



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ



Р.Р. Фаткиева

Введение. Основные понятия IoT

Конспект лекций

СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2021 г.





1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Основные понятия и определения «Интернета вещей»

Пандемия COVID-19 стремительно трансформировала роль медицинских технологий в сфере здравоохранения и показала, что подключение инфраструктуры медицинских устройств, программных приложений и услуг позволяет достигнуть лучших результатов в лечении, а также оптимизировать уход за пациентами из удаленных мест. Современное развитие медицинских технологий производит широкий спектр продуктов для мониторинга состояния и диагностики пациентов, которые основаны базе Интернета вещей. Под Интернетом вещей (IoT) понимается:

-концепция вычислительной сети физических предметов («вещей»), оснащённых встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой, рассматривающая организацию таких сетей как явление, способное перестроить экономические и общественные процессы, исключаящее из части действий и операций необходимость участия человека [1].

Другое определение дано в [2, 3]:

-сеть сетей уникально идентифицируемых объектов, осуществляющих интеллектуальное взаимодействие без человеческого вмешательства через IP-подобные соединения.

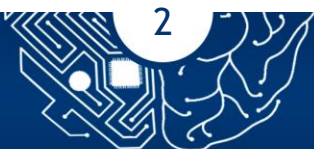
Объединяя эти два определения, уточним понятие в предметной области:

Интернет медицинских вещей (англ. Internet of Medical Things, IoMT) - это концепция сети, объединяющей «подключённые устройства» и приборы, которые отслеживают состояние организма человека и окружающей его среды, включая приборы, способные интерактивно влиять на профилактический, лечебный и реабилитационный процессы.

Поскольку все определения содержат понятия Интернет и сетевых соединений, то определение можно записать в виде символической формулы [4]:

$\text{IoT} = \text{Вещи, с подключенными датчиками} + \text{Данные} + \text{Сети} + \text{Услуги}$

В рекомендациях Y.2060 Международного союза электросвязи, получивших название Overview of the Internet of Things, под *вещью*



понимается предмет физического или виртуального мира, который может быть идентифицирован и подключён к сетям связи. Устройством в контексте IoT называется элемент оборудования, который обладает обязательными возможностями связи и может производить измерения, срабатывать при определённых условиях, вводить, хранить и обрабатывать данные (Рис. 1.1).

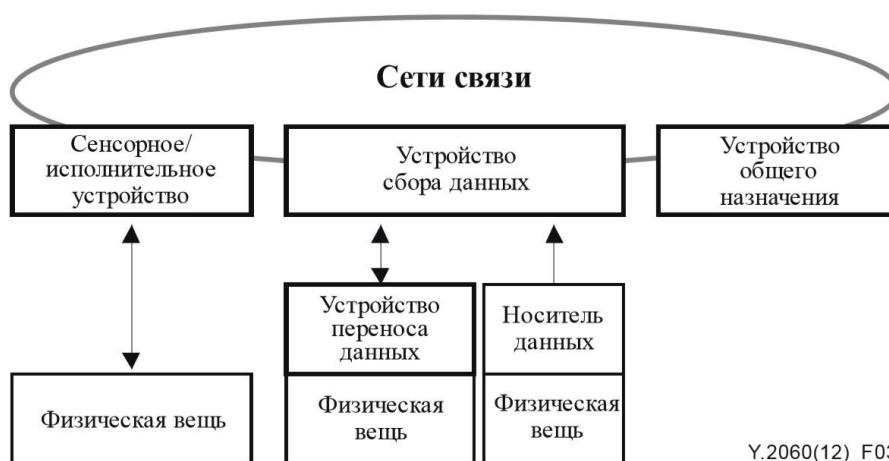


Рис. 1.1

Самым главным элементом «вещи» является датчик (сенсор), который снимает различные показания и передает их через сети в устройство сбора данных для анализа и формирования управляющего воздействия. Формирование управляющего воздействия выполняет актуатор (сенсорное исполнительное устройство, например инсулиновая помпа). Однако для их взаимодействия необходимы сети, которые позволяют передавать данные от датчика к устройству сбора и анализа (серверу, содержащему вычислительное ядро и программный код, позволяющие сформировать управляющее воздействие) и актуатор, приводящий в действие данное управляющее воздействие. В некоторых случаях вычислительное ядро и программный код может располагаться непосредственно на актуаторе.

При это Интернет вещей может содержать сетевые соединения, организованные как по стеку протокола TCP/IP, так и с использованием других видов сетей, например, сетей межмашинного взаимодействия (2M2) или частных виртуальных сетей. Связано это с необходимостью обеспечения заданного уровня информационной безопасности, поскольку чем критичнее системы мониторинга используемые в данной технологии, тем более закрыта должна быть система.



В свою очередь возможность мониторинга текущей ситуации приводит к росту Больших данных, что позволяет увеличить как масштаб анализа ситуационного управления и лучше проработать риски в долгосрочной перспективе.

