

М. Ю. ОЩЕПКОВ

## АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЧЕВОГО ТРАФИКА В УЗЛЕ ДОСТУПА ПРОВАЙДЕРА

В настоящее время все чаще для доступа к услугам VoIP используются узлы доступа (УД) Интернет-провайдеров. При этом производится совместная передача речи и данных через инфраструктуру доступа к СПДоП (Интернет) и далее в СПДоП. Исследованию характеристик речевого трафика посвящено множество работ. В большинстве из них анализируются вероятностные и статистические характеристики речевого трафика на стороне передачи. Одной из основных проблем при передаче трафика реального времени есть компенсация неравномерности сетевых задержек RTP пакетов. Целью данной работы является анализ свойств речевого трафика на стороне получателя при параллельной передаче нескольких речевых потоков. Для исследования использовался пакет имитационного моделирования Network Simulator [1]. Методика моделирования изложена в [2, 3], существенным отличием является иная модель попутного трафика данных.

### 1. Описание модели трафика данных

Моделируемый узел доступа (УД) должен обеспечивать возможность передачи как речевой информации, так и данных. При передаче данных предполагается использование удаленного доступа по модемам КТЧ со скоростью 33.6 кбит/с. Согласно исследованиям [4], большая часть трафика данных – это доступ к WEB ресурсам по протоколу HTTP.

В модели трафика данных должны быть учтены следующие особенности:

- поведение пользователя при формировании вызовов HTML страниц, в частности наличие фаз активности и пауз;
- persistent и pipelined режимы сеанса HTTP/1.1 согласно RFC2616;
- состав HTML из главного контента и внедренных (embedded) объектов (например, рисунков);
- случайный выбор HTML страниц из пула;
- распределение размеров главного контента и внедренных объектов согласно выбранному закону.

Всем перечисленным требованиям отвечает модуль nsweb [5], являющийся расширением моделей web трафика, имеющихся в NS. В nsweb поддерживаются четыре режима работы HTTP: простой, persistent, pipelined, несколько параллельных простых соединений.

Для определения модели трафика необходимо задать следующие параметры (в скобках указаны выбранные при моделировании значения):

- тип соединения (несколько параллельных простых соединений (multiple simple) );
- максимальное количество соединений, параллельно устанавливаемых одним клиентом (10);
- размер HTML страницы (распределение Парето, scale = 13300, alpha = 1.2);
- размер внедренных объектов (распределение Парето, scale = 133000, alpha = 1.05);
- количество внедренных объектов на странице (распределение Парето, scale = 2, alpha = 1.5);
- вероятность выбора страницы (равномерное распределение);
- количество страниц на сервере (500);
- интервал между сеансами (продолжительность сеанса совпадает с длительностью соединения);
- интервал между вызовами контента (распределение Парето, scale=10, alpha=1.5);
- количество одновременных сеансов клиента (1);
- вероятность выбора сервера (равномерное распределение);
- количество web-серверов (4).

Кроме параметров web-трафика необходимо определить нагрузку на УД, создаваемую пользователями при передаче данных на УД. Как отмечено в [8], нагрузка на УД зависит от времени суток и типа УК, через который пользователи подключаются к УД. В модели принимаются следующие значения нагрузки:

- средняя длительность Интернет-соединения – 8 мин (экспоненциальное распределение);
- суммарная нагрузка на модемный пул – 25 Эрланг;
- суммарный поток вызовов от пользователей принимается пуассоновским;
- емкость модемного пула – 30 портов.

## 2. Топология моделируемой сети

Топология исследуемой сети приведена на рис. 1. Количество речевых портов УД 10, источники трафика портов 1 и 5 являются «реальными» [2]. Интенсивность речевого потока всех источников соответствует использованию GSM кодека. Сторона А узла доступа находится в узле n0, сторона В в узле n3. На стороне А находятся речевые источники и агенты клиентской части HTTP протокола, на стороне В – речевые источники. Web серверы расположены в узлах n1, n3, n4, n5.

