

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЗОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕТИ UMTS

О.А. Симонина¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,

Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

*Адрес для переписки: olga.simonina@spbgut.ru

Информация о статье

УДК 621.396

Язык статьи – русский

Ссылка для цитирования: Симонина О.А. Исследование нагрузочных характеристик сети UMTS // Труды учебных заведений связи. 2017. Т. 3. № 3. С. 93–99.

Аннотация: Статья посвящена исследованию нагрузок, создаваемых в сети UMTS трафиком различных мультимедийных услуг. Исследование проведено с помощью имитационного моделирования. Показано, что критичными являются варианты с увеличением доли видеотрафика свыше 70 %. При этом в случае одновременной передачи потокового трафика и трафика передачи данных отказ происходит на уровне доступа, при превалировании мультимедийного трафика – потокового и голосового – на ядре сети. Данное исследование представляет интерес для эксплуатации сетей UMTS и планирования развития сети.

Ключевые слова: UMTS, пропускная способность, мультимедийные услуги сети мобильной связи.

Введение

Согласно анализу Международного Союза Электросвязи [1] на данный момент 7 миллиардов человек, что составляет около 95 % населения планеты, живут в области, охваченной мобильной сетью. Мобильные широкополосные сети предоставляют услуги 84 % мирового населения. При этом за последние несколько лет быстро распространились сети LTE, что позволило предоставить высокоскоростной интернет почти четырём миллиардам человек или 53 % мирового населения. Как отмечается в [1, 2], мировой мобильный трафик в 2016 году вырос на 63 % и достиг объёмов передачи 7,2 экзабайта в месяц. Только за последние 5 лет объём мобильных данных вырос в 18 раз. В 2016 году на долю трафика мобильных сетей пришлось 60 % общего объёма трафика мобильной передачи данных. Ожидается, что уже в 2018 году относительная доля устройств и соединений, поддерживающих 3G и 3.5G, превзойдет устройства и соединения, совместимые с 2G.

При этом необходимо отметить две важные тенденции. Во-первых, это изменение предпочтений пользователей – доступ в сеть передачи данных сейчас важнее голосовой связи. А во-вторых – появление трафика автоматизации и локализация трафика внутри сегментов сети.

Под влиянием успеха мобильного широкополосного доступа и мультимедиа, LTE сети оказались в центре внимания мирового телекоммуни-

кационного рынка, при этом ожидается, что они предоставят широкополосную связь с повышенным качеством для различных услуг. Однако пока развертывание сосредоточено главным образом на мобильной связи услуг передачи данных, которые поставляют сверхбыстрый мобильный интернет для пользователей, опираясь на существующие мобильные системы для голоса и других мультимедийных услуг. При этом есть сложности с предоставлением услуги передачи голоса поверх LTE (VoLTE). Одним из вариантов передачи голоса в таких сетях является переключение абонента (межсистемный хэндовер) во время передачи телефонии на сеть GSM/UMTS. Таким образом, необходимо перекрытие зон обслуживания радиосетей LTE и GSM/UMTS и поддержка CSFB (CS Fallback) на абонентском оборудовании и на коммутаторах мобильной связи (MSC) [3].

Отметим еще одну тенденцию – появляющийся интерес к видеозвонкам и стриммингу, виртуальной и дополненной реальности, требующих существенных пропускных способностей и создающих большие нагрузки на сетевые узлы [4]. Поэтому анализ использования сетей UMTS (от англ. Universal Mobile Telecommunications System – универсальная мобильная телекоммуникационная система) для передачи такого трафика представляет, прежде всего, практический интерес.

Моделирование сети

Для проведения исследования будем использовать имитационное моделирование. Воспользуемся пакетом моделирования OPNET Modeler, позволяющим эмулировать оборудование сетей UMTS, протоколы передачи данных и услуги различных

типов и широким диапазоном требований к показателям качества. Схема модельной сети представлена на рисунке 1, а в таблице 1 приведены компоненты сети с их назначениями и используемыми протоколами.