К преимуществам использования технологий IoT можно отнести:

- переход от косвенных показателей непосредственно к измерениям;
- ситуационное управление в режиме реального времени;
- сбор сопутствующей информации о системе;

Совокупность перечисленных характеристик позволяет осуществить построение рекомендательных и упреждающих систем, а также расширению понятия мониторинга объекта с созданием его цифровой копии, так называемого цифрового двойника. Таким образом развитие IoT носит мультипликативный эффект.

Термин IoT был придуман предпринимателем Кевином Эштоном (центр Procter & Gamble) Кевин Эштон предложил использовать для оптимизации логистики корпорации радиочастотные метки (radio-frequency identification, RFID).), которые позволили связывать объекты. Впервые он использовал фразу «Интернет вещей» в презентации 1999 года, и с тех пор она стала популярной. Рассмотрим хронологию развития IoT, представленную в Таблица 1.

Таблица 1

Год	Этап
1982	Марио У. Кардулло подал патент на первую радиочастотную метку
1990	На выставке Interop представлен тостер Sunbeam Deluxe, который можно включать через Интернет.
1989-1996	Подключенный к сети автомат с лимонадом Coca-Cola
1998	Дальнейшее подключение устройств к сети. LG создает первый холодильник с подключением к интернету.
1999	Появление организации Bluetooth SIG
2004	Внедрение радиочастотных меток в систему управления логистическими цепями в корпорации Procter & Gamble





2005	Scientific American опубликовала статью, посвященную «Интернету вещей» (домашняя автоматизация, с объединением устройств и «вещей» в единую вычислительную сеть, обслуживаемую Интернет-протоколами)
2008	Отчёт Национального разведывательного совета США в котором технология фигурирует как одна из шести подрывных технологий, которая позволяет заметно повысить риски в сфере национальной информационной безопасности.
2009	Появление первого IoT-сообщества IPSO Alliance, целью которого было содействие подключению вещей к Интернету
2009	Аналитики корпорации Cisco заявили, что количество подключённых к глобальной сети устройств, превысило численность населения Земли
2009	Google тестирует беспилотные технологии Toyota Prius на скоростных автомагистралях Калифорнии. St. Jude Medical создает беспроводной кардиостимулятор, с помощью которого можно удаленно следить за пациентом.
2013	Выход Google Glass. Intel формирует свое IoT-отделение. Amazon анонсирует сервис доставки дронами.
2014	Количество мобильных устройств превысило численность населения Земли. Google покупает Nest за 3,2 млрд, долл. США, представляет прототип беспилотного авто и сообщает, что работает над контактными линзами, которые смогут измерять количество глюкозы в крови
2014	Cisco, GE, AT&T, Intel и IBM формируют Международный консорциум промышленного интернета и создают стандарты IoT. Amazon выпускает Echo для участников программы Amazon Prime. Samsung покупает SmartThings.





2016	G.M. инвестирует 500 миллионов долл. США в Lyft. Cisco покупает Jasper. Apple выпускает HomeKit. Alphabet выпускает Google Home.
------	--

1.2 Современное состояние и перспективы развития

Использование IoT экономически выгодно во многих отраслях, таких как производство, логистика и др. Например в производстве происходит повышение экономической эффективности за счет увеличения автоматизации рутинных операций, а также уменьшении времени реакции при возникновении той или иной неисправности. Это позволяет не только снизить риски при принятии неправильных решений, но и увеличить прибыль компаний. Если рассматривать рынок по отраслям, то в электроэнергетике под определение IoT обычно попадают «умные» или «интеллектуальные» сети (smart grids) и счетчики (smart meters), которые позволяют более оптимально планировать загрузку генерирующих мощностей и их объем. В производстве используются системы управления активами класса АСУТП, позволяющие осуществлять оперативный мониторинг. Наибольшее развитие IoT получил в автомобильном транспорте благодаря распространению смартфонов и приложений, позволяющих оптимизировать маршрут передвижения, такие как системы мониторинга загруженности дорог на картах Яндекс, Google и др. а также приложения, которые полностью изменили рынок такси в крупных городах Uber, Яндекс Такси, Get Taxi и др.

Предпосылками к применению IoT в медицине служат [5]:

- высокая и неэффективная загрузка среднего медперсонала;
- высокая текучесть кадров;
- необходимость учета и контроля лекарственных препаратов и оборудования (сроки годности, прием и т д).
- отсутствие механизмов мониторинга течения заболевания у пациентов вне стационара.

Распространение технологии IoT стало возможно благодаря технологическим трендам:

- снижение стоимости производства элементной базы и вычислительных мощностей (сенсоров, процессоров, памяти и систем хранения данных);



- миниатюризация сенсоров;
- снижение издержек по обработке данных, в том числе и снижение стоимости передачи данных;
- использование стандартных IT решений, благодаря чему развитие «облачных» технологий и технологий больших данных становятся доступными, несмотря на постоянное увеличение объема поступающей информации;
- повышение значимости владения информацией с одной стороны и доступности получения знаний и технологий за счет использования знаний Всемирной паутины и возможности обращения к экспертному сообществу;
- повышение производительности труда за счет автоматизации.