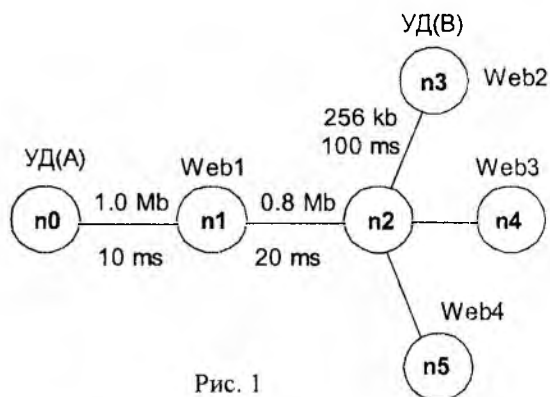


Рис. 1

## 3. Методы анализа трафика

Основной целью анализа было исследование динамики изменения и зависимостей сетевой  $nd$  (network delay) и оконечной  $ted$  (total end-to-end delay) задержки RTP пакетов суммарного речевого трафика. Последние исследования [4] показывают, что сетевой трафик не соответствует поведению известных моделей (пуассоновской, марковской, модулированной и т.д.), так как для последних коррелированность событий обнаруживается на ограниченных интервалах времени.

К нерегулярности сетевого трафика приводят как дисциплины обслуживания пакетов в транзитных узлах, так и особенности управления потоком протокола TCP. Как показывают исследования [6], сетевой трафик коррелирован в широком временном диапазоне.

В работе [7] предлагается использовать аппарат вейвлет-анализа для оценки состояния сети. В случае TCP трафика была обнаружена явная связь значения коэффициентов  $d_{j,k}$  вейвлет-разложения с переходом сегмента сети в режим перегрузки.

В данном исследовании был использован метод вычисления  $d_{j,k}$  и определения параметров Длинно-Протяженной Зависимости (ДПЗ) (Long Range Dependence – LRD) в реальном масштабе времени [9].

Временной ряд анализируемых значений формируется из совокупного трафика от всех речевых источников и представляет собой оконечные задержки RTP пакетов на стороне получателя. Оценка трафика производится по энергетической функции  $E_j$  (в качестве материнского вейвлета был выбран  $D^6$ ) и экспоненте Херста  $H$  (Hurst parameter).  $E_j$  определяется как

$$E_j = \frac{1}{N_j} \sum_k |d_{j,k}|^2, \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

где  $j$  – значение масштаба;  
 $N_j$  – количество коэффициентов на масштабе  $j$ .

Параметр  $H$  определяется как

$$r(k) = C_k |k|^{-(1-\alpha)}, \quad \alpha \in (0,1) \quad (2)$$

$$H = (1 + \alpha) / 2,$$

где  $r(k)$  – корреляционная функция;  
 $\alpha$  – фрактальный параметр.

Значение  $H$  является индикатором степени самоподобия выборки. Понятия ДПЗ и самоподобия относятся к статистикам второго порядка (корреляционной функции, спектральной плотности дисперсии). Процесс  $x = \{x(t), t \in R\}$  является самоподобным (self-similarity), если  $x(0)=0$  и  $\{x(at), t \in R\}$  и  $\{a^H x(t), t \in R\}$  имеют подобные распределения. Процесс обнаруживает ДПЗ, если корреляционная функция соответствует (2). Для процессов с ДПЗ  $0.5 < H < 1$ . В теории фрактальных процессов [10] указывается связь между LRD и самоподобием (масштабное поведение функции) на интервалах, больших фрактального времени установки, и при агрегировании потоков данных. В [9] показана связь значения  $H$  и состояния исследуемой сети при измерении времени обращения сегмента (RTT) для протокола TCP. Одной из целей нашей работы была проверка возможности предсказания динамики изменения задержки RTP пакетов, что в дальнейшем может быть использовано в алгоритмах формирования задержки воспроизведения речевых пакетов [3]. Полученные результаты приведены на рис. 2.