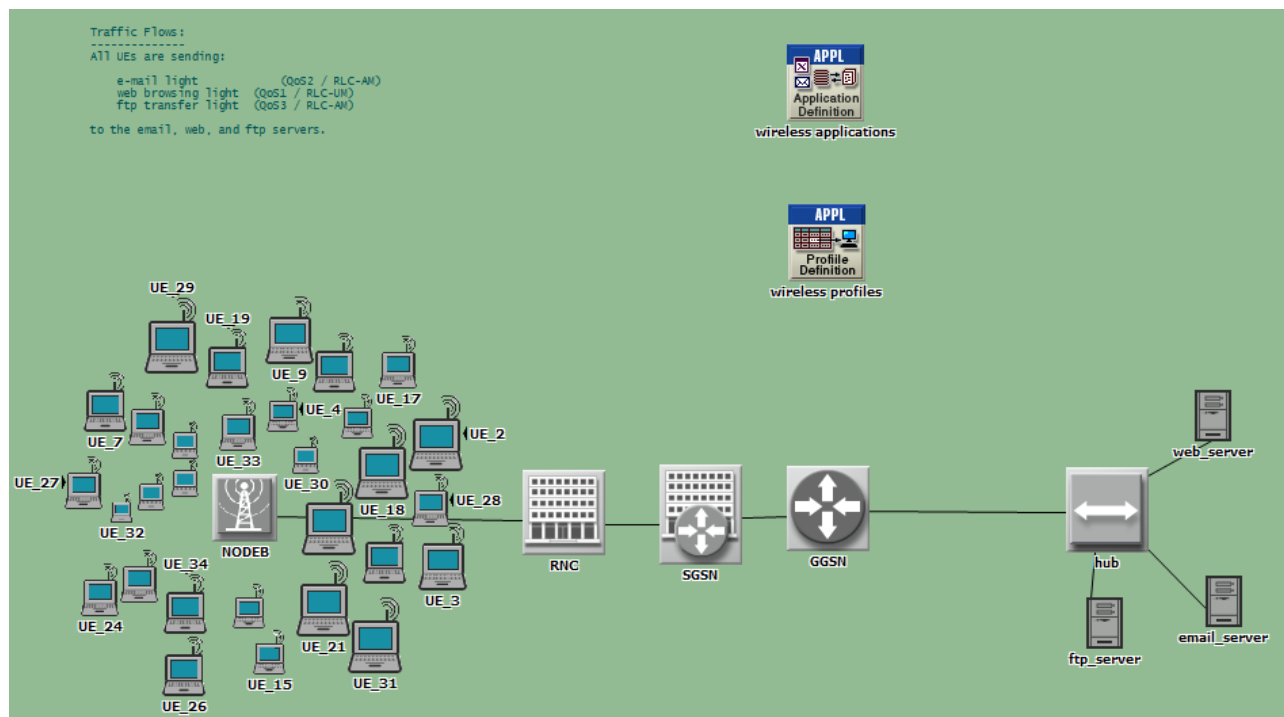


Рис. 1. Схема модельной сети

ТАБЛИЦА 1. Обозначения элементов модельной сети

Название модельного элемента	Назначение модельного элемента и поддерживаемые протоколы
Node-B	От англ. <i>Node</i> – узел. Обрабатывает соединение UE с RNC и остальной частью сети UMTS. Протоколы: UMTS (W-CDMA, Node-B), ATM.
RNC	От англ. <i>Radio Network Controller</i> – контроллер радиосети. Имеет возможность поддерживать и управлять до 8 Node-B. Каждое соединение с Node-B будет выполняться через стек ATM. IP (PPP), ATM и Ethernet доступны для взаимодействия с узлом UMTS SGSN. Протоколы: ATM, UMTS (RANAP, RLC, RRC, NBAP, RNSAP).
SGSN	От англ. <i>Serving GPRS Support Node</i> – узел обслуживания абонентов GPRS. Моделирует услугу GPRS. Включает в себя реализацию технологий: ATM, Ethernet, SLIP.
GGSN	От англ. <i>GPRS Gateway Support Node</i> – шлюзовой узел поддержки GPRS. Поддерживает два интерфейса Ethernet и до 8 интерфейсов последовательной линии с выбираемой скоростью передачи данных. IP-пакеты, поступающие на любой интерфейс, направляются в соответствующий интерфейс вывода на основе их IP-адреса назначения. Протоколы: GTP, RIP, UDP, IP, Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, OSPF, UMTS (CN).

