

Сравнительная таблица стандартов беспроводной связи

Технология	Стандарт	Использование	Пропускная способность	Радиус действия	Частоты
Wi-Fi	802.11a	WLAN	до 54 Мбит/с	до 100 метров	5,0 ГГц
	802.11b		до 11 Мбит/с		2,4 ГГц
	802.11g		до 54 Мбит/с		
	802.11n		до 300 Мбит/с (в перспективе до 450, а затем до 600 Мбит/с)		2,4—2,5 или 5,0 ГГц
	802.11ac		до 3.39 Гбит/с / клиент; 6.77 Гбит/с / AP		2.4 + 5.0 ГГц
WiMax	802.16d	WMAN	до 75 Мбит/с	6-10 км	1,5—11 ГГц
	802.16e	Mobile WMAN	до 40 Мбит/с	1—5 км	2,3—13,6 ГГц
	802.16m	WMAN, Mobile WMAN	до 1 Гбит/с (WMAN), до 100 Мбит/с (Mobile WMAN)	н/д (стандарт в разработке)	
Bluetooth v. 1.1	802.15.1	WPAN	до 0,7 Мбит/с	до 10 метров	2,4 ГГц
Bluetooth v. 2.0	802.15.3		до 3 Мбит/с	до 100 метров	
Bluetooth v. 3.0	802.11		от 3 Мбит/с до 24 Мбит/с		
UWB	802.15.3a		110—480 Мбит/с	до 10 метров	3,1—10,6 ГГц
ZigBee	802.15.4		от 20 до 250	1—100 м	2,4 ГГц (16 каналов),

Сравнительная таблица стандартов беспроводной связи

Технология	Стандарт	Использование	Пропускная способность	Радиус действия	Частоты
			Кбит/с		915 МГц (10 каналов), 868 МГц (один канал)
Инфракрасный порт	IrDa		до 16 Мбит/с	от 5 до 50 сантиметров, односторонняя связь — до 10 метров	

IEEE 802.11

История стандарта IEEE 802.11 началась в 1997 году, когда была принята изначальная спецификация построения локальных сетей на основе беспроводных технологий. Она предусматривала организацию обмена данными с помощью инфракрасного излучения и радиоволн. Сейчас IEEE 802.11 представляет собой постоянно развивающееся семейство спецификаций, всесторонне описывающих принципы и параметры функционирования беспроводных сетей. Помимо базового, сюда входят еще несколько редакций основного стандарта и целая группа регламентирующих вспомогательных документов.

Логотип Wi-Fi является торговой маркой Wi-Fi Alliance.

Основные стандарты Wi-Fi

802.11 — принят в 1997 г. Диапазон 2,4 ГГц, скорость 1 или 2 Мбит/с, используется модуляция с прямым расширением спектра (DSSS).

802.11a — 1999 г. 5 ГГц, до 54 Мбит/с. Замена DSSS на модуляцию по методу ортогонального мультиплексирования с разделением частот (OFDM) позволило значительно повысить помехоустойчивость. С другой стороны, более высокие рабочие частоты определяют меньший радиус покрытия и большую зависимость от имеющихся преград.

802.11b — 1999 г. 2,4 ГГц, до 11 Мбит/с. Одобренный одновременно со стандартом 802.11a, этот протокол является результатом эволюционного развития базовой спецификации. Уже апробированные технологии позволили ему раньше воплотиться в рыночные предложения, а достаточно высокие скорости обмена — завоевать популярность у потребителей. Именно эта редакция стандарта изначально называлась Wi-Fi.

802.11g — 2003 г. 2,4 ГГц, до 54 Мбит/с. Преимущества технологии OFDM и разрешение Федеральной Комиссии по Коммуникациям (FCC) на ее использование в диапазоне 2,4 ГГц привели к разработке новой спецификации, в рамках которой были объединены лучшие решения предыдущих стандартов. Она обратно совместима с 802.11b, но имеет более высокую помехозащищенность и позволяет обмениваться данными со скоростью до 54 Мбит/с.

802.11y — 2008 г. 3,65 ГГц, до 54 Мбит/с. Развития не получил.

802.11n — 2009 г. 2,4 и 5 ГГц. Дальнейшее развитие спецификации 802.11g, обратно совместимо со всеми предыдущими стандартами. Реализованные в технологии OFDM-MIMO пространственное мультиплексирование и многолучевое отражение позволяют одновременно передавать несколько потоков данных. При максимальной скорости однопотоковой передачи в 150 Мбит/с (1x1), технически возможно множество конфигураций антенного узла. В основном на рынке предлагаются 2x2 и 4x4 устройства, обеспечивающие в «чистом» режиме суммарную скорость обмена 300 и 600 Мбит/с соответственно. Следует иметь в виду, что интеграция в одной беспроводной сети устройств Wi-Fi из разных поколений, ведет к принудительному ограничению скорости на уровне самого медленного объекта.