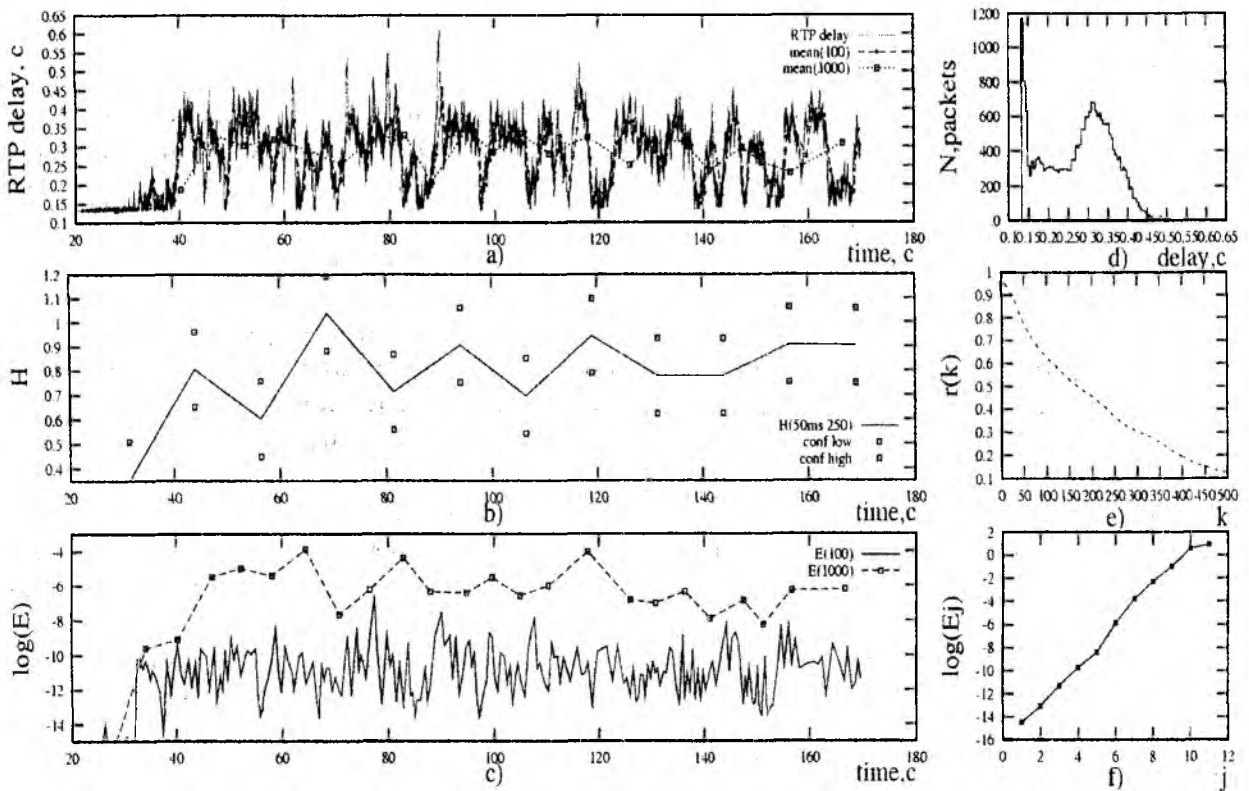


Рис. 2

На рис. 2а приведена динамика изменения задержки RTT пакетов агрегированного речевого потока. На рис. 2б и 2с – динамика изменения значений параметра  $H$  и энергии  $E$ :

$$E = \frac{1}{j_{\max}} \sum_j E_j$$

где  $j_{\max}$  – максимальное значение масштаба для данной выборки.

