

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:

АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.

Регистрационный ПИ № ФС77-82030

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:

А. В. ГОЛЫШКО, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ,
И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ,
С. Л. МИШЕНКОВ, О. А. РАЗИН

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН

Обложка: В. М. МУСИЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1

Тел.: (495) 607-31-18.

E-mail: ref@radio.ru

Приём статей — e-mail: mail@radio.ru

Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: advert@radio.ru

Распространение — (495) 607-77-28; e-mail: sale@radio.ru

Подписка и продажа — (495) 607-77-28

Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:

получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,
р/сч. 40703810538090108833

Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва

корр. счёт 3010181040000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 24.07.2023 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.

В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:

Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;

КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт редакция.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио®, 1924—2023. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»

142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.

Зак. 02230-23 .

Вещи обретают интерфейсы

Часть 1

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

*"Сегодня — это сегодня.
А вчера сегодня было вчера".*

**Камала Харрис,
вице-президент США**

Прошло почти 25 лет с тех пор, как впервые была сформулирована концепция Интернета вещей (Internet of Things — IoT). В общем виде читатели журнала уже познакомились с этим явлением в телекоммуникациях. Как выясняется, оно тянет за собой широкий спектр интерфейсных и протокольных решений.

В 1999 г. основателем исследовательской группы Auto-ID при Массачусетском технологическом институте (MIT) Кевином Эштоном была сделана презентация для руководства компании Procter&Gamble, в которой рассказывалось о том, как всеобъемлющее внедрение радиочастотных меток (RFID — Radio Frequency Identification) сможет видоизменить систему управления логистическими цепями в корпорации. RFID-метка — это метка идентификации, позволяющая идентифицировать объекты посредством радиосигналов. На неё можно нанести определённую информацию, а позднее считать специальным устройством.

В том же году был создан Центр автоматической идентификации (Auto-ID Center), занимающийся радиочастотной идентификацией и сенсорными технологиями, благодаря которому эта концепция и получила широкое распространение.

Официальное определение IoT приведено в Рекомендации Международного союза электросвязи МСЭ-Т Y.2060, согласно которому это глобальная инфраструктура информационного общества (GIS), обеспечивающая передовые услуги за счёт организации связи между вещами (физическими или виртуальными) на основе существующих и развивающихся совместимых информационных и коммуникационных технологий. Собственно, теперь вещью является абсолютно всё от каких-либо датчиков вплоть до человеческого тела, а коммуникационные технологии для передачи данных являются ключевым элементом всей конструкции IoT, что бы о ней ни говорили ИТ-корпорации или простые айтишники.

С развитием технологий автоматизации и существенным удешевлением микроэлектроники датчики всё чаще обретают дополнительный функционал за счёт использования микроконтроллеров в своей конструкции, что обеспечивает возможность обмена цифровой информацией с устройствами сбора данных и/или иными датчиками, в том числе с использованием шлюза/маршрутизатора.

МСЭ-Т предусматривает использование для IoT множества сетевых технологий — глобальных сетей, локальных сетей, беспроводных самоорганизующихся (ad-hoc) и ячеистых (mesh) сетей. Указанные сети связи переносят данные, собранные устройствами, к соответствующим программным приложениям, а также передают команды от программных приложений к устройствам.

Часто IoT противопоставляют технологии M2M (Machine-to-Machine — межмашинное взаимодействие) или считают, будто IoT — это исключительно беспроводной доступ, тогда как M2M может работать и по эфиру, и по проводам. Однако в общем виде M2M — это просто соединение и связь между

Dr.Web  Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».

www.drweb.com
Бесплатный номер службы поддержки в России:
8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»



РИНЕТ
БЛИЖЕ К ЛЮДЯМ

Телефон: +7(495)981-4571
E-mail: info@rinet.ru
Сайт: www.rinet.ru

двумя или более устройствами, которые могут осуществляться не обязательно через Интернет. По факту IoT базируется на технологии M2M, которая появилась раньше, чем IoT, и обе эти технологии очень похожи. Можно также сказать, что IoT — это общая сеть вещей, которая объединяет и устройства, и M2M-взаимодействия между ними.

