

**ВЫДЕЛЕНИЕ РАДИОЧАСТОТНОГО РЕСУРСА ДЛЯ
РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ И
МЕЖМАШИНОЙ РАДИОСВЯЗИ (IOT/M2M)**

Сагымбаев А.А., Мойдунов Т.Т.

ОшГУ, Ош, Кыргызстан, tayr.moydunov@mail.ru

***Аннотация:** В статье рассматриваются вопросы связанные масштабным развитием Интернета вещей (IoT) в Кыргызской Республике. Приведена практика внедрения технологий IoT/M2M основанная на организации между устройствами беспроводных каналов связи физического уровня с использованием 4-х основных технологий. Показаны типовые сценарии внедрения IoT/M2M. Приведен международный опыт развертывания технологий IoT/M2M в безлицензионных полосах радиочастот. Распределение полос частот для внедрения технологий в КР*

***Ключевые слова:** интернет вещей (IoT), межмашинная радиосвязь, безлицензионные полоса радиочастот, сети широкого охвата, стандарты профессиональной подвижной связи*

**DEDICATION OF RADIO FREQUENCY RESOURCE
FOR DEVELOPMENT OF INTERNET OF THINGS
AND INTERNET OF THINGS AND INTERMACHINE
RADIO (IOT / M2M) TECHNOLOGIES**

Sagymbaev A.A., Moidunov T.T.

Osh Technological University, Osh, Kyrgyz Republic

***Abstract:** The article discusses issues related to the large-scale development of the Internet of Things (IoT) in the Kyrgyz Republic. The practice of implementation of IoT / M2M technologies based on the organization between devices of wireless communication channels of the physical layer using 4 basic technologies is given. Shown are typical IoT / M2M implementation scenarios. The international experience of the deployment of IoT / M2M technologies in unlicensed radio frequency bands is presented. Allocation of frequency bands for the implementation of technologies in the Kyrgyz Republic*

Keywords: *Internet of Things (IoT), machine-to-machine radio communications, license-free radio frequency bands, wide coverage networks, professional mobile standards*

В рамках проводимой работой цифровой трансформации во всем мире, в том числе в Кыргызской Республике ожидается масштабное развитие Интернета вещей (IoT).

В настоящий момент в Кыргызской Республике используются устройства Интернет-вещей (IoT) в полосе частот 863-870 МГц. IoT

Согласно ст. 10 Закона Кыргызской Республики «Об электрической и почтовой связи» лицензии на использование радиочастотного спектра выдаются по результатам торгов (аукциона, конкурса), если услуга связи будет оказываться с использованием радиочастотного спектра, а Правительство Кыргызской Республики установит, что доступный для оказания услуг связи радиочастотный спектр является коммерчески привлекательным [1].

Согласно расчетам стартовой цены, за использование номиналов и (или) полос радиочастот радиочастотного спектра, произведенным в соответствии с положением «О лицензировании деятельности по использованию радиочастотного спектра», утвержденного постановлением Правительства Кыргызской Республики № 754 от 17.11.2017 года стартовая стоимость радиочастотного ресурса в полосе частот 863-870 МГц составляет по всей территории Кыргызской Республики более 4 млн сомов за 1,6 МГц.

Отмечая, что в перспективе возможно повышение заинтересованности операторов электросвязи в радиочастотном спектре для реализации сервисов IoT/M2M, сообщаем следующее.

Складывающаяся в мире практика внедрения технологий IoT/M2M основана на организации между устройствами беспроводных каналов связи физического уровня с использованием 4-х основных технологий [2]:

- Традиционные сотовые сети – доминирующие в настоящее время модули сотовой связи на основе GSM/EDGE и других стандартов сотовой связи поколения 2G, а также применения на основе обычных модемов UMTS и LTE без каких-либо специальных доработок для IoT.

- Локальные и персональные сети, как правило, в безлицензионных полосах радиочастот или LPLA (Low Power Local-Area Networks). В качестве примера можно упомянуть устройства малого радиуса различных стандартов, например, таких как ZigBee и Bluetooth. Устройства данной категории не имеют прямого подключения к сетям передачи данных, но могут использовать различные шлюзы для расширения своего охвата. Так, гибридные решения типа mesh-сетей (сети с ячеистой топологией) с сотовым шлюзом тоже относятся к рассматриваемой категории LPLA.

