



DOI: <https://doi.org/10.15688/NBIT.jvolsu.2021.1.2>

УДК 621.395

ББК 32.884.161

ВЛИЯНИЕ КЛИЕНТСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ НА ПЕРЕДАЧУ МОБИЛЬНОГО ТРАФИКА В СЕТЯХ СВЯЗИ

Надежда Николаевна Ермакова

Ассистент кафедры телекоммуникационных систем,
Волгоградский государственный университет
ermakova.nadezhda@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Маргарита Сергеевна Водолазкина

Ведущий инженер кафедры электроснабжения промышленных предприятий,
Камышинский технологический институт – филиал
Волгоградского государственного технического университета
erp@kti.ru
ул. Ленина, 6а, 403874 г. Камышин, Российская Федерация

Людмила Константиновна Гомазкова

Ассистент кафедры телекоммуникационных систем,
Волгоградский государственный университет
gomazkova.lk@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Алексей Олегович Пасюк

Старший преподаватель кафедры телекоммуникационных систем,
Волгоградский государственный университет
rasyuk.aleksey@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Елена Евгеньевна Арепьева

Кандидат экономических наук, доцент кафедры телекоммуникационных систем,
Волгоградский государственный университет
agereva.elena@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Вопрос эффективности передачи трафика через беспроводные сети связи в настоящее время вызывает немалый интерес с исследовательской точки зрения. Связано это с быстрым ростом ресурсов сети интернет, конвергенцией технологий передачи разнородного трафика, повышением мобильности абонентов сетей связи,

а также ростом числа различных клиентских приложений, использующих мобильную передачу данных. В данной работе исследовалось влияние роста клиентских приложений на передачу мобильного трафика.

Ключевые слова: мобильный трафик, клиентские приложения, сети связи, беспроводные сети, конфигурация сетей.

На сегодняшний день наблюдается бурное развитие сервисных услуг в сотовых сетях связи. Одним из наиболее развивающихся рынков в России является рынок мобильных приложений. Каждый день миллионы людей устанавливают (пользуются) на своих смартфонах мобильные приложения – это целая культура, развивающаяся в очень быстром темпе. По мнению компании J'son&Partners Consulting рынок приложений увеличится в течение четырех ближайших лет в восемь раз [1].

Исследование влияния роста клиентских приложений на передачу мобильного трафика является актуальной задачей. Понимание структуры трафика поможет разработчикам при проектировании сетевых технологий будущего, настройки параметров и выбора оптимальной конфигурации сетей [2–4].

В данной работе рассмотрены главные особенности передачи трафика в сетях подвижной связи для канального и транспортного уровня эталонной модели взаимодействия открытых систем (модель OSI), учитывая специфические особенности стека TCP/IP.

Канальные ошибки и задержка существенным образом действуют на параметры передачи данных в системах подвижной связи. Задержка при доставке кадра канального уровня может быть разделена на такие составляющие как:

1. Время, за которое кадр находится в очереди передающего буфера перед тем, как он будет передан.

2. Время, в течение которого кадр находится в ожидании момента первоначального доступа к каналу с множественным доступом. Некоторую задержку перед передачей первого или очередного кадра в данном случае вносят ряд протоколов (например, механизм RTS/CTS в беспроводных ЛВС стандарта IEEE 802.11).

3. Задержки повторной передачи в системах со случайным множественным доступом происходит в беспроводных ЛВС за счет ме-

ханизмов MAC-уровня, которые могут значительно увеличивать задержку повторной передачи кадров, чтобы стабилизировать работу сети. Многие MAC-протоколы увеличивают задержку при росте числа неудачных передач.

4. Задержка передачи кадра, которая равна частному от деления размера кадра на скорость передачи.

5. Задержка распространения сигнала в физическом канале. Значение данного вида задержки сетей подвижной связи не отличается от такой же задержки для проводных каналов связи.

6. Время, за которое обрабатывается отдельный кадр, то есть производится помехоустойчивое кодирование, перемежение, диспетчеризация потоков с разным качеством обслуживания (Quality of Service – QoS), шифрование и другое.

7. Задержка, которая обусловлена процессом сборки пакета на приемной стороне.

Для систем подвижной связи характерно замирание сигнала, за счет его многолучевого распространения. Данный недостаток сетей сотовой связи является причиной возникновения высокого уровня канальных ошибок.

