

Три вида Bluetooth:

какой выбрать?

Спецификация Bluetooth 4.0 явила миру новый вариант этой технологии: потребителям она известна как Bluetooth Low Energy (Bluetooth LE) или Bluetooth Smart. Новая форма технологии Bluetooth была создана для того, чтобы стимулировать развитие нового типа Bluetooth-устройств, которые можно было бы применять в тех сферах, где до этого использование Bluetooth было неоправданно из-за стоимости технологии или времени автономной работы устройства. В статье приведена краткая история технологии Bluetooth Low Energy, а также рассматриваются позиционирование технологии Bluetooth Smart по отношению к конечному потребителю, особенности Bluetooth Smart Ready и вопросы выбора определенного типа технологии Bluetooth, наиболее подходящего для конкретного приложения.

Карл Торвмак (Karl Torvmark)

Краткая история беспроводной технологии Bluetooth

Технология Bluetooth LE появилась под названием “Bluetooth lite” в исследовательских лабораториях Nokia в середине 2000-х годов и изначально предназначалась для дополнения обычной технологии Bluetooth в приложениях, где использование обычного Bluetooth было слишком сложно или предполагало большие энергозатраты. В Nokia рассмотрели потенциал новой технологии. Позже, в 2006 году компания при содействии ряда других производителей полупроводниковых и беспроводных решений создала отраслевой альянс, который получил название Wibree (Wi — от wireless («беспроводной») и bree — со староанглийского «перекресток»).

Спустя примерно год стало ясно, что дальнейшее развитие технологии представляется более логичным внутри Bluetooth SIG (Special Interest Group), и разработка была передана этой организации. В 2010 году Wibree была включена в следующую спецификацию (Bluetooth v4.0) в качестве Bluetooth-технологии ультранизкого энергопотребления (Ultra-low Power Bluetooth), теперь известную как Bluetooth с низким энергопотреблением (Bluetooth Low Energy). Для потребителей интерфейс Bluetooth v4.0 более знаком как Bluetooth Smart или Bluetooth Smart Ready, в зависимости от того, в какой форме он представлен.

Текущее состояние Smart

С начала работы над этой статьей (октябрь 2012 года) интерфейс Bluetooth Low Energy уже использовался во многих устройствах, например в измерителе пульса Polar H7, спортивных часах Garmin Fenix и других решениях. Многие из них можно найти в списке продуктов на основе Bluetooth Smart на странице Bluetooth SIG Bluetooth Smart: <http://www.Bluetooth.com/Pages/Bluetooth-Smart-Devices.aspx>. Что не менее важно, стандарт Bluetooth Low Energy поддерживается в новых мобильных телефонах, планшетах и ПК от Apple, Motorola и Samsung.

Что на самом деле такое Bluetooth Smart/Bluetooth Low Energy?

