КАЧЕСТВО УСЛУГ СВЯЗИ

УДК 621.396

ПЕРСПЕКТИВЫ СЕТЕЙ 5G И ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ИХ ОБСЛУЖИВАНИЯ

В.О. Тихвинский, заместитель генерального директора ООО «АйКомИнвест» по инновационным технологиям, д.э.н.; vtniir@mail.ru
Г.С. Бочечка, руководитель управления Инновационного центра ООО «АйКомИнвест», к.т.н.; g.bochechka@icominvest.ru

Анализируются функциональные требования к сетям 5G и параметры трафика для услуг видео высокой четкости и массивов M2M-устройств, которые к 2020 г. будут наиболее востребованными. Сформулированы критерии некоторых KPI, определяющих качество предоставления услуг в сетях 5G. Взяв за основу одну из парадигм развития будущей инфраструктуры 5G — виртуализацию сетевых функций, авторы предложили концепт функциональных блоков контроля и мониторинга QoS, реализуемых в виде части облачной инфраструктуры базовой сети SDN при помощи виртуальных функциональных модулей CQMF и CQCF.

***Ключевые слова**: 5G, QoS, M2M, видеоуслуги, виртуализация.*

Введение. Технологии мобильной связи 5G, появление которых на рынке ожидается к 2020 г., должны значительно улучшить качество обслуживания (QoS) пользователей в условиях лавинообразно растущего объема передаваемых данных в мобильных сетях, а также увеличения количества беспроводных устройств и расширения спектра предоставляемых услуг [1].

Предполагается, что сети мобильной связи, построенные на основе технологий 5G, будут обеспечивать передачу данных со скоростью более 10 Гбит/с.

Технологии предыдущего поколения — 4G (LTE/LTE Advanced) — поддерживают возможность гибкого управления качеством услуг на основе показателей передачи данных, разделенных на девять классов качества и охватывающих оба принципа обеспечения QoS: предоставление услуг без гарантий качества (Best Effort, или non-GBR) и предоставление гарантированного качества обслуживания (GBR) [2].

К сожалению, эти достижения технологии LTE и будущие требования к 5G в области управления QoS покрывают своими возможностями цепочку «конечный пользователь — конечный пользователь» (E2E) лишь частично, а именно внутрисетевые соединения «5G — 5G», «4G — 4G». На некоторые соединения, возникающие между абонентами 5G и другими мобильными (2G/3G/4G) и фиксированными сетями, эта система управления качеством не распространяется. Отсутствие возможности согласованного и гибкого управления качеством в фиксированных IP- и мобильных сетях предыдущих поколений еще долго будет тормозом на пути к новому уровню качества обслуживания абонентов сетей 5G.

Услуги в сетях 5G. Прогнозы ведущих специалистов, занятых в международных проектах 5G [3, 4], показывают, что доминирующее положение среди услуг, оказываемых в сетях 5G, будут занимать услуги передачи видео с высоким качеством разрешения — HD-видео, а также 3D-видео. Отчеты ведущих операторов связи, использующих сети 4G, показывают, что в потребляемом абонентами трафике видеоуслуги преобладают и останутся доминирующими в контенте сетей 5G.

Так, сейчас объем трафика видеоуслуг составляет, по оценкам операторов [3], от 66 до 75% общего объема трафика в сетях 4G, включая 33% на услуги YouTube и 34% — чистое видео, а также видеонаблюдение (Video Surviliance) в сетях M2M. Кроме того, до 2020 г. количество M2M-подключений в сетях мобильных операторов будет расти с показателем CAGR = 45% [5] и достигнет 2,1 млрд соединений. С учетом растущей массовости (Massive M2M) услуги M2M тоже будут превалировать над базовыми голосовыми услугами в сетях 4G и 5G.

Европейская стратегия развития 5G направлена еще и на то, чтобы к 2025 г. дать абоненту возможность выбирать, что подключать к своему телевизору: модем 5G или эфирную антенну с DVB-T (HDTV), а это потребует и соответствующих механизмов управления качеством.

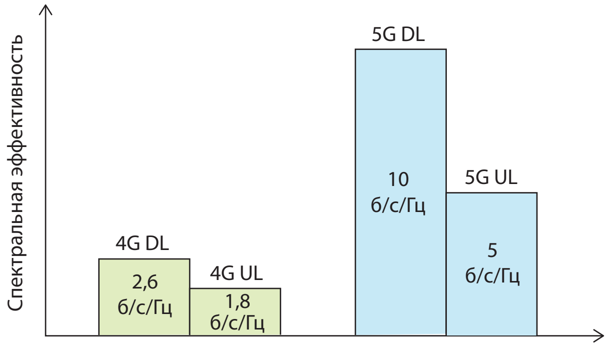
Таким образом, усилия разработчиков по совершенствованию механизмов управления качеством сосредоточатся на трафике видео и M2M-сервисов, улучшении алгоритмов контроля и создании новых методов оценки качества.

Технологический облик 5G. Развитие сетей 5G будет направлено на создание ультраплотных сетей (UDN) беспроводного доступа с гетерогенной структурой сот радиусом не более 50 м на основе новых видов сигнально-кодовых конструкций радиосигналов, на порядок повышающих спектральную эффективность по сравнению с сетями 4G и обеспечивающих передачу данных со скоростями более 10 Гбит/с.

Для обеспечения таких скоростей передачи данных в сетях 5G потребуется использовать широкие полосы каналов как в линии вниз (DL), так и в линии вверх (UL) с непрерывным спектром шириной от 500 до 1000 МГц, что в 25–50 раз превышает ширину каналов, реализуемых в 4G. Выделение таких полос для каналов 5G возможно только на верхней границе сантиметрового и в миллиметровом диапазонах частот, что существенно сократит зоны покрытия базовых станций 5G из-за уменьшения радиуса сот до 50–100 м [6] .

Повышение спектральной эффективности в сетях 5G может быть достигнуто за счет применения неортогональных методов доступа (NOMA) в сетях RAN и неортогональных сигналов (например, FTN-, F-OFDM-сигналов и пр.) [7]. Характеристики требований к спектральной эффективности в соте сетей 5G для различных каналов передачи показаны на рис. 1. Сравнение этих требований с аналогичными требованиями к сетям 4G показывает рост спектральной эффективности в 3–5 раз.

Инфраструктура сетей 5G будет строиться на основе облачных технологий — как в сетях радиодоступа (Cloud RAN) с программно-определяемой сетью (Software Defended Radio, SDR), так и в базовой (опорной) сети (Cloud CN) с программно-определяемой инфраструктурой (Software Defended Network, SDN). Полная виртуализация сетевых функций



Источник: 5G Forum [4]

Рис. 1. **Спектральная эффективность в соте сетей 5G**

(Network Function Virtualization, NFV), которая будет реализована в инфраструктуре 5G, охватит контроль и управление QoS, политики обслуживания и приоритизацию трафика.

В сетях 5G появятся новые решения в области инфраструктуры: двигающиеся узлы (базовые станции) связи (Moving 5G Node) и движущиеся транспортные сети (Moving 5G Backhaul), что продиктовано необходимостью внедрения 5G при создании интеллектуальных транспортных сетей. Эти решения позволят оснастить международные автомобильные магистрали с мчащимися по ним со скоростью более 200 км/ч автомобилями движущимися сетями связи 5G. Построенные на базе приложений и устройств M2M для сценария V2V (Vehicle-to-Vehicle), они обеспечат безопасное движение и мультимедийный обмен данными. Роль базовых станций 5G будут выполнять автомобильные устройства 5G, объединенные в mesh-сети.

Трафик в сетях 5G. При формировании требований к QoS в сетях 5G в первую очередь следует рассматривать две ключевые модели трафика: высокоскоростной видеопоток «сервер — абонент» и Massive M2M.

Услуги передачи видео станут важнейшим стимулом развития и быстрорастущим сегментом трафика сетей 5G. В 2013 г. объем видеоуслуг в общем объеме трафика абонентов сетей 4G превысил 50% и, по прогнозам, к 2019 г. вырастет как минимум в 13 раз [3]. Таким образом, уже сейчас можно наблюдать первую волну надвигающегося цунами трафика абонентов в сетях 4G. Месячное потребление трафика передачи данных в сетях операторов 4G достигло 2,6 Гбайт, а месячное потребление трафика в сетях 5G превысит 500 Гбайт.

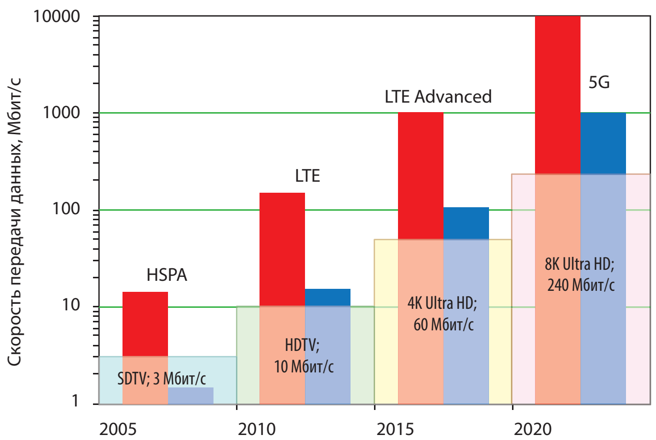
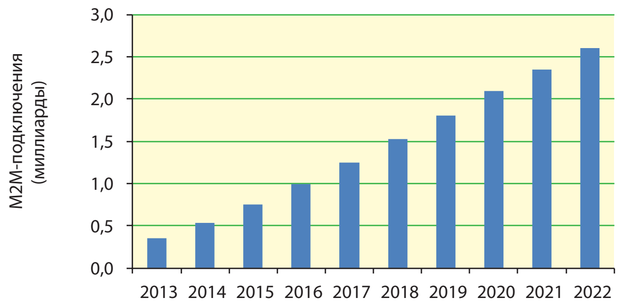


Рис. 2. **Технологические возможности передачи видео для различных поколений мобильной связи**

Рост объема трафика видеоуслуг будет связан с внедрением новых технологий повышения качества изображения видео — от стандартного SDTV до ультравысокого UHD TV (8K), что, в свою очередь, требует обеспечения скорости передачи данных в сети до 10 Гбит/с. Технологические возможности различных поколений мобильной связи транслировать видео для различных технологий качества изображения при достигнутых в сетях радиодоступа скоростях передачи данных показаны на рис. 2 [8, 9] .

Согласно прогнозам (рис. 3), количество M2M-соединений в сетях мобильных операторов в 2018 г. превысит 1,5 млрд [10, 11], что в пять раз больше текущего показателя, а в 2022 г. на долю мобильных операторов придется свыше 2,6 млрд M2M-соединений. При этом доля M2M-соединений от общего числа соединений в сетях мобильных операторов вырастет с текущих 5% до 15% в 2018 г. и 22% в 2022 г.



Источник: Machina Research

Рис. 3. **Число M2M-соединений в мобильных сетях**

Стратегии операторов M2M, реализованные в Релизе 2 Технических спецификаций M2M ETSI, направлены на создание универсальных платформ M2M, способных работать в вертикальных отраслях экономики. Это позволит реализовать подходы, инструменты и методы обработки структурированных и неструктурированных данных огромных объемов (Big Data), получаемых из сетей M2M.

По данным ABI Research, в течение следующих пяти лет индустрия M2M-данных будет ежегодно расти на 53,1%: с $1,9 млрд в 2013 г. до $14,3 млрд в 2018 г. Этот прогноз включает в себя сегментированные доходы для пяти компонентов, которые в совокупности обеспечат использование услуг «больших данных» для M2M, таких как интеграция и хранение данных, основная аналитика, представление данных и связанные с ними профессиональные услуги.

Требования к качеству в сетях 5G. В процессе эволюции механизма управления качеством услуг в сетях 3GPP (GSM/UMTS/LTE) произошла миграция от управления QoS на уровне абонентских терминалов к управлению QoS на уровне сети. Данный подход сохранится и в сетях 5G.

Механизмы управления QoS в сетях 5G должны обеспечивать приоритизацию трафика Video over 5G и VoIP по отношению к трафику веб-поиска и другим толерантным к временным параметрам потока данных приложениям.

Услуга передачи потокового видео без буферизации очень чувствительна к задержкам в сети, поэтому одним из важнейших параметров, определяющих требования к QoS, является суммарная задержка передачи пакетов (Packet Delay Budget, PDB), которая образуется на радиоинтерфейсе RAN и трактуется как максимальная задержка передачи пакетов с уровнем достоверности 98%.

