

УДК 693.548

ФРАКТАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА GPRS ТРАФИКА НА ПРОТОКОЛАХ СЕТЕВЫХ УРОВНЕЙ

Шелухин О.И.,

*заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор,
ФГОУВПО «Российский государственный университет туризма и сервиса», г. Москва,
Матвеев С.Б.,*

*ассистент кафедры «Радиотехника» Чувашского государственного университета,
ФГОУВПО «Российский государственный университет туризма и сервиса», г. Москва*

The authors examine the network protocols and the fractal parameters of live GPRS-traffic in the network of Shupashkar GSM Company in Cheboksary.

Исследованы фрактальные свойства реального GPRS-трафика в сети ЗАО «Шупашкар GSM», г. Чебоксары. Рассмотрены протоколы сетевых уровней.

Ключевые слова: трафик, фракталы, протоколы, сеть.

На рынке телекоммуникационных услуг сервисы реального времени образуют сетевой трафик, который занимает одно из лидирующих мест, причем с каждым годом количество пользователей подобными услугами возрастает. Одним из направлений развития сервисов реального времени является внедрение услуги пакетной передачи данных GPRS (General packet radio service) в сотовых сетях связи. Доступ к Интернету осуществляется на основе услуги GPRS при помощи мобильного телефона. Информация, передаваемая по каналу, называется GPRS трафиком.

Целью данной работы является исследование фрактальных (самоподобных) свойств реального GPRS трафика, в сети ЗАО «Шупашкар GSM» г. Чебоксары. Основную часть GPRS трафика составляют IP, TCP и UDP трафики, исследования этих компонентов были проведены в [1]. Сейчас мы рассмотрим протоколы сетевых уровней.

ОПИСАНИЕ ИССЛЕДУЕМОЙ СЕТЕВОЙ КОНФИГУРАЦИИ

Существующая сеть GSM не имеет достаточного набора функциональных возможностей, чтобы реализовать услуги на основе пакетной передачи данных. Внедрение GPRS в сеть GSM требует дополнительных компо-

нентов, которые обеспечивают коммутацию пакетов. Архитектура сети GSM состоит из следующих узлов (рис. 1).

1. Входной узел GPRS GGSN (Gateway GPRS Support Node) служит интерфейсом сетей передачи данных общего пользования PDN (Packet Data Network) или других общедоступных сетей подвижной связи PLMN (Public Land Mobile Network). Здесь выполняются функции переключения, оценки адресов протоколов данных пакета PDP (Packet Data Protocol) и последующая маршрутизация абонентам.

2. Опорный узел GPRS является центром коммутации SGSN (Serving GPRS Support Node) и аналогичен передвижному коммутационному центру (MSC). Здесь определяются адреса пакетных данных и передаются в международную сеть IMSI (International Mobile Subscriber Identity). SGSN отвечает за маршрутизацию в сети с пакетной радиосвязью, а также за мобильность и управление ресурсами. Кроме того, SGSN обеспечивает аутентификацию и шифрование данных для абонентов GPRS. Связь между SGSN и GGSN, в пределах одного PLMN, происходит с использованием PLMN IP версии 6 (IPv6) или IP версии 4 (IPv4) по Gn – интерфейсу при помощи протокола каналообразования GTP

(GPRS Tunneling Protocol). По GTP передаются специальные данные, которые используются для управления подвижностью GPRS GMM (GPRS Mobility Management), а также для модификации и удаления каналов. GTP использует пользовательский протокол дейтаграмм UDP для передачи данных в базовой сети. Связь между GGSN и PDN обеспечивает интерфейс Gi, в котором осуществляется обмен по базовым протоколам TCP/IP, X.25 и др. По интерфейсам Gb, BSSGP (протокол подсистемы базовой станции GPRS) производится связь без установления логического соединения между BSS и SGSN. Основная задача протокола — управление потоком данных для передачи на LLC PDUs (Logical Link Control) при передаче «вниз». В случае передачи «вверх» управление потоком не выполняется. SGSN находится в режиме ожидания до тех пор, пока не будут приняты все данные, которые были помещены в буфер. При этом ресурсы, выделяемые для соединения, должны быть

соизмеримы с объемом данных во избежании потери данных при передаче «вверх».

