УДК 004.716.17

***А. И. Яковлев***– студент кафедры безопасности информационных систем

***А. В. Сергеев*** (начальник отдела ИИТО ГУАП) – научный руководитель

**ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СЕТЯХ LTE И HSPA**

В настоящее время повсеместно наблюдается переход мобильных сетей с технологий третьего поколения (WCDMA, HSPA) на технологии четвертого, в первую очередь, – LTE. В теории, это означает значительное увеличение пропускной способности мобильных каналов связи. Например, скорость передачи данных в сетях LTE в настоящий момент составляет 80 мбит/с на сектор базовой станции. Это в пять раз больше, чем в мобильных сетях 3G UMTS/HSPA (14.4 мбит/с) и в два раза больше, чем в сетях UMTS/HSPA+ (42.2 мбит/с). Кроме того, в сетях LTE значительно уменьшена средняя задержка при передаче данных. Это крайне важный параметр для мультимедийных данных, таких как видео, IP-телефония, музыка и т.п. Все это открывает новые возможности по использованию сетей LTE, с точки зрения запуска новых сервисов и услуг.

Тем не менее, на практике параметры связи могут сильно отличаться от теоретических и заявляемых сотовым оператором. Они зависят от множества факторов: доступной полосы частот, плотности расположения базовых станций, параметров установленного оборудования, количества абонентов, погодных условий, рельефа местности и т.д. При этом для запуска любого сервиса на базе мобильной сети передачи данных необходимо с высокой степенью достоверности знать о соответствии параметров связи и передаваемого контента.

Например, для онлайн-видео разрешением 720p необходима средняя доступная пропускная способность не менее 4 Мбит/с при средней задержке не более 200 мс. В противном случае данные будут запаздывать и к моменту показа очередного кадра он может отсутствовать на декодере, что приведет к остановке просмотра и ожиданию необходимых данных для продолжения воспроизведения (т.н. rebuffering или ребуферизация). А в некоторых ситуациях трансляция вовсе может прерваться. Чтобы не допустить такой ситуации, необходимо заранее выяснить соответствие реальных параметров мобильного канала требованиям мобильных сервисов.

Поэтому задача оценки реальных параметров канала связи, в частности LTE, никогда не потеряет своей актуальности. Практическому решению этой задачи и посвящена данная работа.

В работе проводится оценка реальных параметров связи в терминах средней пропускной способности и задержки. Основная цель работы – проверить возможность передачи такого сложного типа контента как видео-данные в мобильной сети LTE.

Для оценки была выбрана LTE-сеть оператора Yota (ЗАО «Скартел») в Санкт-Петербурге, как наиболее масштабная и развитая на момент проведения исследования (лето 2013 г.). Был определен набор сценариев тестирования сети, которые соотносятся с различными типовыми вариантами использования. Также были выбраны критерии оценки, важные для большинства мобильных сервисов: средняя задержка при передаче данных, средняя пропускная способность, скорость передачи файлов по протоколу ftp, скорость передачи данных по протоколу HTTP, средняя начальная задержка при просмотре видео, среднее время ребуферизации при просмотре видео.

HSPA (англ. High-Speed Packet Access) – протокол передачи данных мобильной связи 3G. Позволяет сетям, основанным на UMTS, передавать данные на достаточно высоких скоростях – практически реализованы скорости до 42 Мбит/с. Назначение HSPA – обеспечить эффективное использование радиочастотного спектра при предоставлении услуг, требующих высокой скорости передачи пакетных данных по нисходящим каналам, таких как доступ в Интернет и загрузка файлов. Данная технология хорошо адаптирована к условиям города и закрытых помещений. HSPA был впервые представлен в 7 релизе 3GPP и расширен в более поздних релизах.

Long Term Evolution (LTE) – проект разработки консорциумом 3GPP стандарта усовершенствования технологий мобильной передачи данных CDMA, UMTS. Скорость передачи данных по стандарту 3GPP 8 релиза LTE в теории достигает 80 Мбит/с на прием (download) и 20 Мбит/с на отдачу (upload). На сегодня LTE является самой совершенной технологией передачи данных в сотовых сетях. По оценкам Cisco доля LTE-сетей (в сравнении с HSPA, GSM/GPRS, CDMA и т.п.) будет интенсивно расти в течение, как минимум, 10 лет, а к 2017 г. большая часть данных в мобильных сетях будет передана с помощью LTE.