Иногда также говорят, что IoT — это следующий уровень развития устройств, которые могут объединяться в сеть через Интернет или с помощью беспроводных технологий. Впрочем, если вы в Интернете, то вы и так уже в сети, объединившись со всеми остальными. Что же касается беспроводных технологий, то на самом деле у них нет никакого приоритета на IoT, поскольку проводные соединения замечательно работают на благо IoT, являясь к тому же наиболее защищёнными от всякого рода помех и нехороших людей, потому что для осуществления вмешательства необходимо получить физический доступ к кабелю.

Ну а самое простое объяснение того, что такое IoT, звучит так: это сеть, в которой общаются между собой не пользователи, а устройства. И если раньше к Интернету подключались компьютеры, ноутбуки, смартфоны и планшеты, то теперь к нему можно подсоединить практически любое устройство, куда вставлен, к примеру, процессор: смарт-часы, умные бытовые приборы и даже умные кроссовки с носками.

Архитектура IoT

Конечные устройства IoT — это объекты (собственно, вещи — Things) в Интернете вещей. Они играют роль интерфейса между реальным и цифровым мирами и принимают разные размеры, формы и уровни технологической сложности в зависимости от задачи, которую они выполняют в рамках конкретного развёртывания IoT.

Программное обеспечение IoT отвечает за связь, сбор данных, интеграцию устройств и за анализ данных в реальном времени. Также оно предоставляет возможности для визуализации данных и взаимодействия с системой IoT.

Уровень коммуникации включает в себя как решения для физического подключения (сотовая и спутниковая связь, LAN), так и специальные протоколы, используемые в различных средах IoT (ZigBee, Thread, Z-Wave, MQTT, LwM2M). Выбор подходящего коммуникационного решения — одна из жизненно важных частей при построении каждой IoT-системы. Выбранная технология будет определять не только способы отправки и получения данных из облака, но и способы связи со сторонними устройствами.

Устройства способны "ощущать", что происходит вокруг, и сообщать об этом пользователю через определённый канал связи. IoT-платформа — это место, где все эти данные собираются, анализируются и передаются пользователю в удобной форме. Платформы могут быть установлены локально или в

облаке. Выбор платформы зависит от требований конкретного проекта IoT и многих факторов: архитектура и стек технологий, надёжность, параметры настройки, используемые протоколы, аппаратная независимость, безопасность, эффективность, стоимость.

В 2012 г. произошли значительные изменения датчиков, что привело к ускорению рыночной готовности IoT, и для многих компаний это означало, что цифровая трансформация набирает обороты. Технологическое совершенствование сделало возможным появление МЭМС — микроэлектромеханических систем (миниатюрное устройство, изготовленное методом микрообработки как из механических, так и из электрических компонентов). Благодаря этому датчики уменьшились настолько, что их стало возможно фиксировать, например, на одежде.

Ну а теперь посмотрим, каким собственным образом умные носки могут продемонстрировать нам свой "ум".

Доступ по проводам

Итак, издавна самый надёжный, безопасный и простой способ передачи данных между устройствами — это физическое соединение кабельным/проводным каналом связи. Зачастую датчики штатно имеют в своей конструкции разъёмы Ethernet, обеспечивающие подключения в том числе и по оптическому каналу. Современные проводные сети используют, как правило, витую пару и порты стандарта RJ-45, а также стандарты:

- IEEE 802.3u с максимальной пропускной способностью 0,1 Гбит/с;
- IEEE 802.3ab с максимальной пропускной способностью 1 Гбит/с и др.;
- IEEE 802.3ap с максимальной пропускной способностью 10 Гбит/с, разъём SFP+.

Указанные выше стандарты сохраняют свои характеристики при длине медного кабеля до 100 м, а с оптическим кабелем расстояния могут быть гораздо больше.