ISSN 0013-5771. «ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ», № 11, 2014

В табл. 1 приведены требования к задержкам в сетях 3G/4G/5G, сформированные в 3GPP [2] и проекте METIS [12]. Из таблицы следует, что с переходом от поколения к поколению в сети мобильной связи повышаются требования к нижней границе общей задержки данных. Также анализ требований к общей задержке в сети 5G показал, что, учитывая эффект накопления, задержка в сети RAN 5G должна быть менее 1 мс.

Таблица 1. Требования по общей задержке в сетях 3G/4G/5G

Условия для QoS	PDB, мс		
	3G	4G	5G
Без гарантий качества	Не определено	100–300	Не определено
С гарантированным качеством	100–280	50–300	1

Сравнение требований по задержке в плоскости управления и плоскости пользователя соответственно для трафика сигнализации и трафика пользователя (рис. 4) свидетельствует, что требования к сетям 5G будут более жесткими: в два раза для трафика в плоскости управления и в 10 раз в плоскости абонентского трафика [4] .

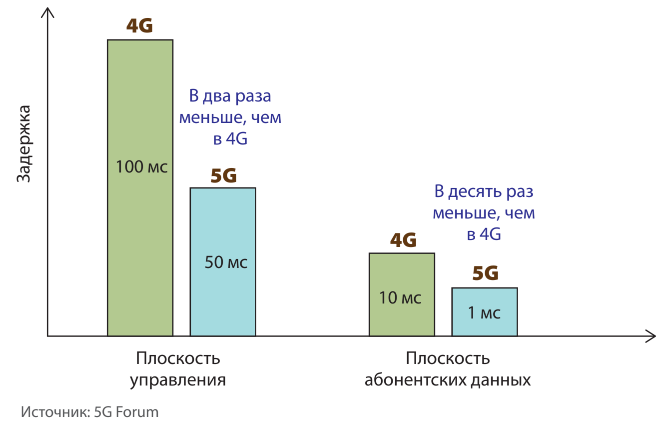


Рис. 4. **Требования по задержке в плоскости управления и плоскости пользователя для сетей 4G/5G**

Еще одним критерием качества является доля потерянных пакетов из-за ошибок при приеме пакетов данных (Packet Error Loss Rate). Значения этого параметра, определяющего наибольшее число потерянных IP-пакетов для видеотрансляций при их передаче по сети мобильной связи 3G/4G/5G, приведены в табл. 2 [13].

Для услуг M2M качество во многом зависит от доли потерянных пакетов при приеме в сетях 3G/4G/5G. Учитывая,

Таблица 2. Доля потерянных пакетов для видеотрансляций

Условия для QoS	SDTV	HDTV	4K UHD	8K UHD
Возможности поколения мобильной связи	3G/4G	4G	4G	5G
Видеотрансляция с гарантированным качеством	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}

что условия обслуживания абонентских устройств M2M будут определяться для случаев обслуживания как с гарантированным качеством (GBR), так и без гарантий (non-GBR), требования к доле потерянных пакетов могут отличаться на три порядка (табл. 3) .

Таблица 3. Доля потерянных пакетов для услуг M2M

Условия для QoS	3G	4G	5G
Без гарантированного качества (non-GBR)	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
С гарантированным качеством (GBR)	10^{-2}	10^{-6}	10^{-7}

Изменится и сетевая архитектура модулей, отвечающих за качество услуг в сети 5G. Развитие концепции виртуализации сетевых функций NFV приведет к виртуализации функций управления качеством, которые можно представить в виде двух основных функций: контроля QoS (Cloud QoS Control Function, CQCF) и управления QoS (Cloud QoS Management Function, CQMF) (рис. 5).

Функция CQCF контроля QoS будет обеспечивать в сети 5G контроль в реальном времени потоков трафика на основе устанавливаемых во время соединения уровней QoS. Основные механизмы контроля QoS включают профилирование трафика, планирование и управление потоками данных.

