

УДК 681.324

А.Л. Ерохин, О.П. Турута

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ТРАФИКОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ В WEB

*В статье предлагается метод управления трафиков в сети, для этого рассматривается методика моделирования трафика, на основании которой генерируется трафик для анализа. Полученный трафик управляется двумя существующими и предложенным методами. Полученные результаты подтверждают эффективность разработанного метода.*

**Ключевые слова:** самоподобный трафик, качество обслуживания, модель обслуживания запросов.

### Введение

При решении задач повышения эффективности обслуживания клиентов в телекоммуникационных сетях традиционно уделяется много внимания приоритетам обслуживания запросов, повышения доступности сервисов, при этом важной задачей является моделирование трафика сети [1]. Такую задачу будем рассматривать в контексте решения актуальной проблемы повышения эффективности обслуживания в web.

**Постановка задачи моделирования трафика в web.** Необходимо сгенерировать трафик, который будет адекватный реальному, спланировать эксперимент, статистически оценить эффективность предложенных решений.

Для моделирования трафика современных телекоммуникационных систем предлагается использовать самоподобные случайные процессы. Анализ литературы показывает, что используются два подхода к моделированию самоподобных процессов:

1) метод на основе использования Броуновского движения [2];

2) метод Мандельброта, который предполагает использование несколько независимых ON-OFF источников, у которых закон чередования включенного и выключенного состояния распределен по закону Парето [3].

Учитывая простоту задания параметра Херста в методе Мандельброта, второй метод получил наибольшее распространение при моделировании само-

подобных случайных процессов. Указанные выше методы моделирования позволяют получить случайный самоподобный процесс с заданной степенью самоподобия.

Интенсивность нагрузки, создаваемая пользователями информационной сети, существенно изменяется в течение суток; это связано с различной активностью пользователей, получающих как одинаковые, так и различные услуги. Следовательно, одного параметра Херста недостаточно для моделирования суточного трафика, необходимо также учесть динамические изменения нагрузки в течение суток. Важной научно-практической задачей является разработка такого способа построения имитационной модели сети, которая позволила бы исследовать степень самоподобности трафика в телекоммуникационных сетях, полученного с учетом реально предоставляемых пользователям услуг. Таким образом, необходимо предложить метод моделирования трафика, который бы позволял генерировать адекватный самоподобный трафик, характерный для web.

### Разработка метода моделирования трафика

Поскольку одного показателя Херста недостаточно для генерации адекватного самоподобного трафика, то будем обеспечивать генерацию самоподобного трафика на основе агентно-ориентированной модели, рассмотренной в [4, 5]. Для решения задачи имитационного моделирования используем модель датчика само-

подобного трафика на основе метода Мандельброта (модель Мандельброта с ON-OFF источниками). Источники с распределением Парето имитируют активность абонентов. Предложенный подход позволяет сгенерировать пакетобразный трафик, но при этом не учитывается реальная активность абонентов, получающих различные услуги. Постоянными остаются такие параметры, как: средний объем передаваемых данных в единицу времени, распределение интенсивности в течение суток, признаки групп пользователей, признаки типа сервиса. Такой подход делает модель неадекватной с точки зрения предоставляемых услуг, что является принципиальным недостатком предложенного способа моделирования.

Предлагается использовать именно агентный метод моделирования. Заменяем ON-OFF датчик агентом – некоторой сущностью, которая будет обладать необходимой активностью, автономным поведением и будет принимать решения в соответствии с некоторым набором правил [6]. Построение агентной модели позволяет получить представление об общем поведении системы, исходя из предположений об индивидуальном, частном поведении ее отдельных активных элементов и их взаимодействии в системе. Обозначим  $N$  – количество агентов в модели, тогда множество  $A$  – множество таких агентов,  $A_i$  –  $i$ -й элемент множества агентов и содержит характеристики агентов,  $a_i^j$  –  $j$ -я характеристика  $i$ -го агента, где  $j = \overline{1, m}$ ,  $m$  – количество характеристик.

