

КОНЦЕПЦИЯ "ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ": две актуальные задачи реализации

А.Пинчук, директор ООО "НТЦ ПРОТЕЙ"

С.Мальцев, руководитель отдела разработки программного обеспечения ООО "НТЦ ПРОТЕЙ"

Н.Соколов, д.т.н., технический директор ООО "ПРОТЕЙ СпецТехника"

В.Фрейнкман, директор по маркетингу и системным исследованиям ООО "НТЦ ПРОТЕЙ"

УДК 621.391

Рассматриваются направления практической реализации концепции "Интернет вещей" – Internet of Things (IoT). Основное внимание уделяется принципам консолидации трафика различного рода и построения средств обработки полученной информации. Для обслуживания трафика, генерируемого Интернетом вещей, предлагается использование модели MVNO. Для обработки собираемых данных следует ориентироваться на перспективные информационные технологии – Big Data, Data Mining и Fog Computing.

ВВЕДЕНИЕ

Концепция "Интернет вещей" [1, 2] считается одной из основных движущих сил, определяющих развитие отрасли связи на длительную перспективу. Во второй половине XX века в научнотехнической литературе по электросвязи в дополнение к привычному слову "абонент" (subscriber) был введен в обиход термин "пользователь" (user), поскольку телекоммуникационные и информационные услуги могут предоставляться не только человеку, но и некоторым автономным устройствам, входящим в класс "пользователи". Не так давно среди пользователей было выделено активно растущее множество, названное "вещами" (things), хотя некоторые авторы предпочитают термины "предметы" или "объекты", которые представляются им более уместными.

Практические аспекты развития концепции "Интернет вещей" на длительную перспективу определить не так просто, несмотря на наличие ряда оптимистичных прогнозов, согласующихся между собой. Следует помнить шуточное, но очень верное утверждение выдающегося физика предыдущего столетия Нильса Бора:

"Очень трудно сделать точный прогноз, особенно о будущем". Тем не менее основные системные решения по реализации идей Интернета вещей, по мнению авторов этой статьи, могут быть реализованы в самое ближайшее время. Причем возникающий риск [3] будет минимален при любых сценариях [4] дальнейшего развития исследуемой концепции.

Данная статья состоит из трех основных разделов. В первом разделе анализируется модель инфокоммуникационной системы, предложенная в [5]. Результаты этого анализа предназначены для выбора системных принципов построения тех аппаратно-программных средств, которые будут эффективно обслуживать трафик, генерируемый "вещами". Во втором разделе изложены предложения по применению подхода, известного под названием "Виртуальный оператор". Такой участник инфокоммуникационного рынка способен оптимизировать основные бизнес-процессы, типичные для концепции Интернета вещей. В третьем разделе обсуждаются вопросы применения перспективных информационных технологий для анализа собираемых данных.