- Сети широкого охвата для устройств низкой мощности LPWA (Low Power Wide Area Networks). К ним относятся некоторые разработанные для IoT/M2M стандарты мобильного широкополосного доступа и новые специализированные интерфейсы для сетей M2M широкого охвата. Помимо специализированных интерфейсов сетей сотовой подвижной связи в данную категорию также входят применения, реализуемые в нелицензируемых полосах частот, т.е. относящиеся к устройствам малого радиуса действия, но спроектированные для широкого охвата территории. К таким стандартам относятся такие стандарты как LoRa, Weightless и Sigfox.

- Технологические сети на основе стандартов профессиональной подвижной связи, таких как TETRA или DMR являются нишевым, но тем не менее значимым сегментом сетей IoT/M2M.

В частности, высокая надежность сетей таких стандартов и малая задержка оказываются очень востребованными при автоматизации опасных и/или технологически сложных производств, таких как химическая промышленность или нефтедобыча.

Развитие и практическое применение концепции IoT/M2M показывает, что специфические требования к беспроводным технологиям для данных применений можно разделить на три условных категории:

1) наличие повышенных требований к надежности или задержке в канале радиосвязи;

2) наличие повышенных требований к надежности или задержке в канале радиосвязи одновременно с очень высокой пропускной способностью;

3) наличие требований по энергоэффективности и дешевизне эксплуатации, при меньших требованиях к задержке и пропускной способности.

Основным сегментом IoT, который имеет требования в категории 1) и потребовал отдельных радиоинтерфейсов, является интеллектуальный транспорт, где для безопасности движения требуются специальные радиотехнологии, такие как стандарты IEEE 802.11p и LTE V2X (расширение стандарта LTE). Также предполагается, что такое применение как управление электросетями (Smart Grid), также будет относиться к данной категории и потребует специальных мер для снижения задержек.

К категории 2) относят вопросы автоматизации промышленности. Для управления промышленными роботами могут понадобиться системы видеоаналитики, которые потребуют большой пропускной способности, наряду с малой задержкой. Ожидается, что такие решения будут носить локальный характер и не потребуют большой дальности связи.

Категория 3) является наиболее массовой и включает в себя многочисленные системы мониторинга ЖКХ, системы управления «Умными городами», бытовые приборы, медицинское оборудование и т.д. Именно в этой категории преимущественно находятся технологии LPLA (ZigBee и Bluetooth) и LPWA (LoRaWAN, Weightless и Sigfox).

Типовые сценарии внедрения IoT/M2M включают:

- Применение в сельском хозяйстве. Разнесенные на десятки квадратных километров, они могут непрерывно передавать по радиоканалам информацию о состоянии контролируемых объектов - в частности, значение таких параметров, как влажность, температура, уровень здоровья растения, запас топлива и т.д.

- Применение в ЖКХ. Позволяет создавать автономные приборы учета, способные работать годами, и собирать с них информацию.

- Применение в промышленности. Ориентировано на аналитику больших данных (big data) и направлено на повышение эффективности производства, надежности работы и производительности по всей цепочке поставок.

- Применение на транспорте и в сфере услуг. Позволяет оптимизировать технологические процессы, предупредить поломки оборудования и снизить стоимость технического обслуживания.

- Применение для реализации услуг в рамках концепции «Умный город». Как и в промышленности, ориентировано на аналитику больших данных и направлено на повышение эффективности работы городского хозяйства, предупреждение поломок оборудования, аварийных ситуаций и иных потерь.

- Применение для домохозяйств в рамках практической реализации концепции «умного дома». Датчики и управляющие устройства позволяют снизить расходы на ЖКХ, предупредить аварии и поломки оборудования в доме, повысить комфорт и безопасность. В области «Интернета вещей» во всем мире уже длительное время применяется стандарт подвижной связи GSM/GPRS, который не относится к современным стандартам узкополосной беспроводной сетью связи IoT [4].