В предложенной модели будем использовать три группы агентов ( $N = 3$ ), при чем каждая группа агентов будет характеризоваться пятью признаками ( $m = 5$ ): количество агентов данной группы, продолжительность сессии, объем передаваемых пакетов, типы сервиса, полезность группы.

Агентный метод моделирования позволяет сгруппировать абонентов по любым признакам: по возрасту, профессиональной деятельности, увлечениям и др., что в свою очередь, дает возможность более детально учесть в модели особенности поведения абонентов и соответственно получить более точные результаты.

В результате моделирования получен трафик, который обладает пачечным характером, однако заметна зависимость интенсивности нагрузки от времени суток. Предварительный анализ результатов моделирования показал, что трафик обладает свойствами самоподобия, а параметр Херста имеет значение в пределах 82-90 [7]. Экспериментально установлено, что при одном объеме трафика большее количество пакетов с меньшим объемом создаст трафик с тем большим коэффициентом самоподобия Херста, чем меньше количество больших по объему пакетов. Построенная модель позволяет варьировать параметром Херста и суточным распределением интенсивности

трафика, что может представлять интерес для дальнейших исследований в теории телетрафика. Прагматическая значимость результатов моделирования сети обусловлена возможностью более точного прогнозирования динамических параметров нагрузки, что позволит в дальнейшем более точно оптимизировать структуру и состав телекоммуникационного оборудования и решить две основные задачи:

- 1) повысить в целом качество обслуживания агентов в web;
- 2) осуществить повышение качества обслуживания не за счет затратных методов.

Агентный метод моделирования самоподобного процесса позволяет получить трафик, по характеристикам адекватный реальному трафику.

### Экспериментальная проверка модели трафика

Рассмотрим перегрузку на сетевом уровне: в транзитном канале связи или в точке включения сервера. Проведем имитационное моделирование сетевых процессов и оценим эффективность описанного метода. Для моделирования трафика и проведения эксперимента возьмем несколько реальных потоков трафика, а часть смоделируем на основе характеристик, полученных с реальных потоков трафика. Реальный трафик данных в канале связи (КС) может не приводить наступлению ситуаций перегрузок, поэтому для изучения эффективности работы различных методов в условиях большой нагрузки на КС примем пропускную способность КС меньше фактической. В результате, с одной стороны, мы исследуем реальный поток запросов, а с другой стороны – проверяем работу методов в условиях нагрузки близкой к граничной, когда весь трафик не может быть обслужен [8]. В соответствии с методикой Монтгомери разработаем следующую схему проведения эксперимента.

Выше рассмотрен метод генерации трафика, с учетом суточного распределения нагрузки и заданным коэффициентом самоподобия Херста. В процессе передачи трафика возникает ситуация, когда пользователи запрашивают данных больше, чем способны передать сетевое оборудование. Такая ситуация рассматривается как сбой сети, приводящий к отказу в обслуживании всех сессий. Это нарушает планируемые доставки трафика и делает работу сетевого оборудования неэффективной. Эффективность работы метода заключается в объеме переданного трафика, и в соотношении объема переданного (потерянного) трафика к объему запрашиваемому (желаемому).

Важнейшим фактором, влияющим на решение задачи, является выбранный метод трафик-инжиниринга (управления трафиком) [9]. Различные методы необходимо исследовать на одинаковых последовательностях и с одинаковыми требованиями. Для различных факторов следует задать одинаковые

значения: размера буфера, временного интервала  $\Delta t$ , порога пропускной способности. Уровнями фактора будем считать процентное отношение объема успешно переданного трафика к запрашиваемому трафику. Под откликом будем понимать причину, которая влияет на оценку фактора, то есть характеристику трафика, который хуже или лучше поддается обработке данным методом. В процессе исследования были определены отклики, влияющие на оценку факторов. Обнаружено, что в случае, когда нагрузка (отклик) приближается к пороговым значениям производительности сетевого оборудования, то предложенный метод будет давать значительный эффект, а если сетевая нагрузка невелика, то эффективность предложенного метода (фактора) снижается до стандартного метода коммутации пакетов.