3. Центр коммутации мобильной связи MSC (Mobile Switching Centre) выполняет функции коммутации для мобильной связи. Данный центр контролирует все входящие и исходящие вызовы, поступающие из других телефонных сетей и сетей передачи данных. К данным сетям можно отнести сети данных общего пользования PSDN (Public Switched Data Network) и корпоративные сети ISDN (Integrated Services Digital Network), а также сети мобильной связи других операторов. MSC обеспечивает маршрутизацию вызовов и функции управления вызовами, формирует данные, необходимые для выписки счетов за предоставленные сетью услуги связи, накапливает данные по состоявшимся разговорам и передает их в центр расчетов (биллинг).

4. Контроллер базовых станций BSC (Base Station Controller) управляет всеми функциями, относящимися к работе радиоканалов в

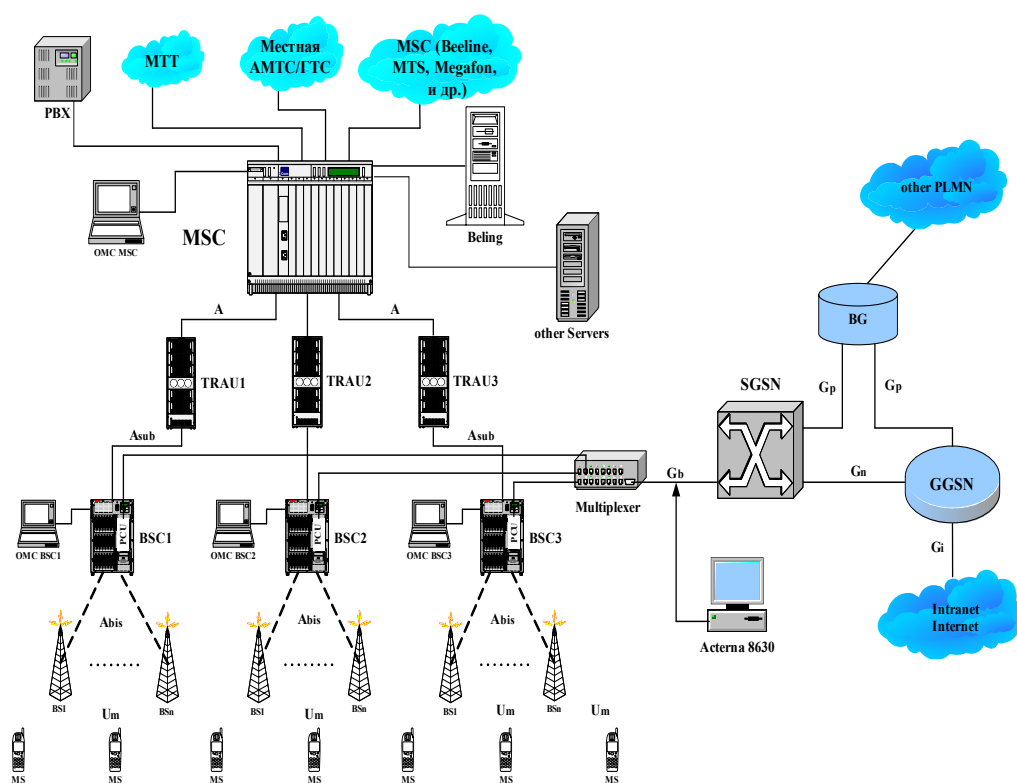


Рис. 1. Сетевая архитектура сети сотовой связи ЗАО «Шупашкар GSM»

сети GSM. Это коммутатор большой емкости, который обеспечивает такие функции, как хэндовер MS, назначение радиоканалов и сбор данных о конфигурации сот. Каждый MSC может управлять несколькими BSC. Обмен данными с SGSN происходит через плату PCU (Packet Control Unit) – устройство контроля пакетной передачи.

