УДК 621.395

СТАНДАРТИЗАЦИЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

М.Ю. Самсонов, вице-президент ЗАО «Группа компаний «СТАРТ»», к.т.н.
А.Ю. Гребешков, технический директор Самарского филиала ООО «Старт2ком», проф. кафедры автоматической электросвязи ПГУТИ, к.т.н.
А.В. Росляков, заместитель директора филиала по перспективным разработкам Самарского филиала ООО «Старт2ком», заведующий кафедрой автоматической электросвязи ПГУТИ, д.т.н.
С.В. Ваняшин, ведущий инженер-проектировщик Самарского филиала ООО «Старт2ком», доцент кафедры автоматической электросвязи ПГУТИ, к.т.н.

Ключевые слова: *Интернет, Интернет вещей, IoT, физическая вещь, виртуальная вещь, стандартизация.*

Введение. Появление в последнее время термина «Интернет вещей» ознаменовало новый этап развития Интернета [1]. Концепция Интернета вещей является не чисто технологической, но во многом социально-технологической, что обусловлено влиянием на общество XXI века современных информационных технологий. Его прорывной потенциал ничуть не меньше, чем у самой Всемирной паутины. В рамках этой концепции, которая на международном уровне уже обретает черты сформировавшейся технологии, ведутся активные работы в области стандартизации архитектуры, технических компонентов, приложений.

В статье представлен краткий обзор результатов исследований международных организаций, чья деятельность прямо или косвенно связана со стандартизацией Интернета вещей.

Общая идея Интернета вещей. В связи с бурным развитием сетей с пакетной коммутацией и прежде всего Интернета в начале 2000-х годов мировое телекоммуникационное сообщество выработало новую парадигму развития коммуникаций – сетей следующего поколения (Next Generation Networks, NGN), а затем приступило к ее реализации [2]. Технологии NGN уже прошли эволюционный путь развития от гибких коммутаторов (Softswitch) до подсистем мультимедийной связи IMS (IP Multimedia Subsystem) и беспроводных сетей долговременной эволюции LTE (Long Term Evolution) [3]. При этом всегда предполагалось, что основными пользователями сетей NGN будут люди и, следовательно, максимальное число абонентов в таких сетях всегда будет ограничено численностью населения планеты Земля.

Однако в последнее время значительное развитие получили методы радиочастотной идентификации RFID (Radio Frequency IDentification), беспроводные сенсорные сети WSN (Wireless Sensor Network), коммуникации малого радиуса действия NFC (Near Field Communication) и межмашинные коммуникации M2M (Machine-to-Machine), которые, интегрируясь в Интернет, обеспечивают простую связь различных технических устройств («вещей»), причем их число может быть огромным. По данным экспертов, в 2008–2009 гг. количество подключенных к Интернету предметов превысило число интернет-пользователей. А уже в ближайшей перспективе прогнозируется экспоненциальный рост количества таких устройств. Таким образом, настоящий период характеризуется эволюционным переходом от «Интернета людей» к «Интернету вещей» (Internet of Things, IoT).

Международный союз электросвязи (International Telecommunication Union, ITU). Сектор стандартизации телекоммуникаций Международного союза электросвязи (МСЭ-Т) реализует сегодня три глобальные инициативы (Global Standards Initiative, GSI).

Под глобальной инициативой понимается комплекс работ, выполняемых параллельно разными исследовательскими комиссиями МСЭ в соответствии со скоординированным планом работы. Одна из таких инициатив – IoT-GSI (Global Standards Initiative on Internet of Things) – посвящена стандартизации Интернета вещей [4]. Две другие GSI – по стандартизации сетей последующих поколений NGN-GSI и систем телевидения на основе интернет-протокола IPTV-GSI – тоже базируются на использовании IP-технологий.