В [10] обоснована слабая эффективность моделей обслуживания трафика, основанных на системах массового обслуживания (СМО), поскольку для самоподобного трафика характерен лавинообразный рост очередей и заполнения буферов, вследствие чего расчетные показатели не выполняются. Исследуемый трафик должен характеризоваться двумя параметрами: временное колебание (суточное, недельное и др.) и характеризоваться коэффициентом самоподобия Херста не менее 0,80.

Рассмотрим план и проведение эксперимента. Необходимо сформировать  $N$  последовательностей трафика (в нашем случае  $N = 3$ ) для каждого вида сайта в web. Последовательности формируются по суточному распределению запросов и с заданным коэффициентом Херста. Каждым методом проводятся расчеты для каждой последовательности из  $N$ , в качестве результата получают математические ожидания результатов. Исследования результативности методов проводятся в те периоды суток, в которых есть нагрузка более  $M = 70\%$  от пропускной способности выбранного сетевого оборудования.

Эксперимент проводился следующим образом. Использовалось множество  $N$  сгенерированных последовательностей трафиков; на каждой последовательности проверялись 3 метода из расчета максимального трафика («что хотел пользователь»):

- метод 1, коммутации каналов;
- метод 2, коммутации пакетов с сетевым оборудованием с буфером  $P$ ;
- метод 3, предложенный метод с сетевым оборудованием с буфером  $P$ .

Оценивались показатели для каждого метода, объем успешно пропущенного трафика. В результате получена процентная оценка объема качественно обслуженного трафика. В качестве среды имитационного моделирования использовался пакет MATLAB. В результате проведенного эксперимента получены данные (табл. 1), где в заголовке первый столбец – номер эксперимента, второй столбец – объ-

ем запрошенных данных, третий столбец – метод 1 (с коммутацией каналов связи), четвертый столбец – метод 2 (с коммутацией пакетов), пятый столбец – метод 3 (предложенный метод).

Таблица 1

Результаты обслуживания трафика в канале связи

|    | Запрош. | Метод 1 | Метод 2 | метод 3 |
|----|---------|---------|---------|---------|
| T1 | 298138  | 0,69    | 0,71    | 0,76    |
| T2 | 288478  | 0,84    | 0,86    | 0,92    |
| T3 | 22230   | 0,83    | 0,87    | 0,9     |
| T4 | 288585  | 0,69    | 0,74    | 0,8     |
| T5 | 293884  | 0,79    | 0,84    | 0,91    |
| T6 | 292793  | 0,79    | 0,83    | 0,87    |
| T7 | 280181  | 0,83    | 0,88    | 0,91    |

В ходе эксперимента были проведены измерения для семи смоделированных потоков трафика. Исходными данными для генерирования потока данных были взяты статистические портреты с различных сайтов и заданный коэффициент Херста. Исходные данные характеризуется потребностями агентов (пользователей сети) в трафике, то есть темпом и объемом данных, который они запрашивают. Обработку созданного трафика предлагается выполнить с использованием трех методов. Первые два метода являются известными и используются в локальных и глобальных сетях, а третий метод специально разработан для повышения эффективности обслуживания агентов в web, и рассмотрен в [7].

В результате обработки семи видов трафика тремя методами получены результаты, представленные в табл. 2. Каждый метод характеризуется средним значением и среднеквадратическим отклонением.

Таблица 2

Обобщенные показатели работы методов управления трафиком

| Методы                                | Среднее | Отклонение |
|---------------------------------------|---------|------------|
| Метод 1 (с коммутацией каналов связи) | 0,78    | 0,226779   |
| Метод 2 (с коммутацией пакетов)       | 0,82    | 0,231234   |
| Метод 3 (предложенный метод)          | 0,87    | 0,22315    |

В результате проведенных экспериментов установлено, что предложенный метод в случае простого управления данными без учета приоритета пользователя и без учета полезности данных в функции цели показал результат на 5% лучше существующих лучших методов коммутации пакетов и на 9% лучше метода с коммутацией каналов связи. **Направлением дальнейших исследований** является определение условий применения разработанного метода для получения наибольшей эффективности при обработке сетевого трафика в web.

