

О ВСПЛЕСКАХ ТРАФИКА В КАНАЛЕ ЛОКАЛЬНОГО ИНТЕРНЕТ-ПРОВАЙДЕРА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕЖИМА ОГРАНИЧЕНИЯ СКОРОСТИ

М.К. Гребенкин, С.В. Поршнева

(Екатеринбург, ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»,
m_grebenkin@bk.ru, sergey_porshnev@mail.ru)

ON TRAFFIC BURSTNESS IN LINK OF INTERNET SERVICE PROVIDER OPERATING IN COMMITTED ACCESS RATE MODE

M.K. Grebenkin, S.V. Porshnev

В состав глобальной компьютерной сети Интернет входят миллионы разнородных устройств, расположенных в разных странах и принадлежащих различным организациям и частным лицам. Передачу данных по сети Интернет производят, в том числе и одновременно, тысячи различных типов приложений. Функционирование такой чрезвычайно разнородной, распределенной, мультисервисной информационной системы (ИС) системы возможно благодаря наличию общепринятого стандарта – модели взаимодействия открытых систем (Open Systems Interconnection – OSI [1]), в котором определены уровни взаимодействия систем и функции этих уровней (без описания каких-либо конкретных реализаций протоколов). Образцы сетевого трафика с априори известными статистическими и динамическими характеристиками оказываются востребованными при решении многих практических задач например, оптимизации загрузки канала передачи, проверке алгоритмов управления потоками данных, обеспечения качества обслуживания клиентов, при исследовании сетевых аномалий и средств их своевременного обнаружения и т.д. [2]. Один из известных подходов, используемых для получения требуемых образцов сетевого трафика, основан на использовании имитационного моделирования (например, пакет GPSS, сетевой симулятор NS-2, и т.д.), позволяющего в ряде случаев детально изучать процессы формирования и передачи потоков данных в телекоммуникационных каналах.

Необходимо отметить, что известные пакетные симуляторы трафика можно использовать только для моделирования каналов передачи данных с умеренной пропускной способностью. В этой связи для моделирования высокоскоростных Интернет-каналов в последние годы был предложен принципиально иной подход, в котором используется аналогия между потоком данных в Интернет-канале и течением жидкости. Данная модель, впервые предложенная в [3] и получившая название непрерывной жидкостной модели Интернет-трафика, представляет собой следующую систему дифференциальных уравнений (СДУ) с запаздыванием:

$$\frac{dW_i(t)}{dt} = \frac{l_{(W_i(t)-M_i)}}{R_i(t)} - \frac{W_i(t)}{2} \cdot \lambda_i(t), \quad (1)$$

$$\frac{dq_l(t)}{dt} = -l_{q(t)} \cdot C_l + \sum_{i \in N_l} A_i^l(t), \quad (2)$$

где W_i – текущий размер окна передачи данных передачи данных по протоколу TCP по i -му потоку¹; q_l – длина очереди на входе l -го канала; $l_{f(t)}$ – функция Хевисайда:

¹ В рассматриваемой математической модели можно учесть механизмы и работы и других протоколов, используемых для передачи данных в сети Интернет, а также взаимное влияние информационных потоков, передаваемых по различным протоколам друг на друга. Однако это с неизбежностью приведет к существенному усложнению модели при относительно небольшом увеличении ее точности, так как Сети доминирует трафик, передаваемый по протоколу TCP. По литературным данным доля Интернет-трафика, передаваемого в соответствие с протоколом TCP, составляет свыше 90 % от общего объема информации, передаваемой в сети Интернет (см., например, Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. СПб.: Питер, 2007.)

$$I_{f(t)} = \begin{cases} 1, & \text{если } f(t) \geq 0, \\ 0, & \text{если } f(t) < 0; \end{cases}$$

$R_i(t)$ – время оборота i -го потока; $\lambda_i(t)$ – скорость потери пакетов i -го потока, C_l – пропускная способность l -го канала, который обслуживается данным маршрутизатором; $A_i^l(t)$ – скорость передачи i -го потока по l -му каналу:

$$A_i^l(t) = \frac{W_i^l(t)}{R_i^l(t)}.$$

Отметим, что как в базовой жидкостной модели Интернет-трафика, так и в ее известных модификациях, используется упрощенное описание источников трафика, как следствие, оценки его количественных характеристик оказываются весьма грубыми.

Для устранения отмеченного выше недостатка жидкостных моделей в [4] предложена гибридная жидкостная модель информационных потоков в магистральном Интернет-канале, представляющая собой комбинацию жидкостной модели [3] и статистического варианта модели абстрактных источников трафика. Гибридная модель позволяет описывать трафик в мультисервисных сетях с учетом присущего протоколу *TCP* механизма обратного влияния загрузки сети на работу источника, а также учитывать современные политики управления скоростью доступа к сети Интернет отдельных пользователей.

В данной работе обсуждаются результаты моделирования трафика в канале Интернет-провайдера, обслуживающего пользователей в режиме гарантированной скорости доступа (*Committed Access Rate – CAR*) пользователей к сети Интернет [5], полученные на основе использования гибридной жидкостной модели.

Предваряя анализ результатов моделирования, напомним, что в режиме *CAR* основным инструментом, регулирующим скорость доступа, является механизм ограничения скорости (*Rate Limit*) [1], который учтен в уравнениях жидкостной модели трафика (уравнение (2)) При этом, начальные условия СДУ (1)–(2), в соответствие с гибридной жидкостной моделью задаются сценарием активности пользователей, описываются не на уровне отдельных пакетов и приложений, но укрупнено на уровне модулей данных приложений (МДП). (При этом в конкретный модуль включают приложения имеющие близкие по выбранному критерию свойства). Свойства МДП описываются случайными функциями, подобранными по экспериментальным данным. Для описания классов пользователей использована одна из самых распространенных классификаций, разделяющих источники трафика на 3 класса [6, 7]: А) «Слоны» (размер МДП ≥ 10 Мбайт); В) «Мулы» (размер МДП $\sim 0,3$ –10 Мбайт); С) «Мыши» (размер МДП $< 0,3$ Мбайт).