Название модельного элемента	Назначение модельного элемента и поддерживаемые протоколы
HUB	Представляет собой Ethernet-концентратор, поддерживающий до 16 Ethernet-соединений. Пакеты, принимаемые концентратором, передаются на все станции независимо от адреса получателя пакета. В самом узле нет очереди пакетов, так как время обработки считается равным нулю. Стандарты: Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet (IEEE 802.3).
web_server ftp_server email_server	Модели серверов приложений представляют собой серверные узлы с серверными приложениями, работающими по протоколам TCP и UDP. Поддерживают одно базовое соединение Ethernet со скоростями 10 Мбит/с, 100 Мбит/с или 1 Гбит/с. Скорость работы определяется скоростью передачи данных подключенного канала. MAC-адрес Ethernet может работать в полнодуплексном или полудуплексном режиме. Для маршрутизации каждого пакета требуется фиксированное количество времени, определяемого атрибутом узлов «IP Forwarding Rate – Скорость пересылки IP». Пакеты маршрутизируются на основе FCFS и могут столкнуться с организацией очереди на более низких уровнях в зависимости от скорости передачи соответствующего выходного интерфейса. Протоколы: RIP, UDP, IP, TCP

Название модельного элемента	Назначение модельного элемента и поддерживаемые протоколы
UE	От англ. <i>User Equipment</i> – пользовательское оборудование. Представляет собой рабочую станцию UMTS с клиент-серверными приложениями, работающими по протоколам TCP и UDP. Поддерживает одно базовое соединение W-CDMA. Требуется фиксированное количество времени для маршрутизации каждого пакета, определяемого атрибутом узла «Скорость пересылки IP». Протоколы: RIP, UDP, IP, TCP, OSPF, UMTS.
wireless application	Используется для следующих спецификаций: 1) Информация об уровне ACE: определяет имена разных уровней, используемые в сетевой модели. Название уровня и соответствующие порты, на которых уровень прослушивает входящий трафик, перекрестно ссылаются на различные узлы в сети. 2) Спецификация приложения: указывает приложения, позволяет указать имя и соответствующее описание в процессе создания новых приложений. Указанное имя приложения будет использоваться при создании профилей пользователей в объекте «Конфигурация профиля». 3) Схемы голосового кодировщика: задает параметры кодировщика для каждой схемы кодирования, используемой для генерации голосового трафика в сети.
wireless profiles	Используется для создания профилей пользователей, которые затем указываются на узлах сети для генерации трафика прикладного уровня.

Оценка пропускной способности модельной сети проходит в два этапа.

Первый этап: серия экспериментов проводится при изменении количества абонентов и с постоянным набором услуг у каждого абонента. Так как теоретически одна базовая станция сети UMTS может обслуживать до 64 абонентов, то количество абонентов изменяется 1 до 64 с шагом в 8.

Второй этап: серия экспериментов проводится при постоянном количестве абонентов, но при изменении набора услуг. Целью является проверка предположения, что базовая станция справится с нагрузкой в том случае, если трафик видео достигнет 78 %, как отмечено в прогнозе [5].

Во всех экспериментах продолжительность моделирования устанавливается 1 сутки. Результатом проведенных экспериментов является оценка пропускной способности при различных нагрузках на сеть.

Первый этап оценки пропускной способности

Было проведено 9 экспериментов, во время которых снимались значения пропускной способности восходящих (uplink) и нисходящих (downlink) линий связи на трех узлах: NODE-B, RNC и GGSN. Набор услуг у каждого абонента близок к наиболее часто используемому на данный момент [6, 7]:

Email (Light), Web browsing (Light), File Transfer (Light), Video Conferencing (Heavy), Voice. Время моделирования – 1 сутки. Результаты эксперимента сведены в таблицы 2–5 и показаны на рисунках 2–5.

ТАБЛИЦА 2. Показатели максимальной (ПСmax) и средней (ПСср) пропускной способности узла NODE-B

Количество абонентов	uplink		downlink	
	ПСmax, бит/с	ПСср, бит/с	ПСmax, бит/с	ПСср, бит/с
1	500	255	600	342
8	550	327	850	338
16	800	477	750	292
24	750	481	600	252
32	900	673	500	250
40	1150	819	500	250
48	850	758	450	81
56	1500	1004	400	119
64	1350	1146	600	158

