

УДК 351.321

Петрова В.М.,

Старший викладач

Куриленко О.В.,

Национальный технический университет Украины

"Киевский политехнический институт"

Фуртат О.В.,

Академія муніципального управління

ИНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ

Анотація: Розглядається нова концепція Інтернету Речей (IP), в якою число користувачів вимірюватиметься одиницями і десятками трільйонів. У основі клієнтської бази IP лежать речі (пристрої, прилади, бази даних і так далі). Розглянуті фундаментальні характеристики концепції IP і протоколи для мереж IP.

Ключові слова: Інтернет Речей, всепроникні сенсорні мережі, трільйонні мережі, мережі із самоорганізацією, кластеризація.

Петрова В.Н.,

Старший преподаватель

Куриленко А.В.,

Национальный технический университет Украины

"Киевский политехнический институт"

Фуртат Е.В.,

Академія муніципального управління

ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ

Аннотация: Рассматривается новая концепция Интернета Вещей (ИВ), в которой число пользователей будет измеряться единицами и десятками триллионов. В основе клиентской базы ИВ лежат вещи (устройства, приборы, базы данных и т.д.). Рассмотрены фундаментальные характеристики концепции ИВ и протоколы для сетей ИВ.

Ключевые слова: Интернет Вещей, всепроникающие сенсорные сети, триллионные сети, самоорганизующиеся сети, кластеризация.

Petrova V.N.,**Kurylenko O.,**

National Technical University of Ukraine

"Kyiv Polytechnic Institute"

Furtat O.V.,

Academy of Municipal Administration

INTERNET OF THINGS

Abstract: We examine new conception is the Internet of Things (IoT), which the number of users will be measured units and in tens trillions. Client base of IoT things are underlaid (devices, devices, databases). Fundamental descriptions of conception of IoT and protocols are considered for the networks of IoT.

Keywords: Internet of Things, pervasive sensor networks, trillion networks, selfgettings organized networks, clustering.

Введение. Развитие сетей связи общего пользования (ССОП) в первом десятилетии XXI века осуществлялось на базе концепции сетей связи следующего поколения (NGN – Next Generation Network). Концепция NGN предусматривает эволюционный переход от сетей с коммутацией каналов к сетям с коммутацией пакетов, что сегодня реализовано в виде фрагментов сетей или крупномасштабных сетей с коммутацией пакетов практически всеми ведущими операторами мира. Параллельно с этим процессом начало XXI века ознаменовалось конверсией сенсорных сетей, созданием теории и практической реализацией так называемых всепроникающих сенсорных сетей (USN – Ubiquitous Sensor Networks).

С одной стороны, клиентская база в виде человека с его терминалами исчерпала себя, с другой, появление возможности взаимодействия устройств между собой без участия человека поставили вопрос о необходимости разработки новой концепции развития ССОП. Замечательно оправдавшая себя концепция NGN вместе с тем была рассчитана на обслуживание единиц и нескольких десятков миллиардов пользователей. Взаимодействие же устройств между собой заставляет задуматься о построении триллионной сети, т.е. сети, в которой число пользователей будет измеряться единицами и десятками триллионов. Такая концепция получила название Интернета Вещей (ИВ) [1, 2].

Анализ исследований и публикаций. О концепции Интернета Вещей (ИВ), с взаимодействием устройств между собой [1, 2]. Вещи определяются Сектором стандартизации телекоммуникаций МСЭ (МСЭ-Т) в концепции ИВ как “объекты физического мира (физические вещи) или информационного мира (виртуальные вещи), которые можно идентифицировать и интегрировать в сети связи” [4]. Оценивается число вещей в сети в 7 трлн единиц к 2017– 2020 г. [5]. В то же время в [6] предельное значение числа вещей в сетях связи оценивается как 3000–5000 единиц в расчете на одного человека. Сетевой базой для реализации концепции ИВ являются самоорганизующиеся сети [2].

Изложение основного материала

Клиентская база ИВ. Само название концепции подразумевает, что в основе клиентской базы ИВ лежат вещи (устройства, приборы, базы данных и т.д.). Поэтому, прежде чем перейти к исследованию сетевых вопросов реализации концепции ИВ, необходимо строго определить, что такое вещь в современном сетевом понимании. Гегель определял вещь следующим образом [3]: “существующее нечто есть вещь” и далее “Вещи-в-себе не должно быть свойственно какое-либо определенное многообразие и потому она обретает такое многообразие лишь будучи вынесена во внешнюю рефлексию, но остается она к нему безразличной”.