Такие атмосферные явления как гроза, дождь, и др. также вызывают ошибки при передаче сигнала в мобильных сетях связи. Прогнозирование параметров потока ошибок в связи с постоянным их изменением и перемещением абонентов становится мало выполнимым.

Канальный уровень, для того чтобы передать TCP-трафик, инкапсулирует свои кадры в IP-дейтаграммы, тем самым пытаясь исключить влияние нижних уровней (канального и физического) на более высокие уровни. К сожалению, возможностей канального уровня не всегда достаточно для эффективной передачи трафика, поэтому приходится использовать дополнительную защиту от ошибок, так как большинство пользовательских приложений чувствительно к данному виду ошибок.

При построении стека протоколов TCP/IP было предусмотрено осуществление управления потоком данных и исправление ошибок высокоуровневым транспортным протоколом. Данные меры сильно ухудшают параметры передачи пользовательского трафика при большом количестве канальных ошибок. У беспроводных сетей есть более эффективные функции борьбы с канальными ошибками. В сетях подвижной связи используется непрозрачный (nontransparent) режим передачи, предусматривающий специальные процедуры борьбы с канальными ошибками. Хотя данный режим – не единственный эффективный способ борьбы с канальными ошибками и потерями кадров, поскольку для разных приложений требуется разная степень безошибочности передачи данных. Помимо всего вышесказанного, транспортный протокол, благодаря своим методам защиты от ошибок, может производить повторную передачу задержанных или утерянных пакетов вместе с передачей этих пакетов канальным уровнем. Такая ситуация приводит к уменьшению пропускной способности за счет ее нерационального использования.

К основным случаям и причинам потери кадров канального уровня в процессе их передачи по радиолиниям относятся:

– появление канальных ошибок. Они могут возникать из-за того, что некоторые сис-

темных параметров мобильной связи ухудшаются, к примеру энергетика радиолинии;

– действия случайных, структурированных и периодических помех;

– случаи разрыва физической линии связи. Такой случай характерен для систем сотовой подвижной сетей в момент, когда мобильный терминал переходит из одной соты в другую.

В работе для анализа полученных данных использовалось программное средство Wireshark. Для исследования влияния роста клиентских приложений на передачу трафика мобильной сети на телефоне было установлено несколько клиентских приложений, активно использующих мобильную передачу данных. Trace-файлы записывались в анализаторе Shark, установленном на мобильном терминале.

С помощью сетевого анализатора Wireshark производился анализ полученных в trace-файле пакетов по протоколам TCP и UDP – количество и длина пакетов, интенсивность их поступления, задержка, а также джиттер задержки пакетов. Помимо статистических характеристик для полученных данных рассчитывался показатель Херста для определения степени самоподобия исследуемого трафика.

Практически все захваченные пакеты являются пакетами протокола TCP (99,99 %). Это не удивительно, так как протокол TCP гаранти-