5. Базовая станция BTS (Base Transceiver Station) управляет радио интерфейсом от MS к BS. Базовая станция включает в себя трансиверы (приемо-передатчики), антенные модули и платы управления, которые необходимы для обслуживания каждой соты в сети. Контроллер BSC управляет несколькими BTS.

6. Мобильная станция MS (Mobile Station) используется абонентом для осуществления связи в пределах сети и состоит из мобильного телефона и модуля идентификации абонента (SIM). Между MS и BS используется Um интерфейс (или Radio интерфейс), в котором используется методы множественного доступа FDMA и TDMA. В стандартах GSM-900 и DCS-1800 частотное разнесение составляет 45 и 85 МГц, соответственно. Физические и логические каналы, применяемые в GPRS, аналогичны каналам в GSM с учетом контроля доступа и получения данных. Однако GPRS не требует фиксированного распределения каналов для пакетных данных PDCH (Packet Data Channel). Пропускная способность канала для GPRS трафика определяется согласно фактическому требованию. Количество фиксиро-

ванных PDCH по требованию определяются сетевыми операторами.

7. Анализатор телекоммуникационных протоколов Acterna 8630 выполнен на базе ПК с процессором Pentium II, оснащенным небольшим объемом ОЗУ и ПЗУ, ЖК-дисплеем и внешней клавиатурой. В сочетании с работой под управлением MS Windows указанная конфигурация прибора позволяет обрабатывать сигнальную информацию, поступающую на вход анализатора. Анализатор оснащен внутренними платами с двумя внешними полнодуплексными выходами E1 на каждой. Прибор способен анализировать следующие протоколы: OKC-7, ISDN PRI, GSM, VoIP, GPRS, FTP, HTTP, SMTP, WAP, DNS, DHCP, RADIUS, PPP. Функция анализа протоколов дает возможность обслуживания и корректировки неполадок стационарных сетей и систем подвижной связи.

ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Анализатор телекоммуникационных протоколов Acterna 8630 подключался параллельно к Gb-интерфейсу для анализа входящего и исходящего трафика в течение 24 часов с разрешением 1 сек. Максимальная пропускная способность Gb интерфейса составляла 1088 кбит/с, что соответствует 17 временным слотам. Измерения проводились с 14.05.2007 (09:30:15) по 15.05.2007 (09:27:15).