IoT-GSI строит свою работу, исходя из усилий МСЭ-Т в таких областях, как сетевые аспекты идентификационных систем (NID), всепроникающие сенсорные сети (USN), межмашинная связь (M2M), WEB вещей (WoT) и т.п. В рамках серии МСЭ-Т Y.2xxx, посвященной сетям следующего поколения NGN, уже утверждены первые рекомендации, непосредственно касающиеся Интернета вещей: Y.2060 «Обзор Интернета вещей», Y.2063 «Основа WEB вещей» и Y.2069 «Термины и определения Интернета вещей». В последние годы принят также ряд рекомендаций МСЭ-Т в смежных областях, которые затрагивают Интернет вещей: Y.2061, Y.2062, серия H.642.x, F.747.1 и др.

Согласно определению, приведенному в Рекомендации МСЭ-Т Y.2060, Интернет вещей (Internet of Things, IoT) – глобальная инфраструктура информационного общества, обеспечивающая передовые услуги с помощью 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», МСЭ-Т также использует понятие «устройство» (device) – часть оборудования с обязательными возможностями по коммуникации и необязательными возможностями по сенсорингу/зондированию, приведению вещи в действие, сбору, обработке и хранению данных. Отсюда следует, что МСЭ-Т больше внимания уделяет аспектам коммуникаций и межсоединений, нежели приложениям IoT.

Концепция сетей следующего поколения NGN предполагала возможности коммуникаций людей (непосредственно или через компьютеры) в любое время и в любой точке пространства. Концепция Интернета вещей включает еще одно направление – коммуникацию любых устройств (вещей) (рис. 1).

Из схемы отображения физических и виртуальных вещей (рис. 2) следует, что виртуальные вещи могут существовать и без своих физических воплощений, в то время как физическим объектам/вещам обязательно соответствует минимум один виртуальный объект. При этом ведущую роль играют

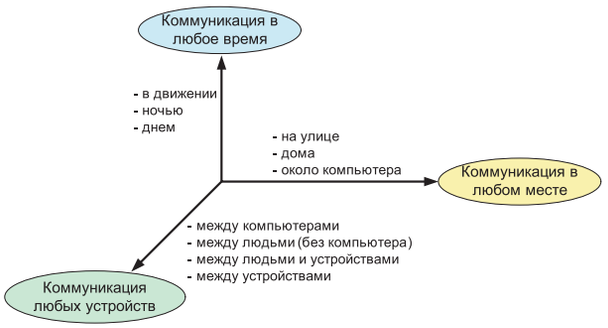

Рис. 1. **Новое направление коммуникаций, реализуемое Интернетом вещей (источник: МСЭ-Т Y.2060)**

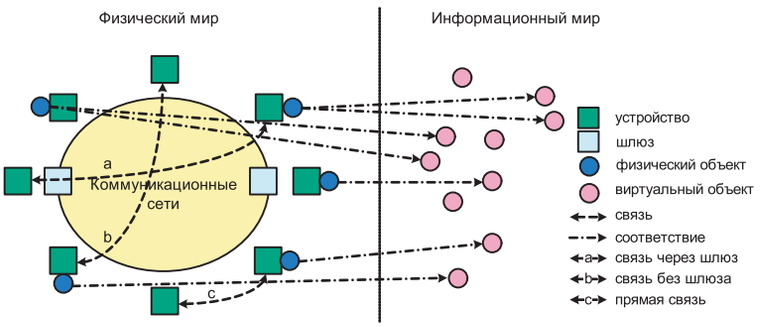

Рис. 2. **Схема отображения физических и виртуальных вещей (источник: МСЭ-Т Y.2060)**

именно те устройства, которые могут собирать различную информацию и распространять ее по коммуникационным сетям различными способами: через шлюзы и сеть; без шлюзов, но через сеть; напрямую между собой. Рекомендация Y.2060 описывает различное сочетание перечисленных способов соединений. Это указывает на то, что МСЭ-Т предусматривает использование для IoT множества сетевых технологий: глобальных сетей, локальных сетей, беспроводных самоорганизующихся (ad-hoc) и ячеистых (mesh) сетей. Указанные сети связи переносят данные, собранные устройствами, к соответствующим программным приложениям, а также передают команды от программных приложений к устройствам.

Следует отметить, что вещи и связанные с ними устройства могут обладать полноценными управляющими процессорами для обработки данных в виде «системы-на-кристалле», в том числе с собственной операционной системой, блоком сенсоринга/зондирования окружающей среды и блоком коммуникации.