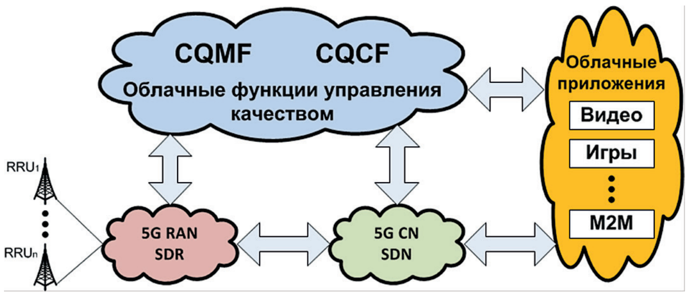


Рис. 5. **Виртуализация функций контроля и управления в сети 5G**

Функция CQMF управления QoS будет обеспечивать в сети 5G поддержку QoS согласно договорам обслуживания SLA, осуществлять мониторинг, обслуживание, пересмотр и масштабирование QoS.

Реализация алгоритмов приоритизации трафика в сетях 5G будет базироваться на процедурах классификации трафика с ориентацией на приоритеты видео- и M2M-трафика. Процедура классификации трафика должна строиться с учетом возможности обучения этой процедуры, так как характеристики трафика будут динамично меняться с появлением новых приложений в области как M2M, так и видеоуслуг.

Заключение. Сети 5G, появление которых на рынке ожидается к 2020 г., будут ориентированы на существенное улучшение характеристик, в том числе качества обслуживания. Поскольку принципы управления QoS при переходе от 4G к 5G будут сохранены, основные усилия разработчиков 5G должны быть сосредоточены на виртуализации сетевых функций, отвечающих за управление и контроль QoS в сети.

Еще одним направлением развития сетей 5G станут алгоритмы классификации трафика, что обеспечит поддержку вызовов рынка по динамике изменения спроса на услуги и потребности абонентов, которые в перспективе должны группироваться вокруг видеоуслуг и услуг на основе массового применения устройств M2M в большинстве отраслей промышленности, а также в потребительском сегменте.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Тихвинский В.О., Бочечка Г.С.** Концептуальные аспекты создания 5G // Электросвязь.— 2013.— № 10.— С. 29–33.
2. **Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Высочин В.П.** Сети мобильной связи LTE/LTE Advanced: технологии 4G, приложения и архитектура // М.: Медиа Паблишер, 2014.— 384 с.
3. **Ying Weimin.** No-Edge LTE, Now and the Future// 5G World Summit.— 2014.— Онлайновый ресурс: http://ws.lteconference.com.
4. **Yongwan Park.** 5G Vision and Requirements of 5G Forum.— Korea, February 2014.
5. **Тихвинский В.О., Бочечка Г.С., Минов А.В.** Монетизация сетей LTE на основе услуг M2M // Электросвязь.— 2014.— № 6.— С. 12–17.
6. **Bochechka G., Tikhvinskiy V.** Spectrum occupation and perspectives millimeter band utilization for 5G networks // Proceedings of ITU-T Conference «Kaleydoscope-2014», St. Petersburg, 2014.
7. **Gerhard Wunder.** 5th Generation Non-Orthogonal Waveforms for Asynchronous Signalling, COST Meeting, Ferrara-2014, Italy.
8. ITU-T H.265 (04/2013) — ITU-T Recommendation database. Series H: Audiovisual and Multimedia Systems. Infrastructure of audiovisual services — Coding of moving video. High efficiency video coding.
9. **Puigrefagut Elena.** HDTV and beyond // ITU Regional Seminar «Transition to Digital Terrestrial Television Broadcasting and Digital Dividend».— Budapest, 06 November, 2012.
10. Machina Research. The Global M2M Market in 2013.— London, January 2013.
11. Рынок M2M-коммуникаций в России и мире, ноябрь 2013.— Онлайновый ресурс: http://www.json.ru/poleznye_materialy/free_market_watches/analytics/rynok_m2m-kommunikacij_v_rossii_i_mire_2013.
12. Project METIS Deliverable D2.1 Requirements and general design principles for new air interface, 31.08.2013.
13. ETSI Technical Specification. Digital Video Broadcasting (DVB); Transport of MPEG-2 TS Based DVB Services over IP Based Networks. ETSI TS 102034 V1.4.1, 08–2009.

