

## **ТРЕБОВАНИЯ К ПЕРСПЕКТИВНