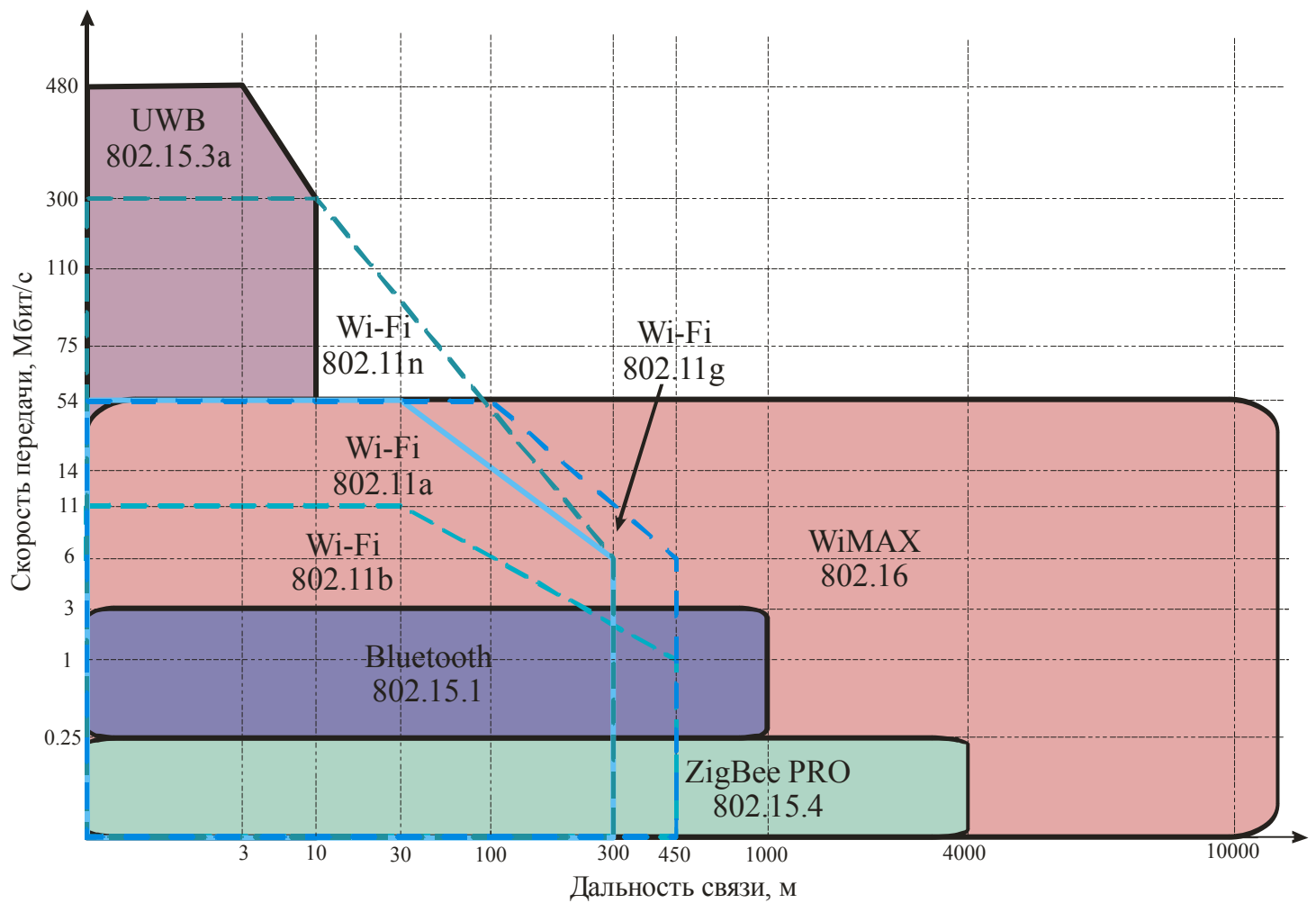


Технологии беспроводной связи



Технология UWB

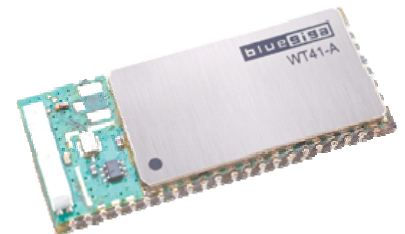
Технология UWB (Ultra-Wide Band – сверхширокополосная связь) предназначена для высокоскоростной связи на малые расстояния (например, обмен потоками мультимедиа в реальном режиме времени). Отличие сверхширокополосной связи от большинства современных беспроводных технологий легко угадывается прямо из названия. Сейчас самым распространенным приемом беспроводной передачи является выделение достаточно узкой полосы частот (шириной, допустим, в несколько десятков мегагерц) и передача данных за счет незначительных отклонений от несущей (базовой) частоты, при этом не выходя за границы заданной узкой полосы. Такой метод называется частотной модуляцией. В случае UWB имеется совершенно другая картина – для передачи сигнала задействуется широчайший диапазон частот (в несколько гигагерц), частично или полностью перекрывающий диапазоны, уже занятые другими устройствами.



Сверхширокополосная связь основана на стандарте IEEE 802.15.3a для построения беспроводных персональных сетей (WPAN – Wireless Personal Area Network). Свое название стандарт получил, из-за того, что использует самый широкий диапазон частот – от 3.1 до 10.6 ГГц. Используется квадратурная фазовая модуляция (QPSK – Quadrature Phase-Shift Keying) и частотное ортогональное разделение каналов с мультиплексированием (OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Такая широкая полоса частот позволяет достичь скорость до 480 Мбит/с на расстоянии до 3 м. Но с увеличением расстояния скорость заметно уменьшается, поэтому на дистанциях до 10 м достигает лишь 110 Мбит/с. Часто UWB называют WUSB (Wireless USB – беспроводной USB), из-за сопоставимости скоростей и дальности связи.

Технология Bluetooth

Технология Bluetooth (англ. Bluetooth – синий зуб) предназначена для связи на малые расстояния (например, беспроводная гарнитура для мобильного устройства). Основана на стандарте IEEE 802.15.1 для построения беспроводных персональных сетей малого радиуса связи в диапазоне 2.4 ГГц. Применяется метод расширения спектра со скачкообразной перестройкой частоты (FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum). Всего выделяется 78 рабочих каналов шириной 1 МГц каждый. Поддерживаются топологии «point-to-point» (точка-точка) и «point-to-multipoint» (точка-многоточка).



