



Рис. 1.2 – Технологическая дорожная карта Интернета вещей (источник: SRI Consulting Business Intelligence)

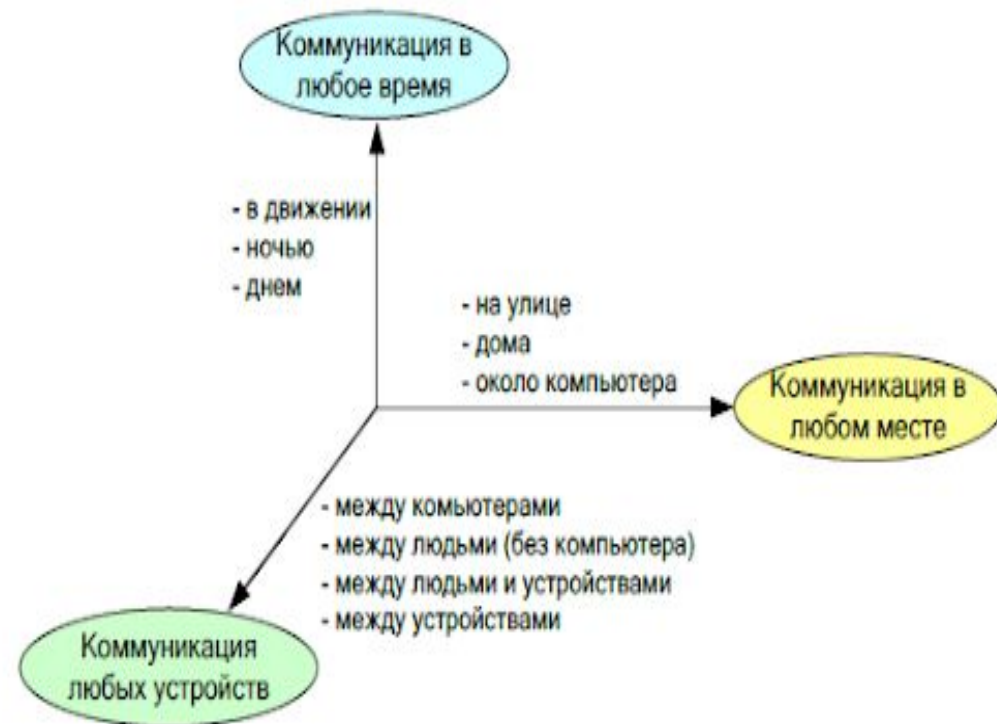
Наиболее важными отличиями Интернета вещей от существующего интернета людей являются:

- фокус на вещах, а не на человеке;
- существенно большее число подключенных объектов;
- существенно меньшие размер объектов и невысокие скорости передачи данных;
- фокус на считывании информации, а не на коммуникациях;
- необходимость создания новой инфраструктуры и альтернативных стандартов.

Концепция сетей следующего поколения

NGN предполагала возможность коммуникаций людей (непосредственно или через компьютеры) в любое время и в любой точке пространства.

Концепция Интернета вещей включает еще одно направление – коммуникация любых устройств или вещей



Новое направление коммуникаций, реализуемое Интернетом вещей (источник: МСЭ-Т Y.2060. МСЭ-Т – Международный союз электросвязи)

Официальное определение Интернета вещей приведено в Рекомендации МСЭ-Т Y.2060, согласно которому:

IoT – глобальная инфраструктура информационного общества, обеспечивающая передовые услуги за счет организации связи между вещами (физическими или виртуальными) на основе существующих и развивающихся совместимых информационных и коммуникационных технологий.

Под «вещами» (things) здесь понимается физический объект (физическая вещь) или объект виртуального (информационного) мира (виртуальная вещь, например мультимедийный контент или прикладная программа), которые могут быть идентифицированы и объединены через коммуникационные сети.

Кроме понятия «вещь», также используется понятие «устройство» (device), под которым понимается часть оборудования с обязательными возможностями по коммуникации и необязательными возможностями по сенсорингу/зондированию, приведению в действие вещи, сбору, обработке и хранению данных.