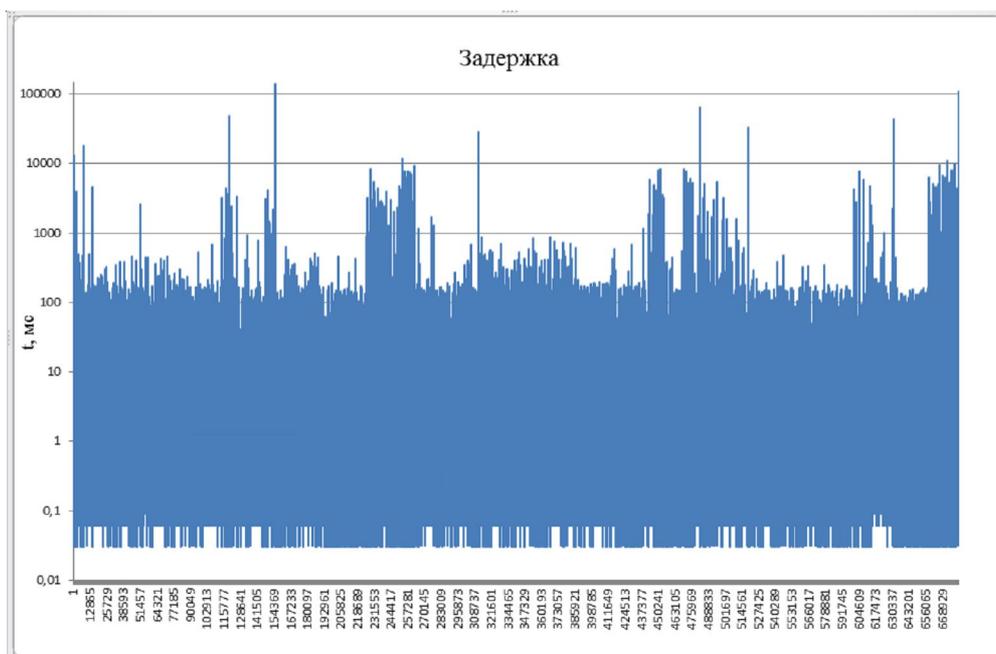


Рис. 1. Задержка пакетов одного trace-файла

рует целостность передаваемых данных и подтверждение отправителя о результатах передачи, в отличие от протокола UDP. Поэтому в работе рассматривались только пакеты TCP.

Для одного trace-файла рассчитаны задержка и джиттер. На рисунке 1 изображен график изменения задержки пакетов одной трассировки.

Среднее значение задержки составляет 11 мс, а максимальное значение задержки равно 138,8 с.

На рисунке 2 изображен график изменения джиттера задержки.

Среднее значение джиттера составляет 12 мс, а максимальное значение – 138,8 с.

Для определения значения показателя Херста в работе использовался алгоритм

R/S-анализа временных рядов. Исследуемый временной ряд получен с помощью программы Wireshark. Среднее значение составило 11 мс.

Определим величину Δ_k отклонения от среднего значения. Результаты полученных расчетов представлены на рисунке 3 в столбце E1:E10.

Вычислили величину R – максимальный размах исследуемого ряда, которое составило 138,8 с. и определили среднеквадратичное отклонение, которое составило 0,28.

Результатом расчетов значение Херста $H = 0,46$.

Для полученного в результате исследования временного ряда построили гистограмму относительных частот и аппроксимируем ее теоретическим распределением.

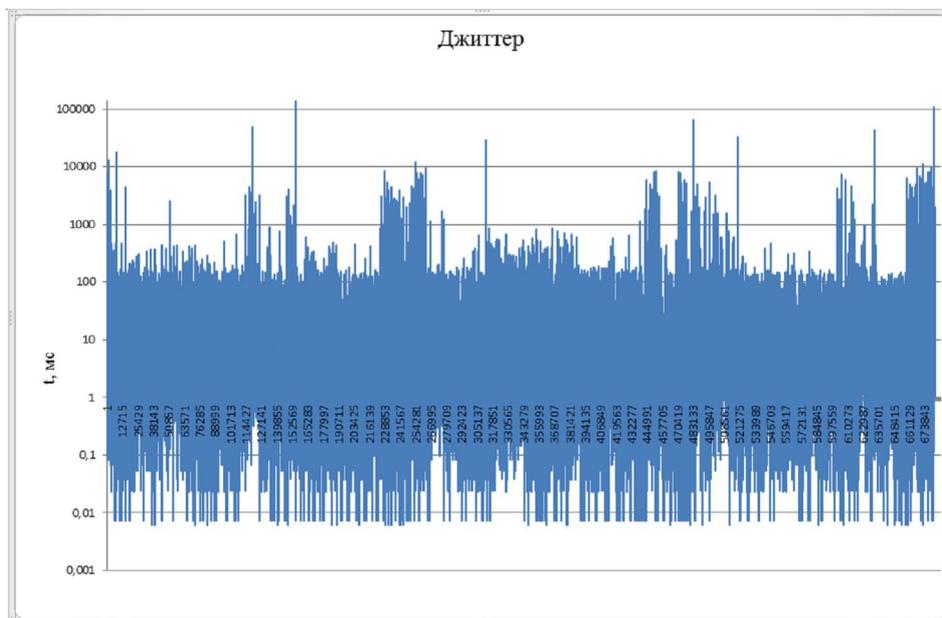


Рис. 2. Джиттер задержки пакетов одного trace-файла

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид										
H79 fx										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Zi	Zcp.	Zmax	Zmin	Δ_k					
2	0	0,011071	2,842529	0	0,000123					
3	0,00058				0,00011					
4	0,17694				0,027513					
5	0,000306				0,000116					
6	0,000091				0,000121					
7	0,0094				2,79E-06					
8	2,842529				8,017154					
9	1,98468				3,895132					
10	0,000153				0,000119					

Рис. 3. Отклонение от среднего значения (экранная копия)

Гистограмма распределения (красные линии) представлена на рисунке 4. График теоретического распределения изображен синей линией.

График эмпирической функции распределения представлен на рисунке 5.