По выходной мощности все устройства разделяются на четыре версии:

- Версия 1.x предусматривает мощность 100 мВт, скорость передачи до 1 Мбит/с и дальность связи в зоне прямой видимости от 100 до 1000 метров,
- Версия 2.x – 2,5 мВт, 3 Мбит/с и 10 метров,
- Версия 3.0 – 1 мВт, 24 Мбит/с и 5 метр,
- Bluetooth Low Energy (LE – низкое энергопотребление) – 0,01÷0,5 мВт, 1Мбит/с, не совместима с обычной технологией Bluetooth.

Технология Wi-Fi

Технология Wi-Fi (Wireless Fidelity — беспроводная точность) предназначена для построения беспроводных локальных сетей (WLAN), организации точек публичного доступа в Интернет. Технология базируется на семействе стандартов IEEE 802.11 (802.11a, 802.11b, 802.11g и 802.11n и др).



Стандарт IEEE 802.11a

Стандарт IEEE 802.11a предназначен для построения беспроводных локальных сетей в диапазоне 5 ГГц. Полоса частот разделена на три рабочих диапазона шириной 100 МГц каждый и имеющих разную мощность излучения:



- низший диапазон (5,15 – 5,25 ГГц) предусматривает мощность 50 мВт,
- средний (5,25 – 5,35 ГГц) — 250 мВт,
- верхний (5,725 – 5,825 ГГц) — 1 Вт.

Использование трех рабочих зон с общей шириной 300 МГц делает стандарт IEEE 802.11a самым широкополосным из семейства стандартов 802.11 и позволяет разбить весь частотный диапазон на 12 каналов, шириной по 20 МГц каждый, причем 8 из них лежат в низшем и среднем диапазонах общей шириной в 200 МГц, а остальные 4 канала — в верхнем диапазоне шириной в 100 МГц. Используется частотное ортогональное разделение каналов с мультиплексированием (OFDM).

Определены три обязательных скорости 6, 12 и 24 Мбит/с и пять необязательных 9, 18, 36, 48 и 54 Мбит/с. Зависимость дальности связи (метры) и скорости передачи:

	54 Мбит/с	6 Мбит/с
В закрытых помещениях	12	90
В зоне прямой видимости	30	300

Однако этот стандарт не принят в России вследствие использования части этого диапазона ведомственными структурами. Решением этой проблемы является расширение до стандарта 802.11h, который несет так же некоторые изменения.