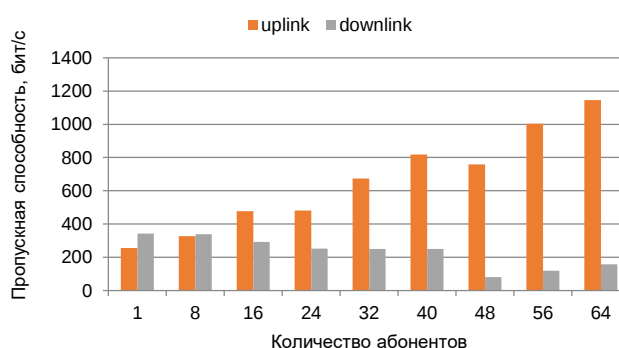


Рис. 2. График зависимости средней пропускной способности от количества абонентов на узле NODE-B

ТАБЛИЦА 3. Показатели максимальной (ПСmax) и средней (ПСср) пропускной способности узла RNC

Количество абонентов	uplink		downlink	
	ПСmax, бит/с	ПСср, бит/с	ПСmax, бит/с	ПСср, бит/с
1	480	268	460	192
8	520	266	480	225
16	650	235	550	250
24	500	185	440	166
32	440	174	540	275
40	500	157	650	362
48	340	78	420	241
56	200	101	900	335
64	600	162	600	412

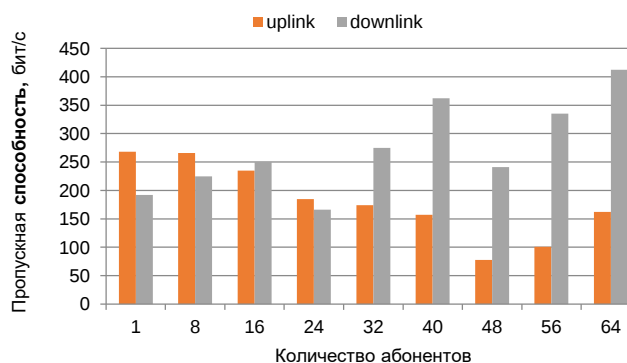


Рис. 3. График зависимости средней пропускной способности от количества абонентов на узле RNC

ТАБЛИЦА 4. Показатели максимальной (ПСmax) и средней (ПСср) пропускной способности узла GGSN

Количество абонентов	uplink		downlink	
	ПСmax, бит/с	ПСср, бит/с	ПСmax, бит/с	ПСср, бит/с
1	360	139	500	257
8	390	142	560	258
16	475	140	650	223
24	320	150	540	234
32	340	178	500	257
40	800	169	550	189
48	180	43	360	180
56	150	47	300	180
64	100	30	500	160

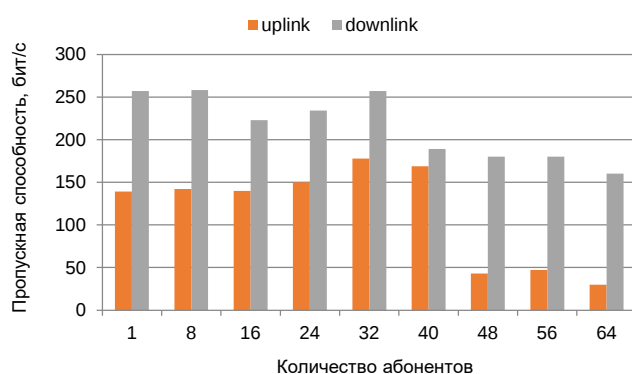


Рис. 4. График зависимости средней пропускной способности от количества абонентов на узле GGSN

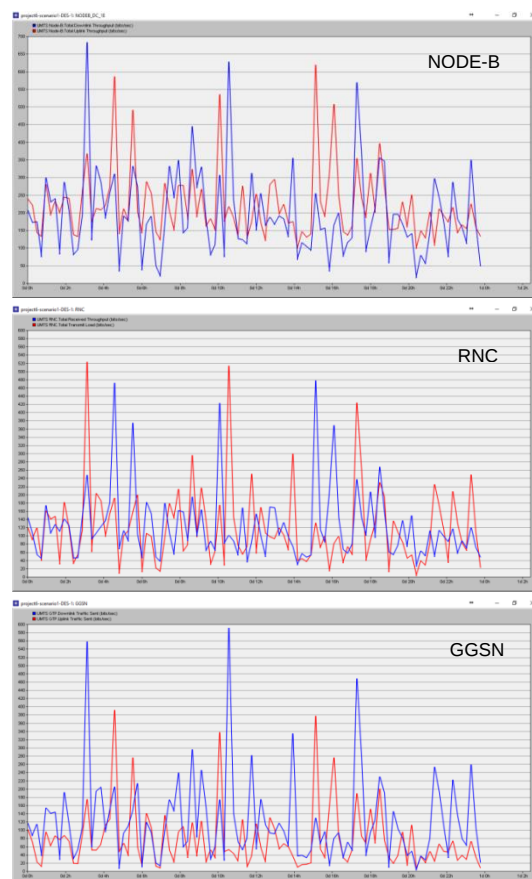
ТАБЛИЦА 5. Коэффициент вариации пропускной способности в узлах NODE-B, RNC и GGSN