Используемый сетевой анализатор записывал trace файлы, в которых содержалась

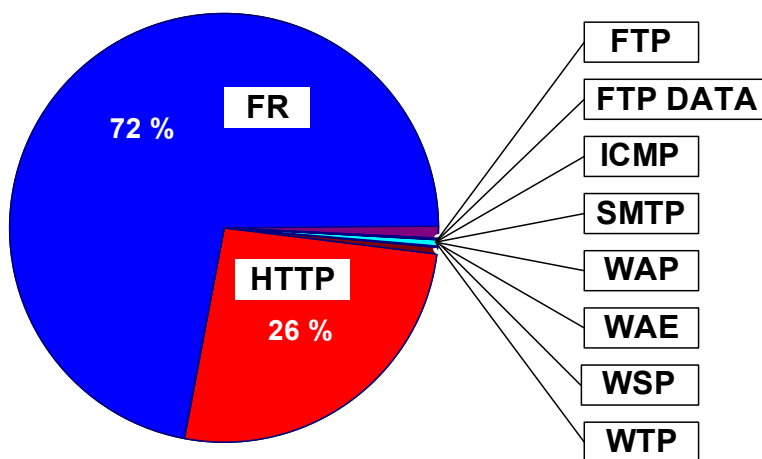


Рис. 2. Структура входящих трафиков

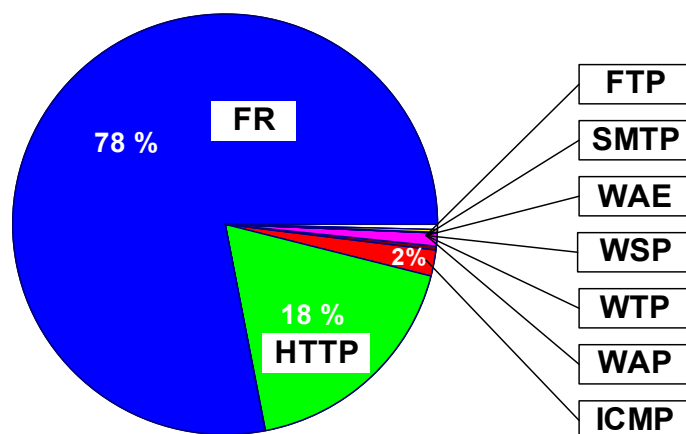


Рис. 3. Структура исходящих трафиков

информация о находящихся в потоке данных. Затем данные обрабатывались с помощью специализированного программного обеспечения для исследования их фрактальных свойств.

АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ

Полученные экспериментальные данные, записанные по протоколам FR, FTP, FTP DATA, HTTP, ICMP SMTP WAP, WAE, WSP, WTP, представлены в виде графиков на рис. 4–13 Структура трафика представлена на диаграммах, приведенных на рис. 2, 3.

Как видно из диаграмм, GPRS трафик в основном определяется следующими протоколами: FR, HTTP, ICMP и WAP (IP, TCP и UDP в данном случае не рассматривается), о чем свидетельствуют объемы переданных данных.

Основной объем данных приходит на протокол сетевого уровня Frame Relay, который составляет более 70% полученных трафиков. Из анализа объема трафика HTTP можно заключить, что пользователи услугами GPRS в основном применяют GPRS-Интернет, а не GPRS WAP, о чем свидетельствует структура трафиков.

На рис. 4 представлены входящий и исходящий Frame Relay трафики, откуда видно, что объем входящего трафика, превышает объем исходящего в 1,8 раза, при этом не учитываем объемы других трафиков. Пиковое значение составляет 455834 бит/с, что оценено с помощью специального пакета программ. Среднее значение показателя Херста составляет 0,6781 (DL) и 0,6780 (UL), что показывает наличие самоподобной структуры FR трафика.