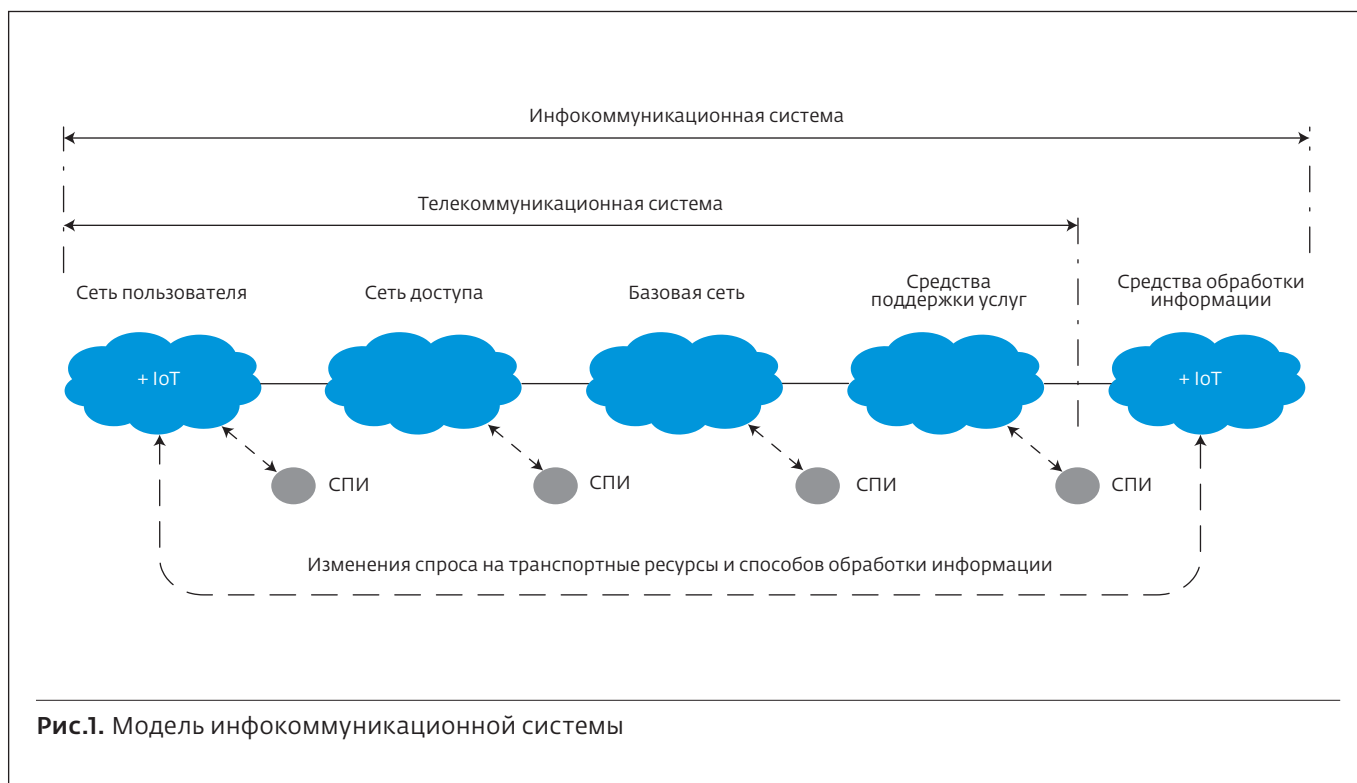


Рис.1. Модель инфокоммуникационной системы

МОДЕЛЬ ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Рассматриваемая модель инфокоммуникационной системы приведена на рис.1. Она состоит из пяти компонентов, изображенных в виде "облаков". Четыре "облака" относятся непосредственно к телекоммуникационной системе. Пятое "облако" включает средства обработки информации, передаваемой через сеть электросвязи.

Аппаратно-программные средства Интернета вещей, строго говоря, размещаются в двух крайних элементах модели инфокоммуникационной системы, дополняя уже используемое оборудование. По этой причине на рисунке использовано обозначение "+IoT". С точки зрения топологии сети электросвязи все используемые средства приема информации (СПИ), создаваемой "вещами", могут помимо "облака", которое изображено в правой части модели, располагаться везде. Как бы то ни было, удобно (и правомерно) считать, что логические функции по обработке информации, позволяющие формировать управляющие команды, выполняются исключительно в крайнем правом "облаке" рассматриваемой модели. Именно такой подход предложен в рекомендациях серии У сектора стандартизации Международного союза электросвязи.

Облако "Сеть пользователя" в общем случае содержит два компонента – фиксированный и беспроводной (мобильный). Предпочтение, безусловно,

отдается беспроводным технологиям, но все-таки в ряде случаев кабели связи или иные токопроводящие материалы находят свое применение и будут использоваться в обозримой перспективе.

Связь элементов СПИ с другими компонентами рассматриваемой модели обозначена двунаправленной стрелкой. Это означает, что в общем случае может быть организован обмен информацией, а не только односторонняя передача сообщений.

Модель инфокоммуникационной системы, показанная на рис.1, удобна для исследования системных и технических аспектов реализации концепции "Интернет вещей". Целостная картина складывается при одновременном анализе рассматриваемой концепции и с точки зрения факторов, важных для соответствующего бизнеса. По этой причине интересны экономические модели, которые приведены, например, в [6]. На рисунке 2 изображена конструкция, составленная из двух моделей, содержащихся в публикации [6]. Названия функциональных блоков и перечень их содержаний (в верхней части иллюстрации) оставлены без существенных изменений, хотя в ряде случаев используемые словосочетания стилистически не совсем удачно стыкуются друг с другом.