802.11ac — 2014 г. 5 ГГц. Очередная эволюционная редакция стандарта. Помимо трехкратно возросшей скорости обмена, технология MU-MIMO позволяет одновременно общаться с несколькими «партнерами» и способна поддерживать до 8 потоков. С учетом возможности увеличивать полосу пропускания до 160 МГц за счет объединения нескольких частотных каналов, теоретически достижимо значение в 7 Гбит/с.

Выпускаемые в настоящий момент устройства с одно-, двух- и трехпотоковой антенной

конфигурацией обеспечивают скорости передачи в 450, 900 и 1300 Мбит/с соответственно.

Вспомогательные спецификации

802.11d — уточнение границ используемой полосы частот для разных стран.

802.11e — определение качества обслуживания для медиаконтента.

802.11f — унификация требований к оборудованию разных производителей.

802.11h — порядок работы в диапазоне 5 ГГц, предотвращающий помехи радарам.

802.11i — методы защиты данных.

802.11k — методы балансировки (распределения) нагрузки.

802.11m — текущие исправления для всего семейства стандартов.

802.11p — порядок взаимодействия устройств, движущихся друг относительно друга.

802.11r — правила роуминга при переходе в зону покрытия смежного узла.

802.11s — спецификация многосвязных сетей.

802.11t — метрология и испытания.

802.11u — взаимодействие с сетями другого типа.

802.11v — методы управления.

802.11w — безопасность управления.

Принцип работы

Обычно схема Wi-Fi сети содержит не менее одной точки доступа и не менее одного клиента. Также возможно подключение двух клиентов в режиме точка-точка (Ad-hoc), когда точка доступа не используется, а клиенты соединяются посредством сетевых адаптеров «напрямую». Точка доступа передаёт свой идентификатор сети (SSID) с помощью специальных сигнальных пакетов на скорости 0,1 Мбит/с каждые 100 мс. Поэтому 0,1 Мбит/с — наименьшая скорость передачи данных для Wi-Fi. Зная SSID сети, клиент может выяснить, возможно ли подключение к данной точке доступа. При попадании в зону действия двух точек доступа с идентичными SSID приёмник может выбирать между ними на основании данных об уровне сигнала. Стандарт Wi-Fi даёт клиенту полную свободу при выборе критериев для соединения. Более подробно принцип работы описан в официальном тексте стандарта.

Однако стандарт не описывает всех аспектов построения беспроводных локальных сетей Wi-Fi. Поэтому каждый производитель оборудования решает эту задачу по-своему, применяя те подходы, которые он считает наилучшими с той или иной точки зрения. Поэтому возникает необходимость классификации способов построения беспроводных локальных сетей.

По способу объединения точек доступа в единую систему можно выделить:

Автономные точки доступа (называются также самостоятельные, децентрализованные, умные)

Точки доступа, работающие под управлением контроллера (называются также «легковесные», централизованные)

Бесконтроллерные, но не автономные (управляемые без контроллера)

По способу организации и управления радиоканалами можно выделить беспроводные локальные сети:

Со статическими настройками радиоканалов

С динамическими (адаптивными) настройками радиоканалов

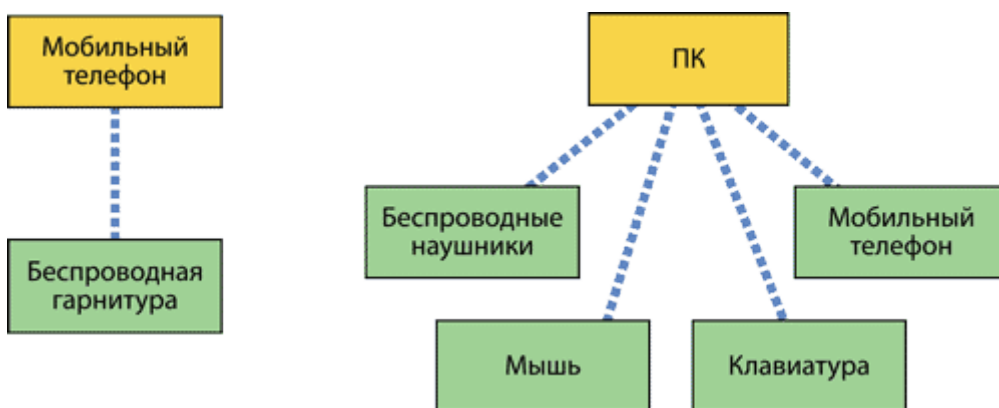
Со «слоистой» или многослойной структурой радиоканалов

Bluetooth

Bluetooth — это беспроводной интерфейс с небольшим радиусом действия, созданный в 1994 году инженерами шведской компании Ericsson. В 1998-м компании Ericsson, IBM, Intel, Nokia и Toshiba основали организацию Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG), которая и по сей день занимается разработкой и продвижением данной технологии. Впоследствии членами Bluetooth SIG стали многие компании: их количество превысило 13 тыс.