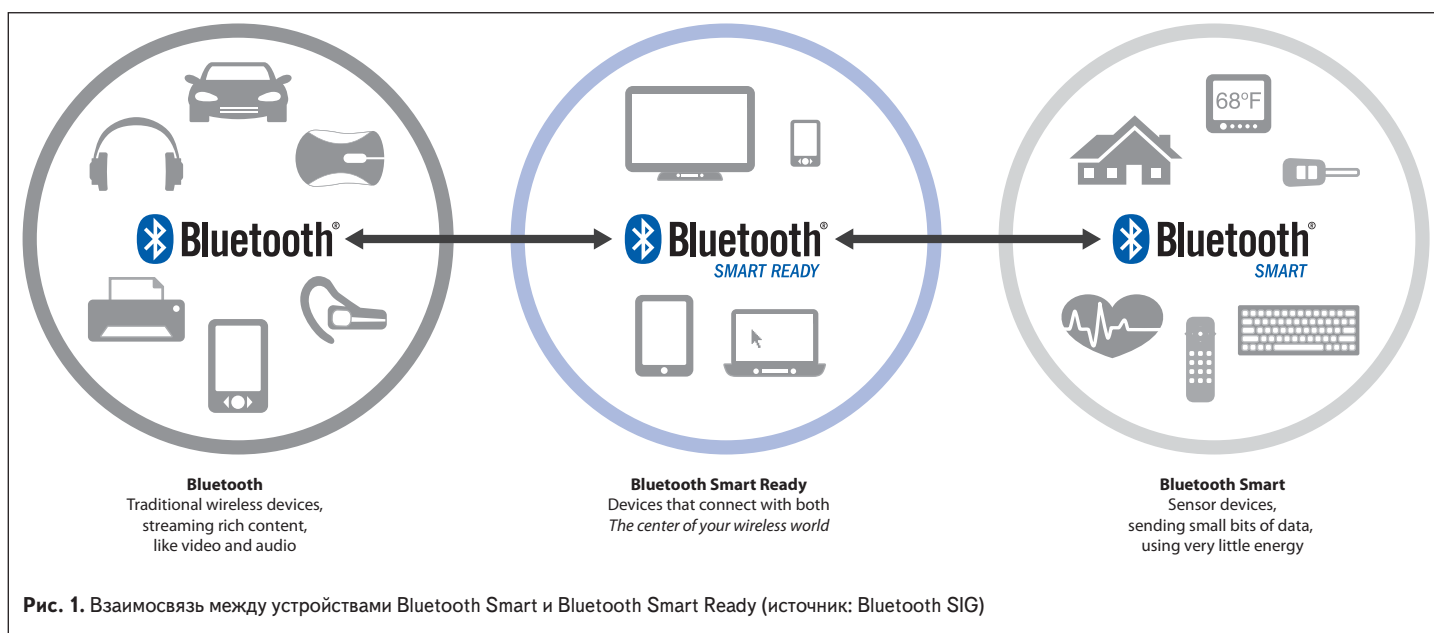
Есть некоторая неопределенность относительно того, что именно предлагает стандарт Bluetooth 4.0. Некоторые люди, не знакомые с принципами работы технологии Bluetooth, считают, что Bluetooth Smart снижает потребление энергии во всех случаях применения Bluetooth, но это неверно. Преимущества Bluetooth Smart очевидны только в устройствах, действительно использующих возможности Bluetooth Smart/Bluetooth Low Energy относительно экономии энергии, и лишь в определенных режимах. Об этом мы поговорим позже, а сейчас рассмотрим, как можно определить Bluetooth Smart с точки зрения потребителя.

Bluetooth Smart и Bluetooth Smart Ready

Для удобства потребителя Bluetooth-устройства, поддерживающие технологию Bluetooth Low Energy, имеют стикеры Bluetooth Smart и Bluetooth Smart Ready. Эти стикеры необязательно напрямую соответствуют техническим категориям, которые будут описаны ниже, но они олицетворяют определение этих технологий, удобное для восприятия потребителя.

Устройства Bluetooth Smart Ready — это некие «узловые» устройства, например компьютеры, планшеты, мобильные телефоны и подобные продукты, которые поддерживают стандарт Bluetooth Smart (Bluetooth Low Energy) и позволяют в дальнейшем добавлять дополнительные профили за счет загрузки приложений или драйверов, или другими методами.

Устройства Bluetooth Smart — это устройства на основе технологии Bluetooth Low Energy, способные соединяться с устройствами Bluetooth Smart Ready (рис. 1). Следует отметить одну важную вещь: устройства на основе Bluetooth Smart по определению не могут соединяться с «классическими» Bluetooth-устройствами, а только с устройствами Bluetooth Smart



Ready. Такой подход направлен на то, чтобы потребитель при покупке устройства Bluetooth Smart знал, что оно будет работать с другим устройством с логотипом Bluetooth Smart Ready, но не с устройствами с обычным логотипом Bluetooth.

Технологические различия

С технологической точки зрения существуют три в корне разных типа устройств: «классический», двухрежимный и однорежимный Bluetooth. Первый тип представлен устройствами с поддержкой «классического» типа интерфейса Bluetooth, притом в эту категорию попадает большинство известных Bluetooth-устройств. Несмотря на то, что аппаратное обеспечение с поддержкой стандарта Bluetooth Low Energy на данный момент уже более чем год поставляется на международный рынок, множество конечных продуктов не имеют программной поддержки технологии Bluetooth Low Energy. Тем не менее есть веские причины ожидать, что большинство устройств в дальнейшем будут поддерживать Bluetooth Low Energy (так как интегральные схемы Bluetooth уже поддерживают его). Однако останутся некоторые категории Bluetooth-продуктов (например, Bluetooth-стереонаушники), где использование Bluetooth Low Energy не дает никаких ощутимых преимуществ, поэтому в обозримом будущем эти устройства продолжат использовать «классический» Bluetooth.

Вторая категория — так называемые двухрежимные устройства. Они поддерживают не только «классический» Bluetooth, но и Bluetooth Low Energy, и могут соединяться как с «классическими» Bluetooth-устройствами, так и с устройствами Bluetooth Smart. В конструкции устройств Bluetooth Smart Ready используются двухрежимные ИС. Эти устройства не могут воспользоваться преимуществами пониженного энергопотребления, которые предлагает технология Bluetooth Low Energy, так как им необходимо соответствовать техническим

требованиям устаревших Bluetooth-устройств, но, тем не менее, они являются неотъемлемой частью всей экосистемы.