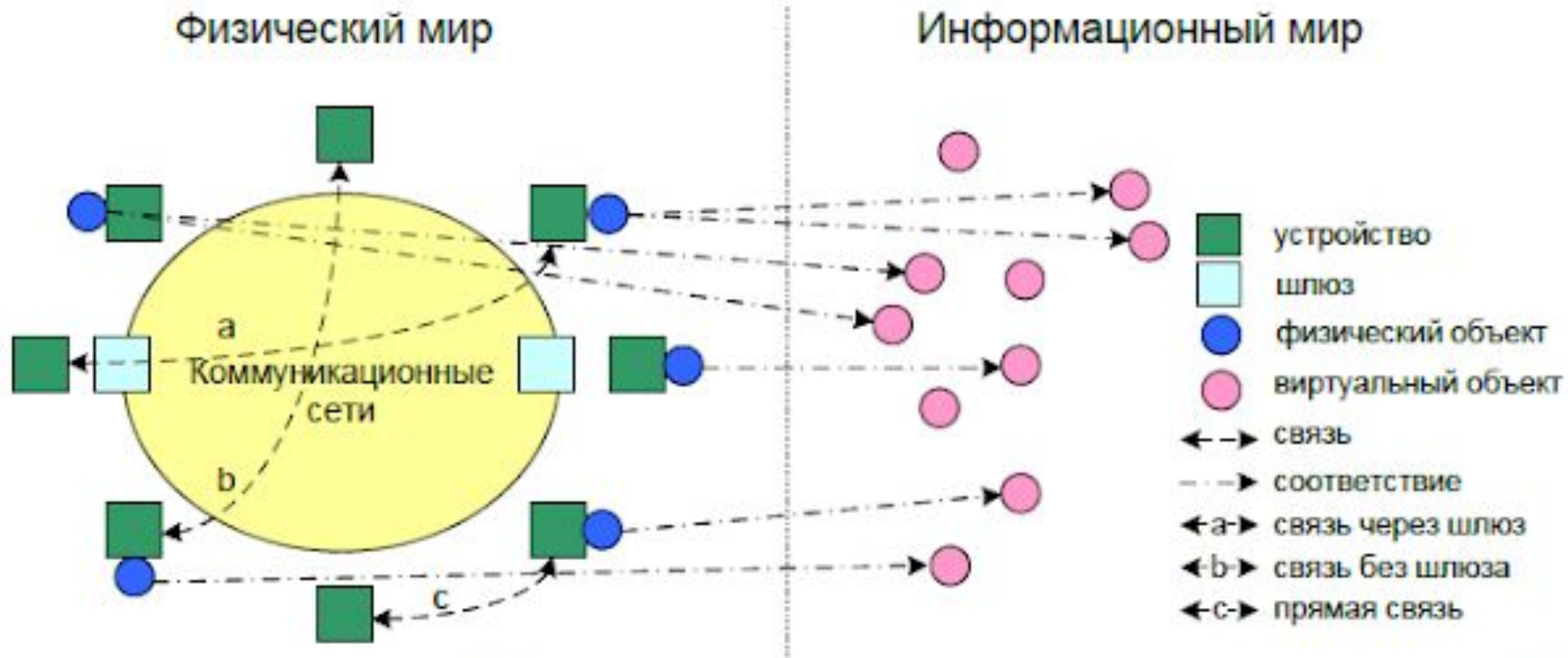


Схема отображения физических и виртуальных вещей

Следует различать понятия «Интернет вещей» и «интернет-вещь».

Под интернет-вещью понимается любое устройство, которое:

- имеет доступ к сети Интернет с целью передачи или запроса каких-либо данных,
- имеет конкретный адрес в глобальной сети или идентификатор, по которому можно осуществить обратную связь с вещью,
- имеет интерфейс для взаимодействия с пользователем.

Интернет-вещи имеют единый протокол взаимодействия, согласно которому любой узел сети равноправен в предоставлении своих сервисов.

На пути перехода к воплощению идеи Интернета вещей стояла проблема, связанная с протоколом IPv4, ресурс свободных сетевых адресов которого уже практически исчерпал себя.

Однако подготовка к повсеместному внедрению версии протокола IPv6 позволяет решить эту проблему и приближает идею Интернета вещей к реальности.

Каждый узел сети интернет-вещей предоставляет свой сервис, оказывая некую услугу поставки данных. В то же время узел такой сети может принимать команды от любого другого узла. Это означает, что все интернет-вещи могут взаимодействовать друг с другом и решать совместные вычислительные задачи.

Интернет-вещи могут образовывать локальные сети, объединённые какой-либо одной зоной обслуживания или функцией.

В Рекомендации Y.2060 приведена эталонная модель IoT, которая включает четыре базовых горизонтальных уровня:

- уровень приложений IoT;
- уровень поддержки приложений и услуг;
- сетевой уровень;
- уровень устройств.



Основной целью проекта Европейского интеграционного проекта IoT-A (Internet of Things – Architecture), участниками которого являются различные компании, является разработка эталонной архитектурной модели Интернета вещей с описанием основных составляющих компонентов, которая бы позволила интегрировать разнородные технологии IoT в единую взаимосвязанную архитектуру.

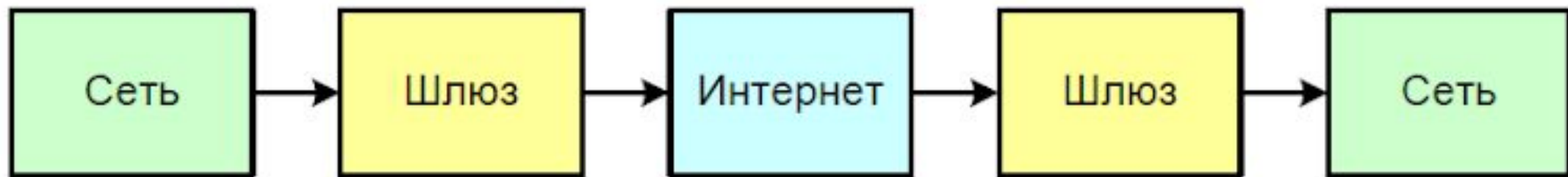
Функциональная модель IoT-A несколько отличается от модели МСЭ, хотя она тоже является иерархической, но состоит уже из семи горизонтальных уровней, дополняемых двумя вертикальными (управление и безопасность), которые участвуют во всех процессах.



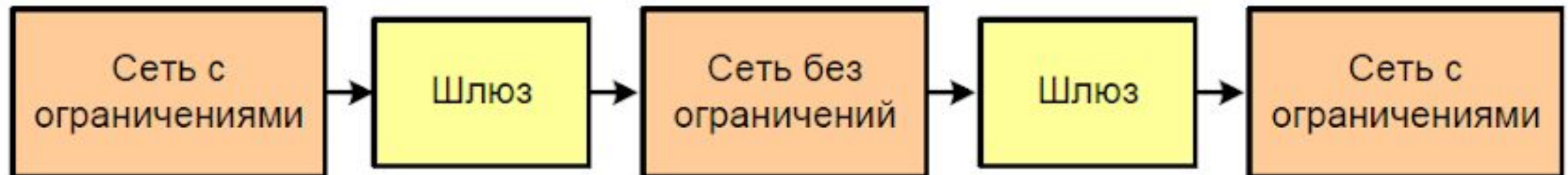
Модель передачи данных в Интернете вещей IoT-A будет отличаться от существующей модели передачи данных через Интернет. В модели архитектуры IoT-A фигурируют два важных понятия.