Основными преимуществами Bluetooth по сравнению с конкурирующими решениями являются низкий уровень энергопотребления и невысокая стоимость приемопередатчиков, что позволяет применять его даже в малогабаритных устройствах с миниатюрными элементами питания. Кроме того, производители оборудования не должны выплачивать лицензионные отчисления за использование интерфейса Bluetooth в своих изделиях. Разумеется, этот фактор также способствовал широкому распространению данного интерфейса.

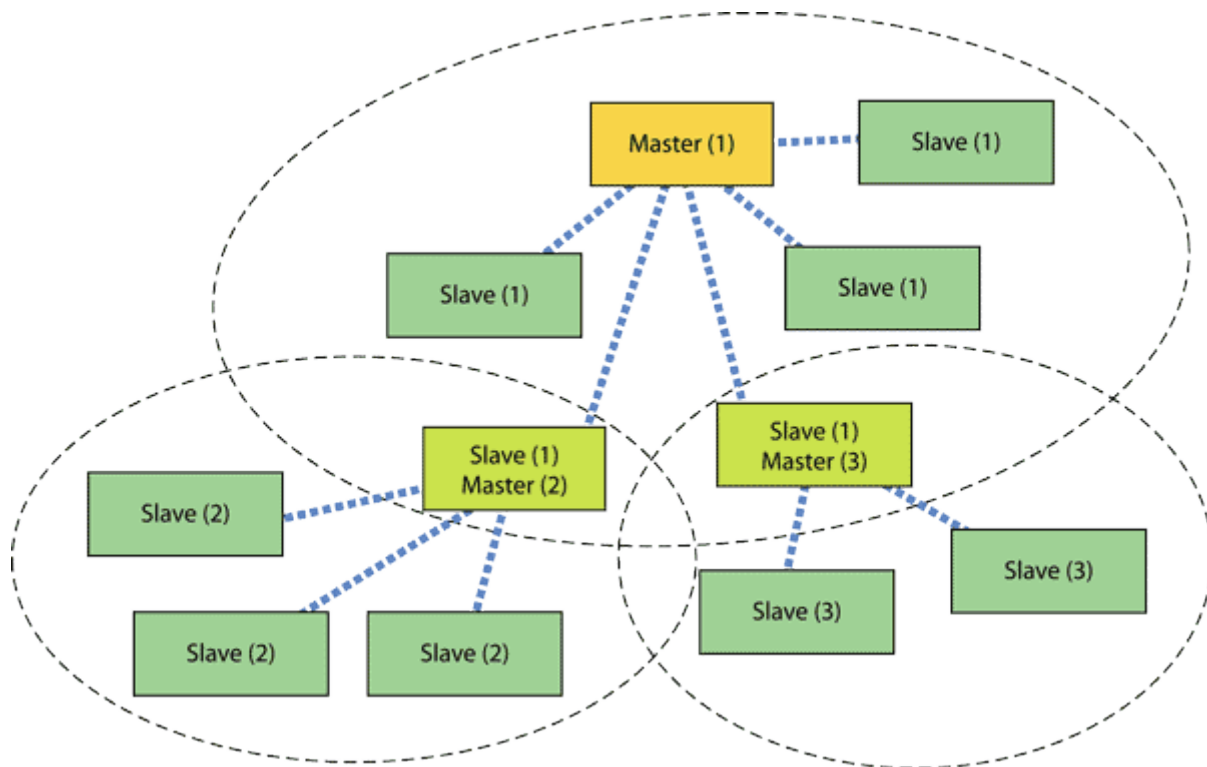
Основным назначением Bluetooth является создание так называемых персональных сетей (Private Area Networks, PAN), которые обеспечивают возможность обмена данными между расположенными поблизости (внутри одного дома, помещения, транспортного средства и т.д.) настольными и портативными ПК, периферийными и мобильными устройствами и пр.



Варианты топологии пикосетей

Посредством Bluetooth можно объединить как два, так и сразу несколько устройств. В первом случае подключение осуществляется по схеме «точка-точка», во втором — по схеме «точка-многоточка». Независимо от применяемой схемы одно из устройств является ведущим (master), остальные — ведомыми (slave). Ведущее устройство задает шаблон, который будут использовать все ведомые устройства, а также синхронизирует их работу. Соединенные таким образом устройства образуют пикосеть (piconet). В рамках одной пикосети могут быть объединены одно ведущее и до семи ведомых устройств. Кроме того, допускается наличие в пикосети дополнительных ведомых устройств (сверх семи), которые имеют статус заблокированных (parked): они не участвуют в обмене данными, но при этом находятся в синхронизации с ведущим устройством.