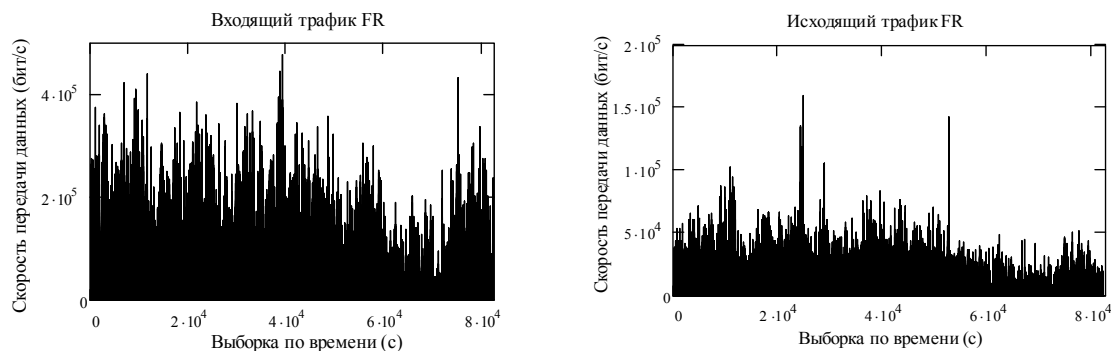


Рис. 4. Frame Relay трафики: а) входящий; б) исходящий

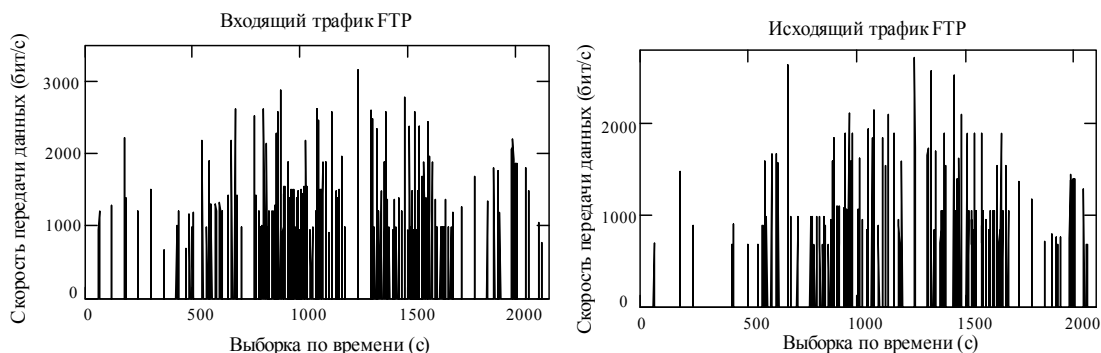


Рис. 5. FTP трафики: а) входящий; б) исходящий

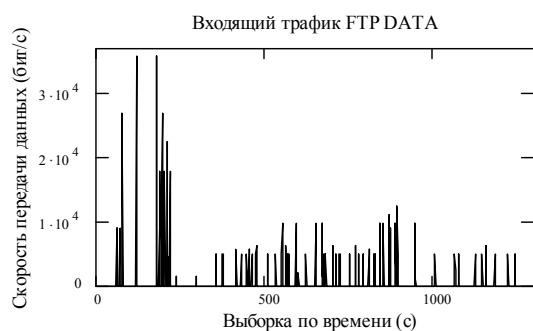


Рис. 6. Входящий FTP DATA трафик

На рис. 5а, 5б представлены входящий и исходящий трафик FTP. Среднее значения показателя Херста составляет 0,6768 для входящего и 0,6478 для исходящего трафиков. Это свидетельствует о наличии самоподобных свойств FTP трафика в GPRS.

На рис. 6 представлен трафик FTP DATA (DL). Исходящий трафик в измерениях отсутствует. Это означает, что полученные данные по протоколу FTP DATA носят асимметричный характер, и информация по протоколу FTP передается только абоненту в направлении «вниз».

На рис. 7 представлены входящий и исходящий HTTP трафики. Протокол сетевого уровня HTTP передает web-страницы (текстовые файлы с разметкой HTML) практически в асимметричной последовательности «запрос-ответ», о чем свидетельствует структура HTTP трафиков (рис. 2, 3), которые составляют 26% объема входящего и 18% исходящего трафиков.

