

БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ IoT – СТИМУЛЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

Э.Старклофф¹

УДК 621.396
БАК 05.12.00

Быстрое развитие Интернета вещей (Internet of Things, IoT) оказывает существенное влияние на будущие стандарты беспроводной связи, такие как 5G. В частности, для новых типов приложений, требующих высокой надежности и малых задержек, нужна беспроводная технология, отличная от используемых сегодня. Новые требования изменяют способы разработки, прототипирования, изготовления и испытания беспроводных систем. О современных тенденциях развития беспроводных технологий, используемых в приложениях IoT, рассказывается в статье*.

Мы входим в третью эпоху связи, которая изменит способ использования беспроводных средств коммуникации. В первую эпоху проводные телефония и интернет-технологии были основными методами соединения домов и предприятий. За последние пару десятилетий произошел переход ко второй эпохе с ее беспроводными технологиями.

Один из примеров такого перехода – значительное снижение количества настольных телефонов, когда-то самых важных вещей, от которых теперь бесцеремонно отказываются. Сегодня большинство сотрудников компании NI, как и других предприятий, отдают предпочтение мобильной и Skype-связи.

Соединение вещей – третья эпоха коммуникаций, наступление которой приближается гораздо быстрее, чем многие из нас полагают. Сегодня в мире насчитывается более семи миллиардов мобильных устройств, соединяющих более 3,8 млрд. человек. Согласно докладу Ericsson Mobility, представленному в ноябре 2015 года [1], количество машин-машинных (machine-to-machine, M2M) соединений в течение пяти лет вырастет почти до 12 млрд. А к 2030 году, по прогнозам компании Ericsson, будет в десять раз больше соединенных между собой машин, чем людей, которые пользуются беспроводными коммуникациями.

ПЕРЕХОД К МИКРОВОЛНОВОМУ ДИАПАЗОНУ

В прошлом требования к новым стандартам беспроводной связи диктовали в основном пользователи. В будущем эти требования будут определяться необходимостью соединения машин. Различия в требованиях к коммуникациям между людьми и между

¹ NI, исполнительный вице-президент по глобальным продажам и маркетингу.

* Статья была опубликована в журнале Microwave Journal в апреле 2016 года.

вещами четко прописаны в предложенных сценариях использования (use cases) телекоммуникационных систем пятого поколения (5G). Международный союз электросвязи (International Telecommunications Union, ITU) установил три различных сценария использования беспроводной связи [2], каждый из которых ориентирован на достижение различной производительности с точки зрения задержек, пропускной способности, плотности подключения и мобильности (рис.1).

СЕТИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ С РАСШИРЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

Первый вариант использования 5G-систем – широкополосные сети мобильной связи enhanced mobile broadband, eMBB. Их можно рассматривать как естественную эволюцию стандартов LTE и LTE-Advanced. Подобно тому, как переход от GPRS к HSPA и затем к LTE обеспечивает потребителям все более высокие скорости передачи данных, стандарт 5G будет продолжать эту тенденцию. Сценарий использования eMBB определяет технические требования для достижения пиковых скоростей передачи данных 10 Гбит/с – при этом общий сетевой трафик может увеличиваться в 10 тыс. раз.

Одно из наиболее интересных последствий, порожденных требованиями eMBB – широкое использование волн миллиметрового диапазона в серийных потребительских изделиях. Достижение пропускной способности 10 Гбит/с и выше требует значительно более широких полос пропускания, а необходимый спектр доступен только в диапазоне миллиметровых волн.

Всего несколько лет назад использование полос за пределами 6 ГГц для беспроводной связи казалось нецелесообразным и непомерно дорогим. Однако сегодня исследователи 5G доказывают, что миллиметровые волны пригодны для массового рынка. Например, NI совместно с Nokia Networks продемонстрировала на выставке Mobile World Congress 2016 в Барселоне 5G-систему, способную обеспечить пропускную способность 14,7 Гбит/с.

Конечно, 5G – не единственная технология, которая требует более высокой пропускной способности, и не единственная технология, использующая миллиметровые волны. Сегодня буквально месяцы отделяют



Рис.1. Сценарии использования 5G-систем в 2020-м, предложенные ITU. Источник – ITU-R M. (IMT.VISION)

нас от внедрения чипсетов 60 ГГц 802.11ad в серийные потребительские устройства и несколько лет – от стандарта 802.11ay. В будущем такие беспроводные системы дополняют мобильные сети 5G и обеспечат пропускную способность до 20 Гбит/с в качестве "последней мили" для IoT-устройств.

МАШИННО-МАШИННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

Два других сценария использования 5G, определенные ITU, призваны решить задачу соединения вещей, а не людей. Неудивительно, что эти сценарии – массовое межмашинное взаимодействие (massive machine type communications, mMTC) и сверхнадежное межмашинное взаимодействие (ultra-reliable machine type communication, uMTC) – выдвигают совсем иные требования, чем eMBB.