Сценарии тестирования сети и критерии оценки

Для решения поставленной задачи были протестированы два интернет-модема с тремя тарифными планами: модем HSPA (оператор Мегафон), модем LTE (оператор Yota) в бесплатном режиме, модем LTE в режиме максимальной скорости. Перед проведением тестов с загрузкой, скачиванием файлов на FTP было сделано тестирование с помощью утилиты tracert. Тем самым мы убедились, что в канале отсутствуют узкие места, мешающие проведению теста. Длина видео для тестирования 24 секунды (табл. 1). Показания yota модема были следующими: Signal Level(RSSI):-74 dBm, Signal Quality(SINR):4 dB, Transmit Power(TX Power):16.0 dBm, Ref Signal Level (RSRP):-103 dBm, Ref Signal Quality (RSRQ):-10.

Таблица 1

*Сценарии тестирования*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Сценарий | Параметры | Вариант использования (Use Case) |
| Ping пакетами разного размера | Длина пакета 100, 1000, 1472 байт. Количество пакетов на эксперимент: 10000 шт. | Оценка пропускной способности канала и минимально возможной задержки |
| Загрузка/ Выгрузка файлов на публичный ftp | Размер файла 99 Мб. Адрес тестового FTP сервера в сети интернет ftp://ftp.gdc.ru | Загрузка больших текстовых, видео файлов на публичные сайты и FTP сервера |
| Скорость соединения с помощью сайта speedtest.net | Позволяет оценить скорость загрузки и скорость закачки. Испытания проводятся полностью в веб-браузере пользователя по протоколу HTTP. | Скорость подключения при web серфинге в сети интернет |
| Ожидание загрузки видео | Ожидание загрузки с портала youtube.com и rutube.ru.  Длина видео 24 секунды. | Просмотр онлайн-видео в Интернет в высоком качестве |
| Время ребуферизации видео | Время ребуферизации видео на порталах youtube.com и rutube.ru  Длина видео 24 секунды. | Просмотр онлайн-видео в Интернет в высоком качестве |

Оценка средней пропускной способности была проведена при помощи преобразования Литтла согласно работе [1]. Суть методики сводится к следующему. Если провести тестирование сети пакетами разных размеров и , будет получено два разных значения времени задержки ( и ). Тогда для оценки доступной полосы пропускания (пропускной способности) может быть использована следующая формула:



,

,

где  – это оценка пропускной способности канала;  – минимально возможная задержка,  – размер пакетов, и – задержка для пакетов длины и соответственно.



Результаты оценки по данной методике приведены в табл. 2. Стоит отметить, что похожий результат был получен в классической работе Якобсона [3] «Предотвращение перегрузки и специализированный контроль».

Таблица 2

*Результаты теоретических расчетов*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Оценочная пропускная способность канала между двумя точками , Мбит/c | Минимально возможная задержка *a*, мс |
| Yota на минимальной скорости | 31.219 | 134.199 |
| Yota на максимальной скорости | 36.578 | 52.33 |
| Megafon | 5.7 | 83.460 |

Для оценки задержки на сетевом уровне была использована типовая утилита ping, измеряющая время прохождения ICMP пакетов разной длины по маршруту клиент-сервер-клиент. Использовались пакеты разной длинны: 100 байт (подходит для оценки задержки служебных и специализированных протоколов, близко к минимально возможному значению MTU для сетей IP4), 1000 байт и 1472 байт (типовой размер пакета для большинства протоколов, близкий к MTU различных систем).

Так как протокол ICMP находится на сетевом уровне модели OSI, важно также проследить задержку и при работе с протоколами более высокого прикладного уровня, такими как FTP и HTTP, что и было сделано.

В качестве критериев оценки возможности передачи видео через мобильные сети были выбраны: время ожидания начала воспроизведения видео, время ребуферизации в секундах, отношение времени реального воспроизведения к исходной длительности видео. Сервера, задействованные в эксперименте, – наиболее популярные источники видео-контента в рунете, rutube.ru и youtube.com