$N$  вычислялся усреднением задержек на интервале 50 мс, 250 таких отсчетов использовались для формирования одного значения  $N$ .  $E$  вычислялась по выборкам 100 и 1000 отсчетов неусредненной групповой задержки. Общий объем выборки составил 24500 отсчетов за модельное время 170 сек. На рис. 2d приведено распределение задержек RTP пакетов, на рис. 2e показана корреляционная функция, на рис. 2f приведены значения  $E_j$ , вычисленные по всей выборке.

Как видим, исследуемый процесс имеет значительную ДПЗ, что объясняется наличием речевых активностей и пауз (периодов ON/OFF значительной продолжительности) в составляющих речевых потоках, а также попутного трафика данных с механизмом изменения окна передачи. Возникающие выбросы задержек трудно предсказать, используя анализ значений  $N$  или  $E$ . Возможное решение – использовать анализ задержки получения соседних RTP пакетов, ее резкое увеличение предшествует выбросу. Вместе с тем при достаточно большой выборке (250 отсчетов), динамика изменения  $N$  может быть использована для оценки корреляционной функции фрактального броуновского движения и предсказания задержек при отсутствии выбросов.

Для исследуемого случая задержка определения  $N$  составляет несколько средних длительностей речевой активности. Учитывая особенности функционирования АФЗВРП, эффективнее было бы использовать выборку, получаемую за время речевой активности.

### Выводы

Агрегированный речевой трафик при совместной передаче с Web трафиком в исследуемой топологии имеет значительную ДПЗ и обладает свойствами самоподобия. При использовании аппарата вейвлет-анализа возможно эффективно, в реальном режиме проводить определение параметров ДПЗ и значений коэффициентов  $d_{j,k}$ , что дает возможность использовать для предсказания изменения задержек RTP пакетов, оценивая параметры трафика на основе фрактальных моделей. Дальнейшей задачей является модификация АФЗВРП с учетом параметров ДПЗ агрегированного речевого трафика.

**Список литературы:** 1. *McCanne and S. Floyd*. The LBNL Network Simulator. Lawrence Berkeley Laboratory. <http://www.isi.edu/nsnam/>. 2. *Ощепков М.Ю.* Методы моделирования речевого канала в сетях с коммутацией пакетов // Радиотехника 2001. №123. №3. С. 68 – 75. 3. *Ощепков М.Ю.* Анализ алгоритмов формирования задержки воспроизведения в случае параллельных речевых потоков // Труды УНИИРТ. 2003. №1 (33) С. 35 – 37. 4. *Mark E. Crovella and Azer Bestavros*, Self-similarity in World Wide Web traffic: evidence and possible causes, *IEEE/ACM Trans. Networking*, Vol. 5. No. 6. Pp. 835 – 846, 1997. December. 5. <http://www.net.uni-sb.de/~iw/nsweb/> 6. *Jia-Shiang Jou, John S. Baras*. A Multilevel ON/OFF Model for Multifractal Internet Traffic, // TECHNICAL RESEARCH REPORT. ISR TR. 2002-9. 7. *Huang P., Feldmann A., Wilinger W.* A non-intrusive, wavelet based approach to detecting network performance problems // Proceeding of ACM SIGCOMM Internet Measurement Workshop. 2001. San Francisco Bay Area, 2001. November. 8. *Гольшко А.В., Ершов В.А., Цыбаков В.И.* Статистический анализ качества предоставления Интернет-услуг модемным пользователям // Вестник связи. 2001. №7 С. 24 – 29. 9. *Roughan, Veitch, Abry* Real-Time Estimation of the Parameters of Long-Range Dependence (Extended Version), *IEEE/ACM Transactions on Networking* August. 2000. Vol. 8, No. 4, 467 – 478. 10. *Городецкий А.Я., Заборовский В.С.* Информатика. Фрактальные процессы в компьютерных сетях: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. 102 с.

Харьковский национальный  
университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 10.03.2003