

Сети 5G и IoT – инновационная среда для цифровой экономики России

В. О. Тихвинский, заместитель генерального директора АО «НИИТС» по инновационным технологиям, профессор **МТУСИ**, д.э.н.; vtiiir@mail.ru

УДК 621.391.82

Аннотация. Рассмотрены технологические основы сетевой инфраструктуры для цифровой экономики России. Анализируются особенности внедрения сетей 5G и интернета вещей (IoT). Исследуются характеристики таких сетей, технологические и регуляторные барьеры на пути их внедрения, бизнес-модели их использования в промышленных и потребительских секторах цифровой экономики, а также перспективы реализации различных технологий радиодоступа при внедрении сетей 5G и IoT.

Ключевые слова: цифровая экономика, IoT, технологии интернета вещей, бизнес-модели IoT, технология 5G, IMT-2020, 3GPP, Международный союз электросвязи (МСЭ).

ВВЕДЕНИЕ

Развитие цифровой экономики можно представить как результат сочетания четырех ключевых факторов, таких как: технологии, уровень сопутствующих услуг (включая создание контента и услуги управления сетями киберфизических систем на производстве), развитие бизнеса (посредством генерации и модернизации бизнес-процессов) и цифровая культура.

Технологии и уровень связанных с ними услуг являются краеугольным камнем цифровой экономики. Для процветания цифровой экономики страны ее технологическая инфраструктура должна быть распределена пропорционально перспективам развития и текущим вызовам, обеспечивать высокие стандарты качества услуг на всех уровнях.

Главными технологическими вызовами цифровой экономики в ближайшие пять лет могут стать: массовое внедрение и соединение в сети киберфизических устройств, относимых к классу IoT и M2M, с плотностью размещения от 300 тыс. устройств в соте и до 1 млн устройств на 1 кв.км, а также создание высоконадежных соединений киберфизических устройств с задержкой до 1 мс для услуг IoT и M2M в реальном масштабе времени. Для преодоления этих вызовов предполагается развивать технологические возможности сетей 5G и IoT.

Генерируя новые бизнесы, основанные на технологической инфраструктуре сетей 5G и IoT, игроки рынка получают мультипликативный эффект. И чем больше бизнес-процессов в цифровой экономике будет связано с технологиями 5G и IoT, тем больше инвестиций будет привлечено в эти технологии и услуги, что, в свою очередь, создаст новые возможности для бизнеса.

По прогнозам [1], к 2025 г. в мире должно насчитываться около 500 млн подключенных устройств сетей 5G, генерирующих более 1,5% трафика мобильных сетей.

КЛЮЧЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

Цифровая экономика, как сказано в Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы [2], представляет собой хозяйственную деятельность, в которой ключевыми факторами производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых позволяют существенно повысить, по сравнению с традиционными формами хозяйствования, эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг.

Планы развития цифровой экономики Российской Федерации, основанные на ключевых показателях внедрения сетей и услуг 5G и IoT на период 2020–2025 гг., предполагают [3]:

- покрытие устойчивой сетью связи 5G к 2020 г. восемь городов России с населением от 1 млн человек и доведение к 2025 г. количества таких городов до 15;
- утверждение в 2018 г. согласованного в рамках ЕАЭС Плана выделения радиочастотного ресурса для внедрения технологии 5G;
- разработка к 2025 г. в России отечественных решений: мобильной операционной системы, системы управления базами данных, корпоративной операционной системы, а также средств управления облачной инфраструктурой и виртуализацией. Все это должно быть выполнено при поддержке Российского фонда развития ИТ;
- запуск к 2025 г. в 10 городах России беспилотного общественного и индивидуального транспорта, интегрированного с системами организации городского движения, а в 25 городах – разработка таких проектов.

Второе направление развития цифровой экономики России – внедрение сетей 5G и IoT в жилищно-ком-

мунальном хозяйстве. Планируется достичь следующих показателей:

- к 2021 г. доля приборов учета тепло-, энерго- и водоснабжения отечественного производства с дистанционным съемом показаний должна составить не менее 45%;
- приборы дистанционного учета потребления тепло-, энерго- и водных ресурсов к 2021 г. будут применять 90% новых потребителей, а также потребителей, которые заменят счетчики в 2017–2020 гг.;
- доля установленных российских приборов учета с дистанционным съемом показаний к 2025 г. составит не менее 80%;
- в 25 городах России к 2025 г. будут запущены пилотные проекты по дистанционному контролю, мониторингу и прогнозированию состояния объектов генерации, распределения и сбыта топливно-энергетических и водных ресурсов.

