

УДК 004.9

*В. Н. Бондарик, А. Е. Кучерявый*Московский физико-технический институт (государственный университет)
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций

Прогнозирование развития Интернета Вещей на горизонте планирования до 2030 года

Раскрывается суть концепции Интернета Вещей, приводится определение вещей. Анализируются тенденции изменения клиентской базы сетей связи общего пользования (ССОП). На основе ассоциативного метода и логистического закона проводится анализ развития существующих технологий и формируется прогноз развития Интернета Вещей на горизонте планирования до 2030 года. Рассматриваются изменения в бизнес модели для операторов связи при внедрении концепции Интернета Вещей.

Ключевые слова: самоорганизующиеся сети, Интернет Вещей, клиентская база, прогноз развития.

Основной характеристикой клиентской базы сети связи до последнего времени было число пользователей (людей). При этом пользователь, как правило, имеет одно или несколько устройств (терминалов), включенных в сеть. В последнее время клиентская база принципиально изменяется. Вследствие развития микропроцессорной техники кибернетические устройства все больше и глубже проникают во все сферы человеческой деятельности. Мониторинг и управление различными машинами и механизмами, бизнес и социальными процессами, транспортными потоками, безопасностью и здоровьем людей приводит к тому, что человек как центральный элемент клиентской базы «обволакивается» огромным количеством устройств, которые взаимодействуют не обязательно непосредственно с человеком, но и друг с другом, с центрами обработки данных, другими людьми. Появилась концепция Интернета Вещей [1, 2, 3], в которой термин «вещь», по своей сути философский, требует однозначного толкования. При этом сразу же отметим, что количество «вещей» – новой основы клиентской базы – к 2020 году на несколько порядков будет превосходить количество людей.

Сектор стандартизации телекоммуникаций международного союза электросвязи в своей новой рекомендации Y.2060 «Internet of Things Overview» [4] дает следующее определение Интернета Вещей. В долгосрочной перспективе Интернет Вещей может рассматриваться как направление технологического и социального развития общества. В среднесрочной перспективе с учетом необходимости стандартизации концепция Интернета Вещей представляет собой основу Глобальной инфраструктуры для информационного общества. Необходимо отметить, что сам термин Интернет Вещей был озвучен Международным союзом электросвязи еще в 2005 году, но не нашел тогда прагматического применения. В настоящее же время в связи с опережающим развитием самоорганизующихся сетей [2], продолжающимся падением ARPU (Average Revenue Per User) уже не только для голоса, но и для передачи данных Интернет Вещей и технологически, и политически является как раз той концепцией, которая призвана заменить целиком и полностью себя оправдавшую, но уже не отвечающую современным реалиям концепцию сетей связи следующего поколения NGN (Next Generation Networks) [5].

Анализ определения вещи в концепции Интернета Вещей даст нам возможность разработать адекватный этому пониманию прогноз развития клиентской базы.

Под вещами понимаются «объекты физического мира (физические вещи) или информационного мира (виртуальные вещи), которые можно идентифицировать и интегрировать в сети связи» [4]. Важнейшим является то, что признается право информационных элементов, например контента, быть вещью, а значит, и терминалом сети. Для этого надо

только иметь идентификатор (например, IP-адрес), т.е. быть некоей идентифицированной сущностью. При этом очевидно, что Интернет Вещей невозможно реализовать в рамках весьма ограниченного адресного пространства IPv4, в связи с чем еще более актуальной становится задача ускоренного внедрения IPv6 в Российской Федерации [6].

В соответствии с рекомендацией МСЭ-Т Y.2060 Интернет Вещей должен обладать следующими фундаментальными характеристиками.

Связность

Это означает, что любая вещь из выше определенных должна иметь возможность быть связанной с Глобальной информационной инфраструктурой.

Обеспечение вещей услугами

Интернет Вещей должен быть способен обеспечить вещь предоставлением услуг, относящихся к ней, без ограничений (например, семантика между физическими и виртуальными вещами). При этом, должны быть использованы все возможности Интернета Вещей как физического, так и инфокоммуникационного мира.

Гетерогенность

К настоящему времени на смену гомогенной Телефонной сети связи общего пользования (ТфОП) пришли гетерогенные конвергентные сети. Устройства Интернета Вещей могут быть гетерогенными, построенными на различных аппаратных, программных платформах и сетях. Эти устройства должны иметь возможность взаимодействовать с другими устройствами или платформами услуг через различные сети, для чего должна быть обеспечена совместимость технических средств, услуг, классов и параметров качества обслуживания в сетях, поддерживающих Интернет Вещей [7].

Динамические изменения

Атрибуты вещей, такие как текущий статус (спящие или активные, связанные с сетью или изолированные), число, местоположение, скорость и т.д., могут изменяться.