Для сценариев mMTC основные требования к радиомодулям включают в себя ультранизкое энергопотребление и ультранизкую стоимость. В этих радиоприборах одна батарея должна обеспечивать питание до десяти и более лет. С другой стороны, сценарии uMTC ориентированы на критически важные приложения. Основные требования к uMTC-системам – задержки <1 мс и надежность не менее 99,999%.

Хотя требования 5G – наглядное свидетельство того, как IoT формирует развитие будущих стандартов, это далеко не единственный пример. Беспроводные системы должны быть спроектированы так, чтобы соединять вещи чаще, чем людей, и это уже оказывает

влияние на развитие ожидаемых технологий беспроводных сетей, например 802.11ah, и технологий мобильной связи, таких как LTE-M.

ВЗГЛЯД НА LTE-M

LTE для M2M-коммуникаций, или LTE-M, впервые был изложен как часть 3GPP Release 12 в марте 2015 года. LTE-M определяет категорию устройств низкой стоимости (категория 0) для межмашинных взаимодействий [3]. В целях экономии энергии новым радиомодулям категории 0 разрешено поддерживать только опцию LTE с полосой пропускания 1,4 МГц, и они могут работать только в полудуплексном режиме. LTE-M также допускает более длинные периоды прерывистого приема (discontinuous reception, DRX), что позволяет устройствам дольше находиться в неактивном режиме для еще большего снижения энергопотребления.

Конечно, усилия по трансформации LTE для работы на низкой мощности не остановятся на 3GPP Release 12. В Release 13 мы, вероятно, увидим узкополосный LTE-M (NB-LTE-M). NB-LTE-M добавляет опцию с полосой пропускания 200 кГц, которая поддерживает скорость передачи данных до 200 кбит/с по нисходящей линии связи с энергопотреблением в пять раз ниже, чем у сегодняшних LTE-радиостанций.

ПРИЛОЖЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОМ ИНТЕРНЕТЕ ВЕЩЕЙ

Как потребителям, живущим во все более взаимосвязанном мире, многим из нас легко представить себе, как беспроводная технология будет встраиваться в бытовую электронику. Эти приложения получают возможность оказывать на общество значительное положительное влияние. Что касается сценариев промышленного применения, значительная их часть пока не вполне очевидна, но со временем их количество будет постоянно увеличиваться.

Согласно недавним прогнозам, в течение следующего десятилетия почти половина устройств, подключенных к сетям, будет относиться к приложениям автомобильным и промышленного Интернета вещей (IIoT). В результате беспроводными станут технологии управления светофорами, автомобилями и промышленным оборудованием. В конце концов IIoT превзойдет потребительский IoT по числу устройств, и даже будет диктовать технологии, к которым мы, как потребители, имеем доступ.

Одно из семейств приложений, где беспроводные технологии обеспечивают инновации – автомобиль с сетевыми возможностями (connected car). Жители Северной Америки, возможно, помнят, как компания General Motors представила первую систему "OnStar" на некоторых моделях Cadillac 1997 года. Оригиналь-

ная система использовала сети мобильной телефонной связи стандарта AMPS [4] (предшественника CDMA и GSM) и позволяла транспортным средствам контактировать с колл-центром в случае возникновения чрезвычайной ситуации. Сегодня этот сервис использует LTE-модемы и даже может обеспечить в автомобиле Wi-Fi-соединение его пассажирам.

Хотя технология OnStar доступна уже в течение почти 20 лет, применение сотовых модемов внутри автомобиля все еще относительно мало распространено. В 2015 году только 20% автомобилей, проданных по всему миру, обладали возможностью подключения к сетевой инфраструктуре. В будущем эта цифра будет приближаться к 100% [5]. Так, Европейский союз недавно постановил, что после 2018 года все новые автомобили должны будут оснащаться технологией вызова e-call – европейским эквивалентом OnStar, которая обеспечивает уведомление об аварии в случае возникновения чрезвычайной ситуации [6]. Ориентируясь на развитие таких технологий, как e-call, традиционные поставщики информационно-развлекательных устройств, например Harman, наращивают производство модулей, поддерживающих как Wi-Fi, так и LTE. Это требует инвестиций в новые методы испытаний на производстве, такие как параллельное тестирование.

Беспроводные технологии, например сотовая связь и автомобильные радары, работающие на частоте 77 ГГц, оказывают большое влияние на методологию тестирования в автомобильной отрасли. Постоянное усложнение автомобильных систем уже давно требует их тестирования с применением методов программно-аппаратного моделирования (hardware-in-the-loop, HIL) для повышения безопасности и надежности. По мере того как беспроводные решения обеспечивают все более критически важные функции автомобиля, от инженеров все чаще требуется применять одни и те же HIL-методы для испытания таких радиочастотных систем, как модули на основе стандарта 802.11p и радары.