В не противоречащем этому определению в современном сетевом понимании вещи определяются Сектором стандартизации телекоммуникаций МСЭ (МСЭ-Т) в концепции ИВ как “объекты физического мира (физические вещи) или информационного мира (виртуальные вещи), которые можно идентифицировать и интегрировать в сети связи” [4]. Это определение с учетом виртуальных вещей и позволяет говорить о триллионных сетях. Отметим также, что идентификация и интеграция такого громадного числа терминалов в сеть возможна только при использовании сетей IPv6, что требует создания соответствующего национального плана внедрения IPv6.

Международный исследовательский беспроводный Форум оценивает число вещей в сети в 7 трлн единиц к 2017– 2020 г. [5]. В то же время в [6] предельное значение числа вещей в сетях связи оценивается как 3000–5000 единиц в расчете на одного человека, что позволяет говорить о 50 трлн вещей в сети. С учетом принятой аппроксимации процессов развития телекоммуникаций логистической кривой и оценки периода устойчивого развития новых технологий на примерах широкополосного доступа и сетей 3G, можно спрогнозировать 10-летний цикл устойчивого развития ИВ на период с 2020 по 2030 гг.

Такое громадное число терминалов требует по-новому подойти и к созданию сетей связи. Триллионные сети могут быть построены на основе самоорганизующихся сетей [2], подразумевающих наличие случайного числа узлов и взаимосвязей между ними в любой конкретный момент времени существования сети. Последнее полностью соотносится с фундаментальными характеристиками концепции ИВ [4].

Фундаментальные характеристики концепции ИВ. В соответствии с рекомендациями МСЭ-Т к ним относятся приведенные ниже характеристики.

Связность. Одна из важнейших метрик самоорганизующихся сетей. В [7], например, доказано, что связность в большей степени влияет на длительность жизненного цикла беспроводной сенсорной сети, чем мобильность, энергоэффективность и покрытие. МСЭ-Т определяет характеристику связности как возможность любой вещи быть связанной с глобальной инфокоммуникационной структурой. Связность при этом определяется возможностью идентификации вещей (адресное поле IPv6).

Обеспечение вещей услугами. Сеть связи, каковой бы она ни была, предназначена для обеспечения клиентской базы услугами. В отношении вещей предполагается, что услуги, относящиеся к конкретной вещи как элементу клиентской базы, должны предоставляться без ограничений для физических и виртуальных вещей. Кроме того, предусматривается возможность автономного (в отрыве от иных элементов сети) предоставления услуг. Заметим также, что поскольку на/в теле человека также возможно создание сетей [8], в рамках концепции ИВ оговаривается

необходимость высококачественного и высокобезопасного предоставления услуг для тела человека.

Гетерогенность. Эта фундаментальная характеристика ИВ дает возможность устройствам ИВ быть построенными на различных аппаратных, программных платформах и сетях. При этом устройства ИВ должны иметь возможность взаимодействовать с иными устройствами (в том числе и ИВ) через различные сети связи.

Динамические изменения. Статус вещей может изменяться динамически, например, от спящих к активным, от связанных в определенный момент времени с сетью – к несвязанным и т.д. Число вещей, местоположение, скорость и т.п. также могут меняться динамически. Именно эта фундаментальная характеристика ИВ приводит к необходимости пересмотра принципов построения сети от существующих инфраструктурных к самоорганизующимся. Самоорганизация в широком смысле этого слова подразумевает не только случайное число узлов и взаимосвязей между ними в любой конкретный момент времени, но и самоуправление, самоконфигурацию, самотестирование, самозащиту, самооптимизацию и т.п.

Огромная шкала вещей. Как уже отмечалось, в соответствии с современными воззрениями речь идет о десятках триллионов вещей, что и позволяет говорить о триллионных сетях.

Самоорганизующиеся сети. Сетевой базой для реализации концепции ИВ являются самоорганизующиеся сети. В соответствии с [2] самоорганизующейся сетью называется сеть, в которой число узлов является случайной величиной во времени и может изменяться от 0 до некоторого значения N_{max} . Взаимосвязи между узлами в такой сети также случайны во времени и образуются для достижения сетью какой-либо цели или для передачи информации в ССОП или иные сети.

Как все сети связи, самоорганизующаяся сеть состоит из сетей доступа и транзитной сети. Сеть доступа называется Ad Hoc (целевая сеть), а транзитная сеть – mesh (ячеистая). Узлы сети Ad Hoc не имеют функций маршрутизации и могут осуществлять взаимосвязь лишь с ближайшими узлами. В связи с этим достаточно часто узлы сети Ad Hoc называют дочерними. Последнее в силу самоорганизации сети вовсе не означает, что дочерний узел строго привязан к какому-либо родительскому узлу. В процессе жизненного цикла сети дочерний узел может быть привязан к любому наиболее близко расположенному родительскому узлу, а при определенных условиях может и сам превратиться на время или навсегда в родительский узел, например, в однородных сенсорных сетях [9].