В Рекомендации Y.2060 приведена также эталонная модель IoT, которая очень похожа на модель NGN и также включает четыре базовых горизонтальных уровня (рис. 3):

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

Существует еще два вертикальных уровня – уровень управления и уровень безопасности, они охватывают все четыре горизонтальных уровня.

Уровень приложений IoT в Рекомендации Y.2060 детально не рассматривается. Уровень поддержки сервисов и приложений включает общие возможности для различных объектов IoT по обработке и хранению данных, а также те, что необходимы для некоторых приложений IoT или групп таких приложений. Сетевой уровень объединяет сетевые (функция управления ресурсами сети доступа и транспортной сети, управления мобильностью, функции авторизации, аутентификации и расчетов, AAA) и транспортные возможности (обеспечение связности сети для передачи информации сервисов и приложений IoT). Наконец, уровень устройств – это возможности устройства и шлюза. Функциональность устройства нацелена на прямой обмен с сетью связи, обмен через шлюз, обмен через беспроводную динамическую ad-hoc-сеть, а также временный останов и возобновление работы устройства для энергосбережения. Возможности шлюза предполагают поддержку множества интерфейсов для устройств (шина CAN, ZigBee, Bluetooth, WiFi) и для сетей доступа/транспортных сетей (2G/3G, LTE, DSL). Шлюз также поддерживает конверсию протоколов, если протоколы интерфейсов устройств и сетей отличаются друг от друга.

Возможности вертикального уровня эксплуатационного управления предусматривают управление последствиями отказов, функциональностью сети, конфигурацией, безопасностью и данными для биллинга. Основными объектами управления являются устройства, локальные сети и их топология, трафик и перегрузки на сетях. Возможности вертикального уровня безопасности зависят от горизонтального уровня. Для уровня поддержки сервисов и приложений определены функции AAA, антивирусная защита, тесты целостности данных, для сетевого уровня – авторизация, аутентификация, защита информации протоколов сигнализации, на уровне устройств – авторизация, аутентификация, контроль доступа и конфиденциальность данных.

В рамках МСЭ в 2006 г. создана также группа по совместной координационной деятельности в области Интернета вещей (JCA-IoT), задача которой, в частности, заключается в поддержании в актуальном состоянии «дорожной карты» по стандартам Интернета вещей, включающей утвержденные (или разрабатываемые) стандарты всемирной экосистемы организаций по стандартизации.

Европейский проект по архитектуре Интернета вещей IoT-A. Основной целью деятельности Европейского интеграционного проекта IoT-A (Internet-of-Things Architecture) [5], в который входят компании Siemens, NEC, Alcatel-Lucent, Hitachi, NXP, SAP, Telefonica, IBM и др., является разработка эталонной архитектурной модели (Architectural Reference Model, ARM) Интернета вещей с описанием основных компонентов, которая позволила бы интегрировать разнородные технологии IoT в единую взаимосвязанную архитектуру.

Функциональная модель IoT-A (рис. 4) несколько отличается от модели МСЭ (см. рис. 3): хотя она тоже является иерархической, но состоит уже из семи горизонтальных уровней, дополняемых двумя вертикальными (управление и безопасность), которые участвуют во всех процессах.

Если обратиться к техническим особенностям модели, приведенной на рис. 4, то можно сказать, 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. Сеть с ограничениями характеризуется относительно низкими скоростями передачи – менее 1 Мбит/с (например, стандарт IEEE 802.15.4) и достаточно высокими задержками, сеть без ограничений – соответственно высокими скоростями передачи данных (десятки мегабит в секунду и более) и похожа на существующую сеть Интернет. Различие данных моделей сетей показано на рис. 5.

Модель архитектуры IoT-A постоянно корректируется и дополняется новыми спецификациями. В настоящее время доступна вторая версия модели IoT-A v2.