В качестве технологического базиса цифровой экономики России будут приняты различные технологии радиодоступа, обеспечивающие соединение киберфизических устройств в сетях IoT, включая будущие и существующие технологии 3GPP и 5G, а также новые технологии радиодоступа в нелицензируемых полосах частот типа LoRa, SigFox и др.

ТЕХНОЛОГИЯ 5G КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Разработкой технологии 5G в настоящее время занимаются ведущие международные и национальные органы стандартизации. Эта новая фаза эволюции мобильных телекоммуникационных стандартов выходит за пределы текущей фазы развития 4G/IMT-Advanced, неся с собой повышение на порядок функциональных возможностей, скорости передачи данных и других технических критериев [4]. В 5G аналитики видят не только технологию, но и интеллектуальную платформу, которая в

Таблица 1
Базовые характеристики для систем 5G (IMT-2020)

Номер параметра в [4–14]	Параметр	Диапазон, ГГц		
		24,25–33,4	37–52,6	66–86
IMT-2020 (базовые станции)				
1	Характеристики передатчика	Ширина канала 200 МГц		
1.1	Динамический диапазон	0 дБ (приведенный к выходной мощности БС)		
1.2	Спектральная маска (Пр. 1)	Для сценариев внутри зданий. Для сценариев вне зданий $P_{Tx} \geq 34,5$ дБм; при $P_{Tx} < 34,5$ дБм, с дополнительными условиями	Для сценариев внутри зданий. Для сценариев вне зданий $P_{Tx} \geq 32,5$ дБм; при $P_{Tx} < 32,5$ дБм, с дополнительными условиями	Для сценариев внутри зданий. Для сценариев вне зданий $P_{Tx} \geq 30,5$ дБм; при $P_{Tx} < 30,5$ дБм, с дополнительными условиями
1.3	ACLR, дБ (Пр. 1)	27,5	25,5	23,5
1.4	Побочные излучения	Общая излучаемая мощность -13 дБм/МГц		
2	Характеристики приемника			
2.1	Коэффициент шума, дБ	10	12	14
2.3	Блокирование	Пр. 2		
2.4	Коэффициент ACS, дБ	23,5	22,5	21,5
2.5	Рабочий диапазон SINR	Значения SINR определены в виде функций отдельно		
IMT-2020 (абонентские станции)				
1	Характеристики передатчика	Ширина канала 200 МГц		
1.1	Динамический диапазон, дБ	63		
1.2	Спектральная маска (Пр. 1)	При частотной отстройке $0 \leq f < 20$ МГц (-5 дБм). При частотной отстройке $20 \leq f < 40$ МГц (-13 дБм)		
1.3	ACLR (Пр. 1), дБ	17	16	15
1.4	Побочные излучения	-13 дБм/МГц		
2	Характеристики приемника			
2.1	Коэффициент шума, дБ	10	12	14
2.3	Блокирование	Пр. 2		
2.4	Коэффициент ACS, дБ	23,5	22,5	21,5
2.5	Рабочий диапазон SINR	Значения SINR определены в виде функций отдельно		
Примечания. 1. Требования к нежелательным излучениям определены в терминах суммарной излучаемой мощности (TRP). 2. Чувствительность по блокированию определяется из ACS и NF как потолок шума: $UE + NF + ACS + 4,7$ дБ. 3. ACLR – Adjacent Channel Leakage Ratio; ACS – Adjacent Channel Selectivity; SINR – Signal-to-interference-plus-noise ratio. 4. Пр. 1 и Пр. 2 – ссылки соответственно на Приложения 1 и 2 к этой таблице				
Источник: Document ITU 5D/TEMP/265(Rev.3)9				

сочетании с искусственным интеллектом обеспечит сверхбыструю технологию радиодоступа, низкую задержку и более надежную мобильную связь, способную справляться с постоянно растущими требованиями к передаваемым данным для нужд цифровой экономики.