Бизнес-процессы, характерные для концепции "Интернет вещей", заслуживают отдельного тщательного изучения. В данном разделе статьи уместно

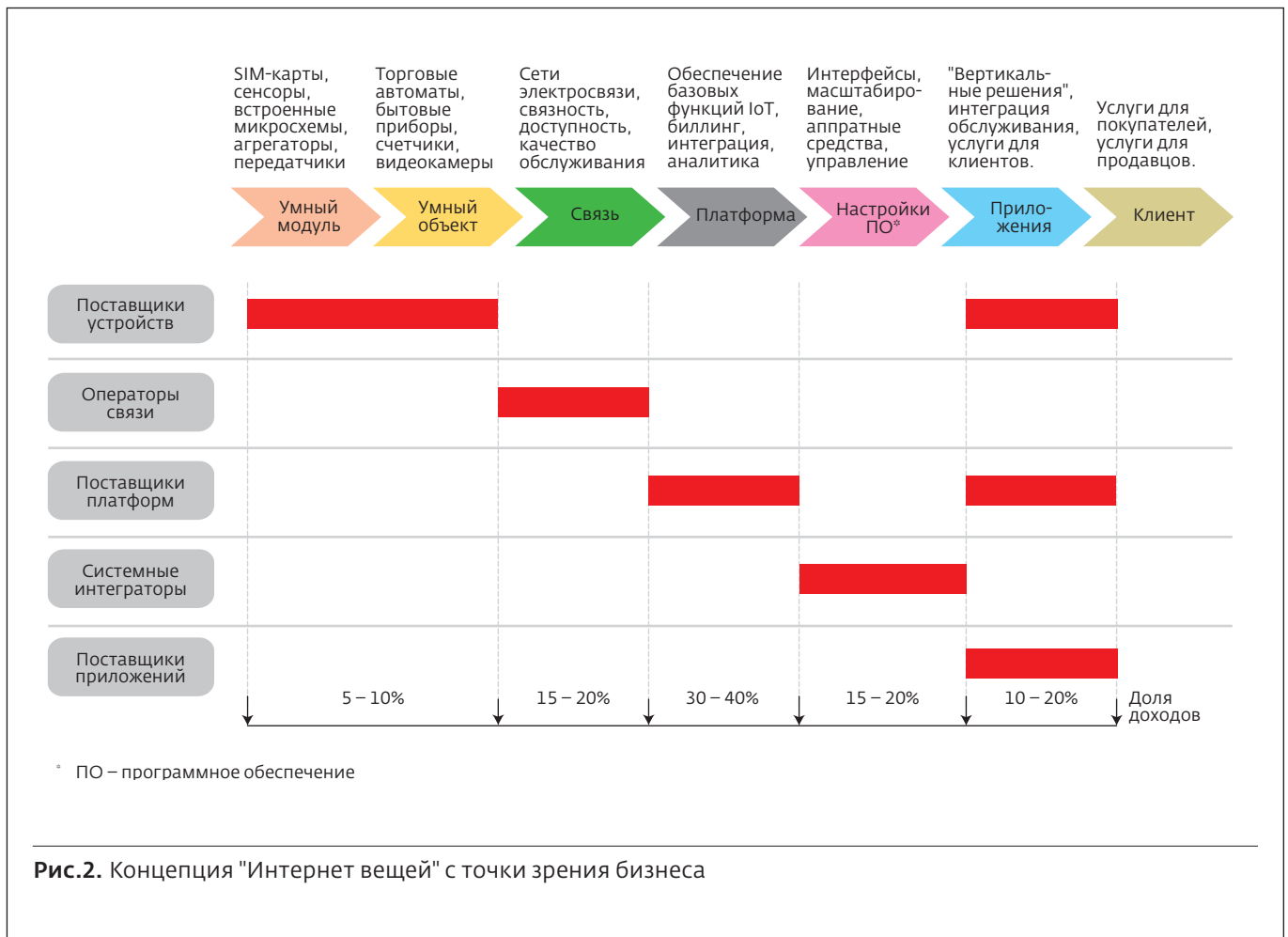


Рис.2. Концепция "Интернет вещей" с точки зрения бизнеса

обратить внимание на два момента. Во-первых, разброс оценок, отражающих доли возможных доходов, не столь значителен. Во-вторых, существенного дохода можно ожидать от реализации интеллектуальных функций, востребованных концепцией "Интернет вещей".