Сеть с ограничениями характеризуется относительно низкими скоростями передачи – менее 1 Мбит (например, стандарт IEEE 802.15.4) и достаточно высокими задержками. Сеть без ограничений соответственно характеризуется высокими скоростями передачи данных (десятки Мбит/с и более) и похожа на существующую сеть Интернет.

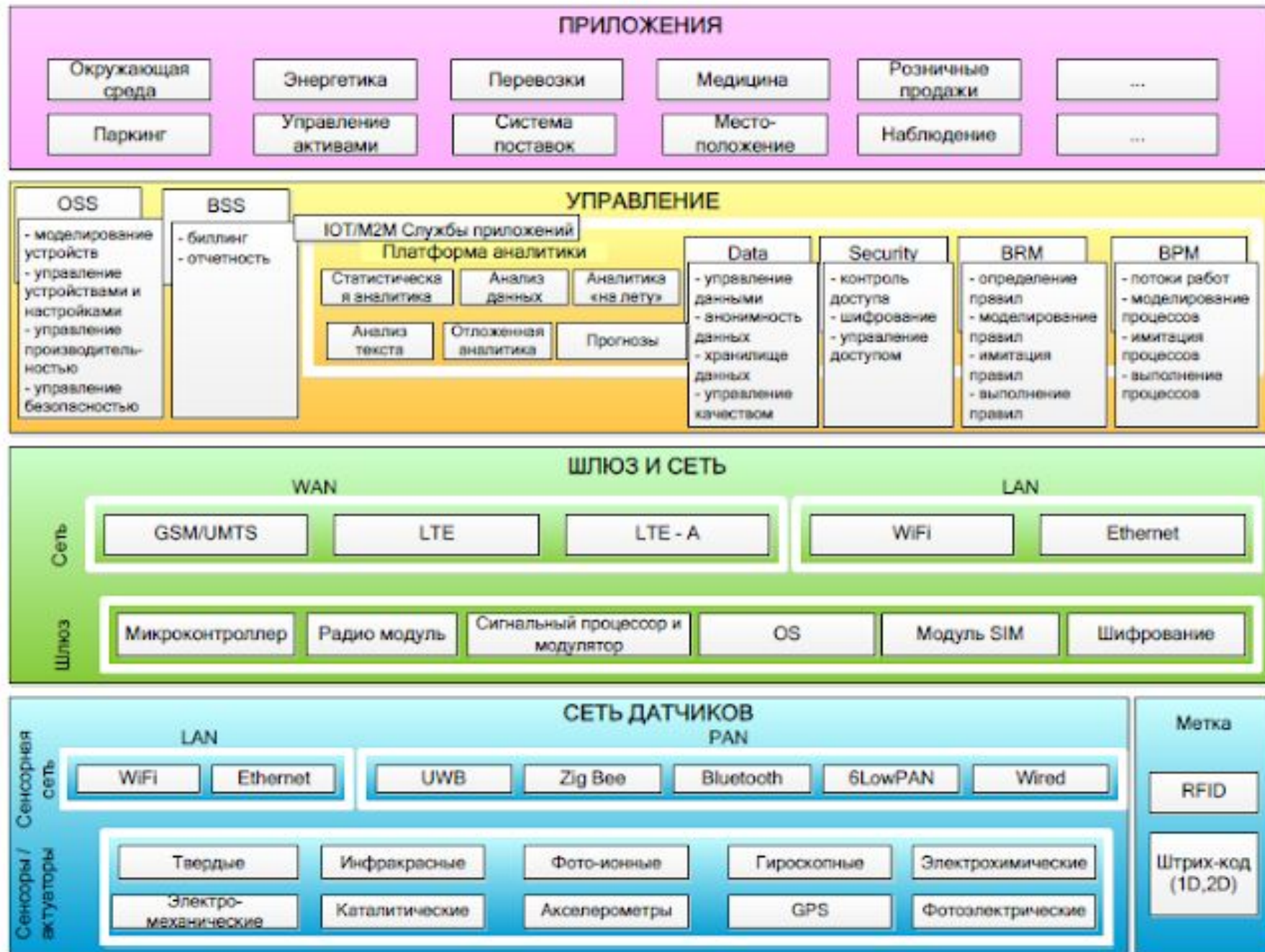
Стандартная модель Интернета



Модель IoT



Архитектура IoT включает четыре функциональных уровня



1. Уровень сенсоров и сенсорных сетей.

Самый нижний уровень архитектуры IoT состоит из «умных» (smart) объектов, интегрированных с сенсорами (датчиками). Сенсоры реализуют соединение физического и виртуального (цифрового) миров, обеспечивая сбор и обработку информации в реальном масштабе времени. Миниатюризация, приведшая к сокращению физических размеров аппаратных сенсоров, позволила интегрировать их непосредственно в объекты физического мира.

Существуют различные типы сенсоров для соответствующих целей, например, для измерения температуры, давления, скорости движения, местоположения и др. Сенсоры могут иметь небольшую память, давая возможность записывать некоторое количество результатов измерений. Сенсор может измерять физические параметры контролируемого объекта/явления и преобразовать их в сигнал, который может быть принят соответствующим устройством.