Эта фундаментальная характеристика Интернета Вещей является основой для требований о самоорганизации сети.

Развитие Интернета Вещей (IoT – Internet of Things) неизбежно приведет к изменению параметров трафика, обслуживаемого сетью, а следовательно, и требований к объему ресурсов сетей связи. Наиболее общим показателем развития IoT в отличие от развития Интернет является число вещей, которые могут быть подключены к сети.

Попробуем далее с использованием ассоциативного метода сделать прогноз числа вещей IoT. Положим, что изменение числа вещей в IoT подчиняется законам, характерным для развития уже известных технологий связи. Наиболее адекватной моделью, описывающей рост числа пользователей сети связи, является логистическая кривая (*S*-кривая) [8]. Задачей прогнозирования является оценка параметров наклона этой кривой и уровня насыщения.

Наклон *S*-кривой характеризует скорость развития технологии. Для оценки наклона кривой воспользуемся ассоциативным методом прогнозирования. Предположим, что существует некоторый закон, связывающий продолжительность развития технологии и ее позицию в очередности смены технологий $\tau(n) = f(n)$.

Для определения $f(n)$ рассмотрим статистические данные о развитии основных технологий связи. На рис. 1 приведены статистические данные и логистическая кривая, описывающие рост проникновения телефонной связи в США с 1920 г. по настоящее время [9]. Положим, что проникновение более 60 абонентов на 100 жителей определяет уровень насыщения. Тогда период интенсивного развития телефонной связи составляет 80 лет.

На рис. 2 приведены статистические данные и логистическая кривая, описывающие развитие сетей подвижной связи в США. Полагая, что насыщение наступает при проникновении более 90 абонентов на 100 жителей, оценим продолжительность интенсивного развития сетей подвижной связи в США в 20 лет. На том же рисунке приведен график, иллюстрирующий рост проникновения технологий 3G/4G. Из него оценим период интенсивного развития технологий 3G/4G – он составляет около 10 лет.

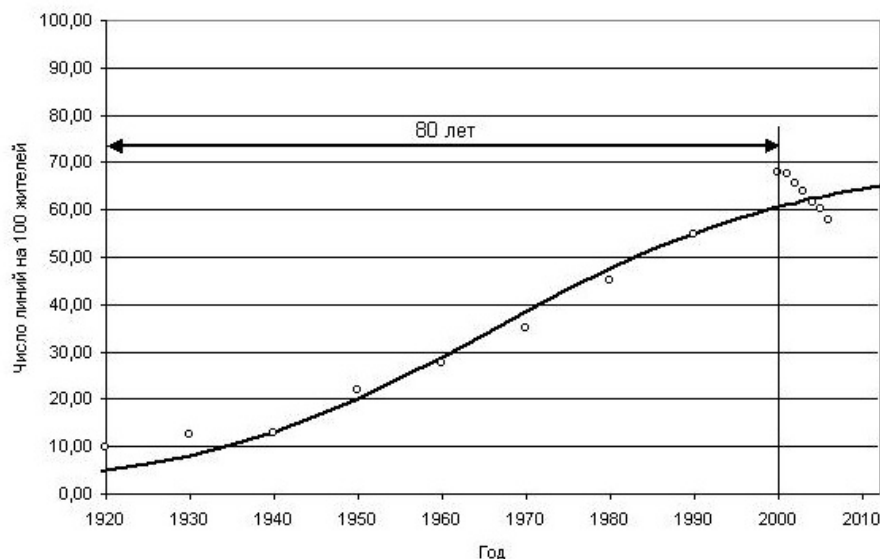


Рис. 1. Проникновение фиксированной телефонной связи в США за период с 1920 г. (число линий на 100 жителей)