Стандарт IEEE 802.11b

Стандарт IEEE 802.11b предназначен для построения беспроводных локальных сетей в диапазоне 2,4 ГГц. Используется широкополосная модуляция с прямым расширением спектра (DSSS – Direct-Sequence Spread-Spectrum).

Определены четыре обязательные скорости 1, 2, 5,5 и 11 Мбит/с.

	11 Мбит/с	1 Мбит/с
В закрытых помещениях	30	90
В зоне прямой видимости	120	460

Стандарт IEEE 802.11g

Стандарт IEEE 802.11g является логическим развитием стандарта 802.11b и предполагает передачу данных в том же частотном диапазоне 2,4 ГГц, но с более высокими скоростями (до 54 Мбит/с). Кроме того, 802.11g полностью совместим с устройствами стандарта 802.11b. Используется

модуляция OFDM, заимствованная у стандарта 802.11a и метод двоичного пакетного сверточного кодирования (PBCC – Packet Binary Convolutional Coding).

Определены шесть обязательных скоростей 1, 2, 5,5, 6, 11, 12 и 24 Мбит/с и четыре необязательных – 33, 36, 48 и 54 Мбит/с. При увеличении скорости, дальность связи осталась прежней.

	54 Мбит/с	1 Мбит/с
В закрытых помещениях	30	90
В зоне прямой видимости	120	460

Стандарт IEEE 802.11n

Стандарт IEEE 802.11n является логическим объединением всех выше перечисленных стандартов 802.11a/b/g. Следовательно, работает в двух частотных диапазонах 2,4 ГГц и 5 ГГц. Используется модуляция OFDM с технологией многолучевого распространения MIMO (Multiple Input, Multiple Output – много входов, много выходов) предусматривающей применение нескольких передающих и принимающих антенн. Предусматривается использование как стандартных каналов шириной 20 МГц, так и широкополосных — на 40 МГц с более высокой пропускной способностью. За счет использования технологии MIMO и удвоению ширины канала теоретически может обеспечиваться скорость передачи до 300 Мбит/с. Дальность связи достигает лишь 100 метров.

Устройства стандарта 802.11n работают в трех режимах:

- наследуемом, в котором обеспечивается поддержка устройств 802.11b/g и 802.11a;
- смешанном, в котором поддерживаются устройства 802.11b/g, 802.11a и 802.11n;
- «чистом» режиме — только 802.11n.

Технология WiMAX

Технология WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access – международное взаимодействие для микроволнового доступа) основана на стандарте IEEE 802.16 и предназначена для организации единых широкополосных сетей в масштабах города (WMAN – Wireless Metropolitan Area Networks). Целью создания технологии является предоставление универсального беспроводного доступа для широкого спектра устройств (рабочих станций, бытовой техники систем “умный дом” и мобильных устройств) и их логического объединения в локальную сеть. Позволяет беспроводным сетям охватывать расстояния до 50 км и обеспечивает скорость передачи до 75 Мбит/с. Работает в диапазоне частот от 2 до 11 ГГц.

Существуют фиксированный (802.16d) и мобильный (802.16e) варианты технологии WiMAX. Основное различие состоит в том, что фиксированный WiMAX позволяет обслуживать только статичные абоненты, а мобильный ориентирован на работу с абонентами, передвигающимися со скоростью до 120 км/ч. Так же технологии различаются скоростью передачи: фиксированный – до 75 Мбит/с, мобильный – до 40 Мбит/с.



