

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО СГЛАЖИВАНИЯ ДЛЯ ПРОФИЛИРОВАНИЯ И ШЕЙПИНГА СЕТЕВОГО ТРАФИКА

Домнин А. Л.

Кафедра вычислительной техники, Пензенский государственный университет

Пенза, Российская федерация

E-mail: a@pnzgu.ru

Рассматривается возможность применения алгоритма экспоненциального сглаживания для профилирования и шейпинга потоков данных в сетях с пакетной коммутацией.

ВВЕДЕНИЕ

С увеличением объемов передаваемого трафика различных типов, связанным с ростом популярности сервисов потокового вещания аудио и видео, интерактивных приложений, IP-телефонии, значительно увеличилась нагрузка на сетевое оборудование и магистрали провайдеров различных уровней. Но одной производительности оборудования и пропускной способности магистралей недостаточно для обеспечения множества, иногда несовместимых, требований, которые предъявляют различные типы трафика. Для решения проблем подобного рода были разработаны механизмы обеспечения качества обслуживания (QoS). Среди них важное значение имеют механизмы управления сетевым трафиком, выполняющие функции ограничения и контроля входящего трафика — профилирования (policing), и формирования исходящего трафика — шейпинга (shaping) [1,2]. В данной статье будет предложен механизм управления сетевым трафиком на основе метода экспоненциального сглаживания.

ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЕ СГЛАЖИВАНИЕ

Пусть $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ - временной ряд. Сглаживание осуществляется по формуле:

$$S_t = \alpha \cdot x_t + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1} \quad (1)$$

где S_t - член сглаженного ряда, а α - коэффициент сглаживания, выбираемый из диапазона (0,1). Также S_t можно выразить через значения временного ряда X :

$$S_t = \alpha \cdot \sum_{i=0}^{t-1} (1 - \alpha)^i \cdot x_{t-i} + (1 - \alpha)^t \cdot S_0 \quad (2)$$

Воспользуемся этим методом для получения экспоненциального среднего значения скорости входящего трафика на сетевом интерфейсе, используемого в дальнейшем для нужд профилирования и шейпинга.

Будем производить анализ исходного временного ряда, состоящего из последовательностей нулей и единиц различной длины. Назовем его профилем трафика. Последовательность единиц обозначает количество битовых/байтовых

интервалов, в течение которых передавался кадр, а последовательность нулей — количество битовых/байтовых интервалов, в течение которых была пауза между фреймами.

В результате применения экспоненциального сглаживания будет получен ряд экспоненциальных средних значений скоростей потока входящего трафика на каждом битовом/байтовом интервале исходного ряда. Значения этого ряда будут колебаться в диапазоне от 0 до 1. Фактически, они обозначают долю от пропускной способности сетевого интерфейса на конкретный момент времени.

Для профилирования трафика нет необходимости вычислять среднее значение скорости на каждом элементарном временном интервале. Необходимо знать это значение на момент поступления очередного фрейма, так как оно может превышать установленное ограничение скорости входящего трафика. Также необходимо знать экспоненциальное среднее значение скорости на момент потенциального окончания приема фрейма, так как при приеме и дальнейшей передаче этого кадра возможно превышение установленного ограничения скорости. Для вычисления этого значения необходимо знать длину поступившего фрейма, которую можно получить из его поля длины в заголовке.

Вычисления экспоненциального среднего значения скорости упрощаются в случае с временным рядом, членами которого являются только единицы. Формула (2) принимает следующий вид:

$$S_t = \alpha \cdot \sum_{i=0}^{t-1} (1 - \alpha)^i + (1 - \alpha)^t \cdot S_0 \quad (3)$$