Базовые характеристики для систем 5G (IMT-2020), приведенные в табл. 1, сформулированы в документах Сектора радиосвязи Международного союза электросвязи (МСЭ-Р) [4–14]. Критерии, установленные в них, не во всем совпадают с тем, что предлагает главный разработчик стандартов – Партнерский проект 3GPP [15–20].

Специалисты 3GPP готовы согласиться со следующими базовыми характеристиками 5G, предлагаемыми МСЭ-Р [19]:

- пиковая (максимальная теоретическая) скорость передачи данных в сети в линии вниз – 20 Гбит/с и в линии вверх – 10 Гбит/с;
- максимальная агрегируемая системная полоса пропускания определяется решением МСЭ, а не 3GPP;
- задержка в плоскости управления сети не превышает 10 мс;
- задержка в плоскости пользователя не более 0,5 мс в линии вверх и в линии вниз для режима uRLLC (ultra-Reliable Low Latency Communications – сверхнадежную связь с низким уровнем задержки);
- задержка в плоскости пользователя не более 4 мс в линии вверх и в линии вниз для режима eMBB (enhanced Mobile Broadband – усовершенствованная мобильная широкополосная связь для ресурсоемких приложений);
- время прерывания мобильности должно быть 0 мс, т.е. отсутствовать;
- необходимость обеспечения взаимодействия при оказании голосовых услуг с 4G/LTE не определена;
- максимальный размер соты без ухудшения КРІ может составлять 100 км;
- срок службы батареи для абонентских устройств класса mMTC (IoT) 15 лет;
- максимальная плотность соединяемых абонентских устройств до 1 млн на 1 кв.км;
- поддержка соединения абонентов, перемещающихся со скоростью до 500 км/ч.

В России наиболее острыми, требующими оперативного решения, проблемами на пути внедрения сетей 5G являются:

1. Отсутствие выделенных на глобальной основе диапазонов частот для сетей 5G (ВКР-19 состоит только в ноябре 2019 г.).
2. Неопределенность с технологиями радиодоступа и с используемыми для сетей 5G сигналами (результаты оценки МСЭ критериев отбора технологий радиодоступа появятся лишь в начале 2020 г.).

3. Отсутствие возможности построения монотехнологических сетей 5G и необходимость наличия у будущего оператора сетей 5G комплементарной сети 3GPP для обеспечения сети покрытия (при использовании полос 3,5 ГГц и миллиметрового диапазона волн невозможно создание сплошного покрытия 5G на основе малых сот в соответствии с условиями распространения радиоволн).
4. Отсутствие нормативной правовой базы для внедрения сетей 5G: нет решения ГКРЧ о выделении полос частот для создания сетей 5G в России – а это база частотного регулирования; нет решения Минкомсвязи России о формате выдаваемой лицензии; не решены вопросы технологического присоединения элементов 5G к существующим сетям связи.

Неопределенность с выбором частотных диапазонов существенно увеличивает трудовые и финансовые затраты на создание стандартов 5G, так как их разработчикам потребуется учитывать, кроме многовариантности технологий радиointерфейса 5G, еще и многовариантность диапазонов используемых частот 5G.

На этапе исследований диапазоны частот 5G условно были разделены на диапазоны ниже 6 ГГц и выше 6 ГГц. Первые попытки договориться и стандартизировать диапазоны ниже 6 ГГц были предприняты на Всемирной конференции радиосвязи 2015 г. К сожалению, участники ВКР-15 не нашли консенсуса относительно выделения полосы частот шириной 500 МГц в полосах ниже 6 ГГц для 5G, несмотря на четыре года подготовительной исследовательской работы. Это существенно затормозило создание решений 5G на период до ВКР-19.

Тем не менее на ВКР-15 был согласован пункт Повестки дня ВКР-19 (п.1.13) по рассмотрению идентификации частотных диапазонов для дальнейшего развития сетей IMT-2020 в соответствии с Резолюцией 238. Поэтому МСЭ-Р продолжит работу, чтобы к началу ВКР-19 завершить исследования по технологической совместимости в следующих частотных диапазонах [21]:

- 24,25–27,5, 37–40,5, 42,5–43,5, 45,5–47, 47,2–50,2, 50,4–52,6, 66–76 и 81–86 ГГц, которые будут распределены мобильной подвижной службе на первичной основе, а также в полосах
- 31,8–33,4, 40,5–42,5 и 47–47,2 ГГц, которые требуют дополнительного распределения мобильной подвижной службе на первичной основе.