Следует подчеркнуть следующий важный факт: не только количество вещей, но и численность их видов будет непрерывно возрастать [1, 2]. Данное обстоятельство требует тщательного выбора методологического подхода к организации связи между "вещами" и облаком "Средства обработки информации". Выбор такого подхода – первая задача, решение которой предлагается в данной статье.

Задача № 1. Постановка, решение и обсуждение результатов

Практически каждое облако "Сеть пользователя" под номером "k" будет содержать набор вещей, меняющийся с ростом времени $t - N_k(t)$. Кроме собственно функции $N_k(t)$ следует принять во внимание еще ряд зависимостей:

- суммарную скорость передачи данных из облака "Сеть пользователя" в облако "Средства обработки информации" – $V_k(t)$;
- суммарную скорость передачи данных из облака "Средства обработки информации" в облако "Сеть пользователя" – $C_k(t)$;
- совокупность показателей по качеству обслуживания трафика "вещей", заданная в общем случае набором из m функций – $Q_1(t), Q_2(t), \dots, Q_m(t)$.

В свою очередь функции $V_k(t)$ и $C_k(t)$ определяются на основании оценок интенсивности создаваемого мультисервисного трафика, гипотезы о законах распределения потока заявок и времени их обслуживания, а также нормированных качественных показателей. Очевидно, что все перечисленные виды зависимостей представляют собой прогностические оценки, достоверность которых не столь высока, чтобы рассматривать обсуждаемую задачу как оптимизационную. Следует искать рациональное решение [7], которое будет устойчивым при изменении внешних и внутренних факторов в широком диапазоне их возможных значений.

С практической точки зрения первым шагом в решении поставленной задачи становится выбор способа организации операторской деятельности. Опуская подробный качественный анализ этого шага в решении задачи (получить количественные оценки, приемлемые с точки зрения их достоверности, пока не представляется возможным), приведем сформулированные рекомендации:

- объем транспортных ресурсов, используемых оператором, предоставляющим сервисы IoT, может заметно возрасти при радикальном изменении тех видов трафика, которые будут востребованы концепцией "Интернет вещей" по мере ее развития [5];
- трафик, который обслуживается таким оператором, в основной массе описывается стохастическими законами [8], но некоторые виды сообщений будут передаваться по алгоритмам, которые типичны для систем с расписанием [9];
- профиль устройств трафика IoT существенно отличается от тех же характеристик нагрузки других пользователей.

С технической точки зрения эти положения уместно трансформировать в решение, показанное на рис.3. Эта иллюстрация не детализирует состав аппаратно-программных средств, необходимых для предоставления услуг оператором связи, чтобы не загромождать предлагаемую модель.

Номенклатура датчиков, которые формируют сообщения "вещей", уже сейчас весьма обширна, но будет постоянно дополняться [1, 2]. Датчики включаются в адаптеры. В большинстве случаев датчик и адаптер будут представлять собой единый конструктивный модуль. Основная функция адаптера заключается в согласовании параметров передаваемых и принимаемых сообщений с требованиями базовой станции, обеспечивающей обмен информации с датчиками или с узлом агрегации (УА) трафика IoT, если он используется для концентрации сообщений, которые поступают из датчиков.

На рисунке 3 эта базовая станция обозначена как БС-Д. Она может быть реализована как отдельное устройство или интегрироваться с эксплуатируемой базовой станцией в составе сети одного из операторов мобильной связи. Выбор способа реализации БС-Д следует рассматривать как самостоятельную задачу, решить которую можно за счет использования известных экономико-математических методов и теории принятия решений [10].