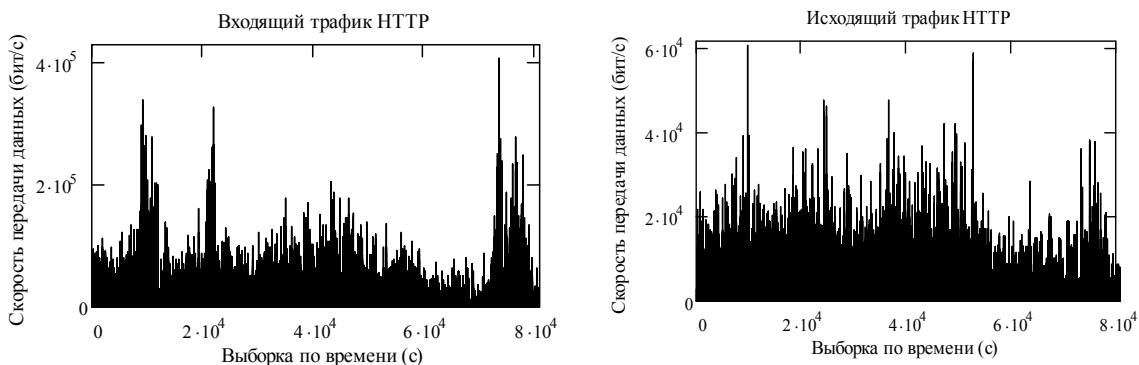


Рис. 7. HTTP трафики: а) входящий; б) исходящий

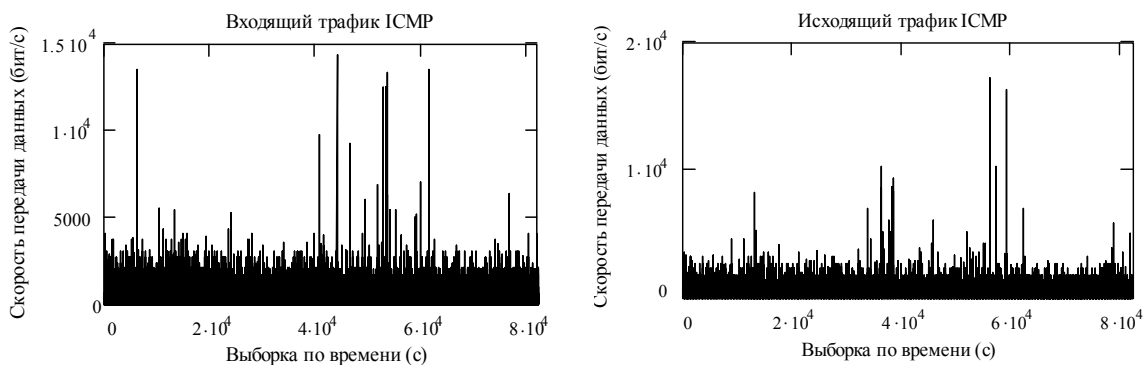


Рис. 8. ICMP трафики: а) входящий; б) исходящий

На рис. 8 и 9 представлены входящий и исходящий ICMP и SMTP трафики. Из структуры трафиков видно, что абоненты, выходя в сеть Internet, пользуются электронной почтой

(e-mail), которая передается по составляющим почтового сетевого сервера, используя протоколы ICMP и SMTP.