Количество абонентов	uplink			downlink		
	NODE-B	RNC	GGSN	NODE-B	RNC	GGSN
1	76	56	112	53	99	67
8	48	68	123	107	80	83
16	48	125	169	111	85	135
24	40	120	96	98	117	121
32	24	108	64	71	68	67
40	29	154	264	71	56	135
48	9	238	225	322	53	113
56	35	69	155	167	119	47
64	13	191	165	198	32	141

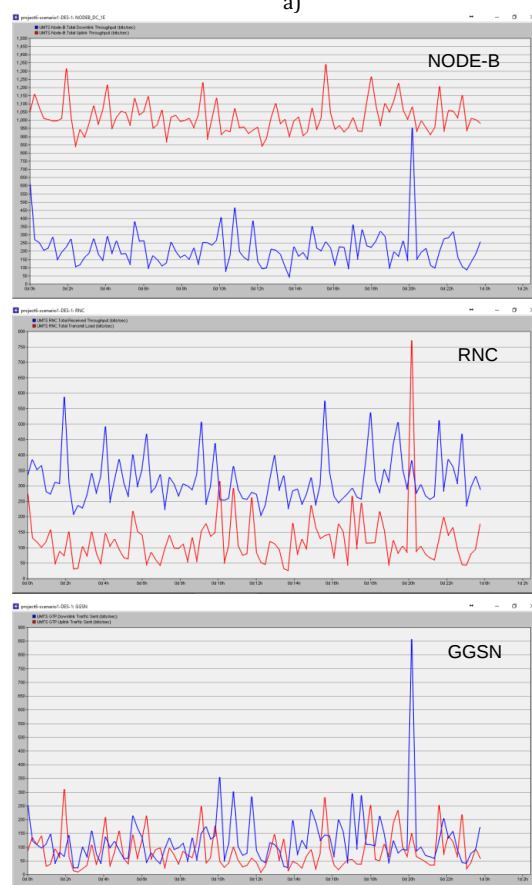
Как видно из проведенного моделирования, при фиксированном наборе услуг, соответствующем предпочтениям пользователей в настоящее время, сеть полностью справляется с обеспечением заданного качества обслуживания. Однако при этом отмечается существенный разброс значений коэффициента вариации, что говорит о неоднородности трафика, имеющего признаки самоподобия.

Второй этап оценки пропускной способности

Было проведено 7 экспериментов, во время которых снимались значения пропускной способности восходящих (uplink) и нисходящих (downlink) линий связи на трех узлах: NODE-B, RNC и GGSN. Эксперименты производились с изменяющимися пакетами услуг (см. таблицу 6) в сети с поддержкой 8 абонентов. Время моделирования 1 сутки.



а)



б)

Рис. 5. Примеры изменения пропускной способности на узлах для а) 8 абонентов; б) 64 абонентов

ТАБЛИЦА 6. Наборы услуг, используемые при проведении моделирования

Номер эксперимента	Набор услуг
1	Voice, Email(Light), Web Browsing(Light), File Transfer(Light)
2	Voice, Email(Light), Web Browsing(Light), File Transfer(Light), Video Conferencing(Light)
3	Voice, Email(Light), Web Browsing(Light), File Transfer(Light), Video Conferencing(Heavy), Video Conferencing(Light)
4	Voice Email(Light), Web Browsing(Heavy), File Transfer(Heavy), Video Conferencing(Heavy), Video Conferencing(Light)
5	Voice, Email(Light), Web Browsing(Heavy), File Transfer(Heavy), Video Conferencing(Heavy)x2
6	Voice, Email(Heavy), Web Browsing(Heavy), Video Conferencing(Heavy)x3
7	Voice, Email(Heavy), Video Conferencing(Heavy)x6

Большой интерес представляют нагрузки, при которых трафик видео составляет более 70 % от общего количества трафика данных, так как согласно прогнозам [5] именно такая структура трафика ожидается в ближайшие 5 лет. Были проведены два эксперимента с аналогичными нагрузками с разными наборами услуг.