ОРИЕНТИРЫ ДЛЯ РАЗРАБОТЧИКОВ IoT-РЕШЕНИЙ

Почти четыре десятилетия мы наблюдали за изменением цены мобильного телефона от почти 10 тыс. долл. [7] (с поправкой на инфляцию) до менее чем 100 долл. Поскольку современные мобильные технологии решают более широкий круг задач, чем взаимодействие человека с человеком, стоимость беспроводных средств связи должна снижаться еще более значительно. Например, прогнозируемая цена радиоприборов, работающих в стандарте NB-LTE-M, составляет менее 5 долл.

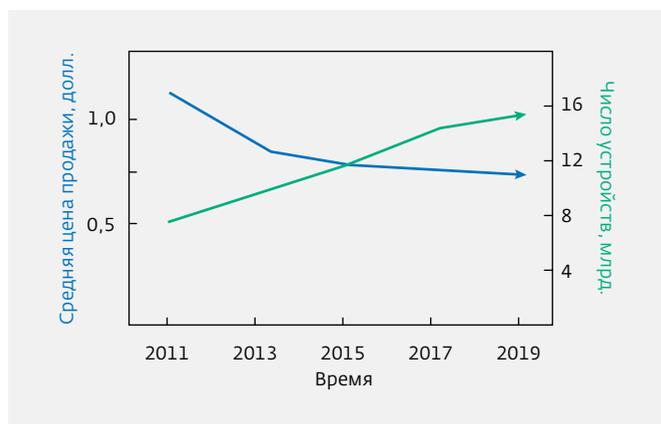


Рис.2. Стоимость и объем выпуска аналоговых интегральных схем для беспроводных систем в период между 2011 и 2019 годами

Один из наиболее красноречивых показателей, который характеризует динамику стоимости беспроводных устройств, – средняя цена продажи (average selling price, ASP) полупроводниковых компонентов. Согласно недавнему прогнозу рынка компании Databeans, ASP аналоговых микросхем, используемых в мобильных устройствах, сократится к 2019 году более чем на 30% по сравнению с 2011 годом (рис.2).

Неудивительно, что широкое внедрение беспроводных технологий способствует снижению цен, и этот процесс продолжится в эпоху IoT. При этом падение цен сопровождалось увеличением сложности беспроводных устройств. Чуть более десяти лет назад, в 2005 году, компания Sprint объявила о поддержке первого в мире "четырёхполосного" телефона – Samsung IP-A790. Розничная стоимость этого аппарата, предназначенного для использования как в США, так и в других странах, превышала 500 долл. Сегодня конкурентоспособный мобильный телефон должен поддерживать около 20 частотных диапазонов, а кроме того Bluetooth, GNSS и даже NFC-технологии. В течение следующих нескольких лет мобильные аппараты будут снабжены функцией поддержки полос миллиметрового диапазона, соответствующих стандартам 802.11ad, 802.11ay и 5G, при этом большая часть устройств продолжит работать на используемых сегодня частотах. Поскольку беспроводные решения встраиваются и в потребительские, и в промышленные продукты, необходимо найти способы разработки, тестирования и массового выпуска все более сложных беспроводных устройств с ценой и габаритами меньшими, чем когда-либо.

Когда я работал с одним из ведущих поставщиков мобильных телефонов в начале 2000-х годов, помню, как они впервые добавили Wi-Fi в свои телефоны. Это

практически удвоило время и затраты на тестирование в процессе производства, в то время как устройство продавалось примерно за ту же сумму. Сегодня мы добавили десяток или более каналов беспроводной связи, а цена устройств упала. Очевидно, что стоимость тестирования должна продолжать уменьшаться. IoT ускорит этот спад, так как рост количества выпускаемых IoT-устройств приведет к снижению их цены.

Таким образом, дальнейшее распространение Интернета вещей во многом зависит от успешного развития беспроводных технологий. Совместные усилия исследователей, разработчиков, инженеров-испытателей и других специалистов позволят создать беспроводные устройства и системы, обеспечивающие широкое внедрение Интернета вещей в быту и в промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ericsson Mobility Report, November 2015, www.ericsson.com/res/docs/2015/mobility-report/ericsson-mobility-report-nov-2015.pdf
2. IMT Vision – Framework and Overall Objectives of the Future Development of IMT for 2020 and Beyond. International Telecommunication Union, September 2015, www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-!!! PDF-E.pdf
3. LTE-M – Optimizing LTE for the Internet of Things. Nokia Networks, networks.nokia.com/file/34496/lte-m-optimizing-lte-for-the-internet-of-things
4. Most Analog Cellular to Fade Away Next Week, PC World, February 2008, www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2008/02/15/AR2008021500036.html
5. 2025 Every Car Connected: Forecasting the Growth and Opportunity. SBD, February 2012, www.gsma.com/connectedliving/wp-content/uploads/2012/03/gsma2025everycarconnected.pdf
6. eCall Whitepaper Version 1.5. QUALCOMM, March 2009.
7. RF Power Amplifier and Transceiver Market Tracker. – Databeans, Q4 2015.