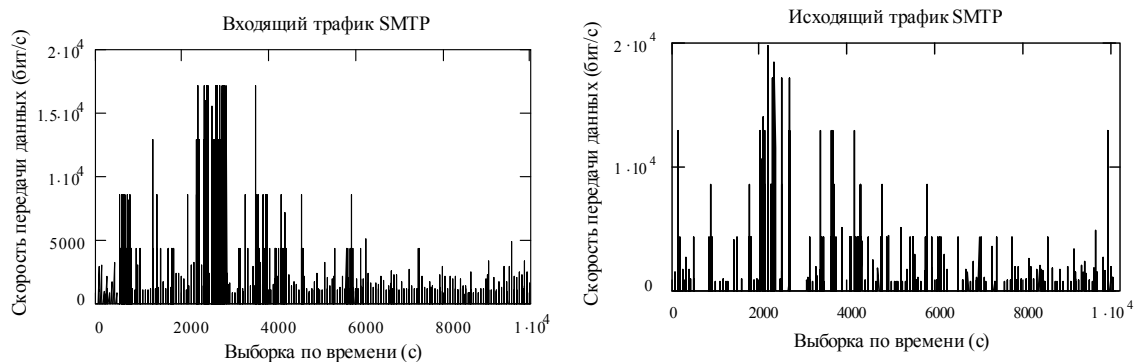


Рис. 9. SMTP трафики: а) входящий; б) исходящий

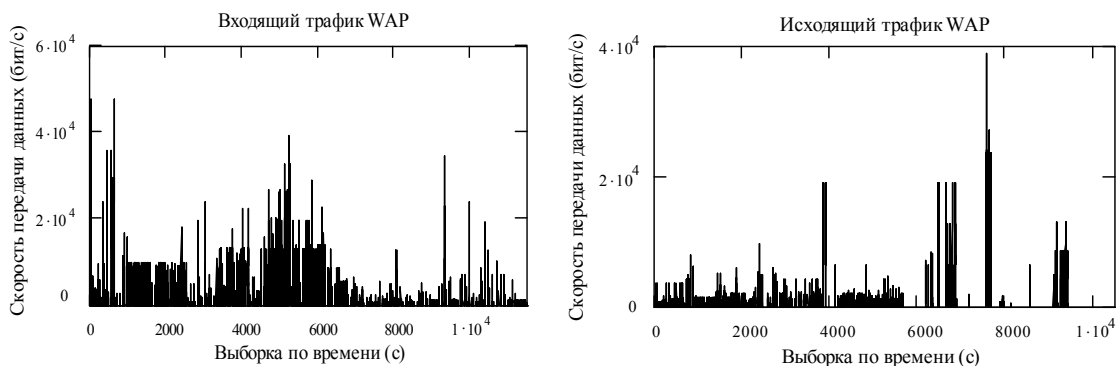


Рис. 10. WAP трафики: а) входящий; б) исходящий

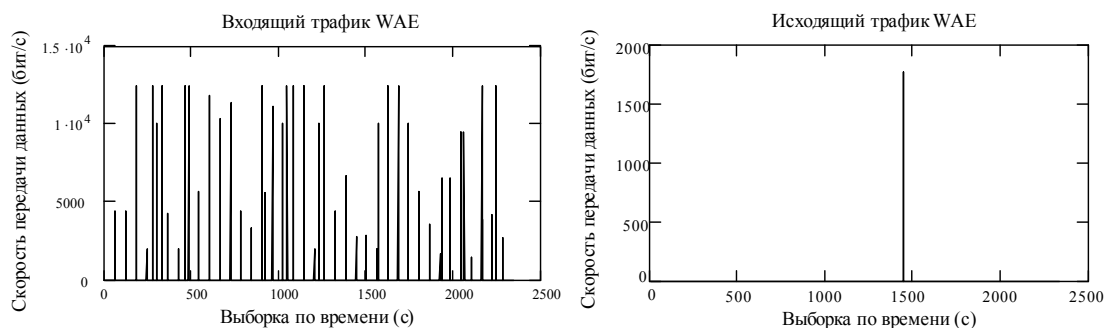


Рис. 11. WAE трафики: а) входящий; б) исходящий

На рис. 10 (с. 26) представлены входящий и исходящий WAP трафики. WAP протокол состоит из WAE, WSP и WTP, графики которых представлены ниже. Из анализа выше представленных графиков можно сказать, что GPRS WAP используются абонентами значительно меньше, чем GPRS Internet, в который входит протокол HTTP и объем трафика HTTP в 8,72 раза больше, чем в WAP.

На рис. 11 представлены входящий и исходящий трафики WAE. Протокол WAE входит в протокол WAP как прикладная среда беспроводной связи, объем которого составляет 381336 бит для входящего трафика и 1768 бит для исходящего, что составляет 4,14% от общего объема WAP трафика.

На рис. 12 представлены входящий и исходящий WSP трафики. Протокол WSP, как и протокол WAE, входит в протокол WAP как беспроводной протокол организации сеанса связи и относится к сеансовому уровню. Объем

WSP составляет 22,77% от общего объема трафика WAP.

На рис. 13 представлены входящий и исходящий трафики WTP. Протокол WSP также является протоколом WAP и уровнем транзакции. Объем входящего трафика в 2 раза превышает объем исходящего и составляет 9,86% от общего объема WAP трафика.

Исследования самоподобия, полученных экспериментальных данных, проводились на основе программы Selfis 1.0 [2] с использованием пяти методов оценки.

В качестве оценки показателя Херста предлагается использовать среднее арифметическое значение по пяти методам оценки. Исследования полученных экспериментальных данных GPRS трафика показало наличие самоподобной структуры на основе различных протоколов сетевых уровней. Из полученных данных видно, что не все протоколы сетевых уровней обладают фрактальными свойствами.