Технология ZigBee

Описание стандарта IEEE 802.15.4 и технологии ZigBee

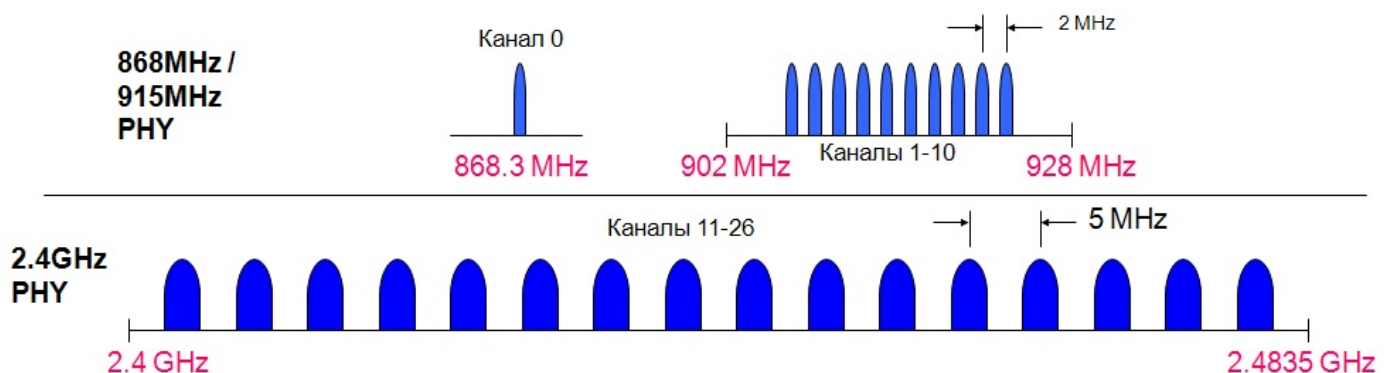
ZigBee является программной надстройкой стандарта IEEE 802.15.4. Первоначально стандарт IEEE 802.15.4 разработан для управления построения физического и канального уровней маломощных устройств низкоскоростной передачи данных на небольшие расстояния. Технология ZigBee может применяться для мониторинга, управления и считывания информации с датчиков, в домашней или промышленной автоматике, системах “Умный дом” и т.д. Предусматривает использование диапазонов 868/915 МГц или 2.4 ГГц. На частотных диапазонах 868/915 МГц используется двоичная фазовая модуляция (BPSK – Binary Phase Shift Keying), а на диапазоне 2.4 ГГц – квадратурная фазовая модуляция со сдвигом (O-QPSK – Offset Quadrature Phase-Shift Keying). Стандарт основан на полудуплексной передаче данных, то есть устройство может либо передавать, либо принимать данные с шифрованием AES 128.



Параметры стандарта IEEE 802.15.4

Рабочая частота, МГц	868	915	2400
Число каналов/ширина канала, МГц	1/-	10/2	16/5
Модуляция	BPSK	BPSK	O-QPSK
География расположения	Европа	США	Весь мир
Максимальная скорость передачи, Кбит/с	20	40	250
Выходная мощность, дБм	0 - 20		
Чувствительность, дБм	-92	-92	-95
Размер сети	65536 (16-битные адреса) 2^{64} (64-битные адреса)		

Стандарт 802.15.4 указывает следующие параметры радиосвязи: диапазон частот, тип модуляции, структура пакета, адресация, правила формирования контрольной суммы, способы предотвращения коллизий и т.д.



Стандарт состоит из набора слоев и уровней, соединенных между собой логическими связями. Каждый слой отвечает за выполнение определенного набора функций, а также предоставляет сервисы для вышестоящих уровней.