Следует отметить, что Федеральная комиссия по связи (FCC) США, не дожидаясь решения ВКР-19, для развития 5G выделила на национальной основе спектр шириной около 11 ГГц:

- полосу шириной 3,85 ГГц для лицензируемого использования в диапазонах 28 ГГц (27,5–28,35 ГГц), 37 ГГц (37–38,6 ГГц), 39 ГГц (38,6–40 ГГц);
- полосу шириной 7 ГГц в нелицензируемых участках спектра миллиметрового диапазона волн 64–71 ГГц.

Данное решение продиктовано стремлением FCC внести определенность в этот вопрос и укрепить уверенность американских и мировых производителей оборудования 5G.

Текущая позиция России отражена в документе РГ2019/066 Регионального содружества в области связи от 3 апреля 2017 г., в котором администрации связи РСС обозначили целесообразность проведения первоочередных исследований полос частот 24,25–27,5, 31,8–33,4, 40,5–42,5 и 66–71 ГГц, в которых может быть достигнута глобальная гармонизация. Однако при этом предполагается раздельное проведение оценки потребностей в спектре для систем IMT-2020 в полосах частот ниже 43,5 ГГц и выше 43,5 ГГц, без дальнейшего уточнения по отдельным диапазонам.

Страны СЕРТ (СЕРТ 5G Roadmap) при определении будущих полос частот для развития 5G отдают приоритет трем: 24,25–27,5, 31,8–33,4, 40,5–43,5 ГГц; при этом отмечается, что полосы частот 45,5–48,9, 71–76, 81–86 ГГц требуют исследования.

Таким образом, анализ потребностей сетей 5G в радиочастотном спектре [22–23] показывает, что на начальном этапе их внедрения потребуются частотные каналы шириной от 100 до 1000 МГц (этап стандартизации и тестирования в 2015–2018 гг.) и от 1000 до 2000 МГц на каждого оператора (этапы опытной эксплуатации и коммерческого запуска сетей 5G в 2019–2025 гг.).

ВЫБОР БУДУЩЕГО РАДИОИНТЕРФЕЙСА 5G

Новые технологии многостанционного доступа сетей 5G с использованием неортогональных сигналов (Non-Orthogonal Multiple Access, NOMA), которые исследуются ведущими производителями оборудования, включают:

- многостанционный доступ на основе разреженных кодов (Sparse Code Multiple Access, SCMA), использующих многомерные кодовые книги и обеспечивающих неортогональное разделение

каналов;

- многостанционный доступ на основе совместного доступа множества пользователей MUSA (Multiuser Shared Access);
- многостанционный доступ на основе расширения ресурсов (Resource Spread Multiple Access, RSMA), позволяющий наиболее эффективным образом осуществлять нерегулярную выгрузку небольшого количества трафика.

В отношении метода доступа для нового радиointерфейса у ведущих мировых вендоров свои предпочтения: Huawei выбирает SCMA, ZTE – MUSA, Qualcomm – RSMA, а DT Mobile – многостанционный доступ на основе разделения шаблонов сигналов (Pattern Division Multiple Access, PDMA).

Для того чтобы избежать технологических ошибок и гармонизировать подходы к выбору оптимального метода доступа для нового радиointерфейса 5G, МСЭ принял Резолюцию 65, где определил процедуры выбора технологии радиointерфейса (Radio Interface Technology, RIT) IMT-2020 (5G), а также план проведения оценки кандидатных предложений, приведенный на рисунке.

Шаги по гармонизации радиointерфейса 5G включают:

Шаг 1. Издание циркулярного письма МСЭ.

Шаг 2. Развитие кандидатных RIT и уже установленных технологий радиointерфейса (Set of RIT, SRIT).

Шаг 3. Представление/получение предложений по RIT и уведомление о получении.

Шаг 4. Оценка кандидатных RIT и SRIT независимыми экспертными группами.