Тенденции по росту объема рынка, подключенных вещей представлена на Рис. 1.2. Общая установленная база подключенных к IoT устройств во всем мире к 2025 году составит 30,9 млрд единиц, что значительно превышает число 13,8 млрд единиц, которые ожидаются в 2021 году [6]. Суммарная доля использования технологий Wi-Fi, Bluetooth и Zigbee в общем числе средств соединения составит к 2030 г. 72%. Количество соединений в публичных сетях достигнет 4,7 млрд (почти четырехкратный рост), что будет составлять 20% от общего числа. Доля частных сетей постепенно сократится до 8% с нынешних 10%. Лидерство по числу подключенных устройств останется у потребительского сектора, на который придется 65%.

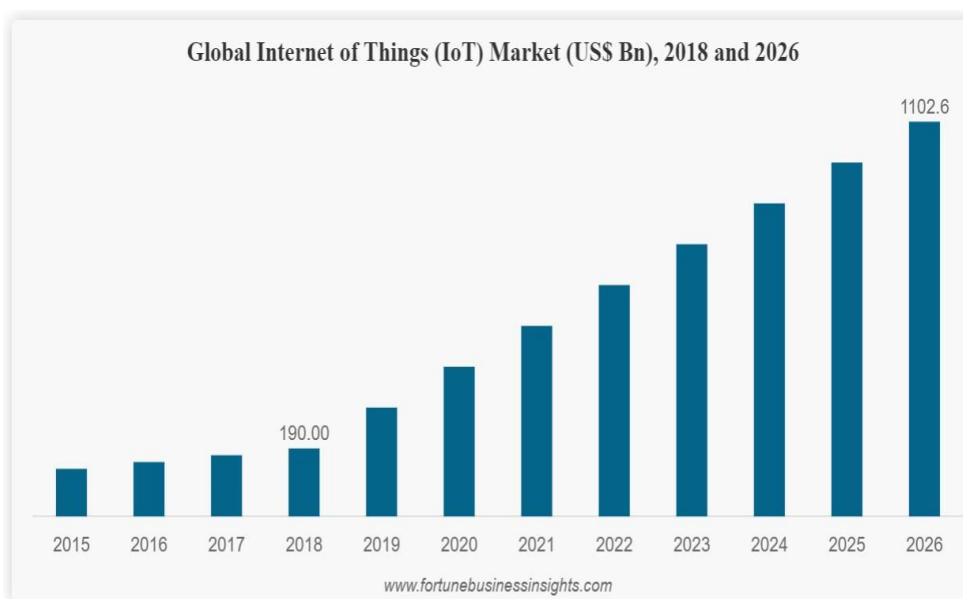


Рис. 2.2 Прогноз объёма рынка IoT в 2018-2026. Источник: Fortune Business Insights



Актуальность развития IoT технологий подтверждается данными аналитического обзора «Тренды развития искусственного интеллекта в медицине» сентябрь 2020 ГБУ «Агентство инноваций города Москвы [7], которые показали, что 78% медицинских организаций уже внедряют или планируют внедрять IoT-решения на базе искусственного интеллекта, 93% организаций называют искусственный интеллект и IoT одним из наиболее важных приоритетов развития, 62% организаций планировали инвестировать более \$1млн в развитие решений в 2020 году.

В первую тройку внедрения вошли системы автоматизации за счет использования электронных карт и систем мониторинга данных пациентов, а также использование систем поддержки принятия решений для анализа изображений и диагностики (Рис. 1.3).



Рис. 3.3 [7] Источник: Аналитический обзор «Тренды развития искусственного интеллекта в медицине». Сентябрь 2020 ГБУ «Агентство инноваций города Москвы»

Если рассматривать по сферам деятельности, то наибольшие успехи во внедрении достигнуты в области автоматизации рутинных операций, системах диагностики и поддержки решений для врачей, а также обеспечении безопасности при передаче персональных данных пациентов (Рис. 1.4).





Рис. 4.4 [7] Источник: Аналитический обзор «Тренды развития искусственного интеллекта в медицине». Сентябрь 2020 ГБУ «Агентство инноваций города Москвы»

Отстает в развитии применение технологии IoT в области лечения пациентов и разработки новых лекарственных препаратов. Дальнейшее направление исследований целесообразно посвятить развитию систем персонализированной медицины, в том числе с применением технологий цифровых двойников, что позволит осуществить подбор индивидуальной терапии и средств реабилитации.