Когда информации о предыдущих значениях скорости отсутствует или равна нулю, формула (3) принимает вид:

$$S_t = \alpha \cdot \sum_{i=0}^{t-1} (1 - \alpha)^i \quad (4)$$

В случае паузы формула (3) приводится к виду:

$$S_t = (1 - \alpha)^t \cdot S_0 \quad (5)$$

$\sum_{i=0}^{t-1} (1-\alpha)^i$ - это сумма геометрической прогрессии, где $(1-\alpha)$ - знаменатель прогрессии. Формула суммы прогрессии:

$$S_n = b_1 \cdot \frac{1 - q^n}{1 - q} \quad (6)$$

В нашем случае $b_1 = 1$, а $q = (1 - \alpha)$. Следовательно:

$$S_n = \frac{1 - (1 - \alpha)^n}{\alpha} \quad (7)$$

Подставим получившееся выражение в формулу (3) и сократим α :

$$S_t = 1 - (1 - \alpha)^t \cdot (1 - S_0) \quad (8)$$

Подставим (7) в формулу (4) и получим:

$$S_t = 1 - (1 - \alpha)^t \quad (9)$$

Формулы (5), (8) и (9) являются основными и используются для вычисления экспоненциального среднего значения скорости на момент поступления фрейма на входной интерфейс, а также на момент потенциального окончания приема поступившего фрейма.

Профилирование и шейпинг

Как уже упоминалось выше, при профилировании входящего трафика в момент появления очередного фрейма на входном порту происходит вычисление экспоненциальной средней скорости трафика. Если будет превышена установленная пороговая скорость, фрейм уничтожается. Также скорость будет вычислена на момент потенциального окончания приема фрейма. В этом случае при превышении порогового значения фрейм можно уничтожить, маркировать как не соответствующий профилю, продолжив при этом его обработку и последующую передачу по сети, или пропустить без маркировки, что возможно для более мягких политик по отношению к характеристикам трафика, когда позволяется незначительное превышение порогового значения скорости.

При шейпинге исходящего трафика необходимо задать такую межфреймовую паузу, чтобы скорость на момент окончания передачи очередного фрейма не превысила установленную в качестве пороговой. Если окажется, что значение экспоненциальной средней скорости превышает пороговую, то межфреймовую паузу необходимо увеличить. При этом оптимальным вариантом является такой, при котором скорость на момент окончания передачи фрейма будет чуть меньше или равна пороговой.

Оценка эффективности управления трафиком с использованием экспоненциального сглаживания была выполнена методами имитационного моделирования, в частности, с использованием аппарата временных цветных сетей Петри. В качестве системы моделирования выбран свободно распространяемый пакет CPN Tools, который, благодаря функциональности и широкому набору инструментов, позволяет моделировать различные аспекты поведения сложных телекоммуникационных систем.

Для анализа временных характеристик работы модели устройства экспоненциального сглаживания, осуществляющего профилирование трафика с последующей его буферизацией и шейпингом исходящего трафика, была разработана цветная временная сеть Петри.

Результаты моделирования на равномерном (фреймы одинакового размера поступают через равные промежутки времени) трафике позволяют сделать вывод о корректности работы всех частей модели. Рассматриваемый алгоритм пока не применяется в современной аппаратуре для осуществления шейпинга и профилирования в связи с вычислительной сложностью.

Целями дальнейших исследований являются: изучение эффективности модели на трафике с различным профилем, определение статистической погрешности оценки средней скорости, вычисляемой по методу экспоненциального сглаживания, модификация алгоритма вычисления средней скорости по методу экспоненциального сглаживания с целью уменьшения его вычислительной сложности.

1. Кучерявый, Е. А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет // С-Пб.: Наука и техника, 2004.
2. Механов, В. Б. Применение сетей Петри для моделирования телекоммуникаций с поддержкой качества обслуживания // Труды XVII Всероссийской научно-методической конференции "Телематика 2010 Том 2 // С-Пб.: СПбГУ ИТМО, 2010.
3. Механов, В. Б., Домнин, А. Л. Моделирование алгоритмов управления полосой пропускания цветными сетями Петри // Новые информационные технологии и системы : труды 9-ой Международной научно-технической конференции : в 2 ч. // Пенза:Изд-во ПГУ, 2010. - Ч.2. -220 с.
4. Олифер, В. Г., Олифер, Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 3-е изд. // СПб.:Питер, 2008. - 958 с.:ил.
5. Таненбаум, Э. Компьютерные сети, 4-е изд. // СПб.: Питер, 2002.