Третья и, вероятно, самая любопытная категория — это однорежимные устройства, которые используют Bluetooth Low Energy как единственно возможную технологию коммуникации. Эти устройства не могут напрямую соединяться с «классическими» Bluetooth-устройствами, но, с другой стороны, они оптимизированы для применения с Bluetooth Low Energy и способны использовать все ее преимущества.

Отметим, что технология Bluetooth Low Energy была разработана для тех сфер, где длительность работы устройства сравнительно мала. Например, браслет для измерения пульса может быть подключен все время в течение долгой тренировки, но ему нужно передавать всего несколько байт в секунду, то есть при условии использования оптимизированного протокола передатчик будет включаться не более чем на миллисекунду. Сравните это с работой беспроводного аудиодинамика или наушников, где объемы передаваемых данных исчисляются сотнями килобайт в секунду и передатчик, таким образом, находится во включенном состоянии значительное время (десять процентов от общего времени работы устройства).

Изначальная спецификация Bluetooth предполагала беспроводную передачу данных в средах общего назначения, и она была успешно адаптирована под использование в других областях, например в устройствах ввода и беспроводных аудиопродуктах. Технология Bluetooth Low Energy была специально создана для решений, где применение классической формы Bluetooth не было бы оправданно, таким образом, был расширен потенциальный рынок для технологии Bluetooth.

Рынки для Bluetooth Smart

В настоящее время технология Bluetooth Smart нашла широкое распространение в сфере спорта и фитнеса. Многообещающие перспективы для этой технологии открываются в медицине и здравоохранении, а также в таких сферах,

как бесконтактные бирки, так называемые «приложения-аксессуары» и интерфейсы удаленного доступа.

Бесконтактные, небольшого размера бирки работают от батарей. Благодаря им при помощи узловых устройств можно узнать, находится ли тот или иной объект на расстоянии действия Bluetooth. Это может быть очень удобно для отслеживания местоположения мелких предметов, например ключей, или для того, чтобы удостовериться, что телефон не остался дома, или чтобы найти, куда дети спрятали пульт ДУ.

«Приложения-аксессуары» — это устройства, которые подключаются по беспроводной связи к телефону или планшету и расширяют таким образом функциональность приложения, что не всегда возможно при помощи сенсоров, встроенных в мобильное устройство. Примером может служить измеритель пульса, применяемый в спортивных приложениях. (Сейчас вряд ли существует технология, позволяющая мобильному телефону напрямую измерять пульс человека.)

Удаленный пользовательский интерфейс основан на концепции, согласно которой различными устройствами можно управлять при помощи интерфейса на мобильном устройстве или компьютере: при таком подходе нет необходимости в использовании физического интерфейса с кнопками и дисплеями (рис. 2). Такая концепция уже применяется в более сложных устройствах, которые подключены к Интернету (например, домашний роутер автора статьи конфигурируется через веб-браузер). Но Bluetooth Smart расширяет эту функциональность на ряд других устройств, которые работают от батареи или не всегда подключены к Интернету.

Любимый пример автора: обогреватель в комнате его детей имеет термостат, который можно программировать с учетом различных температур днем и ночью каждый день недели. Пользовательский интерфейс этого прибора оснащен двумя семисекционными индикаторами, тремя LED-индикаторами



и пятью кнопками. Абсолютно непонятно, как можно научиться им пользоваться, даже при помощи мануала. Однако если бы аппаратную начинку устройства можно было бы заменить микросхемой с Bluetooth Low Energy, работу обогрвателя можно было бы программировать при помощи смартфона, что сделало бы использование устройства максимально удобным и могло бы сэкономить средства производителя (за счет компонентов, а также сокращения возвратов и обращений в службу поддержки).

Можно рассмотреть возможности Bluetooth Smart как катализатора так называемой концепции «Интернета вещей». Устройствам с поддержкой Bluetooth Smart не нужно напрямую подключаться к Интернету, это можно сделать посредством распространенных устройств вроде смартфонов, планшетов или ПК. Основным преимуществом такой реализации является возможность сделать беспроводные устройства проще, дешевле и экономичнее с точки зрения энергопотребления, чем устройства с прямым подключением к сети через интерфейсы GSM/3G/LTE или по Wi-Fi. Им не нужна инфраструктура: у пользователей уже есть все оборудование, необходимое для подключения таких устройств к Интернету.