В 1990 г. выпускник MIT, один из отцов протокола TCP/IP Джон Ромки создал первую в мире интернет-вещь, подключив к сети свой тостер. Ну а в технологичном доме Билла Гейтса, как писали в СМИ, через Интернет работала кофеварка.

PLC

Провода бывают не только телекоммуникационные, что давно привлекало внимание связистов. Возможность передачи данных по линиям электропередачи обеспечивает постоянно совершенствующаяся технология PLC (Power Line Communication). Опять же электропитание берётся не из аккумуляторов или гальванических элементов, а непосредственно из физической среды. В общем, кое-что из семейства PLC может пригодиться и для IoT.

Существует несколько вариантов классификации PLC-систем. Во-первых, технологии передачи данных по электросетям принято разделять на широкополосные (Broadband over

Power Lines — BPL) и узкополосные (Narrowband over Power Lines — NPL). Широкополосные системы (со скоростями до 1 Гбит/с) ориентированы на системы высокоскоростного доступа к Интернету, на создание домашних компьютерных сетей, а также на приложения, требующие высокоскоростного обмена данными: потоковое видео, системы видеоконференцсвязи, цифровой телефонии и т. д. Узкополосные (низкоскоростные) системы ориентированы на использование в средствах домашней автоматизации, в управлении простейшими бытовыми приборами и т. д. В этом случае достаточно значительно меньшей пропускной способности канала (0,1...100 кбит/с). Для конечного пользователя более близка классификация по назначению, по сути, по области применения. Используется также классификация PLC-систем по типу используемых линий электропередачи.

X-10

Технология X-10 была разработана ещё в 1978 г. с участием одноимённой компании и предназначалась для реализации дистанционного управления простейшими бытовыми приборами. Для передачи цифровых данных в этой технологии используется амплитудно-частотная манипуляция. Предусматривается передача радиопульсов с частотой заполнения 120 кГц, генерируемых в моменты перехода переменного напряжения частотой 50/60 Гц через нуль (при этом скорость передачи данных на физическом уровне составляет 50/60 бит/с). Такая схема кодирования выбрана не случайно, поскольку при нулевом значении напряжения, как правило, уровень помех уменьшается, а также снижается влияние других устройств, подключённых к электросети.

До сих пор контроллеры и адаптеры, использующие эту технологию для управления бытовыми приборами, выпускаются многими компаниями США и Европы.

CEBus

Стандарт CEBus (Consumer Electronic Bus — шина потребительской электроники) был утверждён в сентябре 1992 г. и продвигается Альянсом электронной промышленности EIA (Electronic Industries Alliance), объединяющим производителей электронного оборудования с целью разработки единых электрических и функциональных спецификаций интерфейсного оборудования. В стандарте предусмотрена передача данных с использованием проводов бытовой электросети, витой пары или коаксиального кабеля, а также беспроводная передача в радио- или инфракрасном диапазоне частот. Скорость обмена данными не зависит от выбранной среды передачи данных и составляет в среднем 7,5 кбит/с. В стандарте CEBus был использован метод передачи данных с расширением спектра (Spread Spectrum — SS).



LonWorks

Стандарт LonWorks, принятый институтом ANSI (American National Standards Institute) в 1999 г., ориентирован на использование в распределённых системах автоматизации зданий, транспортных сетях, системах автоматизации промышленных предприятий. В качестве физической среды передачи в технологии LonWorks предусмотрено использование электропроводки, витой пары, коаксиального кабеля или радиоканала. LonWorks базируется на применении технологии узкополосной передачи данных. В ней реализованы улучшенная цифровая обработка сигналов, эффективный механизм коррекции ошибок и оригинальный алгоритм выбора альтернативных несущих частот. Максимальная скорость передачи данных в сети LonWorks составляет 1,25 Мбит/с. Протокол LonTalk, лежащий в основе технологии LonWorks, обеспечивает возможность создания сетей с практически неограниченным числом узлов и ориентирован на решение задач автоматизации, когда необходимы высокие надёжность и скорость передачи данных.