Сенсоры классифицируются в соответствии с их назначением, например, сенсоры окружающей среды, сенсоры для тела, сенсоры для бытовой техники, сенсоры для транспортных средств и т.д.

Большинство сенсоров требует соединения с агрегатором сенсоров (шлюзом), которые могут реализоваться быть реализованы с использованием локальной вычислительной сети (LAN, Local Area Network), таких как Ethernet и Wi-Fi или персональной сети (PAN, Personal Area Network), таких как ZigBee, Bluetooth и ультраширокополосной беспроводной связи на малых расстояниях (UWB, Ultra-Wide Band).

Для сенсоров, которые не требуют подключения к агрегатору, их связь с серверами/приложениями может предоставляться с использованием глобальных беспроводных сетей WAN, таких как GSM, GPRS и LTE. Сенсоры, которые характеризуются низким энергопотреблением и низкой скоростью передачи данных, образуют широко известные беспроводные сенсорные сети (WSN, Wireless Sensor Network).

WSN набирают все большую популярность, поскольку они могут содержать гораздо больше сенсоров с поддержкой работы от батарей и охватывают большие площади.

2. Уровень шлюзов и сетей.

Большой объем данных, создаваемых на первом уровне IoT многочисленными миниатюрными сенсорами, требует надежной и высокопроизводительной проводной или беспроводной сетевой инфраструктуры в качестве транспортной среды.

Существующие сети связи, использующие различные протоколы, могут быть использованы для поддержки межмашинных коммуникаций M2M и их приложений.

Для реализации широкого спектра услуг и приложений в IoT необходимо обеспечить совместную работу множества сетей различных технологий и протоколов доступа в гетерогенной конфигурации. Эти сети должны обеспечивать требуемые значения качества передачи информации, и прежде всего по задержке, пропускной способности и безопасности.

Данный уровень состоит из конвергентной сетевой инфраструктуры, которая создается путем интеграции разнородных сетей в единую сетевую платформу.

Конвергентный абстрактный сетевой уровень в IoT позволяет через соответствующие шлюзы нескольким пользователям использовать ресурсы в одной сети независимо и совместно без ущерба для конфиденциальности, безопасности и производительности.

3. Сервисный уровень

содержит набор информационных услуг, призванных автоматизировать технологические и бизнес операции в IoT:

- поддержки операционной и бизнес деятельности (OSS/BSS, Operation Support System/Business Support System),
- различной аналитической обработки информации (статистической, интеллектуального анализа данных и текстов, прогностическая аналитика и др.),
- хранения данных, обеспечения информационной безопасности, управления бизнес-правилами (BRM, Business Rule Management),
- управления бизнес-процессами (BPM, Business Process Management) и др.

4. Уровень приложений

На четвертом уровне архитектуры IoT существуют различные типы приложений для соответствующих промышленных секторов и сфер деятельности (энергетика, транспорт, торговля, медицина, образование и др.).

Приложения могут быть «вертикальными», когда они являются специфическими для конкретной отрасли промышленности, а также «горизонтальными», (например, управление автопарком, отслеживание активов и др.), которые могут использоваться в различных секторах

Веб вещей WoT

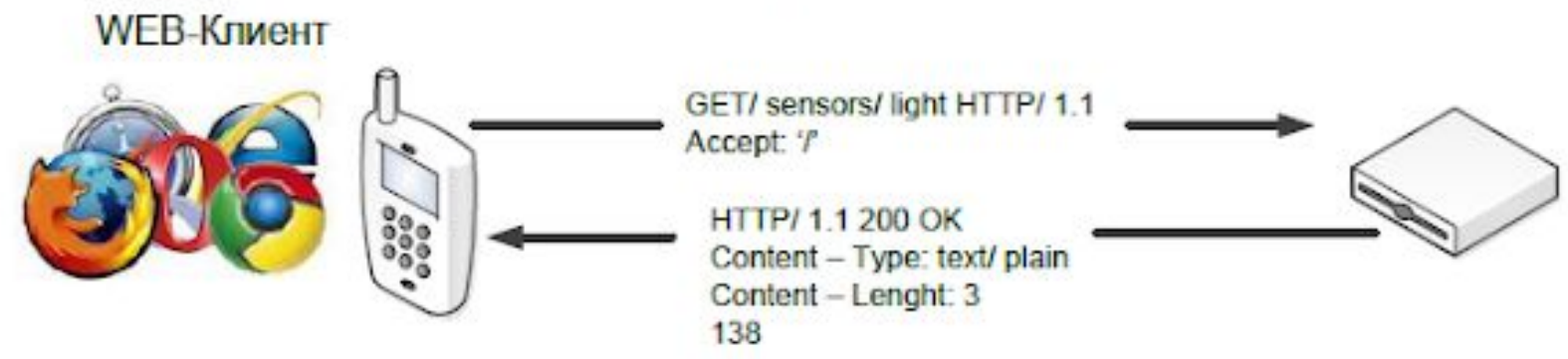
Составной частью Интернета вещей является Веб вещей (WEB of Things, WoT), который обеспечивает взаимодействие различных интеллектуальных объектов («вещей») с использованием стандартов и механизмов Интернет, таких как унифицированный (единообразный) идентификатор ресурса **URI** (Uniform Resource Identifier), протокол передачи гипертекста **HTTP** (HyperText Transfer Protocol), стиль построения архитектуры распределенного приложения **REST** (Representational State Transfer) и др.

Фактически **WoT** предусматривает реализацию концепции IoT на прикладном уровне с использованием уже существующих архитектурных решений, ориентированных на разработку web-приложений.