В настоящее время наиболее перспективным стандартом для IoT в лицензированных полосах радиочастот операторов связи считается технология (радиоинтерфейс) NarrowBand Internet of Things NB-IoT, разработанный консорциумом 3GPP и внедряемый в паре со стандартом связи LTE в сетях подвижной связи 4 поколения[5].

Международный опыт сети связи IoT/M2M в безлицензионных полосах радиочастот.

В Российской Федерации принято решение ГКРЧ № 17-44-06 от 28 декабря 2017 г. по упрощению внедрения сетей NB-IoT поверх существующих сетей GSM и LTE без необходимости повторного

получения разрешений на использование радиочастот или радиочастотных каналов для новой технологии, что существенно упростило порядок развертывания сетей NB-IoT и приблизило его к сетям в безлицензионных полосах радиочастот [3].

В Российской Федерации разрешено использование полос радиочастот 453-457,4 МГц и 463-467,4 МГц, 791-820 МГц, 832-862 МГц, 880-890 МГц, 890-915 МГц, 925-935 МГц, 935-960 МГц, 1710-1785 МГц, 1805-1880 МГц, 1920-1980 МГц, 2110-2170 МГц, 2500-2570 МГц и 2620-2690 МГц для применения РЭС стандарта LTE и последующих его модификаций в режиме NB-IoT.

В нелицензируемых полосах радиочастот беспроводные радиотехнологии, объединяющие устройства малого радиуса действия давно используются в различных отраслях, включая применения для Интернета вещей. Данные технологии за счет ограничения максимальной мощности применяемых устройств применяются без получения разрешения на использование радиочастот.

Для узкополосных беспроводных сетей связи IoT в безлицензионных полосах радиочастот важным необходимым мероприятием является предоставление возможности использования отдельных полос радиочастот в диапазоне 862-876 МГц. В первую очередь речь идет о гармонизации полос радиочастот с европейским рынком в части полос радиочастот с повышенной ЭИМ или большим разрешенным рабочим циклом.

Для применения узкополосными беспроводными сетями связи IoT целесообразно рассмотреть возможность использования полос радиочастот в диапазоне 863-876 МГц с максимальной мощностью до 500 мВт и рабочим циклом до 10% включительно. Во многих случаях можно ограничиться максимальной мощностью 100 мВт. Например, именно на такую максимальную мощность рассчитано оборудование сетей LoRaWAN. Следует рассмотреть вариант увеличения доступного для устройств малого радиуса действия объема радиочастотного ресурса в диапазоне 863-876 МГц с мощностью 25 мВт и рабочим циклом 1% до более широких диапазонов частот, в частности в полосах 862-863 МГц и

870-874 МГц. Это связано с высокой ожидаемой загрузкой сетей интернета вещей в крупных городах и индустриально развитых районах.

Для принятия решения о включении данной полосы или отдельных полос частот внутри данной полосы частот в число полос частот, используемых устройствами малого радиуса действия для межмашинной радиосвязи и интернета вещей необходимо провести оценку ЭМС с РЭС, работающими внутри данной полосы радиочастот, в соседних полосах радиочастот, а при необходимости – на гармонических составляющих частот в пределах рассматриваемой полосы частот. При этом должны рассматриваться сценарии с параметрами устройств интернета вещей, соответствующим как сверхузкополосным стандартам (Sigfox, Nb-Fi и др.) так и узкополосным стандартам (LoRaWAN), а также различной предельной мощности устройств и различному рабочему циклу (как правило, рассматриваются величины от 1 до 10% времени).

Страны Европы входят в число лидеров по производству оборудования и формированию региональных и международных стандартов. В Европе для узкополосных беспроводных сетей связи IoT используются полосы частот устройств малого радиуса действия (SRD), причем выделяются каналы с относительно большей мощностью и не только в рамках полос радиочастот для неспециализированных устройств, но и в рамках полос радиочастот для сбора телеметрии. Для применения узкополосных устройств с максимальной разрешенной эффективной излучаемой мощностью (ЭИМ) 500 мВт выделено в общей сложности более 1 МГц, причем на национальном уровне существует возможность расширения ширины выделенных полос частот до 4 МГц. Использование полосы 863-870 МГц SRD уже хорошо зарекомендовало себя и полностью согласовано на территории ЕС решением ЕС 2006/771/ЕС и его последующими пересмотрами. Основным справочным руководством по использованию SRD в полосе 863-870 МГц, а также во многих других диапазонах, является Рекомендация ERC 70-03.