Как видно из графиков, полученное в результате исследования распределение отно-

сится к показательному (экспоненциальному) распределению.

Сравнивая полученные результаты с предыдущими исследованиями, можно увидеть, что показатель Херста и в первом и во втором случаях находился в пределах от 0 до 0,5. При $0 < H < 0,5$ временной ряд является устойчивым. Он более изменчив,

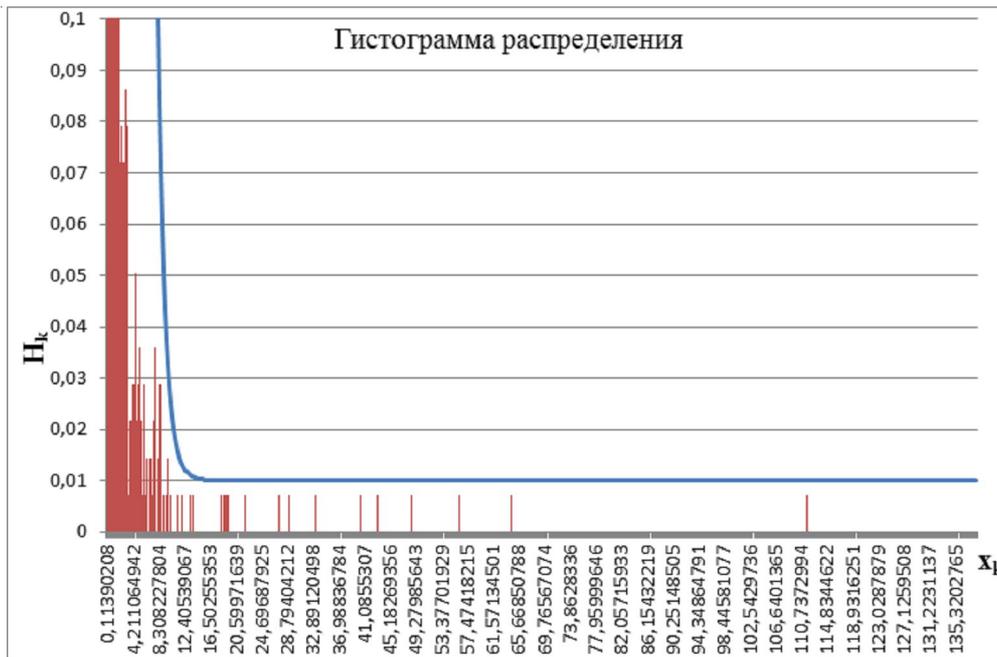


Рис. 4. Гистограмма относительных частот

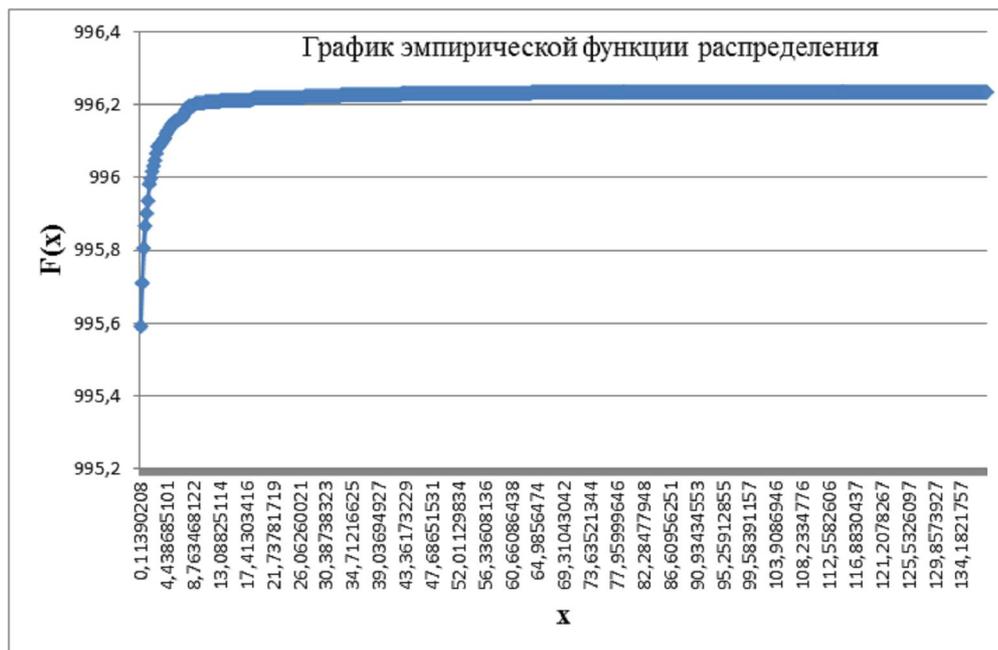


Рис. 5. График эмпирической функции распределения

чем случайный ряд, поскольку состоит из частых реверсов.

