и приложениями на компьютере позволяет реализовать различные виды «скрытой» функциональности, такие как дистанционное управление, передача данных с компьютера на телефон и т.д.

Протокол BNEP (Bluetooth Network Encapsulation Protocol)

Сетевой протокол инкапсуляции Bluetooth предоставляет инкапсуляцию, заменив заголовок сетей, таких как Ethernet заголовок, на BNEP заголовки. То есть предоставляет Ethernet-подобный интерфейс на каждом конце Bluetooth-соединения.

Безопасность

Методы безопасности.

Идентификация обеспечивает особенности устройств Bluetooth. Она идентифицирует устройство на другой стороне соединения. Идентификация завершается использованием сохраненного связующего ключа или сопряжением (pairing) (надо ввести ПИН-код).

Процедура сопряжения, которая заключается в идентификации двух устройств, основанных на общем коде доступа, таким образом создается доверительная связь между этими устройствами. Произвольный, но одинаковый код доступа должен быть введен на обоих устройствах. Пока эти оба устройства соединены, процедура сопряжения не обязательна, если устанавливать между этими же устройствами соединение снова. Для идентификации в этом случае используется существующий ключ доступа. Устройства, в которых нет возможности вводить код вручную, имеют фиксированный код доступа.

Авторизация - это процесс принятия решения – разрешает ли устройство иметь доступ к специальной услуге. Обычно пользователь может установить авторизацию вкл/выкл для каждого удаленного устройства независимо. Авторизация всегда нуждается в идентификации.

Шифрование защищает информацию от подслушиваний. Например, это гарантирует, что никто не сможет услышать, какая информация идет от ноутбука к телефону. Длина закодированного кода может быть от 8 до 128 битов.

Уровни надежности устройства.

Надежное устройство идентифицировано ранее, связующий ключ установлен и устройство отмечено как «надежное» в защитной базе данных устройства. Устройство может быть соединено с устройствами Bluetooth без какого-либо акцептирования пользователем.

Ненадежное устройство идентифицировано ранее, связующий ключ установлен, но устройство не отмечено как «надежное». Установка соединения в таком случае всегда должна акцептироваться пользователем.

Неизвестное устройство означает, что нет никакой защитной информации на этом устройстве. Это также ненадежное устройство.

Профили Bluetooth

Специальная рабочая группа Bluetooth SIG определила различные модели использования, каждая из которых сопровождается профилем. Профили определяют протоколы и функции, которые поддерживают определенные модели использования. Если устройства от различных производителей соответствуют одному профилю,

определенному в спецификации Bluetooth, они смогут взаимодействовать. Четыре общих профиля применяются для различных моделей использования. Это профиль общего доступа, профиль последовательного порта, профиль приложения обнаружения услуг и профиль общего обмена объектами. Остальные профили применяются непосредственно для определенных моделей использования.

Профиль общего доступа (Generic Access Profile)

Это основной профиль Bluetooth, отвечающий за поддержание связи между устройствами, выявление других доступных профилей, а также за безопасность. Этот профиль должен быть включен во все устройства Bluetooth, однако сам по себе он недостаточен ни для одного полезного приложения. В него входят функции, необходимые для работы всех основных протоколов Bluetooth.

Профиль приложения обнаружения услуг (Service Discovery Application Profile)

Дает пользователю возможность непосредственно обращаться к SDP для того, чтобы определять, какие услуги Bluetooth доступны при работе с данным устройством. SDP входит в число основных протоколов, но без этого дополнительного профиля доступ к нему открыт только для приложений, но не для пользователей.

Профиль беспроводной телефонии (Cordless Telephony Profile)

Предназначен для устройств, называемых в терминологии SIG телефонами «три в одном», т. е. для мобильных телефонов с микросхемой Bluetooth, позволяющей использовать телефон в качестве беспроводной «трубки». Через точку доступа Bluetooth он подсоединяется к телефонной сети в доме, офисе и даже в общественных местах, таких, как залы ожидания в аэропортах, снижая трафик сотовой связи и обеспечивая тем самым определенную экономию.

