

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО СГЛАЖИВАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРАФИКОМ В СЕТЯХ С ПОДДЕРЖКОЙ QOS

© Домнин А.Л.*

Пензенский государственный университет, г. Пенза

Рассматривается возможность применения алгоритма экспоненциального сглаживания для профилирования и шейпинга потоков данных в сетях с пакетной коммутацией. Приводится цветная временная сеть Петри, моделирующая предложенные алгоритмы.

Ключевые слова: трафик, качество обслуживания, профилирование, шейпинг, экспоненциальное сглаживание, сети Петри.

Механизмы обеспечения качества обслуживания (QoS) играют важную роль в современных телекоммуникационных технологиях, обеспечивая возможность работы мультимедийных приложений (радио и видеотрансляция, IP-телефония и др.) в сетях с пакетной коммутацией. Они оказывают непосредственное влияние на такие параметры как задержка пакетов, ее вариация (джиттер), скорость передачи и потеря данных [1].

Классическими методами управления трафиком, которые реализуются на граничном оборудовании сетей, являются: маркировка трафика, профилирование – проверка параметров трафика на соответствие соглашению об уровне обслуживания (SLA) и шейпинг – сглаживание пульсаций трафика. Особенно значимое влияние методы управления оказывают в моменты всплесков и перегрузок, когда возможны потери фреймов вследствие переполнения буферов, непредсказуемые колебания задержек [2].

Обязательным компонентом любой политики управления трафиком является измерение скорости потоков данных. Существуют следующие алгоритмы измерения скорости:

- усреднение на смежных временных интервалах, которое, однако, не позволяет оценивать скорость потоков с высокой пачечностью;
- «скользящее окно» обеспечивает хорошую аппроксимацию средней скорости потока, но для реализации необходимо много вычислительных ресурсов;
- алгоритмы «дырявого ведра» и «ведра токенов» достаточно просто реализуются и поэтому широко используются для нужд профилирования и шейпинга, но, фактически, они выполняют не измерения текущей скорости потока, а лишь ее допусковый контроль.

В настоящее время очень активно развиваются различные адаптивные методы управления трафиком, использующие краткосрочное прогнозирование

* Аспирант кафедры «Вычислительная техника».

ние поведения трафика на основе оперативно вычисляемых в реальном времени параметров (скорости передачи).

В настоящей работе предлагается для измерения скорости потока данных использовать алгоритм экспоненциального сглаживания – метод математического преобразования, используемый при краткосрочном прогнозировании временных рядов [3].

Если выполнять традиционное экспоненциальное сглаживание профиля трафика непосредственно в канале, то для произвольного момента времени $t_j = j\Delta T$, где ΔT – длительность битового / байтового интервала, значение экспоненциальной средней скорости V_j будет равно $V_j = \alpha X_j + (1 - \alpha)V_{j-1}$, где X_j мгновенная скорость передачи в момент t_j , которая может принимать значения 0 если в это время в канале не ведется передача данных или значение пропускной способности канала V_0 (в дальнейшем будем считать, что $V_0 = 1$), α – постоянная сглаживания ($0 < \alpha < 1$).

Для целей управления трафиком важно учитывать скорость передачи трафика не в произвольный момент времени, а либо в моменты окончания межфреймовой паузы (начала передачи фрейма), либо на момент окончания передачи фрейма. Кроме того, сглаживаемый профиль трафика представляет собой временной ряд, состоящий из нулей и единиц. Последовательность единиц обозначает количество битовых / байтовых интервалов, в течение которых передавался фрейм, а последовательность нулей – количество битовых / байтовых интервалов, в течение которых была пауза между фреймами. Поэтому для вычисления экспоненциальной средней скорости трафика можно использовать следующие формулы:

$$\begin{cases} VP_i = (1 - \alpha)^{P_i} VL_{i-1} \\ VL_i = 1 - (1 - \alpha)^{L_i} (1 - VP_i) \end{cases},$$

где VP_i , VL_i – средние скорости соответственно на начало и конец передачи i -ого фрейма;

P_i и L_i – длительности межфреймовой паузы и времени передачи i -ого фрейма.

На рис. 1а представлен профиль трафика, а на 1б – соответствующий этому профилю временной ряд экспоненциальных средних значений скорости.