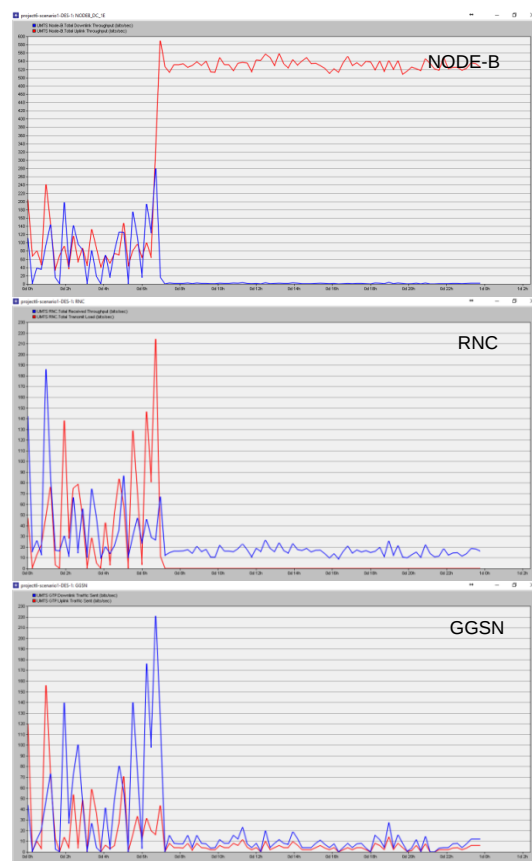
В процессе моделирования выяснилось, что при увеличении нагрузки на сеть за счет трафика видеоконференции и стримминга сеть подвержена отказам. Так, при нагрузке набором услуг № 6, т. е. при увеличении одновременно приложений HTTP и видео, наблюдался отказ в обслуживании трафика в нисходящей линии на узле NODE-B, т. е. отказ произошел на уровне доступа (см. рисунок 6а).

В случае если нагрузка моделировалась набором услуг № 7, т. е. трафик HTTP был уменьшен, но увеличено количество мультимедийного видео-трафика, поддерживающего виртуализацию каналов на верхних уровнях, то отказ произошел на узле GGSN, т. е. на ядре сети (см. рисунок 6б).

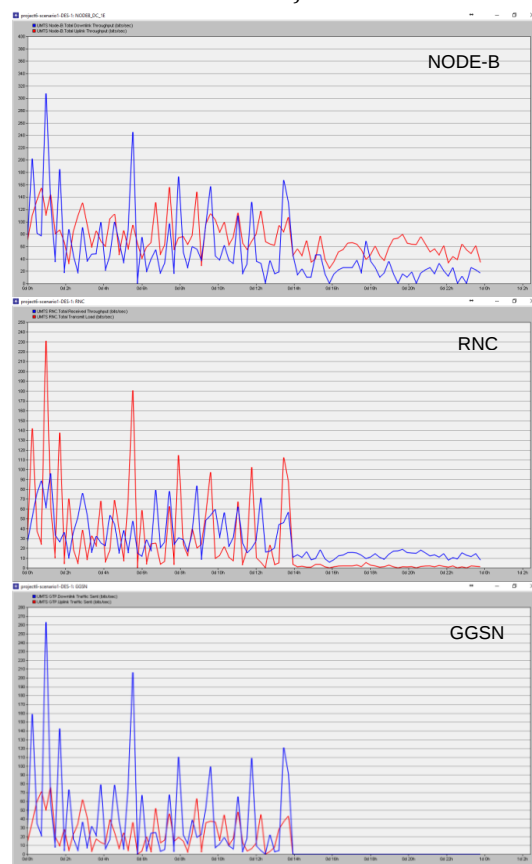
Исследование влияния набора услуг на использование пропускной способности сети UMTS (см. таблицу 7 и рисунки 8–10) показало, что наилучшие пропорции трафика соответствуют набору услуг для эксперимента № 3.