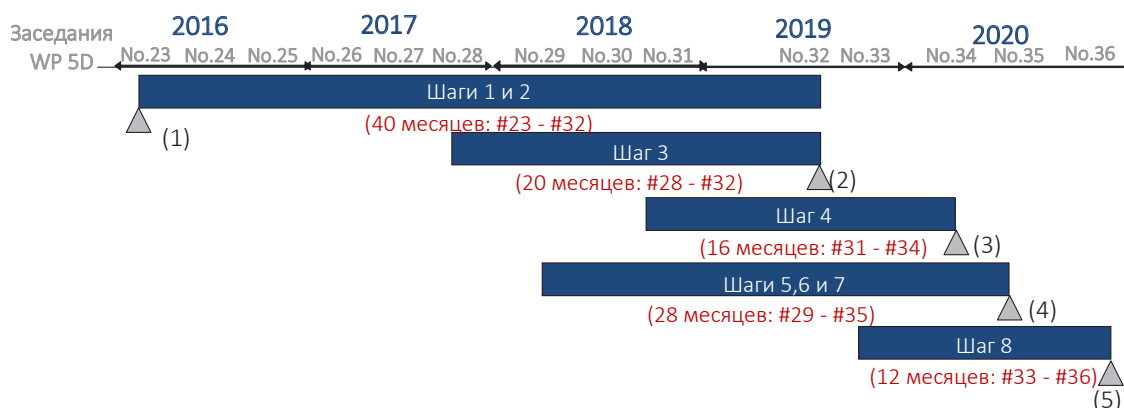
Шаг 5. Обзор и координация внешних оценок.

Шаг 6. Обзор оценок соответствия минимальным требованиям.

Шаг 7. Рассмотрение результатов оценок, достижение консенсуса и принятие решения.

Шаг 8. Разработка рекомендаций МСЭ по RIT.

План МСЭ по оценке кандидатных предложений и одобрению радиointерфейса 5G



Источник: IMT-2020 2-01

На рисунке также обозначены пять главных этапов на пути к одобрению МСЭ гармонизированной на всемирной основе технологии радиointерфейса IMT-2020 (5G):

1. Выпуск МСЭ приглашения оценивать предлагаемые решения и начало сбора предложений по радиointерфейсу 5G (март 2016 г.).
2. Завершение МСЭ сбора предложений по радиointерфейсу 5G (июль 2019 г.).
3. Завершение отчета по оценке предложений по RIT (февраль 2020 г.).
4. Определение Рабочей группой WP 5D облика и ключевых характеристик радиointерфейса IMT-2020 (июнь 2020 г.).
5. Завершение работ WP 5D и публикация рекомендаций МСЭ по радиointерфейсу IMT-2020 (5G) (октябрь 2020 г.).

Несмотря на отсроченные до 2020 г. планы МСЭ по гармонизации и выбору радиointерфейса 5G, Партнерский проект 3GPP в 2017 г. начал процесс стандартизации требований к сетям 5G: готовятся несколько технических отчетов, которые придадут импульс дальнейшей стандартизации технологий радиointерфейса 5G [17–20]:

- TR 23.799. Исследование архитектуры для систем будущих поколений;
- TR 38.913. Исследование сценариев и требований для технологий доступа систем следующего поколения;
- TR 38.801. Исследование новых технологий радиодоступа. Архитектура радиодоступа и интерфейсы;
- TR 38.802. Исследование новых технологий радиодоступа (NR). Аспекты физического уровня.

Рассмотрим конкурентные предложения вендоров по использованию неортогональных сигналов в сети радиодоступа 5G.

Компания Huawei предлагает использовать F-OFDM (Filtered OFDM) – сигналы с ортогональным частотным разделением каналов с фильтрацией внеполосных излучений; Samsung и проект METIS II [24], координируемый компанией Ericsson, продвигает FBMC (Filter Bank Multicarrier) – гребенчатый фильтруемый многочастотный сигнал на основе модуляции FQAM (Hybrid Modulation of FSK и QAM), Nokia – UFMC (Universal Filtered OFDM) – универсальный сигнал OFDM с фильтрацией внеполосных излучений. Каждый передаваемый RB имеет свой фильтр.