Рассмотрим ключевые направления IoT в медицине:

Визуализация и диагностика. Улучшение качества диагностики за счет формирования набора характеристик, отклонения от которых свидетельствует о нарушении функционирования того или иного органа. Например, оценка снимков благодаря распознаванию изображений (лучевая диагностика, биометрия, распознавание мелких изменений кожи, сетчатки глаз) позволяет выявить те или иные нарушения, которые не всегда визуально можно выявить традиционными методами.

Поддержка решения врача. Система поддержки принятия врачебных решений позволяет проанализировать течение болезни, на основании динамики которой сформировать предварительный диагноз и предложить лечение и/или комплекс профилактических мероприятий.



Риск-анализ позволяет осуществить анализ тысячи параметров с возможностью поиска отклонений и нарушений, для выявления риска некорректной диагностики или лечения пациента.

Новые лекарства. Разработка технологий доставки лекарственных средств, позволяет сократить издержки на разработку. Системы контролируют жизненно важные показатели человека и регулируют количество вводимого лекарства. Прогнозируемые уровни введения лекарственных средств, установленные на основе личных данных пациента, помогают избежать потенциальных рисков.

Клинические испытания с оценкой результатов и формированием больших данных позволяет сформировать массив со сложной статистикой. Это дает возможность организовать динамический мониторинг за клиническими испытаниями, и строить мета исследования.

Прогноз эпидемий позволяет предсказывать эпидемиологическую ситуацию, причем не только на основе исторических данных, но также на основе данных, полученных с датчиков систем мониторинга состояний пациента и лиц с ним контактировавших.

Уход за пациентом. IoT-устройства могут быть полезным в системе мониторинга за состояние здоровья (пульсом, давлением движением глаз), с периодическим напоминанием о приеме лекарств и опросом состояния здоровья, с передачей информации медицинскому персоналу.

Учет больничного оборудования и ресурсов. Если медицинские инструменты и имущество длительного пользования снабдить датчиками, а стационарные считыватели обязать собирать информацию о местонахождении этих активов и их состоянии (например с помощью RFID-меток), то можно своевременно выявлять сокращение запасов, поломку оборудования или наличие просроченного или отозванного препарата.

Контроль и обеспечение безопасности лекарственных препаратов дает возможность контролировать время приема. Например компания Otsuka разработала цифровую систему Abilify MyCite, основой которой является таблетка арипипразола (нейролептик используется для лечения различных психических расстройств и расстройств настроения), внедренная с проглатываемым датчиком, который включается при переваривании и передает данные в носимый MyCite Patch.





№	Приложения	Вариант реализации	Получаемые выгоды
1.	Мониторинг хронических заболеваний	Носимые датчики	Упреждающие манипуляции и прогнозирование состояния Снижение стоимости лечения
2	Соблюдение курса лечения	Напоминания и алармы посредством сообщений, email, мобильных приложений	Увеличение удовлетворенности пациентов
3	Доступ к медицинской информации	Электронная медицинская карта (phr/ehr)	Прогнозирование состояния Снижение стоимости лечения
4	Взаимодействие между персоналом	Web-технологии	Возросшая доля самоуправления Снижение стоимости лечения
5.	Индивидуальные программы по реабилитации	Системы мониторинга питания, физической активности, качества жизни, основанные на Web-технологиях	Улучшенное здоровья и процесс реабилитации • возросшее качество жизни • снижение нагрузки на родственников и медперсонал по уходу • улучшенное взаимодействие между врачом, пациентом, родственниками и медперсоналом по уходу

1.3 Архитектура IoT

На Рис. 1.5 [8] представлена архитектура IoT платформы, однако до сих пор общепринятой архитектура Интернет вещей нет, рассмотрим основные принципы ее функционирования:

Локальный IoT. От датчиков сигнал поступает на микропроцессор (MCU) для первичной обработки или анализа. В некоторых случаях этого достаточно для обработки и формирования последующего управляющего воздействия, это так называемые *периферийные вычисления*. Например, увеличение дозы и/или поступления лекарственного препарата при обострении хронического заболевания. В этом случае решение принимается в пределах локального подключенного устройства, либо локальной вычислительной сети IoT, то есть осуществляется на базе персональных коммуникаций. Если подключенных устройств несколько, то возможно также установить связь между ними. Для



передачи между устройствами используются протоколы Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, 4/5G и др.