Профиль внутренней связи (Intercom Profile)

Этот профиль, также базирующийся на протоколе TCS, обеспечивает двустороннюю голосовую связь между устройствами Bluetooth. Он проще предыдущего профиля, поскольку рассчитан на прямое взаимодействие двух устройств, расположенных в зоне взаимной досягаемости, а не на звонки, требующие маршрутизации по телефонной сети общего пользования или Internet.

Профиль последовательного порта (Serial Port Profile)

Он позволяет устройствам Bluetooth эмулировать последовательный порт персонального компьютера при помощи протокола RFCOMM. Он обеспечивает эмуляцию интерфейса RS-232 либо более нового интерфейса USB и используется многими профилями более высокого уровня.

Профиль гарнитуры (Headset Profile)

Определяет способ, посредством которого Bluetooth обеспечивает беспроводное соединение устройства с гарнитурой, оснащенной динамиками и, возможно, микрофоном. Так как этот профиль рассчитан не только на поддержку связи с мобильными телефонами, но и с персональными компьютерами, MP3-плеерами и другими устройствами, он

остается единственным до сих пор профилем, где используются команды AT, первоначально разработанные для управления модемами.

Профиль коммутируемого выхода на сеть (Dial-up Networking Profile)

Предназначен для компьютеров, связывающихся с сетью Internet через сотовый телефон. Этот профиль включает в себя профиль последовательного порта и протокол PPP, используемый стандартными модемами для передачи IP по телефонной линии.

Профиль факса (Fax Profile)

Этот профиль во многом похож на предыдущий. Он позволяет мобильному телефону эмулировать факс-модем при соединении через Bluetooth с ноутбуком, имеющим программное обеспечение поддержки факса. Подобно предыдущему протоколу, он использует PPP и профиль последовательного порта.

Профиль доступа к локальной сети (LAN Access Profile)

Предназначен для создания IP-сетей и позволяет создавать небольшие беспроводные сети Intranet, объединяющие персональные компьютеры или смарт-телефоны. Он также используется точками доступа для связи с кабельными сетями, будь то локальные сети или Internet. Хотя большинство точек доступа будет базироваться на Ethernet, все они действуют как IP-маршрутизаторы, так что теоретически они могут использовать и другие стандарты второго уровня, например Token Ring или SONET.

Профиль общего обмена объектами (Generic Object Exchange Profile)

Определяет, каким образом Bluetooth использует протокол OBEX, клиент-серверный протокол, заимствованный у IrDA. Он позволяет приложениям обмениваться данными непосредственно, без использования IP.

Профиль помещения объекта в стек (Object Push Profile)

Управляет обменом электронными визитками в формате vCard. Эти визитки содержат ту же информацию, что и традиционные, но при этом они могут быть автоматически занесены в личную информационную систему (Personal Information Manager - PIM) или в базу данных.

Профиль передачи файла (File Transfer Profile)

Позволяет устройству получать доступ к данным, хранящимся на другом устройстве, аналогично тому, как это делается в ftp. Помимо связывания двух устройств друг с другом приложения этого профиля могут выполнять сканирование или печать.

Профиль синхронизации (Synchronization Profile)

Обеспечивает синхронизацию данных, хранящихся на различных устройствах. Синхронизация может быть автоматизирована, так что компьютер будет автоматически синхронизировать данные с мобильным телефоном или устройством PDA, когда те находятся в пределах его зоны действия.

Основные конкуренты

IrDA

IrDA (Infrared Data Association) – это стандарт инфракрасного интерфейса, который составляет альтернативу для Bluetooth в области беспроводных устройств.

Преимуществами IrDA являются:

- дешевле, чем Bluetooth
- скорость передачи данных выше, чем у Bluetooth. У IrDA – 4 Мбит/с, а у Bluetooth – 1 Мбит/с

К недостаткам можно отнести:

- расстояние, на которое можно передать данные относительно мало – 1 м
- ограниченное только до соединения точка-точка
- порты устройств должны находиться в прямой видимости друг от друга
- не все устройства поддерживают стандарт (несовместимость между некоторыми продуктами)

UWB (Ultra-Wideband Radio)

Это сверхширокополосные технологии радиосвязи, которые работают по тому же принципу, что и радары: посылаются короткие импульсы в большой частотной области. К преимуществам можно отнести также отнести малое энергопотребление и невысокую стоимость.