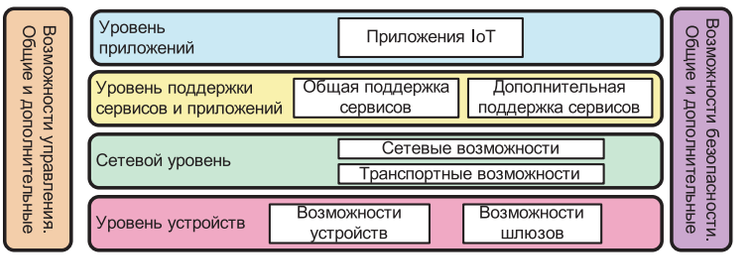

Рис. 3. **Эталонная модель IOT (согласно МСЭ-Т Y.2060)**

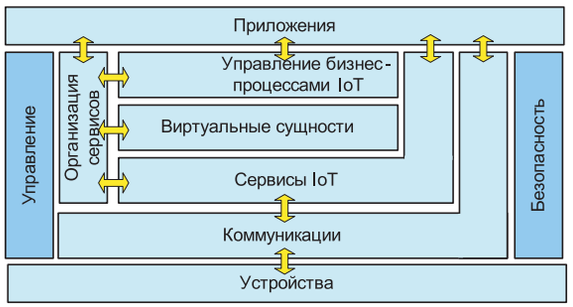

Рис. 4. **Функциональная модель архитектуры IoT-A**

Европейский исследовательский кластер Интернета вещей IERC. Неправительственная ассоциация «Европейский исследовательский кластер Интернета вещей» (IoT European Research Cluster, IERC) [6] с 2010 г. осуществляет координацию различных проектов Евросоюза (ЕС) в области IoT с целью определения общего понимания принципов и технологий, а также координации проектов европейских разработчиков. Деятельность IERC в области IoT направлена на достижение общего понимания путей, средств и методов развития IoT.

IERC претендует на статус ведущей общемировой площадки для контактов в области IoT-разработок. Участники и эксперты IERC определяют международную стратегию сотрудничества в области IoT, приоритетные направления исследований. Ассоциация IERC координирует деятельность по сотрудничеству и взаимодействию других кластеров ЕС, организует дискуссии и конференции по вопросам IoT. В перечне участников IERC значатся более 20 действующих или завершившихся европейских IoT-проектов.

Можно выделить проект EU-IFM: «умные транспортные документы» (билеты для поездок в общественном транспорте), введенные в различных государствах ЕС. Проект BRIDGE предусматривает использование технологии RFID для приема-передачи электронного кода товара (Electronic Product Code) в рамках системной архитектуры GS1 System Architectury в области здравоохранения и фармацевтики, поставок свежих и скоропортящихся продуктов, отслеживания цепочек поставок промышленных товаров. В рамках проекта консорциума EUWB в 2008–2011 гг. проводились исследования и разработки в области ультраширокополосных радиотехнологий (Ultra Wideband radio technology) стандартов ECMA 368/369, IEEE 802.15.3c/4a для передачи сигналов на короткие расстояния при использовании во внутриобъектовых и внутриквартирных сетях, на автомобильном и общественном транспорте, в индустрии мультимедиа-развлечений. Результаты работы IERC выражаются в ежегодных выпусках обзорно-аналитических документов по вопросам стратегического развития IoT.

Альянс IPSO. Некоммерческий альянс IPSO (IP for Smart Objects, «Протокол IP для «умных объектов»») [7] с 2008 г. объединяет различные сообщества, компании и организации в целях продвижения протокола межсетевого взаимодействия IP как коммуникационной среды для «умных объектов» (Smart Objects, SO). Целями альянса являются разработка способов применения протокола IP для доступа к SO, создание и обновление необходимых стандартов в кооперации с IETF, IPv6 Forum, Z-Wave Alliance, Zigbee, определение эффективных способов индустриального использования SO с IP, маркетинг SO с IP.

Альянс IPSO организует тестирование различных SO и приложений на способность к взаимодействию (interoperability) с использованием протокола IP. IPSO не разрабатывает собственно технологии обмена и технические стандарты, но документирует и распространяет передовой опыт использования протокола IP для применения SO. В число основателей альянса IPSO входят Bosch, Cisco, Ericsson, Fujitsu, Oracle, SAP, Sun и др., а всего альянс объединяет более 70 компаний и организаций из Европы, США, Японии, Китая, Юго-Восточной Азии.