Впрочем, вернёмся к Кевину Эштону и концепции IoT, которая началась-таки с RFID и с тех пор успела серьёзно расплодиться.

RFID

RFID подразумевает, что снабжённые этой технологией объекты распознаются с помощью радиосигналов. Специальные RFID-метки (транспондеры или теги) появились в 40-х годах XX века, запатентованы были в 80-х и состоят из микрочипа для записи и хранения информации, а также антенны для связи между транспондером и внешним RFID-оборудованием. RFID-метка защищена от внешних воздействий специальной оболочкой и заключена в миниатюрный пластиковый корпус с креплениями к объекту.

На транспондер записываются:

— уникальный номер — EPC (Electronic Product Code) или UUI (Unique Item Identifier — уникальный идентификатор объекта по различным стандартам ISO/IEC), по которому идентифицируется объект;

— дополнительные сведения — аналог штрих-кодов символики EAN-128 или стандарта ANSI MH 10.8.2;

— пароль для доступа к транспондеру или его обнуления.

EPC — это ещё и электронный код продукта, и способ нумерации каждого изделия, упаковок, документов или ячеек для их хранения по стандарту ISO/IEC 18000-6. Его использует EPCglobal GS1 — организация, которая занимается стандартизацией и продвижением маркировки ТМЦ (торгово-материальных ценностей).

Работает RFID-технология по следующему алгоритму:

— с помощью специализированного оборудования на радиометку записываются идентификационные данные;

— радиометка крепится к объекту;

— RFID-считыватель связывается с транспондером, при передаче сигнала устройство генерирует электромагнитное поле, которое через антенну наводит электропитание на микрочип радиометки;

— радиометка "просыпается" и отвечает на запрос, посылая через антенну радиосигнал с записанными в ней данными на приёмопередатчик (этот процесс называется обратным рассеиванием или backscatter);

— RFID-считыватель принимает отправленный радиометкой сигнал, принятые данные обрабатываются предустановленным программным обеспечением;

— полученная информация передаётся на компьютер, оснащённый специализированным софтом.

Радиометка не обязательно должна находиться в границах прямой видимости RFID-считывателя. RFID-системы классифицируются по размеру зон считывания данных: ближней — до 20 см; средней — от 20 см до 5 м; дальней — от 5 до 300 м. Все транспондеры, которые используются в системах RFID, работают на определённых частотах по регламентированному протоколу в соответствии с едиными международными стандартами, содержащими их описание.

Широко распространённая группа стандартов RFID — ISO/IEC 18000 охватывает радиочастотные полосы в диапазоне от 125 кГц до 2,45 ГГц. Поддерживаются как пассивными (в основном) — без собственного источника питания, так и активными (реже) — с миниатюрной батареей радиометками, транслирующими сигнал на дистанции от 20 см до нескольких десятков метров. Существует ещё ряд стандартов для радиометок, размещаемых на животных, в банковских и транспортных картах и пр. Существует и ряд фанатов этого направления, вжививших подобные чипы (к примеру, для животных) в своё тело, что очень помогает им бесконтактным образом открывать двери, включать свет и в целом считать себя киборгами из будущего. Ну а теперь о ближайших родственниках RFID, которые часто берут на себя решение задач для радиометок.

NFC

NFC (Near Field Communications или ISO 14443) — технология беспроводной передачи данных малого радиуса действия, предоставляющая возможность обмена данными между устройствами, находящимися на расстоянии около 10 см, анонсирована в 2004 г. Особенность этой технологии — отсутствие постоянного соединения.

NFC полностью совместим с системой меток RFID и применяется в основном для считывания данных со смарт-карт, смартфонов, смарт-часов и прочих носимых с собой устройств для осуществления бесконтактных платежей, идентификации и прочих задач, требующих краткосрочного соединения. Считыватель NFC одновременно может работать только с одним источником данных на расстоянии не более 0,2 м. Скорость установки соединения — менее 0,1 с.