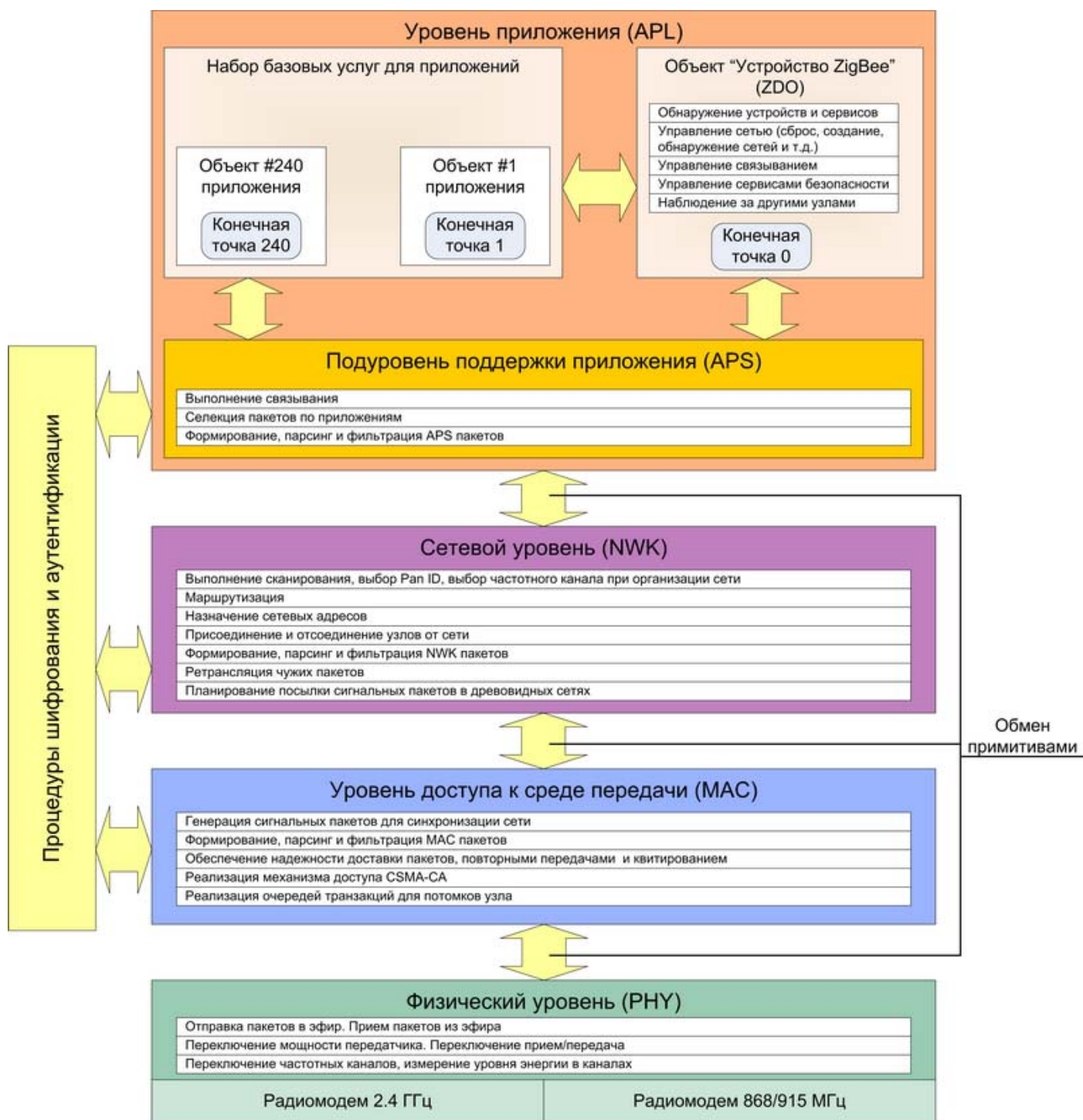
Структура слоев стандарта соответствует общепринятой семиуровневой модели взаимодействия открытых систем (OSI – Open Systems Interconnection). Стандарт описывает только два нижних уровня, а именно физический (PHY – Physical Layer) и уровень доступа к среде передачи (MAC – Media Access Control).

Физический уровень передачи данных описывает низкоуровневый механизм управления радиочастотным приемопередатчиком. Используемая на физическом уровне связка QPSK и DSSS (Direct Sequence Spread-Spectrum – прямое распределение в спектре) позволяет достигать высокую помехоустойчивость и очень малые потери данных в пакетах.

MAC уровень управляет доступом к беспроводной среде, отвечает за доступ к физическим каналам всех типов обращений вышестоящих уровней. На этом уровне имеется специальная схема предотвращения коллизий CDMA/CA (Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance — множественный доступ с кодовым разделением и избеганием коллизий), которая проводит проверку занятости канала перед первым выходом узла сети на передачу. Эта проверка осуществляется с помощью индикатора уровня принимаемого сигнала (RSSI – Received Signal Strength Indication). Только при условии, что канал свободен, узел сети инициирует передачу. Во всех других случаях передатчик будет предпринимать новые попытки связи через случайные интервалы времени. В дополнение к RSSI функционирует индикатор качества соединения LQI (Link Quality Indicator), который может использоваться для определения факта нарастания ошибок в принятых пакетах данных в результате ухудшения качества связи.