Узлы mesh имеют встроенные функции маршрутизации и могут поддерживать установление соединения не только к ближайшему узлу, но и ко многим другим. Такой сетевой режим называется multi-hop (многошаговое соединение) в отличие от соединений для дочерних узлов

Ad Hoc сети, ограниченных одним шагом в установлении соединения (onehop). Mesh-узлы достаточно часто называют родительскими узлами, что подчеркивает их транзитную функцию. Очевидно, что узлы самоорганизующейся сети могут совмещать родительские и дочерние функции.

Примеры самоорганизующихся сетей. Сегодня наиболее известны следующие приложения ИВ (самоорганизующихся сетей):

- всепроникающие сенсорные сети (USN – Ubiquitous Sensor Networks);
- сети для транспортных средств (VANET – Vehicular Ad Hoc Networks);
- муниципальные сети (HANET – Home Ad Hoc Networks);
- медицинские сети (MBAN – Medical Body Area Network).

Остановимся подробнее на всепроникающих сенсорных сетях как технологической основе ИВ. Беспроводные всепроникающие сенсорные сети USN представляют собой самоорганизующиеся сети, состоящие из множества беспроводных сенсорных узлов, распределенных в пространстве и предназначенных для мониторинга и/или управления характеристиками окружающей среды или объектами, расположенными в ней. Пространство, покрываемое сенсорной сетью, достаточно часто называют сенсорным полем.

Собственно беспроводные сенсорные узлы представляют собой миниатюрные устройства с ограниченными ресурсами: зарядом батареи, объемом памяти, вычислительными возможностями и т.д. Однако объединение большого числа этих элементов в сеть обеспечивает возможность получения реальной картины происходящих событий и процессов в рамках этого сенсорного поля.

Беспроводные сенсорные узлы могут собирать информацию о наблюдаемых явлениях и передавать ее далее для обработки и анализа. Примерами собираемой информации могут быть данные о температуре, влажности, условиях освещения, сейсмической активности и т.д. Такие данные могут быть использованы как для выявления каких-либо событий, так и для управления ими.

Выбор конкретных решений для сенсорных узлов при распределении беспроводной сенсорной сети в первую очередь зависит от функциональных возможностей, размера, затрат, энергетических характеристик и в настоящее время при достаточно широком внедрении сенсорных сетей – от обеспечения требуемого качества обслуживания (QoS).

Объединение большого числа элементов в сеть, требования по минимизации энергопотребления помимо собственно самоорганизации приводят к необходимости дополнительных структурных решений при создании сенсорных сетей. Важнейшим из них является кластеризация

сети, предполагающая к тому же постоянную ротацию головного узла кластера в течение жизненного цикла сети. Существует множество разнообразных алгоритмов выбора головного узла кластера [7,9,10,11], но поскольку этот выбор может зависеть и от приложения USN, задачи создания новых алгоритмов становятся одними из самых актуальных.

Предстоящее широкомасштабное внедрение USN, как одной из основных реализаций концепции ИВ, ставит и новые задачи, которые в то же время являются традиционными для любых сетей связи. Речь идет о потоках трафика в ИВ и требованиях к QoS. Исследования потоков трафика в ИВ показывают, что эти потоки, как правило, самоподобны, а степень самоподобия в значительной степени зависит от приложения [12,13]. Что касается требований по QoS, то наряду с традиционными параметрами, такими как потери и задержки, в USN вводятся требования по длительности жизненного цикла и доле покрытия пространства.

Действительно, сенсорные сети в основном предназначены для решения задач мониторинга процессов, явлений, пространства и зачастую могут функционировать в условиях, не предполагающих замены источников питания. Исходя из сказанного, отнесение к параметрам QoS для сенсорных сетей длительности жизненного цикла и доли покрытия пространства представляется необходимым.

Самоорганизация сетей ИВ, их кластеризация, необходимость минимизации энергопотребления потребовали и разработки новых протоколов сигнализации для таких сетей.

Выводы. Концепция Интернета Вещей знаменует наступление нового этапа в развитии телекоммуникаций, требующего изменения принципов построения сети, создания новых протоколов, исследования новых моделей трафика, поиска новых алгоритмов маршрутизации, введения дополнительных метрик QoS и т.п. Российская научная школа в области телекоммуникаций может внести существенный вклад в развитие данного направления, в первую очередь, в области разработки новых алгоритмов функционирования таких сетей и в исследовании потоков трафика для них.

Использованные источники информации:

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 / Тр. 54-й научной конференции МФТИ. Радиотехника и кибернетика. – М.: МФТИ. – 10-30 ноября 2011 г.
2. Кучерявый А.Е., Прокопьев А.В., Кучерявый Е.А. Самоорганизующиеся сети. – СПб.: Любавич, 2011.
3. Гегель Г.В.Ф. Наука логики. – СПб.: Наука, 1997.
4. Recommendation Y.2060. Overview of Internet of Things. ITU-T, Geneva. – June 2012.
5. 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, №4.