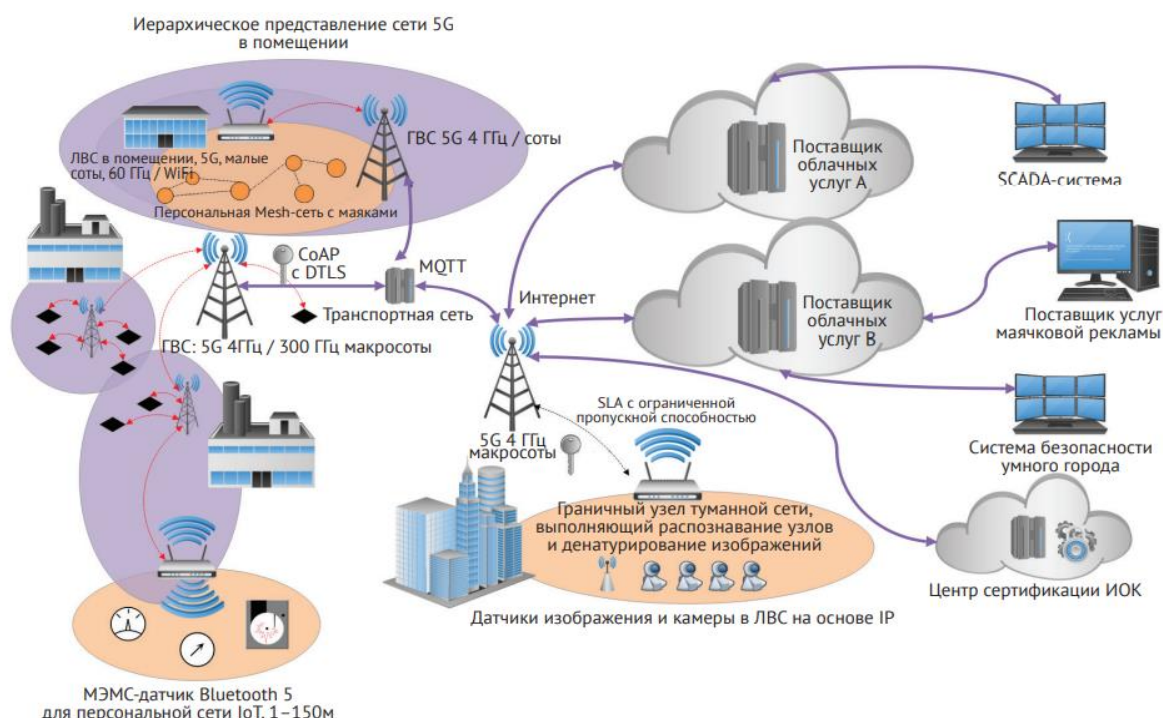


Рис. 5.5 [8]

Традиционная схема подключения IoT. Используется случае, когда возникает необходимость передачи показаний от датчиков в облако для дальнейшей обработки. Передача данных требуется для формирования статистических данных о функционировании объекта для последующего анализа (мониторинг, Big Data) или при формировании определенного управляющего воздействия из пула управляющих воздействий за счет использования механизмов оркестровки для формирования этого воздействия. В этом случае для передачи данных чаще всего используются стек протоколов TCP/IP. В зависимости от загруженности сети и целевого назначения системы IoT, в частном случае первичную обработку полученных данных можно организовать на шлюзах передачи данных, используя *технология туманных вычислений* (Туманные вычисления (. Fog computing) — разновидность архитектуры вычислений горизонтального типа, используемая для выполнения объемных вычислений, хранения и обработки данных внутри сети облачных сервисов и конечных устройств локально и через Интернет).



Следующим устройством на пути передачи и обработки данных является поставщик облачных устройств (в зависимости от назначения системы обработка может осуществляться на сервере, в облаке, или системе ЦОДов). В случае, если для обработки данных требуется применение распределенных вычислительных ресурсов, возникает необходимость использования балансировщика нагрузки (Load Balancer), который распределяет нагрузку по обработке полученных данных между несколькими серверами. Далее на прикладном уровне и уровне приложений осуществляется обработка данных, с формированием управляющего воздействия и запись данных в устройство хранения.

Обобщая схему функционирования IoT, можно выделить 4 уровня передачи и обработки информации, отраженных в рекомендациях Y.2060 (Рис. 1.6) [9]: уровень приложений IoT; уровень поддержки приложений и услуг; сетевой уровень; уровень устройств. Рассмотрим их более подробно:

- **уровень устройств**, который включает: возможность прямого взаимодействия с сетью связи (сбор, передача и получение информации без/или с использованием шлюза). Обеспечение спящего режима и пробуждения устройств для экономии энергии.
- **сетевой уровень** предоставляет функции управления сетевыми соединениями (управления доступом, маршрутизации управление мобильностью или аутентификацией). Отдельно выделяется функция сведение различных протоколов и форматов данных в один "программный" интерфейс, что гарантирует точную передачу данных и взаимодействие со всеми устройствами преобразования протокола передачи данных. Например, в случае, когда для связи на уровне устройства используются разные протоколы уровня, например, протоколы технологий ZigBee и Bluetooth или преобразование данных, полученных по технологии ZigBee на уровне устройства и в протокол технологии 5G на уровне сети.
- **уровень поддержки приложений и услуг** обеспечивает типовые возможности, которые могут использоваться различными приложениями IoT, например такими как обработка или хранение данных. К уровню можно отнести требованию к порядку в обработке



и переносу данных из разных «платформ» или доступу к информационным системам «третьих лиц».