Итак, чем же конкретно отличается Bluetooth Low Energy от «классического» Bluetooth? Различия начинаются на нижних уровнях:

трансивер (PHY) Bluetooth Low Energy — это более тонкая и оптимизированная версия трансивера номинальной скорости Bluetooth (рис. 3). (PHY — трансивер для физической передачи радиосигнала; BR и EDR — термины, обозначающие номинальную скорость передачи и повышенную скорость передачи данных. Этими терминами ранее обозначались режимы передачи данных на уровне 1 и 2–3 Мбит/с в «классическом» Bluetooth.)

В то время как трансивер номинальной скорости перестраивает частоту по 79 каналам (количество каналов можно снизить до 20 путем адаптивной перестройки частоты) и обнаруживает радиосигнал на 32 каналах, трансивер номинальной скорости Bluetooth Low Energy имеет только 37 каналов и обнаруживает радиосигнал на трех каналах. Так как сигналу Bluetooth Low Energy нужно пройти намного меньшее количество каналов во время обнаружения, этот процесс происходит намного быстрее, и связь можно установить в течение нескольких миллисекунд, а не в течение пары секунд, необходимых «классическому» Bluetooth. Шаг сетки частот у Bluetooth Low Energy составляет 2 МГц, а этот же параметр для интерфейсов номинальной скорости составляет 1 МГц, что снижает требования к фильтрации радиочастот.

На уровне выше соединения Bluetooth Low Energy в основном похож на так называемый режим sniff sub-rating, свойственный транзиттеру номинальной скорости. Благодаря этому свойству Bluetooth Low Energy может поддерживать соединения энергоэффективным методом, при этом нет необходимости включать радиопередатчик. Также из спецификаций Bluetooth следует не вполне очевидный факт: более гибкие требования технологии дают производителям ИС возможность проводить множество действий по оптимизации, которые невозможны в «классическом» Bluetooth, например снижать активные и неактивные токи и сокращать время переключения. Эти приемы позволяют сделать однорежимные микросхемы маломощными, простыми и не-

дорогими по сравнению с двухрежимными и классическими микросхемами.

Также существуют различия на уровне профиля. Уровень профилей Bluetooth Low Energy находится поверх GATT и для обмена данными связывается по протоколу GATT/ATT. В «классическом» Bluetooth профили самостоятельно определяют свой протокол. То есть эта технология обладает большей гибкостью, но усложняет внедрение, так как требует для исполнения больше строк кода.

Как из вариантов технологии Bluetooth выбрать?

Более новые ИС, как правило, являются двухрежимными, а не классическими, поэтому с точки зрения аппаратного обеспечения в большинстве случаев выбор сделают за вас. Некоторые устройства, привязанные к определенным приложениям, вероятно, останутся только BR или BR/EDR, если их сфера применения не предполагает использования Bluetooth Low Energy. Относительно ПО многие распространенные стеки Bluetooth уже поддерживают Low Energy, но и среди них могут быть продукты, которые его не поддерживают.

Если приходится делать выбор между двухрежимными и однорежимными ИС или микросхемами типа «система на кристалле», следует учитывать, в какой сфере будет применяться устройство. Если вам нужно, чтобы устройство могло соединяться с «классическими» Bluetooth-устройствами, выбор прост: вам необходимо двухрежимное устройство. Если вы можете варьировать типы подключения на обоих концах соединения, то важным критерием отбора является предполагаемый объем данных, который нужно будет передавать по беспроводному соединению. Если объем данных велик или вы хотите организовывать потоковую передачу, вам следует остановить выбор на BR/EDR-решении. Примером такой ИС может служить CC2564 от TI. Эта ИС имеет стек Bluetooth v4.0 до уровня HCI, в то время как остальная часть стека исполняется на хост-контроллере (MCU).

Если вам нужно передавать малые объемы информации, то наилучшим выбором станет Bluetooth Low Energy. Bluetooth Low Energy обеспечивает более длительное время автономной работы, особенно если его использовать в сферах применения, для которых он был изначально разработан. Например, сенсор, соединяющийся с мобильным телефоном каждую секунду, может проработать без перерыва более года, питаясь от батареи-таблетки типа CR2032. Энергопотребление (а следовательно, и время автономной работы) зависит от длительности соединения. Минимальная длительность соединения, поддерживаемая в BLE, составляет 7,5 мс, а максимальная — 16 с. Время 16 с — это максимальное время ожидания. Если необходимо более длительное соединение, можно прервать соединение и переключаться каждый раз, когда это необходимо. Как уже было сказано, так как только три канала используются для переключения, само переключение происходит намного быстрее, чем у «классического» Bluetooth, и исчисляется миллисекундами, а не секундами.