IPSO регулярно публикует сведения о лучших практиках использования SO с поддержкой IP, распространяет сведения о разработке и обновлении новых стандартов, участвует в профильных конференциях и выставках. IPSO проводит конкурсы инновационных концепций использования IP для интерфейсов, организации связей и приложений в сенсорных сетях, сетях управления, приложениях M2M для IoT в промышленности, здравоохранении, на транспорте.

Глобальный партнерский проект oneM2M. Межмашинные коммуникации (M2M) являются важнейшей составляющей Интернета вещей. В настоящее время можно назвать более 140 организаций, прямо или косвенно участвующих в процессах стандартизации M2M. Поэтому в 2012 г. был создан Глобальный партнерский проект oneM2M [8], способствующий формированию общедоступных и общепризнанных технических спецификаций и технических отчетов, которые относятся прежде всего к уровню услуг M2M (M2M Service Layer).

Инициаторами создания проекта oneM2M выступили семь региональных организаций по стандартизации телекоммуникаций: шестерка партнеров, создавшая всемирно признанный Партнерский проект 3GPP (ETSI (Европа), ARIB (Япония), TTC (Япония), CCSA (Китай), TIA (США), TTA (Корея)) плюс Американский альянс по промышленным телекоммуникационным решениям (ATIS).

В рамках проекта oneM2M созданы четыре рабочие группы по следующим направлениям: технические требования; архитектура; безопасность; управление, общее описание объектов и их семантика. Результаты исследований носят пока предварительный характер, разрабатываемые документы находятся на стадиях согласования. Инициатива oneM2M

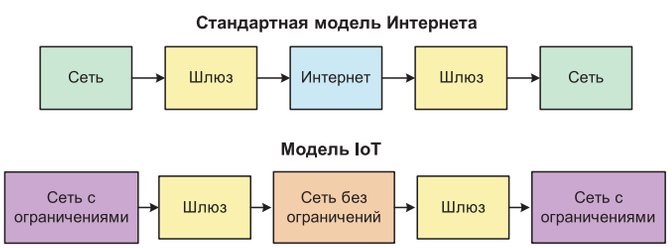

Рис. 5. **Сравнение моделей передачи данных в Интернете и в IoT**

предусматривает в идеале формирование единого стандарта услуг M2M. Еще одна задача oneM2M – выработка единых подходов к взаимодействию с участниками рынка услуг передачи информации, вертикальными рынками и разработчиками программных архитектур.

Заключение. Вопросами стандартизации и практического внедрения отдельных составляющих Интернета вещей (M2M, RFID, всепроникающие сенсорные сети и др.) занимаются многие международные организации, неправительственные ассоциации, альянсы производителей и операторов, партнерские проекты. В настоящее время для Интернета вещей как нового направления развития инфокоммуникаций в целом определены самые общие концептуальные и архитектурные решения. Основной проблемой в ближайшее время будет гармонизации различных стандартов с целью формирования единой и непротиворечивой нормативной базы для практической реализации Интернета вещей.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Кучерявый А.Е.** Интернет вещей // Электросвязь. – 2013. – № 1.
2. Сети следующего поколения NGN / Под ред. А.В. Рослякова. – М.: Эко-Трендз, 2008.
3. **Гольдштейн Б.С., Кучерявый А.Е.** Сети связи пост-NGN. – СПб.: BXB-Петербург, 2013.
4. Internet of Things Global Standards Initiative [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx (дата обращения: 20.02.13).
5. Internet-of-Things Architecture [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:// www.iot-a.eu (дата обращения: 20.02.13).
6. European Research Cluster on the Internet of Things [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.internet-of-things-research.eu (дата обращения: 20.02.13).
7. IPSO Alliance [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:// www.ipso-alliance.org (дата обращения: 20.02.13).
8. **Тихвинский В.О.** Партнерский проект oneM2M // Электросвязь. – 2012. – № 11.

Получено 04.04.13