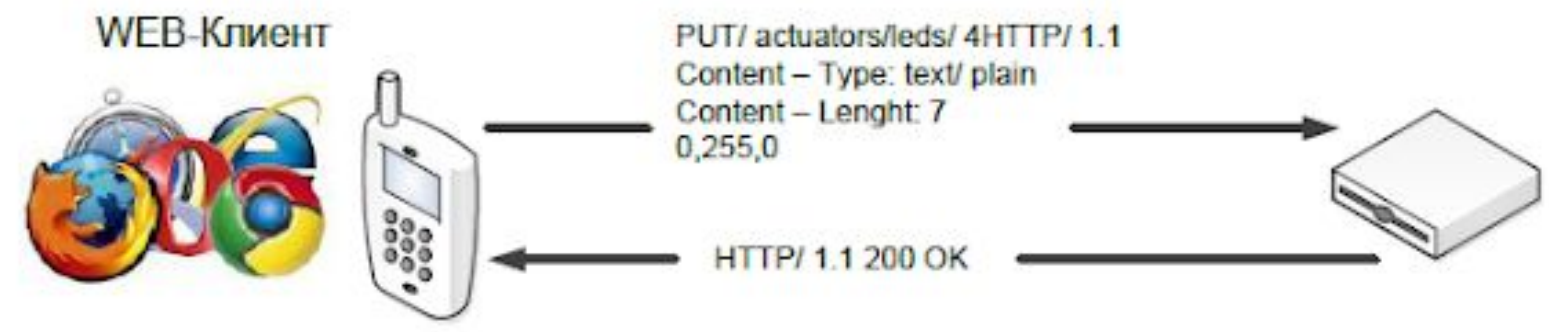
Другими словами данные с умных вещей или управление ими должно быть доступно через WWW-страницы.

На рисунке показан пример, как используя специальную страницу в интернет через браузер, можно считать данные с датчика света в беспроводной сенсорной сети или изменить цвет четвертого индикатора в сенсоре

- Чтение информации с сенсора, например считывание показаний датчика света



- Управление актуатором, например, изменение цвета светодиода



Примеры веб-взаимодействия с устройствами сенсорной сети

Основные свойства WoT:

1. Использует протокол **HTTP** в качестве приложения, а не в качестве транспортного механизма передачи данных, как он применяется для традиционных WWW-услуг.
2. Обеспечивает синхронную работу интеллектуальных (смарт) объектов через прикладной программный интерфейс **REST** (также известный как **RESTful API**) и в целом соответствует ресурсно-ориентированной архитектуре **ROA** (Resource-Oriented Architecture).
3. Предоставляет асинхронный режим работы интеллектуальных объектов с использованием в значительной степени стандартных Web-технологий, таких как **Atom**, содержащей формат для описания ресурсов на веб-сайтах и протокол для их публикации, или Web-механизмов передачи данных, таких как модель работы веб-приложения Comet, при которой постоянное HTTP-соединение позволяет веб-серверу отправлять данные браузеру без дополнительного запроса со стороны браузера.

С концепцией WoT перекликается идея *Семантической паутины* (Semantic Web) – это направление развития Всемирной паутины WWW, целью которого является представление информации в виде, пригодном для машинной обработки. Термин «семантическая паутина» был впервые введен Тимом Бернерсом-Ли (изобретателем Всемирной паутины) в мае 2001 года. Концепция семантической паутины была принята и продвигается Консорциумом Всемирной паутины W3C (World Wide Web Consortium).

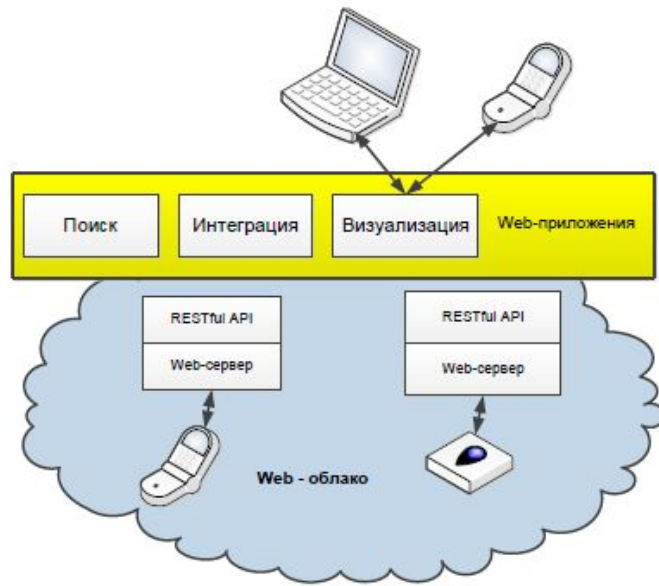
В обычной Паутине, основанной на HTML-страницах, информация заложена в тексте страниц и извлекается человеком с помощью браузера. Семантическая же паутина предполагает запись информации в виде семантической сети с помощью онтологий. Под онтологией понимается формальное явное описание понятий в рассматриваемой предметной области (классов). Онтология вместе с набором индивидуальных экземпляров классов образует базу знаний. Таким образом, программа-клиент может непосредственно извлекать из паутины факты и делать из них логические заключения. Семантическая паутина работает параллельно с обычной Паутиной на её основе.

Способы взаимодействия с интернет-вещами

Используют 3 способа взаимодействия с интернет-вещами:

- 1) прямой доступ;
- 2) доступ через шлюз;
- 3) доступ через сервер.