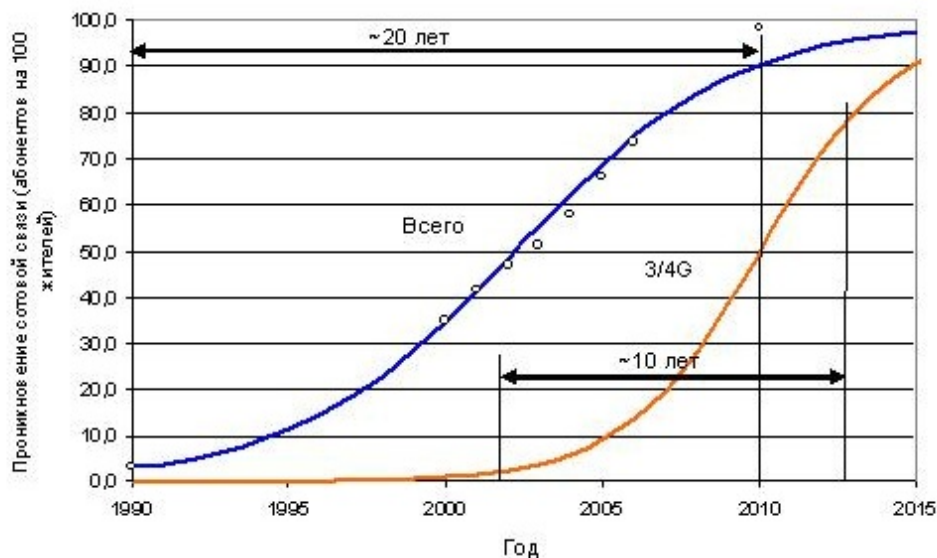


Рис. 2. Проникновение подвижной телефонной связи в США за период с 1990 г. (число абонентов на 100 жителей всего и 3G/4G)

Аналогично в соответствии с данными на рис. 3 оценим период интенсивного развития сети Интернет и ШПД в 20 и 10 лет соответственно.

Реализация каждой из рассмотренных технологий основана на развитии технологий и построении сети, включающей в себя ресурсы трех основных уровней: транспортного уровня, уровня коммутации и уровня доступа. Так, например, для развития фиксированной телефонной связи (начиная с 1920 г.) требуется развитие технологий всех трех уровней. Развитие сетей подвижной связи начинается тогда, когда технология построения транспортного уровня уже обеспечивает ее потребности. На начальном этапе развития сетей подвижной связи требуется развитие сети доступа и частично сети коммутации. Развитие Интернет также начинается на базе существующих технологий и ресурсов транспортного уровня. Для развития Интернет на начальном уровне требуется развитие технологий коммутации и частично сети доступа. Таким образом, каждая последующая технология использует максимум достижений своих предшественников, тем самым достигается уско-

рение темпов внедрения новых технологий.

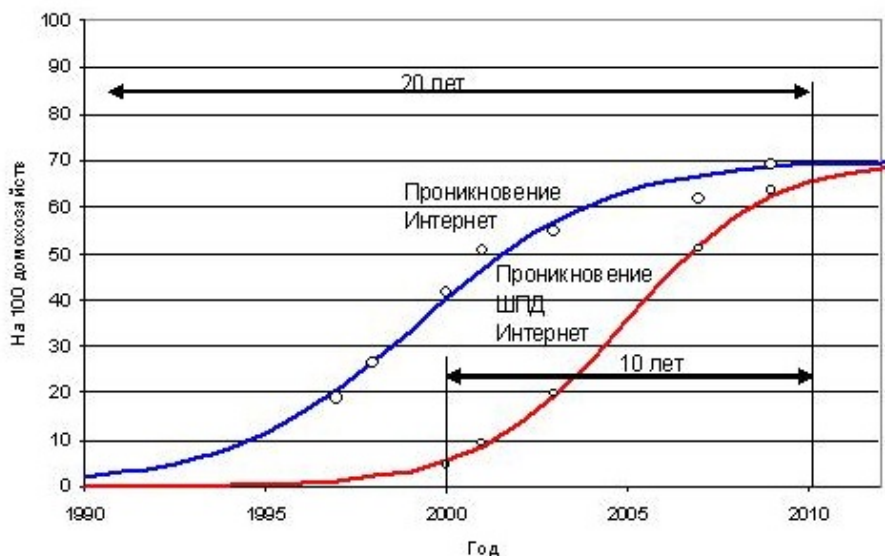


Рис. 3. Проникновение Интернет и технологий ШПД в США

Развитие IoT также начинается на существующей базе, включающей в себя технологии транспортного уровня, технологии коммутации. Таким образом, на начальном этапе развития IoT потребуются развитие технологий уровня доступа, в первую очередь самоорганизующихся сетей. Самоорганизующиеся сети на уровне доступа носят еще название капиллярных сетей [10], достаточно точно отражающих специфику их всепроникающей природы. Будем полагать, что рост числа Интернет Вещей, как и рост числа абонентов рассмотренных технологий, может быть описан логистической кривой:

$$f(t) = \frac{A}{1 + e^{-\frac{t-t_0}{B}}}.$$

Для построения прогноза следует оценить скорость роста B Интернет Вещей (наклон кривой) и уровень насыщения A (максимально достижимое число Интернет вещей), а также расположение технологии во времени t_0 .

Для оценки A и t_0 воспользуемся экспертными оценками, согласно которым [11, 12] уровень насыщения составляет $A = 100$ трлн, а число Интернет Вещей в 2020 г. — 7 трлн., исходя из предположения, что процесс развития будет соответствовать развитию технологий уровня широкополосного доступа. Прогноз развития IoT приведен на рис. 4.