- **уровень приложений IoT** предусматривает обработку данных, полученных от устройств, которые в конечном итоге влияют на функционирование объекты, например поиск «триггеров событий», методов кластеризации данных и глубокого машинного обучения, прогнозирующей аналитики.

Существует также два вертикальных уровня - уровень управления и уровень безопасности, охватывающие все четыре горизонтальных уровня. Возможности вертикального уровня эксплуатационного управления предусматривают управление последствиями отказов, возможностями сети, конфигурацией, безопасностью и данными для биллинга [4].



Y.2060(12)_F04

Рис. 6.6 [9]

Среди базовых организаций, предложивших свои версии архитектур помимо Международного союза электросвязи можно выделить Всемирный форум IoT и Европейская комиссия.

Эталонная модель проекта IoT- Architecture (IoT-A) Европейского союза разработана в рамках проекта IoT- Architecture, реализованного при поддержке Европейской комиссии в 2010-2013 гг. Главной целью проекта было достижение совместимости систем IoT. Если обратиться к техническим особенностям (Рис. 1.7), то видно, что модель передачи данных в Интернете вещей IoT-A будет отличаться от существующей модели передачи данных

через Интернет. В модели архитектуры IoT-A фигурируют два важных понятия, относительно скорости передачи данных:

- сеть с ограничениями, которая характеризуется относительно низкими скоростями передачи данных и достаточно высокими задержками;
- сеть без ограничений соответственно характеризуется высокими скоростями передачи данных, в том числе сеть Интернет.

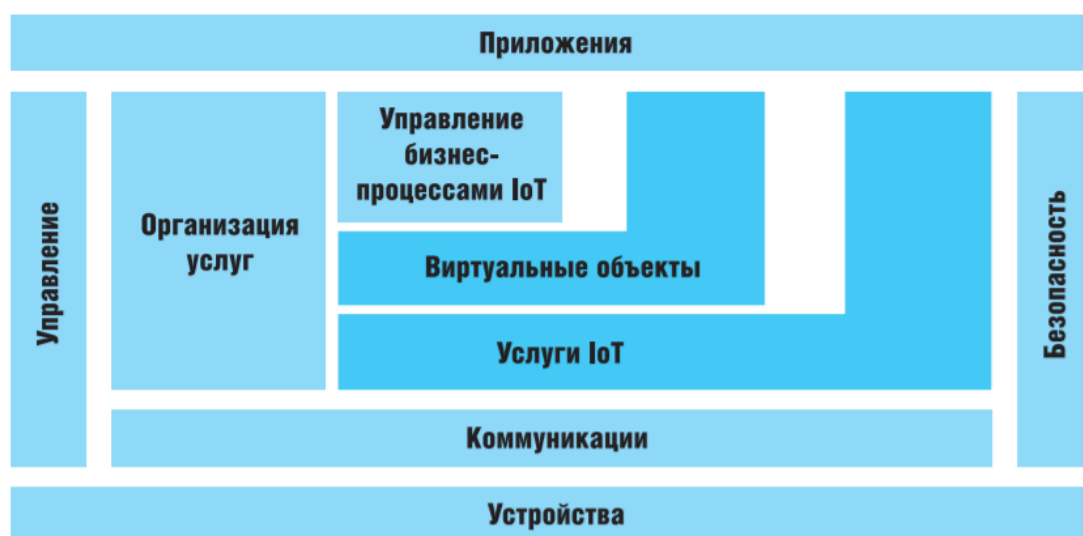


Рис. 7.7 [2]

Эталонная модель Всемирного форума IoT (Рис 1.7) включает 7 уровней и отличается наличием на уровнях моделей взаимодействия, которые позволяют осуществлять не только накопление и обработку данных, но и осуществлять обмен данными и с формированием стратегий взаимодействия.



Рис. 8.8 [2]



Если рассматривать все перечисленные три архитектуры, то можно увидеть рост ценности используемой технологии по мере продвижения снизу вверх. Например, сервис Яндекс такси стоит намного дороже, чем собственно весь автопарк использующий этот сервис. То же самое можно сказать про Озон и другие платформы. То есть наиболее важными и ценностными IoT платформами являются платформы, включающие модели взаимодействия, позволяющие получить ценностную услугу конечному пользователю. К ним же относят такие платформы как цифровое производства, порталы ГИС-систем или технологию Умный город. Данный вид платформ позволяет не только увеличить количество информации, подвергающейся обработке, и тем самым увеличить оперативность принятия решения, но частично автоматизировать действия актуаторов. Рассмотрим наиболее часто встречающиеся стратегии роста платформ:

- стратегия «органического роста» (Organic bottom-up approach)- платформа начинает расти от устройства (обычно универсальные датчики), с расширением и улучшением функционала формированием связей между устройствами (платформа Ayla Networks, которая возникла с контроллеров STM32F3);
- стратегия «сверху вниз» (Organic top-down approach): сначала формируется аналитическая составляющая, а затем производится поиск датчиков, позволяющих реализовать необходимый сбор данных (IBM IoT Foundation);
- стратегия «партнерства» (Partnership approach) использует создание альянсов для развития продукта, путем объединения ресурсов для предоставления услуг конечным пользователям (альянс GE Predix и PTC Thingworx);
- стратегия «слияния и поглощения» (M&A approach): за счет целевой скупке интересных решений крупным игроком. (покупка Amazon в 2015 году 2lemetry, которая называется AWS IoT).
- стратегия «инвестиционный подход» (Investment approach): предусматривает тактические инвестиции по всей экосистеме IoT (Cisco);
- стратегия «торговля данными» в это случае продажа основного продукта становится побочным процессом, а основные бизнес-интересы





строятся вокруг предоставления собранных больших данных (IoT Analytics).

1.4 Нормативно-правовое обеспечение

В России государственная политика по продвижению Интернета вещей связана с началом развертывания Национальной технологической инициативы (НТИ). В 2017 г. утверждена «Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы», в которой дано определение Интернета вещей, а направление «Интернет вещей» названо одним из ключевых для развития российских информационных и коммуникационных технологий. В том же году в целях реализации данной стратегии была принята государственная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (далее - ЦЭ), в которой перечислены «сквозные технологии», одна из которых - «промышленный Интернет вещей» [10].

Ведущую роль в создании и разработке международных стандартов в сфере IoT играют Международная организация по стандартизации (ISO, ИСО), Международная электротехническая комиссия (IEC, МЭК) и Международный союз электросвязи (ITU, МСЭ).

В области IoT МЭК рекомендует опираться на следующую группу источников при разработке нормативных технических документов [10]:

- «горизонтальные» стандарты ISO, IEC;
- рекомендации ITU, IEEE;
- протоколы Интернета IETF;
- «горизонтальные» рекомендации M2M;
- рекомендации по моделированию от Object Management Group;
- рекомендации по сетям от W3C.

С 1 января 2017 года в рамках ИСО/МЭК функционирует подкомитет ИСО/МЭК СТК 1/ПК 41 «Интернет вещей и смежные технологии» (ISO/IEC JTC 1/ SC 41 «Internet of Things and related technologies»). В подразделах 2.1 и 2.2 данного раздела освещаются вопросы взаимодействия российских учреждений с ИСО/ МЭК и МСЭ, соответственно. В подразделе 2.3 ведутся разработки стандартов в области безопасности Интернета вещей (Рис.1.9).

За участие российских экспертов в работе подкомитета ИСО/МЭК СТК 1/ПК 41 «Интернет вещей и смежные технологии» отвечает Технический



комитет 194 «Кибер-физические системы» (далее - ТК 194), созданный в 2017 году на базе института развития Российской Федерации АО «Российская венчурная компания» (далее - АО «РВК»).

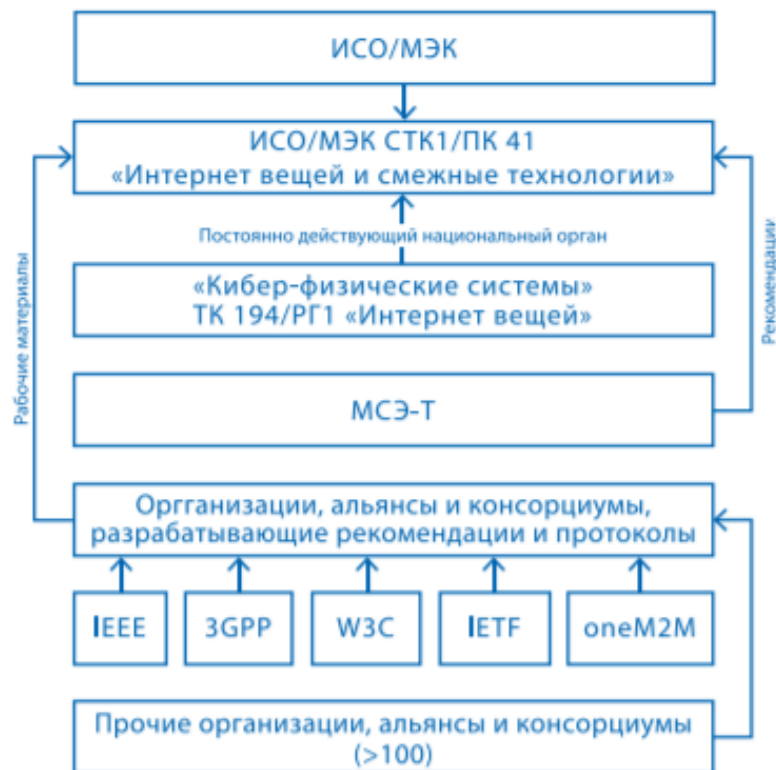


Рис. 9.9 [10]

Техническому комитету также принадлежит инициатива разработки стандартов и обеспечения работы над ними на национальном и межгосударственном уровне. К задачам ТК 194 относят:

- разработка и внедрение международных стандартов;
- разработка и внедрение национальных стандартов;
- гармонизация международных стандартов на национальном уровне;
- развитие рыночной и технологической экспертизы по направлению перспективных технологий;
- решение задач нормативно-технического регулирования в рамках ключевых государственных программ.