ТАБЛИЦА 7. Коэффициент вариации пропускной способности в узлах NODE-B, RNC и GGSN

Количество абонентов	uplink			downlink		
	NODE-B	RNC	GGSN	NODE-B	RNC	GGSN
1	288	226	123	335	208	198
2	248	135	133	179	180	126
3	327	223	199	346	238	238
4	124	70	52	104	65	81
5	128	86	65	94	64	82
6	Отказ сети					
7	Отказ сети					



а)



б)

Рис. 6. Изменение пропускной способности на узлах для различных наборов услуг (см. таблицу 6): а) номер набора 6; б) номер набора 7

Такой набор услуг соответствует нагрузке около 60 %, при этом трафик передачи данных занимает менее половины от всего пакетного трафика. Остальной трафик представлен как потоковым, в том числе видеоконференцсвязью, так и голосовым. Временные зависимости представлены на рисунке 11. Легко видеть, что трафик данного набора услуг имеет ярко выраженный пачечный характер, обусловленный наличием в агрегированном потоке трафика передачи данных, такого как Email (Light), Web Browsing (Light), File Transfer (Light). Но даже в этом случае средняя пропускная способность сети составляет менее половины от максимально возможной (30–40 %).

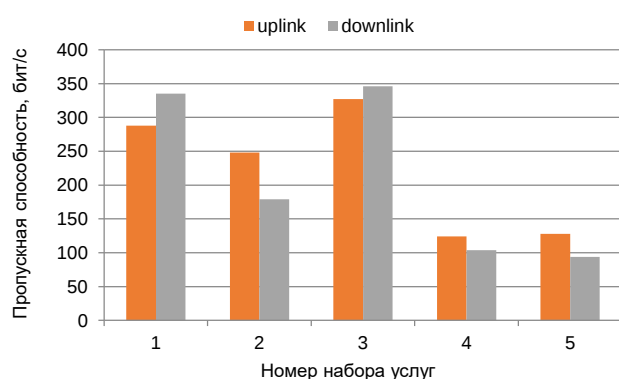


Рис. 8. Изменение средней пропускной способности на узле NODE-B для различных наборов услуг

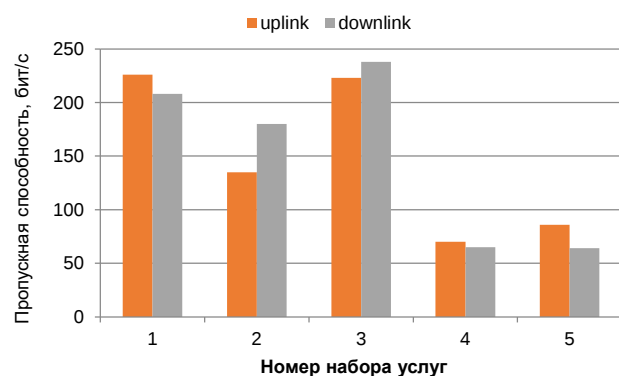


Рис. 9. Изменение средней пропускной способности на узле RNC для различных наборов услуг

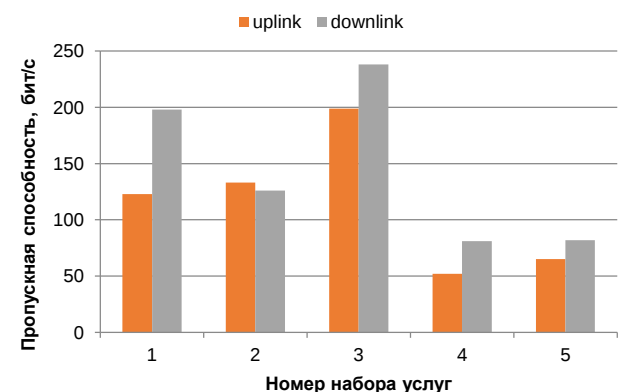


Рис. 10. Изменение средней пропускной способности на узле GGSN для различных наборов услуг