Использование концепции "Виртуальный оператор" [11] представляется рациональным способом для организации связи между "вещами" и устройствами анализа получаемых сообщений, которые

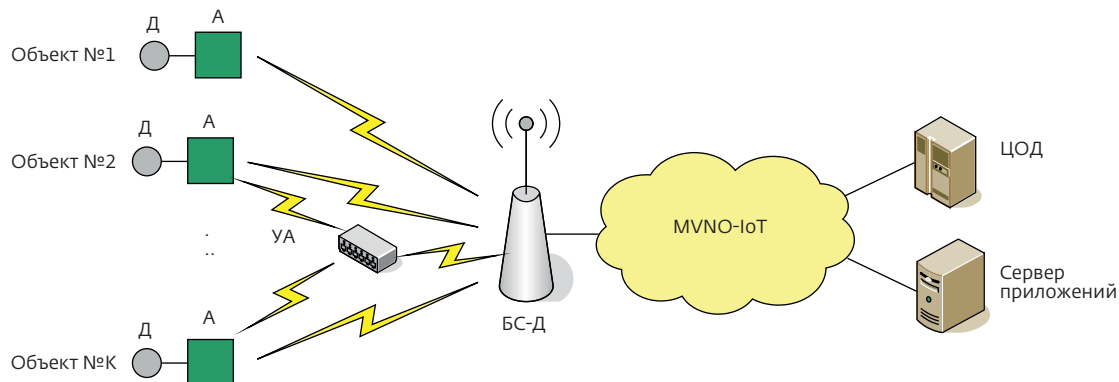
размещены в облаке "Средства обработки информации". Подробное описание классического решения MVNO (Mobile Virtual Network Operator) можно найти, например, в [11, 12]. Для предложенной модели используется аббревиатура MVNO-IoT – оператор виртуальной сети мобильной связи, созданной для поддержки услуг Интернета вещей.

Использование модели MVNO для внедрения услуг IoT представляется наиболее эффективным по целому ряду причин. Проекты классов IoT / M2M (machine-to-machine – межмашинное взаимодействие, то есть обмен информацией между устройствами без участия человека) имеют много специфических особенностей, зачастую противоречащих традиционным принципам построения и финансового планирования сетей традиционных операторов связи. Эти различия связаны прежде всего со специфичной моделью трафика устройств IoT. Она заметно отличается от модели трафика, свойственной другим (привычным) группам пользователей и непосредственно влияет как на потребляемые ресурсы элементов сети, так и на ARPU (average revenue per user – средняя выручка на одного пользователя). Например, низкий удельный ARPU и большое потенциальное количество устройств IoT входят в прямое противоречие с традиционными принципами лицензирования ряда ключевых элементов в составе сетей операторов мобильной связи. Прежде всего речь идет об HLR/HSS (Home Location Register/Home Subscriber Server – базе данных с информацией об абонентах) и биллинговой системе. Общепринятая схема лицензирования по абонентам может "утопить" бизнес IoT, сделав его нерентабельным по определению для традиционного оператора мобильной связи. Виртуальные операторы могут стать более свободными и гибкими при выборе платформ, а значит, могут как минимум построить ядро сети, максимально адаптированное под специфику IoT-бизнеса.

Для достижения практических целей по реализации концепции "Интернет вещей" необходимо разработать принципы реализации "облака" под названием MVNO-IoT. В данном случае на первый план выходят следующие аспекты:

- разработка модели MVNO, определяющей степень независимости от опорного оператора;
- выбор виртуальным оператором стандарта мобильной связи опорного оператора, определяющего возможности взаимодействия с беспроводными устройствами.

Без детального анализа всех аргументов pro et contra" принимаемые решения не будут тщательно взвешенными.



Д – датчик (интернет-вещь), А – адаптер, БС-Д – базовая станция, обеспечивающая обмен информацией с датчиками, УА – узел агрегации трафика IoT, MVNO-IoT – оператор виртуальной сети мобильной связи, созданной для поддержки услуг "Интернет вещей", ЦОД – центр обработки данных.