В зависимости от цели использования алгоритма дальнейшие шаги различаются. При профилировании входящего трафика в начале передачи каждого фрейма прогнозируется значение VL_i , которое сравнивается с заданным V_{\max} . При превышении ограничения фрейм либо уничтожается, либо маркируется как не соответствующий заданному профилю. При шейпинге исходящего трафика в случае, когда VL_i получается большим, нежели имеющееся ограничение, необходимо увеличить продолжительность паузы. Для этого вычисляется превышение $\Delta V_i = VL_i - V_{\max}$ и значение экспоненциального

среднего значения скорости на момент окончания паузы $VP_i^* = VP_i - \Delta V$, требуемое для комфортной передачи i -го фрейма. Длительность паузы P_i^* находим по формуле:

$$P_i^* = \log_{(1-\alpha)} \frac{VP_i^*}{VL_{i-1}} = \log_{(1-\alpha)} \frac{VP_i - \Delta V_i}{VL_{i-1}}.$$

Для инженерной реализации алгоритма необходимо уменьшить его вычислительную сложность. Это возможно путем линейной аппроксимации экспоненциальной передаточной характеристики, что позволяет свести до 2 количество умножений при обработке каждого фрейма.

Оценка эффективности управления трафиком с использованием экспоненциального сглаживания была выполнена методами имитационного моделирования, в частности, с использованием аппарата иерархических 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 [4-5].

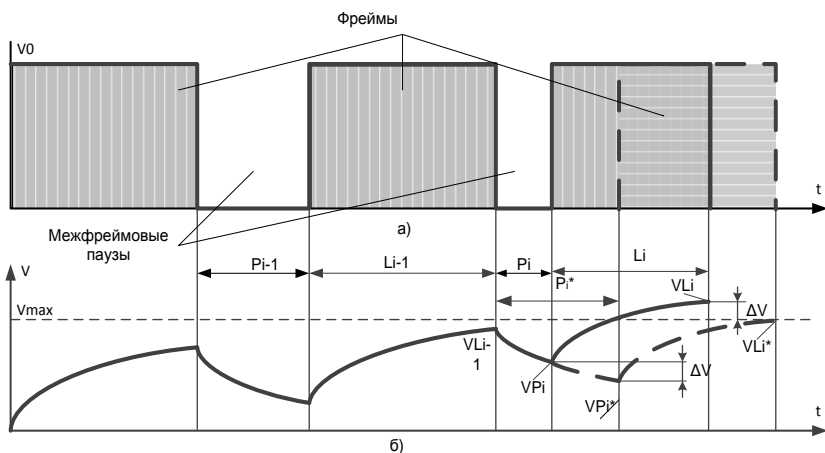


Рис. 1. Вычисление экспоненциальной средней скорости трафика

Для анализа временных характеристик работы модели устройства экспоненциального сглаживания, осуществляющего профилирование трафика с последующей его буферизацией и шейпингом исходящего трафика, была разработана сеть Петри, представленная на рис. 2.

Профилирование используется для контроля средней скорости. Трафик, не подходящий под временные характеристики заданные в профилировщике, маркируется. Затем фреймы отправляются в буфер, работающий в связке с

шейпером. Шейпер, в свою очередь, придает исходящему трафику необходимые временные характеристики сглаживая всплески.

В позицию *Traf input* модели помещается фишка, соответствующая фрейму Ethernet, тегированному в соответствии со стандартом IEEE 802.1Q. Переход *Exponential average* реализует профилирование трафика по алгоритму экспоненциального сглаживания. Позиция *EA param* содержит фишку с параметрами профилировщика, а позиция *EA data 1* содержит фишку с результатами предыдущего этапа вычислений.