В случае прямого доступа интернет-вещи должны иметь собственный IP-адрес или сетевой псевдоним, по которому к ним можно обратиться из любого клиентского приложения и они должны выполнять функции веб-сервера. Интерфейс с такими вещами обычно выполнен в виде web-ресурса с графическим интерфейсом для управления посредством веб-браузера.

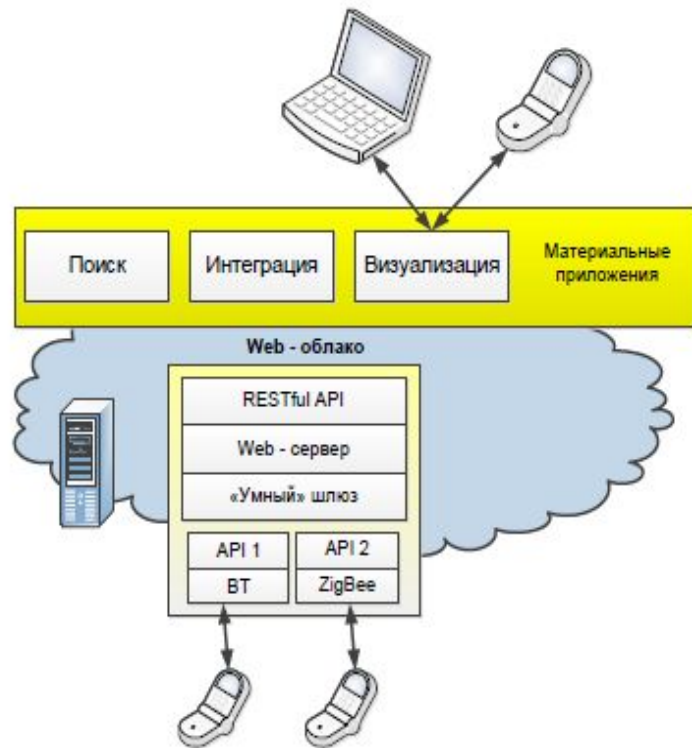


– Прямой доступ к IP-устройствам через API

Недостатки такого способа очевидны:

- необходимость иметь фиксированный адрес в сети, что зависит от провайдера услуги связи с Интернетом таких вещей; другим выходом из ситуации является использование сетевого псевдонима IP-адреса (alias), что требует постоянного обращения интернет-вещи к специальному серверу с запросом об обновлении сетевого адреса по псевдониму;
- лимит подключений к устройству – вызвано низким качеством связи интернет-вещей, а также их слабыми вычислительными ресурсами. Такая проблема решается путём включения в состав интернет-вещи высокопроизводительного оборудования и подключения вещей к стабильному источнику связи с Интернетом. Это вызывает необходимость в большем потреблении энергии такой вещью и часто вынуждает делать такие вещи стационарными, питающимися от постоянных источников электроэнергии.

Если интернет-вещи не имеют встроенной поддержки протоколов IP и HTTP, а поддерживают частные протоколы, например Bluetooth или ZigBee, то для взаимодействия с ними можно использовать специальный Интернет-шлюз (см. рисунок). Он является веб-сервером, который через интерфейс REST-API взаимодействует с IP-устройствами, и преобразует поступающие от них запросы в запрос к специфическому API устройства, подключенного к этому шлюзу. Основное преимущество использования Интернет шлюза в том, что он может поддерживать несколько типов устройств, использующих собственные протоколы для связи.



Доступ к интернет-вещам через шлюз является более рациональным способом организации взаимодействия и полностью вытесняет метод прямого доступа в случае необходимости организации связи беспроводных сенсорных сетей или сети Интернет-вещей с глобальной сетью Интернет. Большинство стандартов беспроводных сенсорных сетей не поддерживают протокол IP, используя собственные протоколы взаимодействия. Такая особенность вызывает необходимость наличия устройства для ретрансляции сообщений из сенсорной сети в сеть Интернет для совместимости протоколов.

Недостатки такого подхода те же, что и в случае прямого доступа, но распространяются они уже на шлюз.

Доступ к не IP-устройствам через интеллектуальный шлюз

Третья форма взаимодействия устройств в IoT через сервер подразумевает наличие посредника между интернет-вещами и пользователем и может быть реализована с помощью посреднической платформы данных. Данный подход предполагает наличие централизованного сервера или группы серверов, в основные функции которых входит:

- приём сообщений от интернет-вещей и передача их пользователям;
- хранение принятой информации и её обработка;
- обеспечение пользовательского интерфейса с возможностью двустороннего обмена между пользователем и интернет-вещью.

Основной целью использования посреднических платформ данных является упрощение поиска, контроля, визуализации и обмена данными с разными «вещами». В основе данного подхода лежит централизованное хранилище данных. Каждое устройство, имеющее доступ в сеть Интернет (прямой или через интернет-шлюз), должно быть зарегистрировано в системе, прежде чем оно сможет начать передачу данных. При этом существенно снижаются требования к производительности устройств, так как от них не требуется выполнение функций web-сервера. Набор инструментов, предоставляемых платформами, существенно упрощает разработку новых приложений для взаимодействия и управления

Метод централизованного сервера также предоставляет надёжные средства хранения и обработки информации, позволяет интернет-вещам взаимодействовать друг с другом и пользоваться облачными вычислениями. Данный подход может использовать также метод шлюза для соединения локальных беспроводных сетей с сервером.

В Интернете вещей шлюз используется не только для прямой связи интернет-вещей с пользователем, но и при использовании централизованного сервера. Шлюзы служат средством для объединения локальных сетей интернет-вещей с глобальной сетью и связью с сервером управления или конечным пользователем.