Bluetooth

Bluetooth (IEEE 802.15.1) — всем известный распространённый стандарт, обеспечивающий обмен информацией между периферийными устройствами ПК (POS-терминалы, клавиатуры, принтеры и прочие устройства), мобильными (мобильные телефоны, планшеты и пр.) и носимыми устройствами (смарт-часы, трекеры, гарнитуры) в диапазоне 2,402...2,48 ГГц. Протокол относится к беспроводным персональным сетям (Wireless Personal Area Network — WPAN).

Изначально Bluetooth позволял устройствам осуществлять обмен данными, когда они находились в радиусе до 10 м друг от друга (что сильно зависит от преград и помех). Скорость установления соединения — от 5 с.

В последней версии стандарта Bluetooth 5.0, разработанной специально для IoT устройств и представленной в 2016 г., скорость передачи данных увеличивается до 6,25 Мбит/с, а расстояние — до 240 м (в идеальных условиях) и, что важно, при большей энергоэффективности, по сравнению с предыдущими версиями стандарта. Технические вещи могут выбирать между большей скоростью или большей дальностью, причём оба варианта обеспечивают низкое энергопотребление. Что касается большой дальности, то, очевидно, в этом у IoT объективно существует самая большая потребность.

Все приведённые выше усовершенствования Bluetooth относятся к спецификации Bluetooth Low Energy (BLE), которая была введена начиная с Bluetooth 4.0. Технология BLE предназначена для снижения энергопотребления периферийных устройств.

ZigBee

Когда не требуется какой-либо значительной дальности связи, спецификация ZigBee — пожалуй, наиболее продвинутая надстройка к стандарту IEEE 802.15.4. Сети ZigBee IEEE 802.15.4-2006 обладают рядом преимуществ:

— благодаря ячеистой (mesh) топологии и специальным алгоритмам маршрутизации сеть ZigBee обеспечивает самовосстановление и гарантированную доставку пакетов в случаях обрыва связи между отдельными узлами (появления препятствия), перегрузки или отказа какого-то элемента;

— предусматривает криптографическую защиту данных, передаваемых по беспроводным каналам, и гибкую политику безопасности;

— устройства ZigBee отличаются низким электропотреблением, в особенности конечные устройства, для которых предусмотрен режим сна, что позволяет этим устройствам работать до трёх лет от одного элемента типоразмера AA и даже AAA;

— сеть ZigBee — самоорганизующаяся, её структура задаётся параметрами профиля стека конфигурирования и формируется автоматически путём присоединения (повторного присоеди-

нения) к сети образующих её устройств, что обеспечивает простоту развёртывания и лёгкость масштабирования путём простого присоединения дополнительных устройств;

— устройства ZigBee компактны и имеют относительно невысокую стоимость (стоимость модуля ZigBee на порядок меньше, чем модема Wi-Fi).

Связь в сети ZigBee осуществляется путём последовательной ретрансляции пакетов от узла источника до узла адресата. В сети ZigBee предусмотрено несколько альтернативных алгоритмов маршрутизации, выбор которых происходит автоматически.

Стандарт предусматривает возможность использования каналов в нескольких частотных диапазонах. Наибольшая скорость передачи и наилучшая помехоустойчивость достигаются в диапазоне от 2,4...2,48 ГГц. В этом диапазоне предусмотрены 16 каналов с полосой до 5 МГц. Максимальная скорость передачи данных — 250 кбит/с (средняя — от 5 до 40 кбит/с).

Расстояние между рабочими станциями сети составляет десятки метров внутри помещений и сотни метров на открытом воздухе. За счёт ретрансляций покрываемая сетью зона может быть весьма значительной: до нескольких тысяч квадратных метров в помещении и до нескольких гектар на открытом пространстве. К тому же сеть ZigBee в любой момент может быть расширена добавлением новых элементов или, наоборот, разбита на несколько зон.