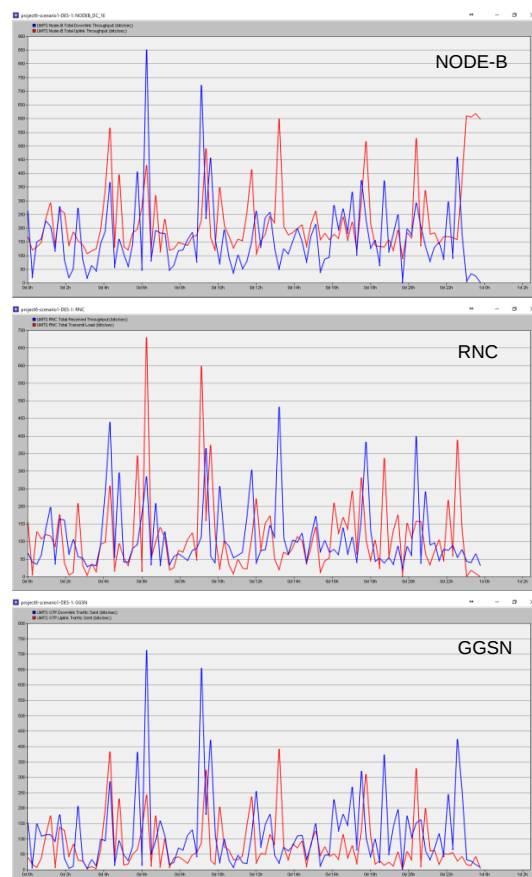


Рис. 11. Изменение пропускной способности на узлах для набора услуг 3 (см. таблицу 6)

Отметим, что в дальнейшем необходимо провести исследование статистических характеристик агрегированного трафика видеослуж, что позволит решить задачу управления трафика более гибко – например, распределять потоки абонентов в сетях UMTS/LTE в зависимости от характеристик самоподобия.

Выводы

Таким образом, можно отметить, что в сетях UMTS наилучшие результаты по использованию пропускной способности связаны с уменьшением доли пакетного трафика передачи данных. При этом трафик потоковых приложений может занимать довольно большую долю – более 50 %. Однако при увеличении доли потокового трафика до 80 % сеть не справляется с нагрузкой. Трафик передачи данных в силу высокой пачечности приводит к отказу на доступе. Увеличение доли потокового трафика приводит к отказу на ядре сети. Наибольший интерес для задач эксплуатации представляет установление пропорции трафика различных типов, позволяющих активно использовать сети UMTS совместно с сетями LTE. Также результаты исследования могут оказать влияние на проекты развития сети с учетом возможности развития LTE и внедрения новых услуг, в том числе генерирующих трафик с высокой пачечностью.

Благодарности

Выражаю благодарность за помощь в отладке модели Худякову Илье Владиславовичу, тестировщику программного обеспечения ООО "АуС Электроникс".

Список используемых источников

1. ICT Facts and Figures. 2016. ITU. URL: <https://www.itu.int/en/Itu-D/statistics/Pages/default.aspx>.
2. Measuring the Information Society Report. 2017. ITU. URL: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/facts/default.aspx>.
3. Бабкин А.С., Пыленок А.М., Рыжков А.Е., Сиверс М.А., Трофимов А.П. Сети стандарта LTE. Развитие технологий радиодоступа. СПб.: СПбГУТ, 2015. 254 с.
4. Metzger F. et al. TCP Video Streaming and Mobile Networks: Not a Love Story, but Better with Context // Computer Networks. 2016. Vol. 109. PP. 246–256.
5. Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update. 2016–2021. White Paper. URL: <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html>.
6. Ryu M., Kim Y., Park H. Systematic QoS Class Mapping Framework over Multiple Heterogeneous Networks // International Conference on Next Generation Wired / Wireless Networking. Springer, 2008. PP. 212–221.
7. Chen Y. et al. Understanding the Complexity of 3G UMTS Network Performance // IFIP Networking Conference. IEEE. 2013. PP. 1–9.

* * *

THE UMTS LOAD CHARACTERISTICS STUDY

O. Simonina¹

¹The Bonch-Bruевич State University of Telecommunications,
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

Article info

Article in Russian

For citation: Simonina O. The UMTS Load Characteristics Study // Proceedings of Telecommunication Universities. 2017. Vol. 3. Iss. 3. PP. 93–99.

Abstract: *The article is devoted to network traffic multimedia service UMTS. The study was conducted using simulation modeling. It is shown that it is critical to increase the share of video traffic over 70%. In the case of simultaneous transmission of streaming traffic and data traffic failure occurs on the access level. With the increase in the share multimedia traffic (voice and stream) a failure occurs on the core network. This study is of interest for the operation of UMTS networks and planning network development.*

Keywords: UMTS, bandwidth, multimedia services mobile network.