Практические результаты

Таблица 3

*Результаты экспериментов по измерению скорости соединения*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Модем | Yota в бесплатном режиме | Yota на максимальной скорости | Мегафон |
| Ping packet length 100 мс (youtube. com) | 130.996 | 55.068 | 101 |
| Ping packet length 1000 мс (youtube. com) | 130.996 | 55.068 | 101 |
| Ping packet length 1472 мс (youtube. com) | 87.049 | 92.574 | 341.642 |
| Ping packet length 100 мс (rutube. ru) | - | 39.667 | 121.33 |
| Ping packet length 1000 мс (rutube. ru) | - | 52.67 | 231.212 |
| Ping packet length 1472 мс (rutube. ru) | - | 61.562 | 291.934 |
| ftp  upload, кб/с | 5.4 | 56 | 48 |
| ftp  download, кб/с | 41.5 | 1134 | 160 |
| speedtest.net  upload, Мбит/c | 0.02 | 0.40 | 0.17 |
| speedtest.net  download, Мбит/c | 0.06 | 4.74 | 0.72 |

Прочерк «-» вместо значения задержки ping до сервера rutube.ru для модема Yota в бесплатном режиме (на минимальной скорости) означает, что сервер rutube.ru в данном режиме не отвечал на входящие ICMP-пакеты. Также необходимо добавить, что задержка при старте видео с rutube.ru для модема Yota составляет больше, чем 30 секунд. Это значительно больше, чем время ожидания среднего абонента, поэтому мы убрали rutube.ru из итоговых результатов в табл. 3 и 4.

В результате расчета оценочной пропускной способности канала получилось, что разница между yota на минимальной скорости и yota на максимальной скорости незначительна (около 20%). Причины такой ситуации будут разбираться в следующей работе.

В табл. 4 приведены результаты для входящего и исходящего канала. Так как мы не знаем реального соотношения пропускной способности входящего и исходящего канала, мы разделим результаты из таблицы пополам. Таким образом, мы получим сильно увеличенное значение пропускной способности исходящего канала и заниженное (нижняя граница оценки) для значения пропускной способности входящего канала. Интерес представляет именно вторая величина, т.к. большая часть трафика данных идет на устройство пользователя, а не с него.

Таблица 4

Результаты экспериментов по измерению параметров воспроизведения видео

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Yota на максимальной скорости | Мегафон | | Yota на максимальной скорости | Мегафон | Yota на максимальной скорости | Мегафон |
|  | Задержка при старте видео Youtube, с | | | Общая длительность ребуферизации, Youtube, с | | Отношение длительности фильма к заявленной. | |
| 240р | 0.05 | | 4.9 | 0 | 0 | 1 | 1.329 |
| 360p | 0.07 | | 7.1 | 7.9 | 1.926 |
| 480p | 0.29 | | 12 | 22 | 2.342 |
| 720p | 0.93 | | 19 | 31 | 4.13 |

Выводы

Модем LTE от Yota выглядит явным лидером в сравнении с Megafon 3G. Эксперименты показали, что задержка на сетевом уровне для LTE от Yota в среднем в два раза меньше, чем HSPA у Megafon. Для больших размеров пакетов LTE передает данных до пять раз быстрее, чем HSPA. Скорость загрузки файлов на FTP-сервер (по восходящему каналу) примерно одинакова, но при этом скорость скачивания (по нисходящему каналу) для LTE почти в семь раз больше.

По результатам оценки с использованием уравнений Литтла пропускная способность канала в среднем LTE в шесть раз выше, чем для HSPA.

Отдельно необходимо отметить, что LTE отлично подходит для просмотра потокового видео контента. Задержка при старте видео практически для любого качества видео (240p,360p,480p,720p) значительно меньше одной секунды. Для видео высокого качества (720p) LTE-модем начинает проигрывание роликов с youtube.com в 20 раз быстрее, чем модем 3G/HSPA. Видео любого качества проигрывается через каналы LTE без задержек и остановок (время ребуферизации равно 0). Этого, к сожалению, нельзя сказать про модем 3G: задержки при воспроизведении видео даже в минимальном разрешении 240р составили 30% от длительности ролика. Технологии третьего поколения категорически не подходят для просмотра видео в высоком качестве.

**Библиографический список**

1. Платонов А. П., Сидельников Д. И., Стрижов М. В., Сухов А. М. Измерительная инфраструктура для изучения качества соединений в российском сегменте Интернет, Телекоммуникации, №1, 2009, С. 11-16.
2. Султанов Т. Г. Экспериментальная проверка аналитической модели, описывающей доступную полосу канала в сетях TCP/IP
3. Jacobson V. Congestion avoidance and control. In Proceedings of SIGCOMM 88 (Stanford, CA, Aug. 1988), ACM.