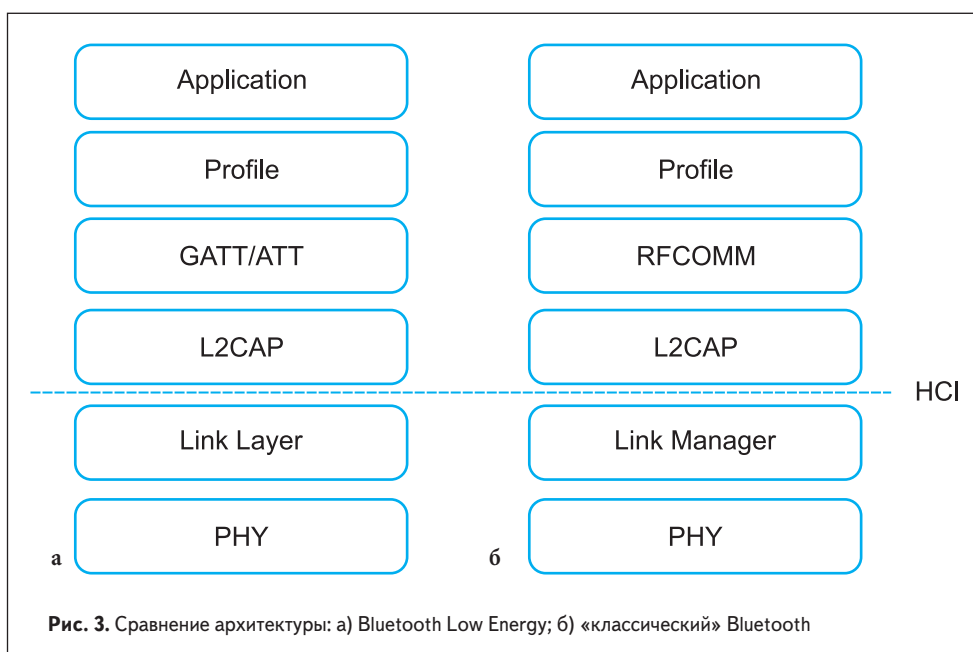


Рис. 3. Сравнение архитектуры: а) Bluetooth Low Energy; б) «классический» Bluetooth

Отраслевой стандарт смещается в сторону ИС, способных обеспечить полную функциональность в устройствах сенсорного типа, за исключением самого элемента сенсорики. TI CC2541 — это пример однорежимного однокристалльного решения для Bluetooth Low Energy, которое содержит радиопередатчик, MCU и периферийные элементы, а также программируемую встраиваемую флэш-память.

Свою роль могут сыграть и другие факторы. Например, если вы хотите, чтобы ваше устройство могло соединяться с устройствами на базе iOS, для этой цели подойдет Bluetooth Low Energy. В настоящее время Apple требует, чтобы все устройства BR/EDR, поддерживающие профили помимо рекомендованных, проходили сертификацию по программе MFi. Относительно устройств на базе Bluetooth Low Energy таких ограничений нет, поэтому при-

ложения на основе iOS для iPhone 4S, iPhone 5, iPod touch (пятого поколения) или iPad 3 (на базе iOS 5 или старших версий) смогут использовать API на основе GATT для связи с BLE-устройствами.

Что касается других операционных систем, некоторые смартфоны на Android уже поддерживают Bluetooth v4.0, и количество таких решений будет расти. ОС Windows 8 предлагает полную поддержку Bluetooth v4.0, а соответствующие API уже были представлены на мероприятиях разработчиков Microsoft.

Также имеет смысл принять во внимание простоту внедрения и доступность инструментов и документации для разработчиков. Некоторые производители устройств на основе однорежимного Bluetooth Low Energy предлагают бесплатные программные стеки и документацию в открытом доступе на веб-

сайтах. При разработке решений на основе «классического» Bluetooth принято требовать лицензионные выплаты за стек протоколов и предлагать техническую документацию и другие сведения при условии соблюдения политики неразглашения.

Заключение

Благодаря Bluetooth v4.0 разработчики Bluetooth-устройств получили новый полезный инструмент, существующий под различными названиями: Bluetooth Smart, Bluetooth Smart Ready или Bluetooth Low Energy. Но как ее ни называй, эта новая технология основана на долговременном успехе Bluetooth на рынке устройств на основе ближней радиосвязи и позволяет комбинировать изначальные преимущества Bluetooth с низким энергопотреблением, простотой и дешевой стоимостью. ■