Рассмотрим результаты исследования влияния режима *CAR* на амплитуду пульсаций трафика, которые, потенциально, могут привести к перегрузке маршрутизатора, для следующей архитектуры сети: каждый клиент получает данные от своего сервера через магистральный маршрутизатор с пропускной способностью P («узким горлом» в рассматриваемой системе является канал связи Интернет-провайдера) и следующих параметры гибридной жидкостной модели: количество пользователей – 100, количество слонов – 10, количество мулов – 90, длительность активности мулов – случайная величина, имеющая линейное логарифмическое распределением в интервале от 1 до 6 с, длительность периода ожидания «мула» – случайная величина, имеющая распределение Пуассона со средним значением 3 с, представленные на рис. 1 (режим *CAR*, $CAR = 10$ Мбит/с), 2 (режим без ограничения скорости доступа пользователя к сети). (Здесь повышение скорости доступа учитывалось сокращением времени *ON*-периодов и введением соответствующего коэффициента, обеспечивающего сохранение на прежнем уровне средней скорости передачи данных через мультиплексный канал.)

Из рис. 1,2 видно, что для количественной характеристики интенсивности выбросов можно использовать отношение максимального значения зависимости «мгновенных значе-

ний» объемов переданной информации в магистральном Интернет-канале от времени к ее среднему значению (вариабельность трафика).

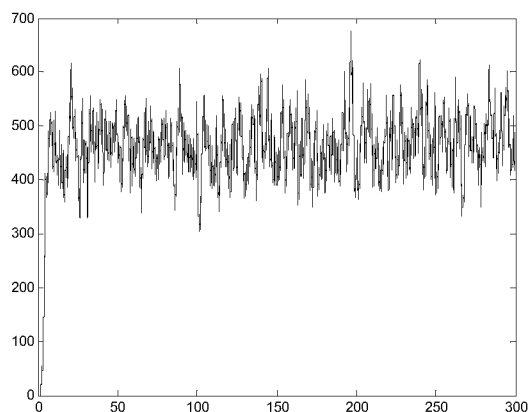


Рис. 1. Типичные зависимости «мгновенных значений» объемов переданной информации (Мбит/с) в магистральном Интернет-канале от времени (с) в режиме *CAR*

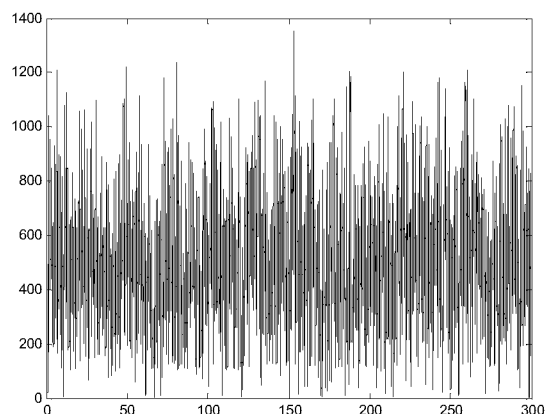


Рис. 2. Типичные зависимости «мгновенных значений» объемов переданной информации (Мбит/с) в магистральном Интернет-канале от времени (с) в режиме отсутствия ограничений скорости доступа отдельного пользователя

Значения вариабельности трафика оказались равны 1,5 и 2,7 для режима *CAR* и режима без ограничения скорости доступа пользователя к сети Интернет, соответственно. Следовательно, в режиме *CAR* вариабельность трафика оказывается меньше соответствующей величины в режиме отсутствия ограничений скорости доступа отдельного пользователя, т.е. происходит уменьшение бурстности Интернет-трафика. Выявленные особенности информационных потоков в магистральном Интернет-канале в режиме *CAR* проектировании сетей и прогнозировании роста требований к пропускной способности.

Таким образом, использование гибридной жидкостной модели позволяет проводить анализ свойств Интернет-трафика в каналах с высокой пропускной способностью для различных режимов гарантированной скорости доступа клиентов к сети Интернет и профилей пользователей.

Литература

1. Берлин А.Н. Основные протоколы Интернет. М: Бином, 2008. – 504с.
2. Hernandez-Campos F. Generating realistic TCP workloads / F. Hernandez-Campos, F.D. Smith, and K. Jeray // In Proceedings of Computer Measurement Group (CMG) Conference, 2004. P. 273-284.
3. Liu Y. Fluid Models and Solutions for Large-Scale IP Networks / Y. Liu, F. L. Presti, V. Misra, D. Towsley, Y. Gu. // Performance Evaluation Review, ACM SIGMETRICS, Volume 31, Issue 1, P. 91 – 101, 2003.
4. Гребенкин М.К., Поршнева С.В. Гибридная жидкостная модель магистрального Интернет-канала / М.К. Гребенкин, С.В. Поршнева // Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. 163 с.
5. Шринивас В. Качество обслуживания в сетях IP / Шринивас В. // М.: Вильямс. 2003. – 368 с.
6. Lan K. A measurement study of correlations of Internet flow characteristics / Kun-chan Lan, John Heidemann // Computer Networks Volume 50, Issue 1, 16 January 2006, P. 46–62.
7. Erman J. Byte Me: A Case for Byte Accuracy in Traffic Classification / Jeffrey Erman, Anirban Mahanti, Martin Arlitt // Proceedings of the 3rd annual ACM workshop on Mining network data, June 12, 2007, San Diego, California, USA. P.35 – 38.