Рис.3. Технические средства для реализации концепции "Интернет вещей"

Если говорить о стандартах, используемых на радиоучастке, то в настоящее время одним самых перспективных считается Narrow-Band Long-Term Evolution (NB-LTE) – узкополосный вариант технологии LTE [13]. Обычно технологию LTE рассматривают как четвертое поколение стандартов мобильной связи – 4G. Данный стандарт еще находится на стадии, предшествующей массовому внедрению, однако на него возлагаются большие надежды. В настоящее время большинство устройств IoT "довольствуется" обычными подключениями с использованием стандартов 2G или 3G, за исключением терминалов, работающих с видео, для которых предпочтительным является стандарт LTE.

Очевидно, что при разработке пятого поколения (5G) требования Интернета вещей будут учтены в большей степени, так как все участники инфокоммуникационного рынка накопят полезный опыт. Вообще говоря, тема построения специализированного MVNO для обслуживания устройств Интернета вещей весьма интересна и заслуживает того, чтобы быть изложенной в отдельной статье.

В дополнение к идеям MVNO и MVNO-IoT в технической литературе обсуждается предложение о создании PVNO (Private Virtual Network Operator) – оператора частной виртуальной сети. Подобные решения считаются разумными для крупных предприятий, так как позволяют им управлять SIM-картой или ее заменителем. Если такой подход докажет свою эффективность, то своего рода PVNO смогут создавать даже отдельные (но только квалифицированные)

пользователи, например в пределах своего жилища, если количество установленных "вещей" станет весьма существенным.

Вне зависимости от деталей практического воплощения концепция "Виртуальный оператор" при условии ее корректной реализации гарантирует надежную доставку информации разного рода с заданными качественными показателями. Столь же важная задача – обработка полученной информации с целью принятия адекватных решений [10].

ЗАДАЧА № 2. ПОСТАНОВКА, РЕШЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Формализованная постановка задачи может быть представлена как максимизация функции полезности [14] – $F(d)$. Переменная "d" выбрана как первая буква в слове "depth" – глубина, здесь подразумевается эффективность обработки имеющихся сведений. Функцию полезности уместно увязать с концепцией DIKW [15], название которой образовано как аббревиатура из цепочки "data, information, knowledge, wisdom" – данные, информация, знание, мудрость. На рисунке 4 показана пирамида, предложенная консалтинговой группой Cisco Internet Business Solutions Group. Функцию $F(d)$ можно выбрать из семейства сигмовидных кривых, меняющихся от нуля до единицы, что упрощает ее оценку, если используется метод опроса группы экспертов.

В настоящее время нет практического смысла в поиске наилучшего вида функции $F(d)$ и в ее количественном анализе. Внимание следует акцентировать

на качественном исследовании выбранной функции, которое в свою очередь основано на выборе технологий, позволяющих решить поставленную задачу. Среди технологий, которые будут применяться для обработки информации, генерируемой "вещами", следует выделить:

- Big Data – большие данные [16];
- Data Mining – интеллектуальная обработка данных [17];
- Fog Computing – туманные вычисления [18].

Одно из удачных определений концепции "Big Data" основано на аббревиатуре VVV:

- Volume – объем;
- Velocity – скорость;
- Variety – многообразие.

Для практической реализации Интернета вещей важны все три компонента этого определения, но проявление их актуальности можно ранжировать с точки зрения фактора "время". По всей видимости, первые проблемы будут порождаться многообразием "вещей". Затем начнут преобладать задачи повышения скорости обмена информацией для соблюдения норм на качество обслуживания специфического трафика, свойственного "вещам". Повышение скорости будет также стимулироваться ростом объема передаваемой информации. Следует подчеркнуть, что рост объема передаваемой информации ускорит применение технологии Fog Computing, рассматриваемой в конце данного раздела статьи.

В монографии [16] приведены очень любопытные примеры того, как "большие данные" позволяют выявить новые закономерности в различных сферах человеческой деятельности – здравоохранении, оптимальной организации дорожного движения, управлении запасами и др. На основании этих закономерностей были решены актуальные задачи, обеспечивающие получение эффекта экономического и социального характера.