6. Waldner J.-B. Nanocomputers and Swarm Intelligence / ISTE, John Wiley & Sons, 2008.
7. Koucheryavy A., Salim A. Prediction-based Clustering Algorithm for Mobile Wireless Sensor Networks / Proceedings, International Conference on Advanced Communication Technology, 2010. – ICACT 2010. Phoenix Park, Korea.
8. Kwak K.S., Ullah S., Ullah N. An Overview of IEEE 802.15.6 Standard / Proceedings 3rd International Symposium, Applied Science in Biomedical and Communication Technologies (ISABEL), Rome, Italy. – 7-10 November 2010.
9. Кучерявый А.Е., Салим А. Выбор головного узла кластера в однородной беспроводной сенсорной сети // Электросвязь. – 2009. – № 8.
10. Heinzelman W., Chandrakasan A., Balakrishnan H. Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks / Proceedings 33rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Wailea Maui, Hawaii, USA. – Jan. 2000.
11. Younis O., Fahmy S. Distributed clustering in ad-hoc sensor networks: A hybrid, energy-efficient approach // Proceedings, IEEE INFOCOM, Hong Kong, China. – 2004.
12. Koucheryavy A., Prokopiev A. Ubiquitous Sensor Networks Traffic Models for Telemetry Applications. Smart Spaces and Next Generation Wired/Wireless Networking / Proceedings 11th International Conference, NEW2AN 2011 and 4th Conference on Smart Spaces, ruSMART 2011. – St.Petersburg, Russia. – August 2011; LNCS 6869. Springer, 2011.
13. Vybornova A., Koucheryavy A. Ubiquitous Sensor Networks Traffic Models for Medical and Tracking Applications. Smart Spaces and Next Generation Wired/Wireless Networking / Proceedings 12th International Conference, NEW2AN 2012 and 5th Conference on Smart Spaces, ruSMART 2012. St.Petersburg, Russia. – August 2012; LNCS 7469. Springer, 2011.

References:

1. Butenko V.V., Nazarenko A.P., Saryan v.k. IOT is a new point of development of IKT and mean of cardinal increase of adaptive possibilities of man at co-operating with a getting worse anthropogenic environment / Tr. to the 54th scientific conference of MFTI. Radio engineering and cybernetics. – M.: MFTI. – on November, 10-30, 2011
2. Kucheryavy A., Prokopen A.V., Kucheryavy E. the Selfgettings organized networks. – SPb.: Lyubavich, 2011.
3. Gegal G.V.F. Science of logic. – SPb.: Science, 1997.
4. Recommendation Y.2060. Overview of Internet of Things. ITU-T, Geneva. – June 2012.
5. 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, №4.
6. Waldner J.-B. Nanocomputers and Swarm Intelligence / ISTE, John Wiley & Sons, 2008.
7. Koucheryavy A., Salim A. Prediction-based Clustering Algorithm for Mobile Wireless Sensor Networks / Proceedings, International Conference on Advanced Communication Technology, 2010. – ICACT 2010. Phoenix Park, Korea.
8. Kwak K.S., Ullah S., Ullah N. An Overview of IEEE 802.15.6 Standard / Proceedings 3rd International Symposium, Applied Science in Biomedical and Communication Technologies (ISABEL), Rome, Italy. – 7-10 November 2010.
9. Kucheryavy A, Salim A. Choice of head knot of cluster in a homogeneous off-wire sensory network // Elektrosvyaz. – 2009. – №8.
10. Heinzelman W., Chandrakasan A., Balakrishnan H. Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks / Proceedings 33rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Wailea Maui, Hawaii, USA. – Jan. 2000.

11. Younis O., Fahmy S. Distributed clustering in ad-hoc sensor networks: A hybrid, energy-efficient approach // Proceedings, IEEE INFOCOM, Hong Kong, China. – 2004.
12. Koucheryavy A., Prokopiev A. Ubiquitous Sensor Networks Traffic Models for Telemetry Applications. Smart Spaces and Next Generation Wired/Wireless Networking / Proceedings 11th International Conference, NEW2AN 2011 and 4th Conference on Smart Spaces, ruSMART 2011. –St.Petersburg, Russia. – August 2011; LNCS 6869. Springer, 2011.
13. Vybornova A., Koucheryavy A. Ubiquitous Sensor Networks Traffic Models for Medical and Tracking Applications. Smart Spaces and Next Generation Wired/Wireless Networking / Proceedings 12th International Conference, NEW2AN 2012 and 5th Conference on Smart Spaces, ruSMART 2012. St.Petersburg, Russia. – August 2012; LNCS 7469. Springer, 2011.

Рецензент: Лисенко О.І.