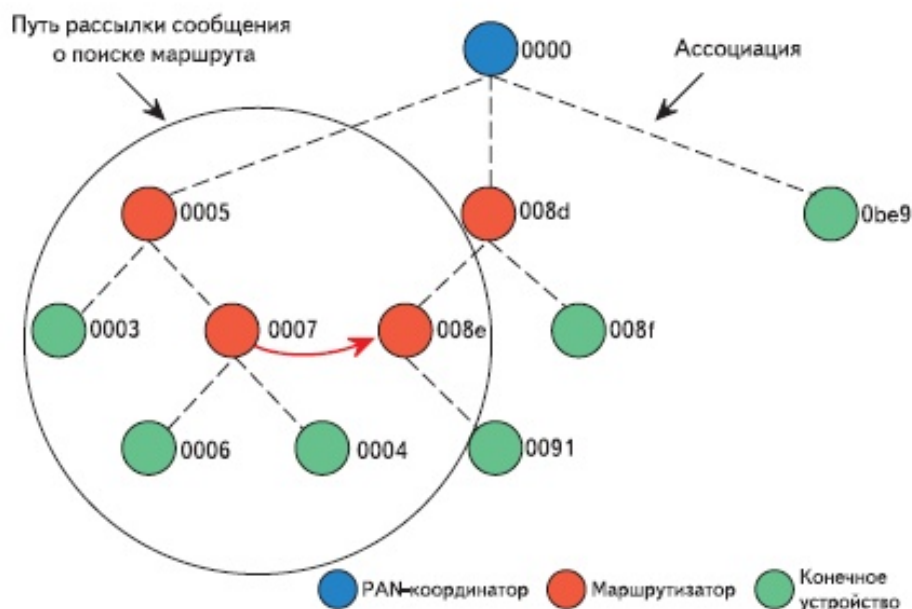
Устройства внутри сети подразделяются по назначению на три вида: координатор, маршрутизатор и конечное устройство. Конечное устройство – устройство с ограниченной функциональностью, обеспечивающее минимальный набор функций, за счет чего позволяющее экономить на энергопотреблении и комплектующих. Низкое энергопотребление обеспечивается спящим режимом узлов. Важной особенностью является то, что переход узла в спящий режим не сказывается на сохранении подключения. Маршрутизатор – устройство с полной функциональностью, обеспечивает функцию моста для пересылки данных от одного устройства к другому. Координатор – тот же маршрутизатор, организующий сеть и содержащий всю информацию о сетевых соединениях.

Выше MAC уровня располагается протокол ZigBee, который также использует несколько стратегий снижения взаимного влияния устройств друг на друга. Координатор при запуске проводит сканирование всех каналов и устанавливает тот канал, на котором была обнаружена наименьшая суммарная активность. Последующее функционирование протокола основывается на подтверждениях передачи пакетных данных, повторных передачах и системе адаптивной маршрутизации. Система адаптивной маршрутизации может обеспечивать альтернативные пути прохождения пакетов данных при наличии в сети временно или постоянно находящихся вне зоны видимости (отключенных, неисправных и т.д.) узлов. Для поиска альтернативных путей прохождения пакета через сеть протокол применяет алгоритм поиска маршрута, известный как вектор определения дистанции по требованию (AODV – On-Demand Distance Vector). Наличие AODV делает сеть гибкой, обеспечивая связь в случае повреждения узла или резкого ухудшения качества связи какого-либо ее участка. При обнаружении нескольких альтернативных путей связи с нужным узлом сети маршрутизатор использует данные нескольких индикаторов, включая таблицу обновлений LQI для выбора оптимального пути прохождения пакета с наименьшей вероятностью потери данных.



Структура ZigBee стека

Возможность адаптивной маршрутизации служит также и для другой важной цели – увеличение зоны покрытия сети. Достижимая дальность связи существенно зависит от уровня выходной мощности передатчика, наличия препятствий в среде передачи и информационных помех от других устройств. Адаптивная маршрутизация позволяет сетевой архитектуре постоянно изменяться: осуществлять переназначение узлов сети в режиме реального времени и быстро подключать новое оборудование. Удастся установить больше оптимальных путей между узлами сети, что улучшает условия передачи данных, уменьшает количество ретрансляций и обеспечивает снижение потребляемой мощности. В результате работы протокола ZigBee формируется смешанная полностью связанная самоорганизующаяся топология сети, получившая название Mesh-топология (англ. сетка).



Сеть Mesh-топологии

Использование адаптивной маршрутизации в сетях с Mesh-топологией все маршрутизаторы должны постоянно “слушать”, всегда “отвечать”; другими словами постоянно “жужжать” и быть готовыми к “Зигзагу” маршрута. Отсюда объяснение термина ZigBee: зигзаг (англ. Zig) и пчелы (англ. Bee). Благодаря трудолюбию каждой из пчел улья информация о всех зигзагах маршрута ее полета до цветочной поляны становится доступной всему улью.