Несколько пикосетей можно объединить в распределенную сеть (scatternet). Для этого устройство, работающее в качестве ведомого в одной пикосети, должно выполнять функции ведущего в другой (см. вторую схему). При этом пикосети, входящие в состав одной распределенной сети, не синхронизированы друг с другом и используют разные шаблоны.



Топология распределенной сети, объединяющей несколько пикосетей

Максимальное количество пикосетей в составе распределенной сети не может превышать десяти. Таким образом, распределенная сеть позволяет объединить в общей сложности до 71 устройства.

Передача данных ведется по радиоканалу в частотном диапазоне 2,4-2,4835 ГГц с использованием метода псевдослучайной перестройки рабочей частоты (Frequency-Hopping Spread Spectrum, FHSS). Этот диапазон разбит на 79 каналов, каждый из которых занимает полосу шириной в 1 МГц. В верхней и нижней частях диапазона предусмотрены неиспользуемые (защитные) полосы. Для передачи данных применяется гауссова фазовая модуляция, которая предусматривает изменение несущей частоты во времени в соответствии с гауссовой кривой, что позволяет ограничить спектр излучаемого сигнала. Обмен данными осуществляется внутри временных интервалов (тайм-слотов) длиной 625 мкс. После передачи каждого слота производится переход на другой частотный канал. На канальном уровне обмен данными осуществляется пакетами, каждый из которых может иметь длину от одного до пяти слотов. Часть слотов может быть зарезервирована для синхронных каналов (которые задействуются для передачи потоковых данных). Таким образом, параллельно с синхронными данными могут передаваться и асинхронные. Спецификация Bluetooth предусматривает два вида связи: синхронную с установлением соединения (Synchronous Connection-Oriented, SCO) и асинхронную без установления соединения (Asynchronous Connection-Less, ACL). Первый вариант используется для организации канала «точка-точка» между ведущим и ведомыми устройствами. Второй служит для связи по схеме «точка-многоточка» между ведущим и всеми ведомыми устройствами данной пикосети.

Класс

В зависимости от мощности и эффективного радиуса действия приемопередатчики Bluetooth подразделяются на три класса (см. таблицу). Наиболее распространенным вариантом, который применяется в большинстве ныне выпускаемых мобильных электронных устройствах и ПК, являются приемопередатчики Bluetooth Class 2. Маломощными системами Class 3 оснащаются медицинская аппаратура, а основной

сферой применения наиболее «дальнобойных» модулей Class 1 являются системы мониторинга и управления промышленным оборудованием.

Клас с	Максимальная мощность, мВт	Максимальная мощность, <u>дБм</u>	Радиус действия, <u>м</u>
1	100	20	100
2	2,5	4	10
3	1	0	1

Спецификации

Bluetooth 1.0

Устройства версий 1.0 (1998) и 1.0B имели плохую совместимость между продуктами различных производителей. В 1.0 и 1.0B была обязательной передача адреса устройства (BD_ADDR) на этапе установления связи, что делало невозможной реализацию анонимности соединения на протокольном уровне и было основным недостатком данной спецификации.

Bluetooth 1.1

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

Bluetooth 1.2

Главные улучшения включают следующее:

Быстрое подключение и обнаружение.

Адаптивная перестройка частоты с расширенным спектром (AFH), которая повышает стойкость к радиопомехам.

Более высокие, чем в 1.1, скорости передачи данных, практически до 1 Мбит/с.

Расширенные Синхронные Подключения (eSCO), которые улучшают качество передачи голоса в аудиопотоке, позволяя повторную передачу повреждённых пакетов, и при необходимости могут увеличить задержку аудио, чтобы оказать лучшую поддержку для параллельной передачи данных.

В Host Controller Interface (HCI) добавлена поддержка трёхпроводного интерфейса UART.

Утверждён как стандарт IEEE Standard 802.15.1

Введены режимы управления потоком данных (Flow Control) и повторной передачи (Retransmission Modes) для L2CAP.

Bluetooth 2.0 + EDR

Bluetooth версии 2.0 был выпущен 10 ноября 2004 г. Имеет обратную совместимость с предыдущими версиями 1.x. Основным нововведением стала поддержка Enhanced Data Rate (EDR) для ускорения передачи данных. Номинальная скорость EDR около 3 Мбит/с, однако на практике это позволило повысить скорость передачи данных только до 2,1

Мбит/с. Дополнительная производительность достигается с помощью различных радиотехнологий для передачи данных.

Стандартная (базовая) скорость передачи данных использует GFSK-модуляцию радиосигнала при скорости передачи в 1 Мбит/с. EDR использует сочетание модуляций GFSK и PSK с двумя вариантами, π/4-DQPSK и 8DPSK. Они имеют большие скорости передачи данных по воздуху — 2 и 3 Мбит/с соответственно.