HomeRF

Эта технология разработана для обмена данными между компьютерами и периферийными устройствами в небольших офисах или домах (в радиусе 50 м). Она работает на таких же частотах, как и Bluetooth. С Bluetooth имеется довольно много схожего - цена модулей, потребляемая устройствами мощность. Отличает же их максимальное число узлов в сети - 8 у Bluetooth, 127 у HomeRF, а также скорость изменения частоты тоже разная - 50 раз в секунду у HomeRF, 1600 раз в секунду у Bluetooth.

IEEE 802.11b

Приложения, которые поддерживают этот стандарт, являются довольно сильными конкурентами для Bluetooth. Некоторые из них также используют скачкообразное изменение частоты при передаче данных. Отличиями являются следующее:

- более высокая скорость – до 11 Мбит/с
- больше радиус передачи данных – 90 м
- больше количество участников – до 127

К минусам можно отнести:

- у Bluetooth меньше потребляемая мощность
- по размерам устройства Bluetooth меньше
- по цене устройства Bluetooth дешевле
- скорость смены частотных каналов у Bluetooth выше: у Bluetooth – 1600 раз в секунду, у приложений, поддерживающих IEEE 802.11b – 2,5 раз в секунду.

Спецификации Bluetooth

Разработку технологии Bluetooth в 1994 году начала компания Ericsson Mobile Communications. Они хотели сделать недорогое и потребляющее мало электроэнергии устройство, которое смогло бы обеспечить связь между мобильными телефонами и гарнитурами. В 1998 г. Ericsson совместно с Intel, IBM, Toshiba и Nokia организовали

группу по разработке и продвижению технологии под названием Bluetooth SIG (Special Interest Group).

Устройства версий 1.0 и 1.0B имели плохую совместимость между продуктами различных производителей. Основным недостатком этих версий явилось то, что невозможно было реализовать анонимность на протокольном уровне.

В Bluetooth 1.1 было исправлено множество ошибок, найденных в 1.0B, добавлена поддержка для нешифрованных каналов, индикация уровня мощности принимаемого сигнала (RSSI - Received Signal Strength Indicator).

В версии 1.2 (2003 г.) была добавлена технология адаптивной перестройки рабочей частоты (AFH - Adaptive frequency-hopping spread spectrum), что улучшило сопротивляемость к электромагнитной интерференции (помехам) путем использования разнесенных частот в последовательности перестройки. Также увеличилась скорость передачи и добавилась технология eSCO (Extended Synchronous Connections), которая улучшала качество передачи голоса путем повторения поврежденных пакетов. В HCI (Host Controller Interface) добавилась поддержка трехпроводного интерфейса UART (universal asynchronous receiver/transmitter).

Основные отличия Bluetooth 1.2:

- ускоренное установление соединения;
- адаптивная схема переключения каналов (от 20 до 79);
- усовершенствованные алгоритмы передачи данных.

Версия Bluetooth 2.0+EDR (2004 г.)

Состоит из двух частей, которые могут поддерживаться аппаратурой независимо - обновлённая версия спецификации Bluetooth (без принципиальных отличий от версии 1.2) и расширенный набор скоростей передачи данных EDR (Enhanced Data Rate).

В режиме EDR применяется дифференциальная фазовая модуляция увеличивающая базовую скорость передачи (1 Мбит/с) до 3 Мбит/с. (Увеличение скорости не сказывается на энергопотреблении.)

Стандарт "Bluetooth 2.0+EDR" полностью совместим с Bluetooth 1.0 и 1.2; скорость передачи в пикосети не ограничивается скоростью самого медленного.

И в этом 2007 году появилась новая обновлённую версию Bluetooth 2.1 (полное название Bluetooth Core Specification Version 2.1 + EDR), которую представила официально компания Bluetooth Special Interest Group (SIG). Эта новая версия Bluetooth полностью совместима с версией 2.0. В ней специалистам из Bluetooth SIG удалось снизить энергопотребление, а также усовершенствован алгоритм связи. Теперь Bluetooth 2.1 всё сам будет настраивать, надо будет лишь добавить устройство. Для защиты Bluetooth-соединения можно будет использовать 6-значный код доступа.