Технология Big Data, как подмечено в [16], направлена, кроме прочего, на выявление таких корреляций, которые сложно заметить, оперируя ограниченной выборкой. Во многих случаях "большие данные" позволяют работать не с выборкой, а с генеральной совокупностью [8]. Это позволяет найти обоснованный ответ на вопрос "что?". Иногда такой ответ достаточен с практической точки зрения. Тем не менее в ряде случаев интересует ответ на вопрос "почему?". Тогда уместно обратить внимание на технологии класса Data Mining.

Словосочетание "Data Mining" ввел в обиход представитель отечественной математической школы И.И.Пятецкий-Шапиро. Он предложил еще одно название соответствующей концепции – Knowledge

Discovery in Data. Оно более удачно отражает суть основной идеи: обнаружение знаний в данных (но в технической литературе – и англо-, и русскоязычной – чаще используется термин "Data Mining"). Обнаружение знаний осуществляется за счет применения классических математических методов, а также используя междисциплинарные подходы (interdisciplinary approach), ставшие актуальными в последние годы. Следует отметить, что для обнаружения знаний не всегда требуется работа с большим массивом данных. Некоторые полезные результаты были получены за счет тщательного анализа сравнительно небольшой выборки, а не генеральной совокупности.

Среди задач, решение которых может осуществляться методами, присущими концепции "Data Mining", для Интернета вещей особый интерес связан со следующими пятью проблемами:

- классификация (не столько "вещей", сколько процессов, которые поддаются наблюдению);
- кластеризация, позволяющая выделить характерные объекты и процессы, существенные с практической точки зрения на данном отрезке времени;
- ассоциация, заключающаяся в нахождении (хотя бы приближенных) закономерностей за счет наблюдения за объектами и процессами их функционирования;
- прогнозирование, дающее оценку вероятного развития дальнейших событий;
- визуализация, направленная на получение изображений, которые могут оказаться, например, весьма важными для принятия обоснованных решений.

Задачи, типичные для концепции "Data Mining", могут потребовать применения очень мощных вычислительных ресурсов. По этой причине на рис.3 был изображен ЦОД. Для некоторых процессов, свойственных "вещам", важна быстрая реакция на изменения их состояния. С этой точки зрения особый интерес представляет концепция "Fog Computing", подразумевающая выполнение распределенных вычислений в терминальном оборудовании или в непосредственной близости от него.

Название "Fog Computing" обычно объясняется аналогией с облачными вычислениями – Cloud Computing. Если "облако" расположено близко к "земле" (в нашем случае – к датчикам), то оно становится подобным туману. Правда, ключевые идеи Fog Computing и Cloud Computing различаются между собой по ряду положений, среди которых следует выделить такие аспекты:

- расположение вычислительных устройств и их производительность;



Рис.4. Пирамида "знания, информация, данные, мудрость"

- количество источников информации, подлежащей обработке;
- поддержка функций мобильности источников информации;
- показатели качества обслуживания мультисервисного трафика;
- алгоритмы взаимодействия с другими сетями и системами.

Тем не менее концепции Fog Computing и Cloud Computing следует рассматривать не как конкурирующие идеи, а как взаимодополняющие системные решения. В частности, использование средств Fog Computing будет способствовать снижению загрузки сервера приложений, который изображен в правой части рис.3. Несомненно, что обе концепции будут способствовать повышению эффективности работы "вещей".

Ключевые положения, составляющие суть концепции Fog Computing, направлены в том числе на решение задач, которые сформулированы в направлении "Тактильный интернет" [19]. С точки зрения истории, отражающей этапы совместного развития сетей электросвязи и вычислительной техники, связка Fog Computing и Cloud Computing представляет современное (рациональное на данном отрезке времени) решение по выбору оптимума между двумя крайними положениями:

- централизованное размещение средств, выполняющих функции интеллектуальной обработки информации;

- организация полностью распределенных вычислений для решений той же задачи.