Поскольку локальные сети интернет-вещей представляют собой в основном беспроводные сенсорные сети, то шлюзы, используемые в Интернете вещей, аналогичны используемым в территориально-распределённых сенсорных сетях.

Существует несколько способов организации шлюзов.

Первый способ заключается в использовании компьютеров, которые имеют точку доступа к глобальной сети Интернет, и каждая из объединяемых сетей подключена к такому компьютеру. Основными недостатками такого подхода являются стоимость и громоздкость. Сенсорные сети состоят из миниатюрных датчиков и должны работать автономно, однако территориально-распределённая сенсорная сеть при таком подходе теряет свойство автономности, поскольку теперь она зависит от наличия электричества и точки доступа в Интернет на компьютере.

Второй способ заключается в использовании устройства-шлюза, позволяющего соединить сенсорную сеть с ближайшей проводной сетью, имеющей выход в Интернет. Такой проводной сетью, как правило, является Ethernet-сеть. Устройство имеет в себе приёмопередатчик, совместимый с объединяемой сенсорной сетью, порт для подключения к сети Ethernet и микроконтроллер, выполняющий функции преобразования пакетов одной сети в формат другой. Такой способ отличается меньшей стоимостью, чем первый и размер такого устройства небольшой, но оно нуждается в относительно высоком энергопотреблении из-за того, что стандартные проводные сети не рассчитаны на низкий уровень сигнала и потребления энергии. Также такое устройство не может гарантировать наличие точки доступа в ближайшей проводной сети.

Третий способ заключается в использовании устройства-шлюза, которое является полностью автономным и само предоставляет точку доступа к сети Интернет. Это возможно при использовании беспроводных технологий передачи данных. Устройство состоит из одного приёмопередатчика, совместимого с сенсорной сетью и второго – совместимого с той или иной глобальной беспроводной сетью, в область действия которой попадает сенсорная сеть.

Таковыми сетями могут служить GSM или WiMAX. Использование сети GSM является более экономичным в плане энергопотребления.

Существуют также шлюзы, предоставляющие доступ сенсорным сетям к ближайшим сетям Wi-Fi для поиска точки доступа к сети Интернет.

Таким образом, если необходимо организовать полностью автономную территориально-распределённую сенсорную сеть, то следует использовать третий способ.

Если же сенсорная сеть используется как часть какой-либо крупной проводной сети, то нет необходимости в е. полной автономности и возможно использование первых двух способов.

Большие данные (Big Data)

До начала XX века объем знаний удваивался каждое столетие, сегодня объем знаний человечества удваивается каждые 2-3 года.

70% всей доступной информации появилось после изобретения Интернета. Интернет вещей радикальным образом увеличивает объем собираемых данных.

Гигантские сенсорные сети уже сейчас производят огромные потоки данных, которые надо уметь не только хранить, но и обрабатывать, делать по ним выводы, принимать решения – и все это с учетом неточности как оригинальных данных, так и процедур обработки.

В конце 2000-х годов для обработки большого объема данных сформировался подход, который называется «большие данные» (англ. Big Data) – это серия инструментов и методов обработки структурированных и неструктурированных данных огромных объёмов и значительного многообразия для получения необходимых результатов обработки.

В качестве определяющих характеристик для больших данных отмечают «**три V**»:

- объём (англ. **volume**, в смысле величины физического объёма)
- скорость (англ. **Velocity**, в смыслах как скорости прироста, так и необходимости высокоскоростной обработки и получения результатов)
- многообразие (англ. **variety**, в смысле возможности одновременной обработки различных типов структурированных и неструктурированных данных)



Прогнозируется, что внедрение технологий больших данных наибольшее влияние окажет на информационные технологии в производстве, здравоохранении, торговле, государственном управлении, а также в сферах и отраслях, где регистрируются индивидуальные перемещения ресурсов и **где потенциально могут быть использованы технологии Интернета**

Облачные вычисления (Cloud Computing)

Так как Интернет вещей порождает «большие данные», возникает вопрос: где их хранить и чем обрабатывать?

Ответ на этот вопрос – *облачные вычисления* (СС, Cloud Computing).

Облачные вычисления подразумевают аренду услуг и ресурсов для хранения и обработки данных в глобальной сети вместо собственной инфраструктуры.

У систем СС должны быть пять основных характеристик:

- самообслуживание по требованию;
- широкополосный сетевой доступ;
- пул ресурсов;
- возможность быстрой перенастройки или расширения;
- измеряемое обслуживание.

Существуют четыре модели развёртывания облачной инфраструктуры (так называемых «облаков»):

1. Частное облако (англ. **private cloud**) – инфраструктура, предназначенная для использования одной организацией, включающей несколько потребителей (например, подразделений одной организации), возможно также клиентами и подрядчиками данной организации.

Частное облако может находиться в собственности, управлении и эксплуатации, как самой организации, так и третьей стороны (или какой-либо их комбинации), и оно может физически существовать как внутри, так и вне юрисдикции владельца.

четыре модели развёртывания облачной инфраструктуры

2. *Публичное облако* (англ. *public cloud*) – инфраструктура, предназначенная для свободного использования широкой публикой.

Публичное облако может находиться в собственности, управлении и эксплуатации коммерческих, научных и правительственных организаций (или какой-либо их комбинации). Публичное облако физически существует в юрисдикции владельца – поставщика услуг.

3. *Гибридное облако* (англ. *hybrid cloud*) – это комбинация из двух или более различных облачных инфраструктур (частных, публичных или общественных), остающихся уникальными объектами, но связанных между собой стандартизованными или частными технологиями передачи данных и приложений.