В рамках второго этапа проекта METIS II предложены альтернативные сигнально-кодовые конструкции для сетей 5G [24]: Cyclic Prefix OFDM (CP-OFDM) – OFDM-сигнал с циклическим префиксом, а также названные выше Universal Filtered OFDM и Filter Bank Multicarrier.

3GPP декларирует гибкий подход к построению нового радиointерфейса 5G:

- использование неортогональных и конкурентных протоколов, зависящих от сценариев реализации mMTC/uRLLC;
- многовариантность использования разносов поднесущих по отношению к различным сценариям развития радиointерфейса;
- построение радиointерфейса с учетом как обратной, так и прямой совместимости.

Пока же, на первом этапе развития нового радиointерфейса 5G, Рабочей группой SA 3GPP принято решение использовать OFDM-сигнал с шириной канала от 100 МГц. При этом разнос поднесущих и ширина сигнала на поднесущей будут обеспечивать масштабируемость частотного разноса поднесущих в сложном сигнале от 15–30 кГц (для диапазона 3,5 ГГц) до 480 кГц (в диапазонах миллиметровых волн).

ТРАНСФОРМАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ 3GPP ПОД IoT

Рыночные и технологические вызовы цифровой экономики, связанные с нарастанием спроса на массовое применение устройств M2M и IoT в сетях с низким уровнем генерируемого трафика для различных приложений и бизнес-моделей «Все на связи», ставят разработчиков стандартов мобильной связи 3GPP перед необходимостью трансформации технологий, позволяющих использовать для этих задач действующее оборудование сетей GSM и LTE.

Инновационный характер новых технологий NB-IoT и EC-GSM заключается в возможности реализации базовых принципов технологий радиодоступа OFDMA и GPRS, а также радиоблока шириной 180 кГц и GSM-канала шириной 200 кГц, лежащих в основе построения сетей радиодоступа технологий LTE/GPRS. Еще одна привлекательная особенность – возможность одновременного использования уже созданной инфраструктуры сетей LTE/GPRS, причем как в сети радиодоступа, так и в базовой сети, а также радиочастотных ресурсов и каналов сетей LTE/GPRS.

Однако после трансформации под M2M- и IoT-задачи технология NB-IoT в сетях LTE утратила возможность поддерживать целый ряд функций, таких как хэндовер (мобильность) абонентских устройств, мобильность между технологиями радиодоступа, передача отчетов об измерениях, функции публичного оповещения, гарантированная скорость передачи данных (GBR), режим закрытой абонентской группы (CSG), поддержка гетерогенности в соте HeNB, ретрансляция, агрегация несущих, двойное соединение, мультимедийные широковещательные многоадресные услуги MBMS, услуги в режиме реального времени, предотвращение взаимных помех для совместного использования внутри устройства, межсетевое взаимодействие с поддержкой RAN, экстренный вызов, передача речи VoLTE, самоконфигурация/самооптимизация SON, управление перегрузкой при передаче данных.

Появившееся на рынке в 2017 г. абонентское обо-

Таблица 2

Отличия технологий LTE-M и NB-IoT

LTE-M	NB-IoT
Скорость передачи 384 кбит/с – 1 Мбит/с (полный и полудуплекс)	Скорость передачи < 250 кбит/с (полудуплекс)
IP-ориентированные соединения	SMS-ориентированные соединения
4-кратное увеличение зон покрытия. Хорошее проникновение в здания	7-кратное увеличение зон покрытия. Лучшие показатели проникновения в здания
Полная мобильность, все девять классов QoS и поддержка VoLTE	Отсутствие мобильности, QoS не гарантировано, нет VoLTE

рудование, работающее по технологии NB-IoT и отличающееся низкой ценой производства, позволит улучшить характеристики покрытия сети, а также снизить энергопотребление таким образом, чтобы обеспечить не менее 10 лет его эксплуатации в автономном режиме и обслуживание зон плотного размещения IoT-устройств (свыше 50 тыс. на соту).