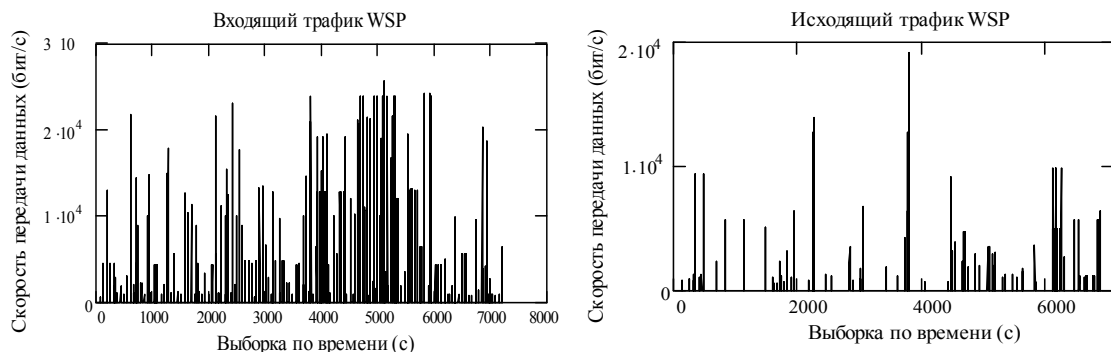


Рис. 12. WSP трафики: а) входящий; б) исходящий

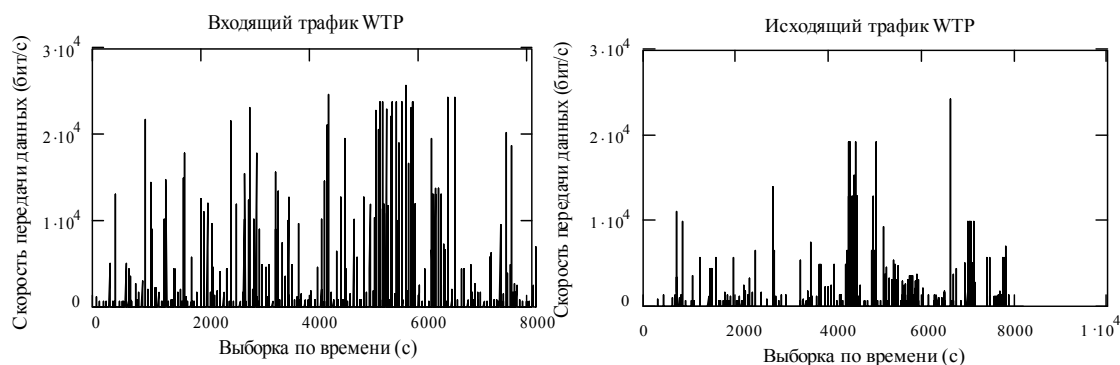


Рис. 13. WTP трафики: а) входящий; б) исходящий

Выводы

1. Анализ полученных экспериментальных данных показывает наличие самоподобной структуры трафиков (FR, HTTP, ICMP, WAP) как у входящих, так и у исходящих трафиков.

2. Наибольшее значение показателя Херста наблюдается во входящих FR, HTTP, ICMP, WAP трафиках.

3. Наибольший объем трафика приходится на протокол FR, что соответствует более 70% всего исследуемого трафика.

4. Трафик HTTP свидетельствует о том, что пользователи услугами GPRS в основном пользуются GPRS-Интернет, что в десятки раз превосходит GPRS WAP.

5. Разложение GPRS трафика на множество различных протоколов позволило исследовать наличие самоподобных свойств у этих компонентов.

Литература

1. Шелухин О.И., Матвеев С.Б., Пастухов А.С. Экспериментальное исследование самоподобия GPRS трафика в сотовой сети связи стандарта GSM // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2007. т. 3. № 2. С. 50—57.
2. Шелухин О.И., Тенякшев А.М., Осин А.В. Фрактальные процессы в телекоммуникациях: Монография / Под ред. О.И. Шелухина. М.: Радиотехника, 2003. 480 с.
3. Шелухин О.И., Осин А.В., Ахметшин Р.Р. Оценка самоподобности речевого трафика вейвлет-методом / Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2007. т. 3. № 1.
4. Traffic Engineering Concepts for Cellular Packet Radio Networks with Quality of Service Support. Universit"atsprofessor Dr.-Ing, Bernhard Walke: 23, June 2003.