Получено 26.08.14

ИНФОРМАЦИЯ

НОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ И ВЕЩАТЕЛЕЙ ОТ NOKIA NETWORKS

В рамках Дня инноваций Nokia Networks демонстрировала решения, используя которые телеком-операторы смогут подготовить инфраструктуру мобильной широкополосной связи к росту трафика данных и обеспечить тем самым лояльность абонентов. Задача весьма актуальная, поскольку к 2020 г. сети должны, как предполагается, поддерживать рентабельную передачу 1 Гбайт персонализированных данных на каждого пользователя ежедневно.

«В период с 2014 по 2018 г. прогнозируемый рост численности абонентов широкополосной мобильной связи в России составит 33%. Благодаря инновациям в области мобильного ШПД, управления качеством обслуживания абонентов и глобальных услуг Nokia Networks вновь подтверждает свою готовность предоставить операторам решения, которые помогут им справиться с предстоящим ростом объемов трафика передачи данных в беспроводных сетях»,— сказал генеральный директор Nokia Networks в России **С. Черепнин**.

По состоянию на июнь текущего года в мире насчитывалось 300 млн абонентов сетей LTE. Анализируя тенденции развития рынка, эксперт по радиотехнологиям Nokia Networks **Л. Варукина** отметила высокую динамику проникновения технологии LTE. В коммерческую эксплуатацию уже введено более 330 сетей — за пять лет после запуска первой сети. А технологиям 3G на достижение примерно такого же показателя понадобилось 10 лет. В списке 25 стран с наиболее развитыми сетями LTE России пока нет. Лидирует Южная Корея с коэффициент проникновения абонентов LTE 65%.

Эксперт сделала акцент на важности оптимизации энергопотребления абонентских терминалов, поскольку за два года трафик данных увеличился в 3,6 раза, или на 90% в год. Рост потребления данных мотивируется новыми приложениями, например с потоковым HD-видео. существенную долю сигнального трафика создают смартфоны — из-за приложений, работающих в фоновом режиме. Значительно улучшает эффективность использования радиоресурсов LTE технология Broadcast (eMBMS).

В ходе живой демонстрации специалисты Nokia Networks показали, как, благодаря принципу синхронного вещания DVB (Single Frequency Network, SFN), обеспечивается возможность доставки одного и того же контента множеству пользователей на одних и тех же канальных ресурсах. Технология LTE Broadcast, обеспечивающая видеотрансляцию и позволяющая значительно повысить эффективность использования радиоресурсов, ориентирована на вещателей. Теперь они смогут выйти на новую аудиторию — пользователей услуг мобильной связи — и предложить им широкий спектр интерактивных услуг.

На семинаре состоялась еще одна живая демонстрация: Voice over LTE (VoLTE), когда посредством технологии Single Radio Voice Call Continuity (SRVCC) голосовой и видеовызовы в сети LTE осуществляются при бесшовном переходе голосовых сессий из сети LTE в сеть 3G.

Активно развивая технологии телекоммуникационного облака, Nokia Networks вывела их на уровень готовности к коммерческому внедрению. Партнерская программа компании позволяет операторам использовать такие конкурентные преимущества облачной инфраструктуры, как гибкое распределение емкости, обеспечивающее оптимальное качество обслуживания абонентов при любом уровне нагрузки, повышение отдачи от инвестиций в оборудование, ускорение вывода на рынок новых услуг и инструменты создания инновационных сервисов. В частности, Nokia Networks предлагает телекоммуникационные облачные решения операторского класса для действующих сетей широкополосной мобильной связи, начиная с инфраструктур для размещения сервисов VoLTE.

Опираясь на достижения 2013 г., когда Nokia Networks впервые в отрасли осуществила агрегацию несущих в трех коммерческих сетях LTE-Advanced, компания добилась агрегации ресурсов спектра для трех несущих частот, что позволяет повысить скорости передачи данных в канале к абоненту до 450 Мбит/с. На стенде демонстрировалась агрегация трех несущих и MIMO 4x4.

Для повышения лояльности абонентов Nokia Networks создала решение CEM for Loyalty Scores: с его помощью оператор может установить соответствие между ключевыми показателями эффективности сети (Key Performance Indicators, KPI) и индексами лояльности, такими как Net Promoter Score.