## Выводы

В статье предложена усовершенствованная методика моделирования самоподобного трафика в web, основанная на модели обслуживания запросов сервером и позволяющая моделировать трафик пользователей с заданными параметрами приоритета обслуживания. Полученные результаты позволяют проводить более точные исследования при имитационном моделировании, улучшить эффективность методов управления трафиком и повысить качество обслуживания клиентов телекоммуникационной сети.

## Список литературы

1. Томашевский В.М. Моделирование систем / В.М. Томашевский. – К.: Видавнична група BHV, 2007. – 352 с.
2. Jeong H.-D. J. Fast Self-Similar Teletraffic Generation Based on FGN and Wavelets / H.-D. J. Jeong, D. McNickle, K. Pawlikowski // IEEE ICON'99. – 1999.
3. The Hurst phenomenon and fractional Gaussian noise made easy Hydrological Sciences Journal. – 2002. – Vol. 47(4). – P. 573-595.
4. Ерохин А.Л. Идентификация нештатных ситуаций в информационных сетях / А.Л. Ерохин, А.П. Турута // Бионика интеллекта. – 2006. – № 1(64). – С. 46-55.
5. Ерохин А.Л. Разработка метода идентификации сетевых агентов в web / А.Л. Ерохин, А.П. Турута // Сис-

темы обработки информации. – Х.: XV ПС, 2007. – Вып. 2(60). – С. 23-27.

6. Ulanovs P. Modeling Methods of Self-similar Traffic for Network Performance Evaluation [Текст] / P. Ulanovs // Scientific Proceedings of RTU. – Series 7. – Telecommunications and Electronics. – 2002.

7. Турута А.П. Оценка эффективности работы компонент web / А.П. Турута // Вестник Национального технического университета «ХПИ»: Сб. науч. тр. тематич. вып.: Информатика и моделирование. – 2007. – Вып.19. – С. 78-81.

8. Астраханцев А.А. Підвищення ефективності засобів передачі інформації по каналам з обмеженою смугою: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.12.13 “Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій” / А.А. Астраханцев. – ХНУРЕ. – Х., 2007. – 19 с.

9. Кучерявый Е.А. Управление трафиком и качеством в сети Интернет / Е.А. Кучерявый. – СПб.: Наука и Техника, 2004. – 336 с.

10. Leland W. On the self-similar nature of Ethernet traffic (extended version) / Will E. Leland, Murad S. Taqqu, Walter Willinger, Daniel V. Wilson // IEEE/ACM Transactions on Networking (TON) – Feb. 1994. – V.2, no.1. – P. 1-15.

Поступила в редколлегию 13.02.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, ст. научн. сотр. Г.А. Кучук, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАФІКУ ПРИ ВИРІШЕННІ ЗАВДАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ В WEB

А.Л. Ерохин, О.П. Турута

У статті пропонується метод управління трафіку в мережі, для цього розглядається методика моделювання та генерується трафік для аналізу. Отриманий трафік управляється двома існуючими і запропонованими методами. Отримані результати підтверджують ефективність розробленого методу.

**Ключові слова:** самоподібний трафік, якість обслуговування, модель обслуговування запитів.

## MODELING AND SERVICE TRAFFIC FOR IMPROVING EFFICIENCY IN THE WEB SERVICE

A.L. Yerokhin, A.P. Turuta

In paper proposes a method to manage traffic in the network. Modeling technique is considered. The traffic is generated for analysis. The traffic is processing by two existing and proposed methods. These results confirm the effectiveness of the method developed.

**Keywords:** self-similarity traffic, quality of service, model of maintenance of queries.