Как видим, численные характеристики сетей связи изменятся принципиально, клиентская база будет состоять в основном из вещей, что приведет и к принципиальным изменениям в архитектуре и принципах построения самих сетей — сети связи станут самоорганизующимися.

Таким образом, на основе проведенного выше анализа развития телефонной сети, мобильных сетей различных поколений, Интернета и широкополосного доступа на основе ассоциативного метода получен прогноз развития Интернета Вещей на горизонте планирования до 2020–2030 годов.

Предложенный здесь прогноз может быть основой модели принципиального изменения состава и содержания клиентской базы.

Дополнительно следует отметить, что падение ARPU (Average Revenue Per User) от уже существующих (в том числе и процессорных) клиентов происходит в среднем на единицы (меньше 10) процентов в год. А это значит, что при достаточном для нужд межмашинного обмена (в разрезе IoT) развитии сетей операторов связи рост клиентской базы из-за IoT будет значительно превышать падение доходов операторов из-за изменения ARPU.

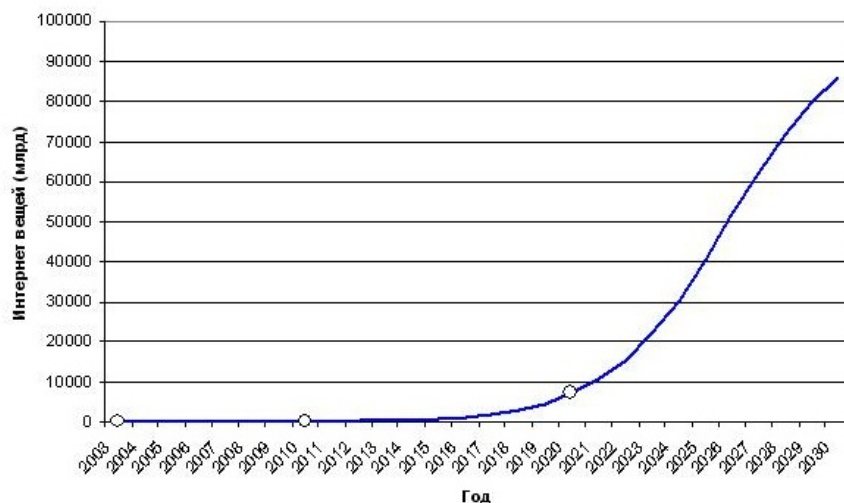


Рис. 4. Прогноз роста числа Интернет Вещей

Источником доходов для операторов связи при этом станут производители товаров и телекоммуникационных услуг, в себестоимости которых все большую и большую долю будет составлять «кибернетическая» составляющая, но это уже предмет отдельных исследований.

Литература

1. Бутенко В.В., Назаренко А.П., Сарьян В.К. IoT – новая точка развития ИКТ и средство кардинального повышения адаптивных возможностей человека при взаимодействии с ухудшающейся антропогенной средой // Труды 54-й научной конференции МФТИ. Радиотехника и кибернетика. — 10–30 ноября, 2011 г. — М.: МФТИ, 2011.
2. Кучерявый А.Е., Прокопьев А.В., Кучерявый Е.А. Самоорганизующиеся сети. — СПб.: Любавич, 2011.
3. Кучерявый А.Е. Интернет Вещей // Электросвязь. — 2013. — № 1.
4. Recommendation Y. 2060 «Overview of Internet of Things». ITU-T, Geneva. June 2012.
5. Recommendation Y. 2012. Functional requirements and architecture of the NGN. ITU, 2010.
6. Материалы Круглого стола «Стратегия перехода на IPv6». ОАО «ГИПРОСВЯЗЬ», сентябрь 2012. www.expo-telecom.ru/ipv6/2012/.
7. Андреев Д.В., Тарасов Д.В., Кучерявый А.Е. Модельные сети для тестирования технических средств сетей связи следующего поколения. Рекомендация МСЭ-Т Q.3900 Электросвязь. — 2007. — № 12.
8. Варакин Л.Е. Самоорганизующиеся сети. — СПб.: Любавич, 2011.
9. www.fcc.gov.
10. Dohler M., Boswarthick D., Alonso-Zarate J. Machine-to-Machine in Smart Grids and Smart Cities. Technologies, Standards, and Applications. Globecom 2012. Tutorial. Anaheim, California, USA. 3 December 2012.
11. Waldner J.-B. Nanocomputers and Swarm Intelligence. ISTE, John Wiley & Sons, 2008.
12. Sorensen L., Skouby K.E. Use scenarios 2020 – a worldwide wireless future. Visions and research directions for the Wireless World. Outlook. Wireless World Research Forum. — July 2009. — N 4.

Поступила в редакцию 28.12.2012.