IEEE 802.15.3

Орган стандартизации телекоммуникационных технологий Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE) сообщил о завершении разработки нового протокола беспроводной связи IEEE 802.15.3. Предназначенный для беспроводных частных сетей (WPAN) и являющийся прямым наследником Bluetooth (частота 2,4 ГГц). Использование полосы 2,4 ГГц и технологии модуляции OQPSK (Offset Quadrature Phase Shift Keying, квадратурная манипуляция фазовым сдвигом со смещением), позволяют

достигать скорости передачи данных до 55 Мбит/с на расстоянии до 100 метров, одновременно работать в такой сети могут до 245 пользователей. При возникновении помех со стороны других бытовых устройств или иных сетей, сети на основе IEEE 802.15.3 будут автоматически переключать каналы. Также поддерживается скорости передачи данных - 11, 22, 33 и 44 Мбит/с. Шифрование данных в сетях IEEE 802.15.3 может осуществляться по стандарту AES 128. Плюсы: низкое энергопотребление и низкая стоимость.

ZigBee (IEEE 802.15.4)

Стандарт IEEE 802.15.4 (ZigBee) ориентирован, главным образом, на использование в качестве средства связи между автономными приборами и оборудованием. В корпоративном секторе это могут быть, например, складские системы, системы автоматизации производства, различные датчики, сенсоры, сервоприводы, электронные метки, а в домашних условиях – персональные компьютеры, игровые приставки, системы безопасности, освещения, кондиционирования, радиофицированные игрушки.

Стандарт IEEE 802.15.4 определяет спецификации физического слоя (PHY) и протокол управления доступом (MAC), предлагая поддержку различных топологий сетей. Схемы сетевой маршрутизации призваны обеспечить сохранение энергии и кратчайшие задержки, укладывающееся в гарантированный временной интервал, а за счет наличия нескольких маршрутов к каждому узлу в сетях ZigBee предполагается предотвратить возможность "сбоя в одной точке".

Ключевые функции PHY включают в себя контроль за энергией и качеством звеньев, а также оценку каналов для более успешного сосуществования с сетями других беспроводных операторов. MAC определяет автоматическое подтверждение получения пакетов, обеспечивает возможность передачи данных в определенные временные интервалы и поддерживает 128-битные функции-безопасности AES. Если в пределах досягаемости ZigBee-устройств окажется оборудование Wi-Fi или Bluetooth, их каналы могут быть использованы как туннель для трафика ZigBee.

Стандарт IEEE 802.15.4 предусматривает радиус покрытия от 10 до 75 м и пропускную способность канала - до 250 кбит/с. Передача на этой скорости ведется в диапазоне 2,4 ГГц. Небольшая мощность и скорость обусловлены малыми энергоресурсами связываемых устройств. Доступны также диапазоны 868 МГц (20 кбит/с) и 902-928 МГц (40 кбит/с). То есть 3 частотных диапазона есть, 27 каналов:

1. 2,4 ГГц: 16 каналов, скорость передачи 250 кБит/с
2. 868,3 МГц: 1 канал, скорость передачи 20 кБит/с
3. 902-928 МГц: 10 каналов, скорость передачи 40 кБит/с

До 255 подчиненных устройств в сети и до 100 параллельно работающих сетей.

Данный стандарт, активно продвигаемый организацией Альянсом ZigBee, заполнит вакуум в спектре беспроводных сетевых технологий, поскольку он предлагает разработчикам возможность создавать недорогие продукты с очень низким потреблением мощности и чрезвычайно гибкими функциями поддержки беспроводных сетей.

Ultra Wideband (IEEE 802.15.4 a/b)

IEEE 802.15.4a/b — стандарт так называемой технологии UWB (Ultra Wideband), основанной на передаче множества закодированных импульсов негармонической формы очень малой мощности (0,05 мВт) и малой длительности в широком диапазоне частот (от 3,1 до 10,6 ГГц). Передача данных на расстояниях до 5 метров осуществляется со скоростью от 400 до 500 Мбит/с. Тип модуляции: OFDM, QPSK.