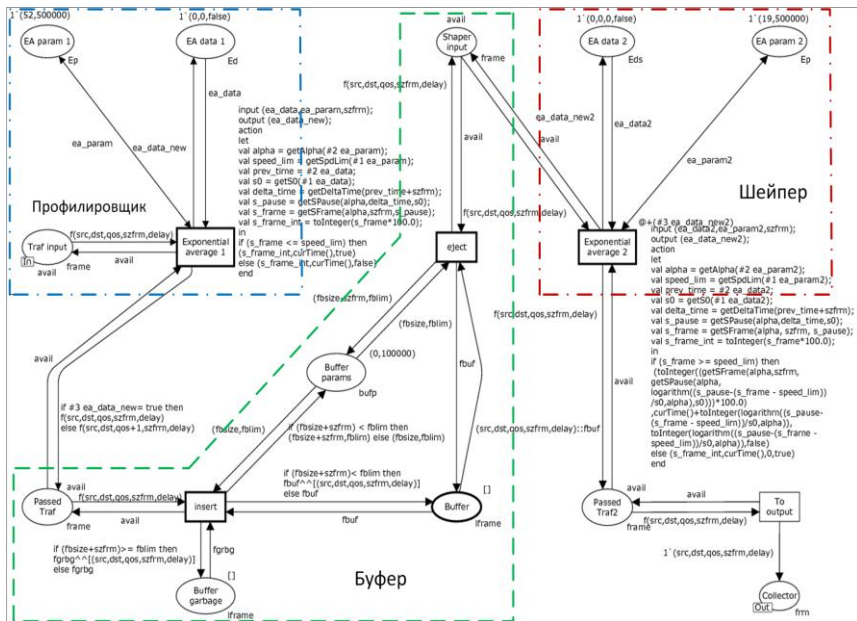


Рис. 2. Сеть Петри, моделирующая работу узла управления трафиком по алгоритму экспоненциального сглаживания

Пройдя этап профилирования, фрейм поступает в буфер. Цвет позиции *Buffer params* позволяет реализовать FIFO-буфер. Позиция *Buffer params* содержит фишку с параметрами буфера: его текущим и максимальным объемом. Переход *insert* реализует логику помещения фрейма в буфер. Если в нем недостаточно или отсутствует свободное место, фрейм уничтожается – перемещается в позицию *Buffer garbage*. За извлечение фрейма из буфера и перемещение его в позицию *Shaper input* отвечает переход *eject*.

Переход *Exponential average 2* реализует шейпирование трафика по алгоритму экспоненциального сглаживания. Позиция *EA param 2* содержит фишку с параметрами шейпера, а позиция *EA data 2* – фишку с результатами предыдущего этапа вычислений. По итогам моделирования все фишки,

составляющие успешно обработанный модельный трафик, будут находиться в позиции *Collector*.

Результаты моделирования на равномерном (фреймы одинакового размера поступают через равные промежутки времени) трафике позволяют сделать вывод о корректности работы всех частей модели. Сравнительное моделирование предложенного алгоритма и алгоритмов «ведра токенов» на стохастическом потоке показало близость их характеристик. Рассматриваемый алгоритм пока не применяется в современной аппаратуре для осуществления шейпинга и профилирования, однако, уменьшив его вычислительную сложность, вполне возможно будет использовать для указанных целей.

Список литературы:

1. Вегешна Ш. Качество обслуживания в сетях IP. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.
2. Кучерявый Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет. – СПб.: Наука и техника, 2004.
3. Грешилов А.А., Стакун В.А., Стакун А.А. Математические методы построения прогнозов. – М.: Радио и связь, 1997.
4. Механов В.Б. Применение сетей Петри для моделирования механизмов обеспечения QoS в компьютерных сетях // Материалы международ. симпозиума «Новые информационные технологии и менеджмент качества (NIT&MQ'2010)» / ФГУ ГНИИ ИТТ «Информика». – М.: ЭГРИ, 2010.
5. Механов В.Б., Домнин А.Л. Моделирование алгоритмов управления полосой пропускания цветными сетями Петри // Труды IX Международ. научно-технической конференции «Новые информационные технологии и системы»: в 2 ч. Ч. 2. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2010.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ МНОГОЛУЧЕВОГО УКВ СИГНАЛА В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

© Катруша А.Н.*

Военно-учебный научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия
им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж

Проведен анализ и выявлены недостатки методики расчета результирующей напряженности поля над отражающей поверхностью; пред-

* Научный сотрудник научно-исследовательского отдела военно-технических исследований перспективных направлений развития системы РЭБ и информационной безопасности, кандидат технических наук.