В Российской Федерации, в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 12 октября 2004 г. № 539,

неспециализированные (любого назначения) устройства в полосах радиочастот 864-865 МГц и 868,7-869,2 МГц с допустимой мощностью излучения передатчика не более 25 мВт относятся к категориям радиоэлектронных средств, регистрация которых не требуется. В настоящее время в России наибольший охват имеют сети узкополосных беспроводных сетей связи IoT компании «Стриж», стандарт близок к технологии Sigfox и использует отдельные полосы радиочастот в диапазоне 863-870 МГц, выделенные в России для устройств малого радиуса действия. Следующим по востребованности в России на начало 2018 года является стандарт LoRaWAN. Данный стандарт применяется во многих проектах, связанных с так называемым «Умным городом».

В общем случае, и это подтверждается рекомендациями на уровне Регионального содружества связи (РСС), целесообразно стремиться к гармонизации используемых для межмашинной радиосвязи и Интернета вещей полос частот с общими гармонизированными распределениями, которые приняты в странах Европы. Однако при определении полос частот и условий их использования необходимо, учитывать, что в странах РСС, в том числе и в Кыргызской Республике имеются существенные отличия в использовании радиочастотного спектра от стран Европы.

Согласно отчету экспертов МСЭ о технической помощи Кыргызской Республике в распределении полос частот на первом этапе для внедрения технологий узкополосных и сверхузкополосных сетей интернета вещей целесообразно рассмотреть полосы частот: 863-876 МГц, 915-921 МГц, 865-868 МГц для узкополосной технологии LoRaWAN и 863-876 МГц, 915-921 МГц, 433 МГц для сверхузкополосных радиотехнологий (Sigfox, Nb-Fi и др.).

В соответствии с Национальной таблицей¹ распределения частот между радиослужбами Кыргызской Республики (НТРЧ), утвержденная постановлением Правительства Кыргызской Республики от 20.03.2018 г. № 146 полоса 862–890 МГц распределена Фиксированной и подвижной службам на первичной основе, также полоса 890–942 МГц распределена

Фиксированной, подвижной и радиовещательной службам на первичной основе и радиолокационной службе на вторичной основе.

Очевидно, что выделение тех или иных полос радиочастот должно быть связано с планами по внедрению соответствующих радиотехнологий на территории Кыргызской Республики. Инициаторами внедрения радиотехнологий интернета вещей и межмашинной радиосвязи могут выступать операторы, ассоциации операторов, производителей оборудования и поставщиков услуг, пользователи или ассоциации пользователей систем интернета вещей и межмашинной радиосвязи промышленного назначения, заинтересованные государственные службы.

Также стоит отметить, что в настоящий момент рынок находится на стадии формирования и основной набор применяемых решений еще не сформировался, что нужно учитывать при определении позиции по выбору перспективных IoT/M2M стандартов и технологий радиодоступа. Выделение радиочастотного ресурса для технологий IoT/M2M производится по результатам торгов.

Использованная литература / References

1. О внесении изменений в некоторые законодательные акты Кыргызской Республики (в законы Кыргызской Республики "Об электрической и почтовой связи", "О лицензионно-разрешительной системе в Кыргызской Республике", "О телевидении и радиовещании) от 4 мая 2017 года № 75. Принять Жогорку Кенешем Кыргызской Республики 30 марта 2017 года.

2. <http://www.analytic.ru>

3. <https://www.garant.ru> > products > ipo > prime >

4. Кучерявый, А. Е. Интернет вещей / А. Е. Кучерявый // Электросвязь. - 2013. - № 1.

5. Кучерявый А. Е. Интернет вещей и самоорганизующиеся сети // Научно-техническая школа-семинар «Инфокоммуникационные технологии в цифровом мире»: сборник докладов. - СПб.: «ЛЭТИ», 2012.