Bluetooth SIG издала спецификацию как «Технология Bluetooth 2.0 + EDR», которая подразумевает, что EDR является дополнительной функцией. Кроме EDR, есть и другие незначительные усовершенствования к 2.0 спецификации, и продукты могут соответствовать «Технологии Bluetooth 2.0», не поддерживая более высокую скорость передачи данных. По крайней мере одно коммерческое устройство, HTC TuTN Pocket PC, использовало «Bluetooth 2.0 без EDR» в своих технических спецификациях.

Согласно 2.0 + EDR спецификации, EDR обеспечивает следующие преимущества:

Увеличение скорости передачи в 3 раза (2,1 Мбит/с) в некоторых случаях.

Уменьшение сложности нескольких одновременных подключений из-за дополнительной полосы пропускания.

Снижение потребления энергии благодаря уменьшению нагрузки.

Bluetooth 2.1

2007 год. Добавлена технология расширенного запроса характеристик устройства (для дополнительной фильтрации списка при сопряжении), энергосберегающая технология Sniff Subrating, которая позволяет увеличить продолжительность работы устройства от одного заряда аккумулятора в 3—10 раз. Кроме того обновлённая спецификация существенно упрощает и ускоряет установление связи между двумя устройствами, позволяет производить обновление ключа шифрования без разрыва соединения, а также делает указанные соединения более защищёнными, благодаря использованию технологии Near Field Communication.

Bluetooth 2.1 + EDR

В августе 2008 года Bluetooth SIG версию 2.1+EDR. Новая редакция Bluetooth снижает потребление энергии в 5 раз, повышает уровень защиты данных и облегчает распознавание и соединение Bluetooth-устройств благодаря уменьшению количества шагов, за которые оно выполняется.

Bluetooth 3.0 + HS

3.0+HS была принята Bluetooth SIG 21 апреля 2009 года. Она поддерживает теоретическую скорость передачи данных до 24 Мбит/с. Её основной особенностью является добавление AMP (Alternate MAC/PHY), дополнение к 802.11 как высокоскоростное сообщение. Для AMP были предусмотрены две технологии: 802.11 и UWB, но UWB отсутствует в спецификации.

Модули с поддержкой новой спецификации соединяют в себе две радиосистемы: первая обеспечивает передачу данных в 3 Мбит/с (стандартная для Bluetooth 2.0) и имеет низкое энергопотребление; вторая совместима со стандартом 802.11 и обеспечивает возможность передачи данных со скоростью до 24 Мбит/с (сравнима со скоростью сетей Wi-Fi). Выбор радиосистемы для передачи данных зависит от размера передаваемого файла. Небольшие файлы передаются по медленному каналу, а большие — по высокоскоростному. Bluetooth 3.0 использует более общий стандарт 802.11 (без

суффикса), то есть несовместим с такими спецификациями Wi-Fi, как 802.11b/g или 802.11n.

Bluetooth 4.0

Bluetooth SIG утвердил спецификацию Bluetooth 4.0 30 июня 2010 года. Bluetooth 4.0 включает в себя протоколы:

Классический Bluetooth,

Высокоскоростной Bluetooth

Bluetooth с низким энергопотреблением.

Высокоскоростной Bluetooth основан на Wi-Fi, а Классический Bluetooth состоит из протоколов предыдущих спецификаций Bluetooth.

Частоты работы системы Bluetooth (мощность не более 0,0025 Вт).

Полоса частот: 2 402 000 000 - 2 480 000 000 Гц (2,402 ГГц - 2,48 ГГц)

Протокол Bluetooth с низким энергопотреблением предназначен, прежде всего, для миниатюрных электронных датчиков (использующихся в спортивной обуви, тренажёрах, миниатюрных сенсорах, размещаемых на теле пациентов и т. д.). Низкое энергопотребление достигается за счёт использования особого алгоритма работы. Передатчик включается только на время отправки данных, что обеспечивает возможность работы от одной батарейки типа CR2032 в течение нескольких лет. Стандарт предоставляет скорость передачи данных в 1 Мбит/с при размере пакета данных 8—27 байт. В новой версии два Bluetooth-устройства смогут устанавливать соединение менее чем за 5 миллисекунд и поддерживать его на расстоянии до 100 м. Для этого используется усовершенствованная коррекция ошибок, а необходимый уровень безопасности обеспечивает 128-битное AES-шифрование.

Датчики температуры, давления, влажности, скорости передвижения и т. д. на базе этого стандарта могут передавать информацию на различные устройства контроля: мобильные телефоны, КПК, ПК и т. п.

Первый чип с поддержкой Bluetooth 3.0 и Bluetooth 4.0 был выпущен компанией ST-Ericsson в конце 2009 года. В настоящее время выпускается большое количество мобильных устройств с поддержкой этого стандарта.

Bluetooth 4.1

В конце 2013 года Bluetooth Special Interest Group (SIG) представила спецификацию Bluetooth 4.1. Одно из улучшений, реализованных в спецификации Bluetooth 4.1, касается совместной работы Bluetooth и мобильной связи четвёртого поколения LTE. Стандарт предусматривает защиту от взаимных помех путём автоматического координирования передачи пакетов данных.

Bluetooth 4.2

3 декабря 2014 Bluetooth Special Interest Group (SIG) представила спецификацию Bluetooth 4.2. Основные улучшения — повышение конфиденциальности и увеличение скорости передачи данных.

Bluetooth 5.0

16 июня 2016 года Bluetooth Special Interest Group (SIG) представила спецификацию Bluetooth 5.0. Изменения коснулись в основном режима с низким потреблением и

высокоскоростного режима. Радиус действия увеличен в 4 раза, до 200 метров, скорость увеличена в 2 раза, до 6.25 МБ/с.

Стек протоколов Bluetooth

Bluetooth имеет многоуровневую архитектуру, состоящую из основного протокола, протоколов замены кабеля, протоколов управления телефонией и заимствованных протоколов. Обязательными протоколами для всех стеков Bluetooth являются: LMP, L2CAP и SDP. Кроме того, устройства, связывающиеся с Bluetooth обычно используют протоколы HCI и RFCOMM.

LMP

Link Management Protocol — используется для установления и управления радиосоединением между двумя устройствами. Реализуется контроллером Bluetooth.

HCI

Host/controller interface — определяет связь между стекком хоста (то есть компьютера или мобильного устройства) и контроллером Bluetooth.

L2CAP

logical Link Control and Adaptation Protocol — используется для мультиплексирования локальных соединений между двумя устройствами, использующими различные протоколы более высокого уровня. Позволяет фрагментировать и пересобирать пакеты.

SDP

Service Discovery Protocol — позволяет обнаруживать услуги, предоставляемые другими устройствами, и определять их параметры.

RFCOMM

Radio Frequency Communications — протокол замены кабеля, создаёт виртуальный последовательный поток данных и эмулирует управляющие сигналы RS-232.

BNEP

Bluetooth Network Encapsulation Protocol — используется для передачи данных из других стеков протоколов через канал L2CAP. Применяется для передачи IP-пакетов в профиле Personal Area Networking.

AVCTP

Audio/Video Control Transport Protocol — используется в профиле Audio / Video Remote Control для передачи команд по каналу L2CAP.

AVDTP

Audio/Video Distribution Transport Protocol — используется в профиле Advanced Audio Distribution для передачи стереозвука по каналу L2CAP.

TCS

Telephony Control Protocol — Binary — протокол, определяющий сигналы управления вызовом для установления голосовых соединений и соединений для передачи данных между устройствами Bluetooth. Используется только в профиле Cordless Telephony.

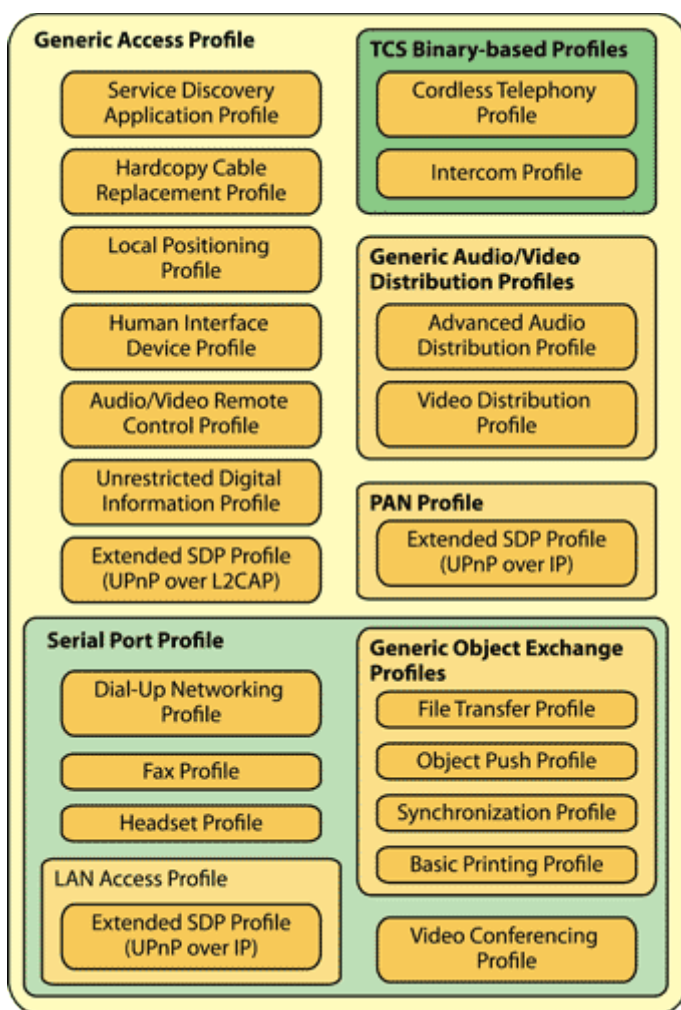
Заимствованные протоколы включают в себя: Point-to-Point Protocol (PPP), TCP/IP, UDP, Object Exchange Protocol (OBEX), Wireless Application Environment (WAE), Wireless Application Protocol (WAP).

Профили

Любое устройство, оборудованное интерфейсом Bluetooth, поддерживает заданный его производителем набор профилей. Каждый профиль обеспечивает поддержку определенных функций (например, передачу файлов или потока медиаданных, обеспечение сетевого соединения и т.д.), которые могут быть задействованы при подключении двух или более устройств посредством Bluetooth. Таким образом, набор

профилей определяет функциональные возможности устройства, доступные через Bluetooth-соединение.

Чтобы задействовать Bluetooth-соединение для выполнения определенной задачи, требуется наличие поддержки соответствующего профиля как у ведущего, так и у ведомого устройства. Так, передать по Bluetooth-соединению список контактов с одного мобильного телефона на другой можно лишь при условии, что оба аппарата поддерживают профиль OPP (Object Push Profile). А, например, для использования мобильного телефона в качестве беспроводного сотового модема необходимо, чтобы этот аппарат и применяемый компьютер поддерживали профиль DUN (Dial-up Networking Profile). Если же Bluetooth-соединение между двумя устройствами установлено, но выполнить какое-либо действие (скажем, передать файл) не удастся, то вероятной причиной возникновения этой проблемы может быть отсутствие поддержки соответствующего профиля у одного из устройств.



Иерархия профилей Bluetooth

Существует большое количество разнообразных профилей Bluetooth, которые описывают разные варианты и способы использования подключенных устройств.

Каждый профиль Bluetooth обязательно содержит следующую информацию:

- зависимость от других профилей;
- предлагаемый формат пользовательского интерфейса;
- части стека протоколов Bluetooth, применяемые данным профилем.

Всё многообразие профилей можно разделить на две группы: базовые и прикладные.

Далее приведена краткая информация о трех базовых профилях:

- GAP (Generic Access Profile) — общий профиль доступа Bluetooth. Поддерживается всеми без исключения Bluetooth-устройствами и служит базисом для функционирования всех остальных профилей;
- SPP (Serial Port Profile) — профиль эмуляции последовательного порта. Базируется на профиле GAP и описывает механизм обмена данными между двумя устройствами, аналогичный тому, который задействуется при подключении через последовательный проводной интерфейс (RS-232, USB и пр.);
- GOEP (Generic Object Exchange Profile) — общий профиль обмена объектами, базирующийся на GAP и SPP. Описывает механизм обмена данными между двумя устройствами с использованием протокола передачи OBEX (Object EXchange) и требования к передаваемым объектам.

В настоящее время существует большое количество прикладных профилей, обеспечивающих работу самых разных функций. Рассмотрим лишь те из них, которые получили наибольшее распространение в ПК, периферийных устройствах и современных гаджетах:

- A2DP (Advanced Audio Distribution Profile) — обеспечивает передачу двухканального (стереофонического) аудиопотока от источника сигнала (ПК, плеера, мобильного телефона) к беспроводной стереогарнитуре или иному воспроизводящему устройству. Для сжатия передаваемого потока может использоваться стандартный кодек SBC (Sub Band Codec) либо другой, определенный производителем устройства;
- AVRCP (Audio/Video Remote Control Profile) — позволяет управлять стандартными функциями телевизоров, систем домашнего кинотеатра и т.д. Устройство с поддержкой профиля AVRCP способно выполнять функции беспроводного пульта ДУ. Может применяться в связке с профилями A2DP или VDPT;
- BIP (Basic Imaging Profile) — обеспечивает возможность передачи, приема и просмотра изображений. Например, позволяет передавать цифровые фотографии с цифровой камеры в память мобильного телефона. Предусмотрена возможность изменения размеров и форматов передаваемых изображений с учетом специфики подключенных устройств;
- BPP (Basic Printing Profile) — базовый профиль печати, обеспечивающий передачу различных объектов (текстовых сообщений, визитных карточек, изображений и т.п.) для вывода на печатающем устройстве. Например, можно распечатать на принтере текстовое сообщение с мобильного телефона или фотографию с цифрового фотоаппарата. Важной особенностью профиля BPP является то, что на устройстве, с которого производится отправка объекта на печать, не требуется устанавливать специфический драйвер для применяемой модели принтера;
- DUN (Dial-up Networking Profile) — этот базирующийся на SPP профиль обеспечивает подключение ПК или иного устройства к Интернету посредством мобильного телефона, выполняющего в данном случае функцию внешнего модема;
- FAX (Fax Profile) — позволяет использовать внешнее устройство (мобильный телефон или МФУ с факсимильным модулем) для приема и отправки факсимильных сообщений с ПК;
- FTP (File Transfer Profile) — базируется на GOEP и обеспечивает передачу файлов, а также доступ к файловой системе подключенного устройства. Стандартный набор команд позволяет осуществлять навигацию по иерархической структуре диска подключенного устройства, а также копировать и удалять файлы;
- GAVDP (General Audio/Video Distribution Profile) — обеспечивает передачу звукового и видеопотока от источника сигнала к воспроизводящему устройству. Является базовым для профилей A2DP и VDP;