Задержки передачи сигнала ZigBee намного меньше, чем у Bluetooth (несколько секунд), и составляют 30 мс, что примерно равно времени от нажатия выключателя и появления света в люстре. Говорят, в связи с этим в последнее время Bluetooth стал меньше использоваться в системах "умный дом".

Z-wave

Z-Wave — распространённый радиопrotocol передачи данных, предназначенный для домашней автоматизации.

Характерной особенностью Z-Wave является стандартизация от физического уровня до уровня приложения. То есть протокол покрывает все уровни OSI классификации, что позволяет обеспечивать совместимость устройств разных производителей при создании гетерогенных сетей.

Протокол Z-Wave был разработан для квартир и небольших домов. Обычно такие системы содержат от 5 до 100 устройств. Основная особенность Z-Wave состоит в том, что он относится к формату сделай сам (DIY), т. е. установку и настройку системы владелец жилья может сделать самостоятельно. Поддерживает до 232 устройств в одной сети, что более чем достаточно для любого "умного дома".

Передача данных осуществляется на частотах 869 МГц (Россия), 868,42 МГц (Европа, страны СЕПТ, Китай, Сингапур, ОАЭ, ЮАР), 908,42 МГц (США, Мексика), 921,42 МГц (Австралия, Бразилия, Новая Зеландия), 919,8 МГц (Гонконг), 865,2 МГц (Индия), 868,2 МГц (Малайзия), Япония (951...956 МГц и 922...926 МГц). Модуляция — FSK (частотная манипуляция). Скорость передачи — 42 кбит/с, 100 кбит/с и 9,6 кбит/с (для совместимости со старыми устройствами). Скажность — не более 1 %. Предельная мощность передатчика — 1 мВт.

Сигналы Z-Wave могут распространяться на расстояние до 100 м на открытом воздухе, но в многоэтажных домах они сокращаются до 15 м с препятствиями или до 30 м без препятствий.

На самом деле семейство технологий для домашней автоматизации старше, чем IoT, весьма обширно (X10, Insteon, UPB, Tread и пр.) и, дабы оно не увело нас куда-то в сторону, ограничимся сказанным.

MQTT

Протокол Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) — это протокол обмена сообщениями по шаблону издатель—

подписчик (pub/sub). Первоначальную версию в 1999 г. опубликовали Энди Стэнфорд-Кларк из IBM и Арлен Ниппер из Cirrus Link. Они рассматривали MQTT как способ поддержания связи между машинами в сетях с ограниченной пропускной способностью или непредсказуемой связью. Одним из первых вариантов его использования было обеспечение контакта фрагментов нефтепровода друг с другом и с центральными звеньями через спутники.

MQTT стал протоколом для потоковой передачи данных между устройствами с ограниченной мощностью CPU и/или временем автономной работы, а также для сетей с дорогой или низкой пропускной способностью, непредсказуемой стабильностью или высокой задержкой. Именно поэтому MQTT известен как идеальный транспорт для IoT. Он построен на протоколе TCP/IP, но есть ответвление MQTT-SN для работы по Bluetooth, UDP, ZigBee и в других сетях IoT, отличных от TCP/IP.

Система связи, построенная на MQTT, состоит из сервера-издателя, сервера-брокера и одного или нескольких клиентов. Издатель не требует каких-либо настроек по числу или расположению подписчиков, получающих сообщения. Кроме того, подписчикам не требуется настройка на конкретном издателя. В системе может быть несколько брокеров, распространяющих сообщения. Всякий раз, когда у издателя есть новые данные для распространения среди клиентов, сообщение сопровождается примечанием контроля доставки. Клиенты более высокого уровня могут получать каждое сообщение, в то время как клиенты более низкого уровня могут получать сообщения, относящиеся только к одному или двум базовым каналам, отвечающим в нижней части иерархии. Это облегчает обмен информацией объёмом от 2 б до 256 Мб.

В следующий раз продолжим рассказ о том, что в IoT было вчера и что ожидает нас сегодня—завтра.