Применение технологии NB-IoT на рынке IoT будет носить нишевый характер — из-за ограничений на качество услуг и мобильность абонентских терминалов только в некритичных к задержкам услугах и IoT-приложениях. При необходимости использовать сети доступа LTE с критически высокими требованиями к IoT-приложениям будет задействована технология LTE-M (eMTC), не имеющая ограничений на QoS. Из табл. 2 видно, что LTE-M и NB-IoT имеют 4- и 7-кратное увеличение зон покрытия против абонентских устройств LTE категории 1.

Таким образом, следствием трансформации LTE для технологии NB-IoT станут существенные ограничения функциональных характеристик и сетевых возможностей, характерных для традиционных сетей LTE.

Другая технология, полученная в результате трансформации сотовой технологии в интересах IoT, — это EC-GSM. Представляя собой эволюцию EGPRS, или EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution), она позволяет упростить реализацию протокола GPRS, уменьшая сложность IoT-устройства, поддерживая энергоэффективную работу с расширенным по сравнению с GPRS/EGPRS покрытием. Сеть доступа IoT с технологией EC-GSM может использовать всего лишь 600 кГц радиоспектра.

В технологии EC-GSM также улучшена система безопасности — как в сети, так и в IoT-устройстве. IoT-устройство может работать в режиме EC-GSM как в линии вверх, так и в линии вниз, что обеспечивает повышенную чувствительность и его самого, и базовых станций, а также защиту от помех. EC-GSM обеспечивает расширение покрытия на 20 дБ, а также снижение уровня помех на 20 дБ по сравнению с GPRS/EGPRS. Расширенное покрытие (extended coverage, EC) реализуется через введенные в стандарт EGPRS классы покрытия. Класс покрытия сети с EC-GSM определяет общее количество «слепых» повторений переданных данных, которые будут использоваться при передаче/приеме радиоблоков. Класс покрытия восходящей и нисходящей линии связи EC-GSM, задействованный

в какой-то текущий момент времени, может различаться логическими каналами EGPRS. Для абонентских устройств EC-GPRS введены четыре класса покрытия, каждый из них реализует уровень покрытия с расширенными зонами по сравнению с работой в обычной сети GPRS/EGPRS и обозначается CC1, CC2, CC3 и CC4 соответственно [25–27].

Стандарт GPRS/EGPRS устанавливает классы QoS, которые могут запрашиваться абонентскими устройствами GPRS, в том числе и IoT-устройствами технологии EC-GSM. Профили QoS GPRS считаются единственной совокупностью параметров, которая содержит следующие атрибуты класса передачи данных в соответствии со стандартом GSM/GPRS [26]: класс приоритета; класс задержки; класс надежности; класс пиковой пропускной способности; класс средней пропускной способности. Это означает, что технология EC-GSM, как и GSM/GPRS, поддерживает принцип «лучших возможностей без гарантий» для управления показателем QoS, который не предоставляет сетевые возможности для IoT-услуг реального времени.

Таким образом, несмотря на ограничения, полученные при трансформации стандартов 3GPP для технологий EC-GSM и NB-IoT, эти предложенные рынку решения позволяют охватить большинство не критичных к задержкам IoT-приложений на рынке интернета вещей. Для критически важных IoT-приложений, требующих гарантированных параметров QoS и суммарного времени задержки в сети, в семействе стандартов 3GPP имеется технология LTE-M, поддерживающая полный функционал возможностей стандарта LTE.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технологии 5G и услуги интернета вещей становятся главным драйвером развития мобильной связи и технологической базой цифровой экономики России. Они могут быть реализованы в виде трех бизнес-моделей: экстремально широкополосный мобильный доступ (Extreme Mobile BroadBands, eMBB), массовое использование IoT/M2M-устройств (mMTC) и высоконадежная и критичная к задержкам связь IoT/M2M-устройств (uMTC). Переход на эти технологии позволит выполнить ключевые показатели, определенные для цифровой экономики России.

Трансформация стандартов 3GPP под новые технологии доступа для интернета вещей и 5G обеспечивает единство технической политики и технологических ре-

шений, эффективное использование радиочастотного спектра, межсетевую совместимость, безопасность и качество услуг. Тем самым повышается конкурентоспособность производства абонентского и сетевого оборудования, приложений IoT на этапе разработки стандартов.