четыре модели развёртывания облачной инфраструктуры

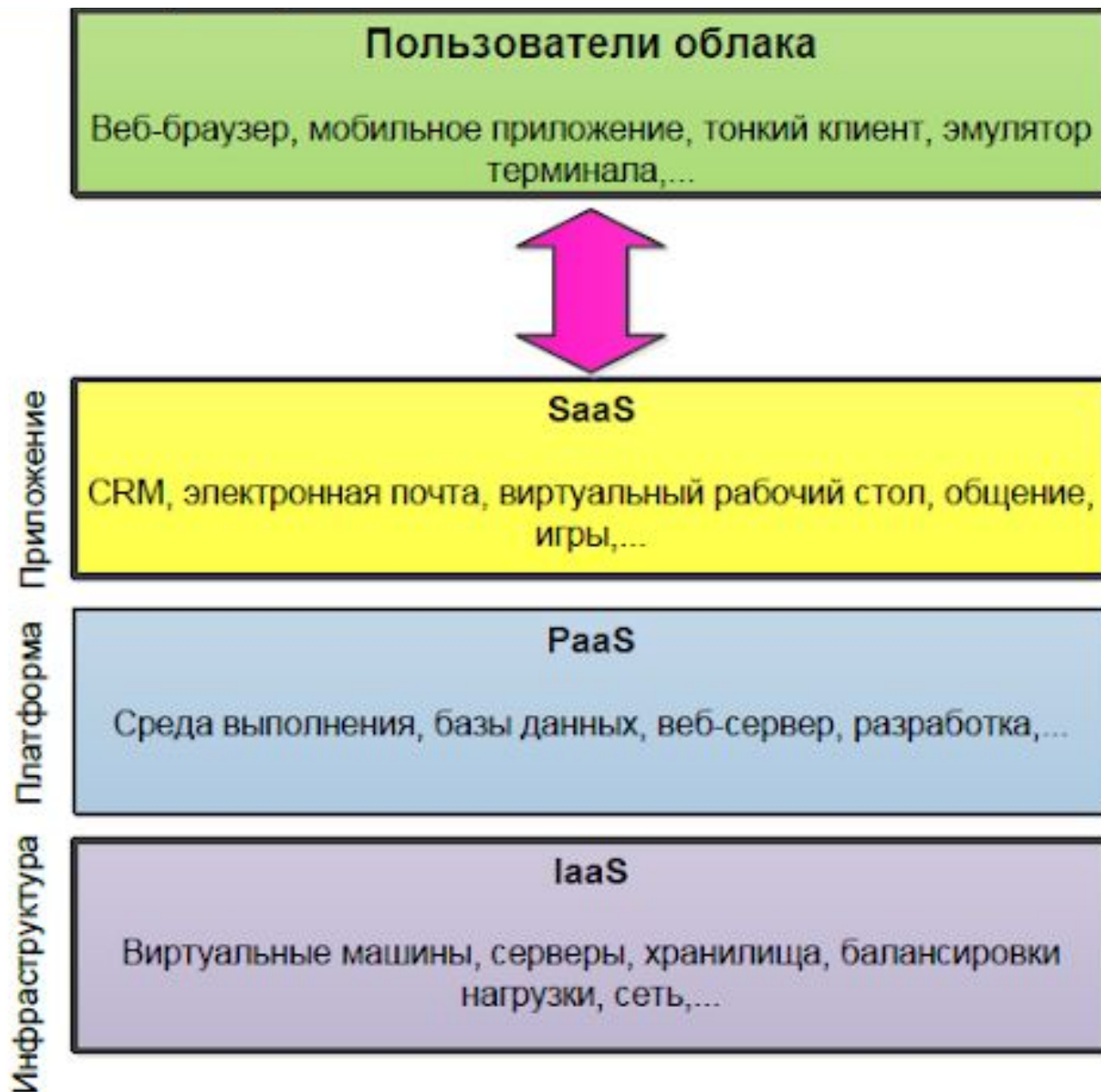
4. **Общественное облако** (англ. *community cloud*) – вид инфраструктуры, предназначенный для использования конкретным сообществом потребителей из организаций, имеющих общие задачи (например, миссии, требований безопасности, политики, и соответствия различным требованиям).

Общественное облако может находиться в кооперативной (совместной) собственности, управлении и эксплуатации одной или более из организаций сообщества или третьей стороны (или какой-либо их комбинации), и оно может физически существовать как внутри, так и вне юрисдикции владельца.

Различные услуги СС можно отнести к трем основным классам

- **«инфраструктура, как услуга»** (*IaaS, Infrastructure as a Service*) – аренда мощности серверов и емкости систем хранения центров обработки данных (ЦОД);
- **«программное обеспечение, как услуга»** (*SaaS, Software as a Service*) – аренда программного обеспечения (ПО), которое запускается «из облака»;
- **«платформа, как услуга»** (*PaaS, Platform as a Service*) – аренда платформы разработки ПО коллективными или индивидуальными разработчиками.

Все остальные услуги систем СС (например, ВРaaS – «бизнес-процесс, как услуга» или VSaaS – «видеонаблюдение, как услуга»), можно, так или иначе, отнести к трем вышеуказанным классам облачных услуг.



Для работы технологий Интернета вещей можно использовать и **туманные вычисления** (*Fog Computing*).

«Туман» — это разновидность облачных сервисов, расположенных не где-то в недоступных высотах, а в окружающей нас среде.

Иначе говоря, Fog Computing не альтернатива, а дополнение к Cloud Computing, и могут возникнуть ситуации их совместного действия (например, выполнение аналитического приложения), и в таком случае Cloud окажет услугу Fog.