- HCRP (Hard Copy Cable Replacement Profile) — задействуется в качестве альтернативы кабельному соединению между ПК (или иным устройством) и принтером. В отличие от профиля BPP, требуется установка специфического драйвера для используемой модели принтера;
- HFP (Hands-Free Profile) — обеспечивает подключение автомобильных устройств hands-free к мобильному телефону для голосовой связи;
- HID (Human Interface Device Profile) — описывает протоколы и способы подключения беспроводных устройств ввода (мышей, клавиатур, джойстиков, пультов ДУ и пр.) к ПК. Профиль HID поддерживается в ряде моделей мобильных телефонов и КПК, что позволяет применять их в качестве беспроводных пультов для управления графическим интерфейсом ОС или отдельными приложениями на ПК;
- HSP (Headset Profile) — позволяет подключить беспроводную гарнитуру к мобильному телефону или иному устройству. Помимо передачи звукового потока обеспечивается работа таких функций, как набор номера, ответ на входящий звонок, завершение вызова и регулировка громкости;
- OPP (Object Push Profile) — базовый профиль для пересылки объектов (изображений, визитных карточек и т.д.). Например, можно передать список контактов с одного мобильного телефона на другой или фотографию со смартфона на ПК. В отличие от FTP, профиль OPP не обеспечивает доступ к файловой системе подключенного устройства;
- PAN (Personal Area Networking Profile) — позволяет объединить два или несколько устройств в локальную сеть. Таким способом можно подключить несколько ПК к одному, имеющему доступ в Интернет. Кроме того, данный профиль обеспечивает удаленный доступ к ПК, выполняющему функции ведущего устройства;
- SYNC (Synchronization Profile) — используется в связке с базовым профилем GOEP и осуществляет синхронизацию персональных данных (ежедневника, списка контактов и пр.) между двумя устройствами (например, настольным ПК и мобильным телефоном);
- VDP (Video Distribution Profile) — передает видеопоток с одного устройства на другое.

Инициализация bluetooth-соединения

Инициализацией bluetooth-соединения принято называть процесс установки связи. Её можно разделить на три этапа:

- генерация ключа Kinit,
- генерация ключа связи (он носит название link key и обозначается, как Kab),
- аутентификация.

Первые два пункта входят в так называемую процедуру паринга.

Паринг (pairing), или сопряжение, — процесс связи двух (или более) устройств с целью создания общего секретного значения Kinit, которое они будут в дальнейшем использовать при общении. В некоторых переводах официальных документов по bluetooth можно также встретить термин «подгонка пары». Перед началом процедуры сопряжения на обеих сторонах необходимо ввести PIN-код.

Kinit формируется по алгоритму E22, который оперирует следующими величинами:

- BD_ADDR — уникальный MAC-адрес BT-устройства длиной 48 бит;
- PIN-код и его длина;
- IN_RANDOM — случайная 128-битная величина.

Для создания ключа связи Kab устройства обмениваются 128-битными словами LK_RANDOM(A) и LK_RANDOM(B), генерируемыми случайным образом. Далее следует

побитовый XOR с ключом инициализации Kinit. И снова обмен полученным значением. Затем следует вычисление ключа по алгоритму E21.

Для этого необходимы величины:

- BD_ADDR
- 128-битный LK RAND (каждое устройство хранит своё и полученное от другого устройства значения)

На данном этапе pairing заканчивается и начинается последний этап инициализации bluetooth — Mutual authentication, или взаимная аутентификация. Основана она на схеме «запрос-ответ». Одно из устройств становится верификатором, генерирует случайную величину AU RAND(A) и посылает его соседнему устройству (в открытом виде), называемому предъявителем. Как только предъявитель получает это «слово», начинается вычисление величины SRES по алгоритму E1, и она отправляется верификатору. Соседнее устройство производит аналогичные вычисления и проверяет ответ предъявителя. Если SRES совпали, то устройства меняются ролями процесс повторяется заново.

E1-алгоритм оперирует такими величинами:

- Случайно созданное AU RAND
- link key Kab
- Свой собственный BD_ADDR