При помощи UWB-технологии можно создавать специальные сети, в которых несколько сверхширокополосных устройств смогут поддерживать связь между любыми узлами. Короткие сигналы UWB сравнительно устойчивы к многолучевому затуханию, возникающему при отражении волны от стен, потолка, зданий, транспортных средств. Высокоскоростные UWB-устройства хорошо подходят для работы с видеопотоками и приложениями, требующими быстрой пересылки данных. Низкоскоростное UWB-оборудование может применяться для отслеживания местоположения на местности владельцев беспроводных устройств и различных объектов.

Стандарт разрабатывается рядом компаний под руководством Intel в рамках спецификаций IEEE 802.15.4a.

Стандарт	802.15.4 ZigBee			802.15.1 Bluetooth	802.15.3 High Rate WPAN	802.15.4a UWB
Приложения	Мониторинг, управление, сети датчиков, домашняя/промышленная автоматика			Голос, данные, замена кабелей	Потоковое мультимедиа, замена кабелей аудио/ видео систем	
Преимущества	Цена, энергосбережение, размеры сети, выбор частотных диапазонов			Цена, энергосбережение, передача голоса, скачок частот	Высокая скорость, энергосбережение	
Частота	868МГц	915 МГц	2.4 ГГц	2.4 ГГц	2.4 ГГц	3.1 – 10.6 ГГц
Максимальная скорость	20 кбит/с	40 кбит/с	250 кбит/с	1 Мбит/с	22 Мбит/с (доп. 11, 33,44,55 Мбит/с)	110 Мбит/с (10 м), 200 Мбит/с (4м) (доп. 480 Мбит/с)
Выходная мощность, ном.	0 dBm (1 мВт)			0 dBm (класс 3) 4 dBm(класс 2) 20 dBm(класс 1)	0 dBm	<100 мВт (110 Мбит/с), <250мВт (200 Мбит/с)
Дальность	10-100 м			10 м (класс 3) 100 м (класс 1)	5-50м	10 м (110 Мбит/с), 4 м (200 Мбит/с)
Чувствительность	-92 dBm	-85 dBm		-75 dBm	-75 dBm	-

(спецификация)					
Размер стека	4-32 Кбайт		Более 250 Кбайт	-	
Срок службы батареи	100-1000+дней		1-7 дней	Теоретически более 1000 дней	
Размер сети	65536 (16-битные адреса), 2 ⁶⁴ (64-битные адреса)		Мастер +7	До 127/хост	

Таблица2 . Сравнение стандартов семейства IEEE 802.15

Заключение

В данной работе я основной упор делала на стандарт Bluetooth v1.1 (IEEE 802.15.1), поскольку сама ежедневно встречаюсь с ним. И несмотря на то, что появлялись и будут появляться все более новые усовершенствованные версии, но все равно они не заменяют полностью существующий уже стандарт, а просто дополняют его. Также я дала общий обзор других стандартов, относящихся к семейству IEEE 802.15, чтобы создалась общая картина об этом семействе и также привела их сравнительную таблицу. Конечно Bluetooth будет развиваться и далее, но уже и сейчас он обладает не одним преимуществом, среди существующих беспроводных технологий.

Главные преимущества Bluetooth:

- он компактен (если отдельное устройство), а если встроен, то очень удобно его использовать
- сравнительно малая мощность передатчика
- энергосбережение
- недорогой по цене
- устойчивость к интермодуляционным помехам
- передает как аудио, так и

Использованная литература:

- http://www.topxml.com/conference/wrox/wireless_2000/stecktext.pdf
- <http://www.ieee802.org/15/>
- <http://www.bluetooth.com/Bluetooth/>
- Технология Bluetooth, Архипкин В.Я., Архипкин А.В., Москва, 2002
- <http://www.mobile.ifi.lmu.de/Praktika/ws0607/msp/slides/bluetooth.pdf>
- http://www.item.ntnu.no/fag/tm8100/Pensumstoff2004/Bluetooth_1KARIN.pdf
- http://diuf.unifr.ch/ds/michael.hayoz/docs/hayozm_blatand.pdf
- Overview of Bluetooth Technology, Hongfeng Wang, 2001
- <http://www.freescale.com/files/abstract/global/s50210.pdf>
- http://www.ci.ru/inform19_05/p_24.htm
- <http://book.itep.ru/4/41/bluetooth.htm>