Задержка и джиттер в данном исследовании стали меньше, что составило 11 мс. Это говорит о том, что пакеты стали приходить чаще, так как из-за увеличения числа приложений активность пользователя мобильной сетью возросла.

Причины схожести полученных результатов исследования могут быть следующими:

1) программное обеспечение мобильного терминала работает таким образом, что при открытии нескольких приложений, те приложения, которые не используются в данный момент, перестают потреблять мобильный трафик;

2) увеличение количества клиентских приложений не влияет на передачу мобильного трафика.

Для того чтобы проверить первое утверждение использовали мобильный телефон в качестве модема, а открывали приложения и снимали трассировку – на компьютере, тем самым исключили влияние ПО мобильного терминала на работу клиентских приложений.

Задержка в данном случае будет выглядеть, как представлено на рисунке 6.

Среднее значение задержки составляет 7 мс, а максимальное значение задержки равно 4 с. Значение показателя Н равно 0,37.

Полученные результаты говорят о том, что статистические характеристики трафика с увеличением клиентских приложений не изменяются.

Благодаря анализу мобильного трафика, учету самоподобных (фрактальных) свойств возможно воспроизвести трафик приложений с реально наблюдаемыми показателями QoS, что позволит оптимизировать входные параметры с целью обеспечения заданного QoS. В связи с этим исследования фрактальных свойств мобильного трафика являются актуальными.

Исследование показало, что трафик мобильного терминала является устойчивым. Он более изменчив, чем случайный ряд, поскольку состоит из частых реверсов, но не обладает долговременной памятью, так как показатель Херста колеблется в диапазоне от 0,3 до 0,5.

Распределение интервалов между поступлением TCP пакетов описывается экспонентой. А также распределение длин пакетов для TCP трафика показывает, что основная доля трафика переносится длинными пакетами (1300–2500 байт).

Неизменность статистических характеристик трафика при установлении нескольких клиентских приложений в сравнении с характеристиками, полученными в предыдущих