Выход на рынок сетей LTE-Advanced с технологией узкополосной передачи данных для интернета вещей (NB-IoT) существенно подогреет конкуренцию в сфере беспроводных технологий интернета вещей, где набирают популярность LoRa, SigFox и другие технологии LPWAN (Low-power Wide-area Network), использующие нелицензируемые полосы частот.

Технология NB-IoT, не лишённая некоторых ограничений, отсутствующих в высокоуровневых решениях LTE-Advanced и LTE Pro, компенсирует недостаток сетевых функций преимуществами по скорости, мас-

совости производства и, как следствие, по дешевизне. Возможность для операторов мобильных сетей 4G использовать в NB-IoT освоенные лицензируемые диапазоны частот и уже развернутое сетевое оборудование приведет к интенсивному развитию сектора IoT в структуре их бизнеса. Для внедрения технологии NB-IoT на российском рынке требуется в ближайшее время внести изменения в нормативную правовую базу, регулиующую использование радиочастотного спектра, и в правила применения нового оборудования на сетях связи общего пользования.

Технологическое многообразие сетей доступа на рынке интернета вещей формирует конкурентную и инновационную среду технологического развития сетей связи и услуг для цифровой экономики России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cisco VNI Mobile, 2017.
2. Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы».
3. Проект программы Минкомсвязи РФ «Цифровая экономика Российской Федерации». – 2017.
4. Тихвинский В.О. и др. Сети 5G: международная стандартизация // Connect! Мир Связи. – 2017. – № 1–2. – С. 40–46.
5. Draft Terms and Definitions for IMT-2020 in ITU-T (O-040).
6. Draft ITU-T Technical Report: Application of network software to IMT-2020 (O-041).
7. Draft ITU-T Recommendation: Requirements of IMT-2020 from network perspective (O-042).
8. Draft ITU-T Recommendation: Framework for IMT-2020 network architecture (O-043).
9. Draft ITU-T Recommendation: Requirements of IMT-2020 fixed mobile convergence (O-044).
10. Draft Technical Report: Unified network integrated cloud for fixed mobile convergence (O-045).
11. Draft ITU-T Recommendation: IMT-2020 network management requirements (O-046).
12. Draft ITU-T Recommendation: Network management framework for IMT-2020 (O-047).
13. Draft ITU-T Technical Report: Application of information centric networking to IMT-2020 (O-048).
14. Report ITU-R M.2320 – Future technology trends of terrestrial IMT systems (November 2014).
15. IPR Ad Hoc Group and endorsed by TSAG. ITU meeting on 11 November 2015. – URL: <http://www.itu.int/en/ITU-T/ipr/Pages/open.aspx>.
16. Dino Flore. LTE evolution and 5G// CEPT ECC Seminar on 5G, Mainz, Germany, 2016.
17. 3GPP TR 23.799 V14.0.0. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Study on Architecture for Next Generation System.
18. 3GPP TR 38.913 V14.0.0. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Study on Scenarios and Requirements for Next Generation Access Technologies (Release 14).
19. 3GPP TR 38.801 V14.0.0. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Study on New Radio Access Technology; Radio Access Architecture and Interfaces (Release 14).
20. 3GPP TR 38.802 V14.0.0 (2016-11) 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Study on New Radio (NR) Access Technology; Physical Layer Aspects (Release 14).
21. Resolution COM 6/20 (WRC-15) Studies on frequency-related matters for International Mobile Telecommunications identification including possible additional allocations to the mobile services on a primary basis in portion(s) of the frequency range between 24.25 and 86 GHz for the future development of International Mobile Telecommunications for 2020 and beyond.
22. Recommendation ITU-R M.2083 – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, September 2015.
23. Report ITU-R M.2376 – Technical feasibility of IMT in bands above 6 GHz, July 2015.
24. METIS II Project. D2.2 Draft Overall 5G RAN Design, 2016-06-30.
25. TS 23.401. 3GPP Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access (Release 13).
26. TS 45.002 3GPP Project; Technical Specification Group Radio Access Network; GSM/EDGE Multiplexing and multiple access on the radio path (Release 13).
27. TS 44.060: General Packet Radio Service (GPRS); Mobile Station (MS) - Base Station System (BSS) interface; Radio Link Control/Medium Access Control (RLC/MAC) protocol.

Получено 13.07.17