Завершая данный раздел статьи, следует отметить, что практическая реализация концепций Big Data, Data Mining и Fog Computing – необходимое, но вряд ли достаточное условие для эффективной работы цепочки, обозначенной на рис.4 как "знания, информация, данные, мудрость". Для достижения столь глобальной цели потребуются развитие уже упомянутых выше междисциплинарных подходов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практическую реализацию концепции "Интернет вещей" уместно рассматривать с двух точек зрения. Во-первых, включение "вещей" в состав пользователей телекоммуникационной системы позволит получить эффект, который может оцениваться с разных точек зрения – экономической, социальной, гуманистической и др. Во-вторых, это шаг к Интернету всего, известному по термину Internet of Everything, который был предложен компанией Cisco.

Классификация, предложенная в [20], делит информацию на пять следующих видов: чрезвычайно важная, важная, ценная, банальная, вредная. По всей видимости, концепцию "Интернет вещей" следует реализовывать так, чтобы в ней генерировались и обрабатывались сообщения, относящиеся к первым трем видам информации. Данная задача не столь проста, как может показаться на первый взгляд. Заранее, как правило, сложно уверенно классифицировать ту или иную информацию по видам, предложенным в [20].

Концепция "Интернет вещей" может трансформироваться по ряду причин технического и экономического характера. Тем не менее две задачи по практической реализации концепции останутся актуальными вне зависимости от возможных изменений. Для обмена информацией наиболее разумным решением представляется использование идеологии "Виртуальный оператор". Для обработки получаемых от "вещей" сообщений следует применять современные информационные технологии, дающие максимально полезный эффект для всех участников инфокоммуникационного рынка.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Hersent O., Boswarthick D., Elloumi O.** The Internet of Things: Key Applications and Protocols, 2nd Edition. Wiley, 2012. 370 p.

2. **Росляков А.В., Ваняшин С.В., Гребешков А.Ю., Самсонов М.Ю.** Интернет вещей. Самара: ПГУ-ТИ, АСГАРД, 2014. 340 с.
3. **Королев В.Ю., Бенинг В.Е., Шоргин С.Я.** Математические основы теории риска. М.: Физматлит, 2011. 620 с.
4. **Линдгрэн М., Бандхольд Х.** Сценарное планирование. Связь между будущим и стратегией. М.: Олимп-Бизнес, 2009. 256 с.
5. **Соколов Н.А.** Сценарии реализации концепции "Интернет вещей" // Первая миля. 2016. № 4. С. 50–54.
6. **Agrawal M.** Business Models in Internet of Things. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/business-models-internet-things-mohit-agrawal?trk=v-feed>
7. **Sokolov A., Sokolov N.** Rational solutions for development of telecommunications networks // T-Comm. 2014. Т. 8. № 6. С. 81–84.
8. **Бородин А.Н.** Случайные процессы. СПб.: Лань, 2013. 640 с.
9. **Конвей Р. В., Максвелл В. Л., Миллер Л. В.** Теория расписаний. М.: Наука, 1975. 360 с.
10. **Ларичев О.И.** Теория и методы принятия решений. М.: Логос, 2002. 392 с.
11. Virtual Networks: Pluralistic Approach for the Next Generation of Internet. Edited by Duarte O.C.M.B., Pujolle G. Wiley, 2013. 320 p.
12. URL: <http://www.protei.ru/solutions/mvno/>
13. **Dahlman E., Parkvall S., Skold J.** 4G, LTE-Advanced Pro and The Road to 5G. Elsevier, 2016. 590 p.
14. **Rubinstein A.** Lecture Notes in Microeconomic Theory. Princeton University Press, 2013, 153 p.
15. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/DIKW>
16. **Майер-Шенбергер В., Кукьер К.** Большие данные. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. 240 с.
17. **Han J., Kamber M., Pei J.** Data Mining. Concept and Techniques. Morgan Kaufmann Publishers, 2011. 703 p.
18. **Bonomi F., Milito R., Zhu J., Addepalli.** Fog Computing and Its Role in the Internet of Things // Proceedings of the workshop on Mobile Cloud Computing, Helsinki. 2012. P. 13–15.
19. **Кучерявый А.Е., Маколкина М.А., Киричек Р.В.** Тактильный Интернет. Сети связи со сверхмалыми задержками // Электросвязь. 2016. № 1. С. 44–46.
20. **Gitt. W.** In the Beginning Was Information: A Scientist Explains the Incredible Design in Nature. Master Books, 2006. 264 p.

0,5