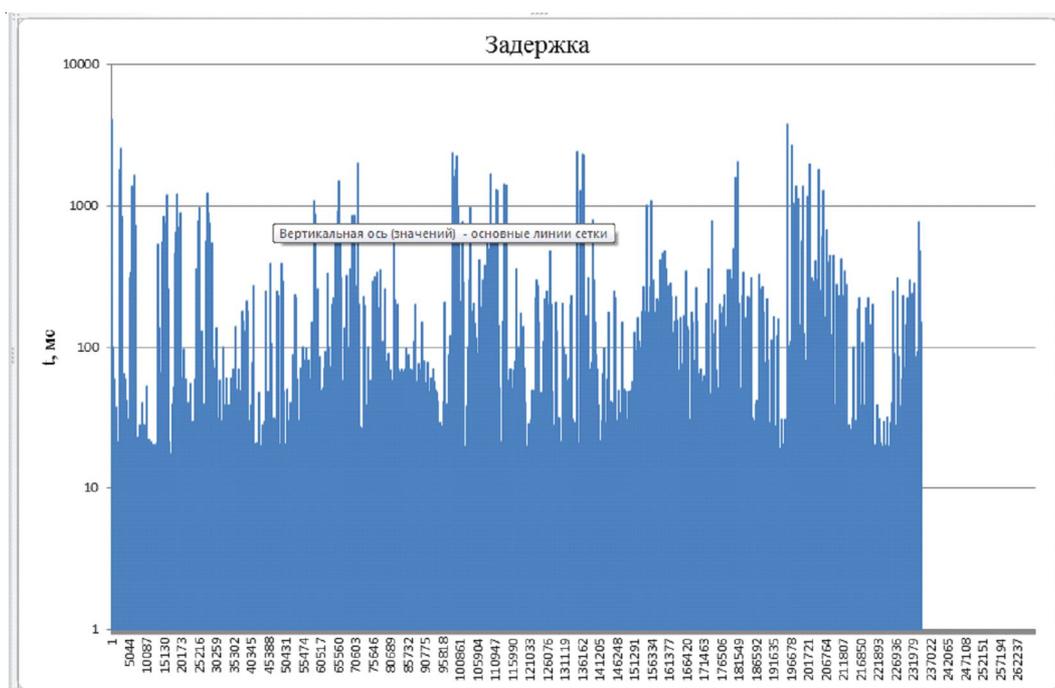


Рис. 6. Задержка пакетов

исследованиях (при небольшом количестве клиентских приложений), показывает на неизменность качества обслуживания. Следовательно, рост клиентских приложений не влияет на передачу мобильного трафика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азаров, И. В. Анализ рынка мобильных приложений в России / И. В. Азаров, А. А. Струнина // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6.
2. Диязитдинов, Р. Р. Системы связи с подвижными объектами : конспект лекций / Р. Р. Диязитдинов. – Самара : ПГУТИ, 2013. – 204 с.
3. Лагутенко, О. И. Проблемы передачи данных в сетях мобильной связи. Материалы сервера. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: http://www.ccc.ru/magazine/depot/02_05/read.html?0302.htm 7.07.2002г. – Загл. с экрана.
4. Поздняк, И. С. Исследование сетевого трафика на степень самоподобия : метод. указания к

лаборатор. работе / И. С. Поздняк, М. А. Буранова. – Самара : [б. и.], 2013. – 95 с.

REFERENCES

1. Azarov I.V., Strunina A.A. Analiz rynka mobil'nyh prilozhenij v Rossii [Analysis of the Mobile App Market in Russia]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2014, no. 6.
2. Diyazitdinov R.R. *Sistemy svyazi s podvizhnymi ob"ektami. Konspekt lekcij* [Communication Systems with Mobile Objects. Lecture Notes]. Samara, PGUTI, 2013. 204 p.
3. Lagutenko O.I. *Problemy peredachi dannyh v setyah mobil'noj svyazi. Materialy servera* [Problems of Data Transmission in Mobile Communication Networks]. URL: http://www.ccc.ru/magazine/depot/02_05/read.html?0302.htm 7.07.2002g.
4. Pozdnyak I.S., Buranova M.A. *Issledovanie setevogo trafika na stepen' samopodobiya. Metodicheskie ukazaniya k laboratornoj rabote* [Study of Network Traffic on the Degree of Self-Similarity. Guidelines for Laboratory Work]. Samara, 2013. 95 p.

IMPACT OF CLIENT APPLICATIONS ON THE TRANSMISSION OF MOBILE TRAFFIC IN COMMUNICATION NETWORKS

Nadezhda N. Ermakova

Assistant Lecturer, Department of Telecommunications Systems,
Volgograd State University
ermakova.nadezhda@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Margarita S. Vodolazkina

Leading Engineer, Department of Power Supply of Industrial Enterprises,
Kamyshinsky Technological Institute, Branch of Volgograd State Technical University
epp@kti.ru
Lenina St, 6A, 403874 Kamyshin, Russian Federation

Lyudmila K. Gomazkova

Assistant Lecturer, Department of Telecommunications Systems,
Volgograd State University
gomazkova.lk@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Alexey O. Pasyuk

Senior Lecturer, Department of Telecommunications Systems,
Volgograd State University
pasyuk.aleksey@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Elena E. Arepyeva

Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Department of Telecommunications Systems,
Volgograd State University
arepeva.elena@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Abstract. The efficiency of traffic transmission through wireless communication networks is currently of considerable interest from a research point of view. This is due to the rapid growth of Internet resources, the convergence of technologies for transmitting heterogeneous traffic, the increased mobility of subscribers of communication networks, as well as the growth in the number of different client applications using mobile data transmission. In this paper, we investigate the impact of the growth of client applications on the transmission of mobile traffic. The study shows that the mobile terminal traffic is stable. It is more variable than a random series, because it consists of frequent reversals, but does not have long-term memory, since the Hurst index ranges from 0.3 to 0.5. The distribution of intervals between the arrival of TCP packets is described by the exponent. The distribution of packet lengths for TCP traffic shows that the bulk of the traffic is carried in long packets (1300–2500 bytes). The immutability of the statistical characteristics of traffic when installing several client applications in comparison with the characteristics obtained in previous studies (with a small number of client applications) indicates the immutability of the quality of service. Therefore, the growth of client applications does not affect the transmission of mobile traffic.

Key words: mobile traffic, client applications, communication networks, wireless networks, network configuration.