Также ТК 194 осуществляет вовлечение широкого круга российского технологического бизнеса в работу по формированию современного нормативно-технического регулирования в России и обеспечение проактивной работы российских экспертов в сфере нормативно-технического



регулирования на международном уровне. К областям деятельности постоянно действующего национального рабочего органа относят:

- ИСО/МЭК СТК 1/ПК 41 «Интернет вещей и смежные технологии»
- ИСО/МЭК СТК 1/ПК 42 «Искусственный интеллект»
- ИСО/МЭК СТК 1/РГ 3 «3D печать и сканирование»
- ИСО/МЭК СТК 1/РГ 7 «Сенсорные сети»
- ИСО/МЭК СТК 1/РГ 9 «Большие данные»
- ИСО/МЭК СТК 1/РГ 11 «Умные города»
- ИСО/МЭК СТК 1/ПК 35/КГ 01 «Пользовательские интерфейсы для интернета вещей»
- ИСО/МЭК СТК 1/ПК 35/РГ 04 «Пользовательские интерфейсы для мобильных устройств»
- МЭК ТК 124 «Носимые электронные устройства и технологии»
- МЭК ТК 65/РГ 21 «Эталонная модель умного производства»
- МЭК/СК «Умные города»
- МЭК/СК «Умная энергетика»
- МЭК СГ 12 «Цифровая трансформация»
- МЭК/ГСО 7 «Умное производство»
- МЭК/ГСО 8 «Коммуникационные технологии и архитектура электротехнических систем»
- МЭК/ГСО 9 «Системы умных домов и административных зданий».

В заключении хотелось бы отметить, что развитию стандартизации в области IoT препятствует ряд научных, технологических и законодательных барьеров. Для преодоления технологических барьеров, в качестве перспективных направлений работ можно выделить следующие: разработку новых форматов представления понятий «данные» - «информация» - «знания», исследования по определению потенциальных контекстов использования накопленных данных, миниатюризацию элементной базы беспроводных приёмников, расширение стандартов IEEE 802.11, поиск минимальных наборов данных, достаточных для машинного обучения [10].





СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Википедия: Интернет вещей. Электронный ресурс https://ru.wikipedia.org/wiki/Интернет_вещей.
2. Интернет вещей. Области применения в цифровой экономике и промышленности 4.0. Электронный ресурс. <https://iotas.ru/projects/leaders/materials/courses/6.pdf> и <https://iotas.ru/projects/leaders/materials/courses/>
3. Архитектура интернета вещей /пер. с англ. М. А. Райтмана. - М.: ДМК Пресс, 2019. - 454 с.: ил.
4. Росляков, А.В. P75 Интернет вещей: учебное пособие [текст] / А.В. Росляков, С.В. Ваняшин, А.Ю. Гребешков. - Самара: ПГУТИ, 2015. - 200 с. <https://iotas.ru/files/documents/wg/учебник%20ИБ%20Росляков.pdf>
5. Cisco IOT - интернет вещей в медицине. Интернет ресурс https://www.cisco.com/c/dam/m/ru_ru/training-events/2018/cisco-medical-day/Cisco_IOT_Healthcare.pdf
6. Statista. Internet of Things (IoT) and non-IoT active device connections worldwide from 2010 to 2025. - URL: <https://www.statista.com/statistics/1101442/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>
7. Аналитический обзор «Тренды развития искусственного интеллекта в медицине». Сентябрь 2020 ГБУ «Агентство инноваций города Москвы».
8. Архитектура интернета вещей /пер. с англ. М. А. Райтмана. - М.: ДМК Пресс, 2019. - 454 с.: ил.
9. Обзор интернета вещей Рекомендация МСЭ-Т Y.2060. Электронный ресурс <https://iotas.ru/files/documents/wg/T-REC-Y.2060-201206-!!!PDF-R.pdf>.
10. Перспективные рынки и технологии интернета вещей: публичный аналитический доклад - М.: ООО «Лайм», 2019.-272 с.:ил. <https://www.skoltech.ru/app/data/uploads/2013/12/Prospective-markets-and-technologies-of-the-Internet-of-Things.-Public-analytical-report.pdf>





*** Интернет медицинских вещей (IoMT): новые возможности для здравоохранения / Е. И. Аксенова, С. Ю. Горбатов. — М.: ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ», 2021. - 36 с.

<https://niioz.ru/upload/iblock/8e2/8e2ecff098ac4476c2142d8b7e450be7.pdf>

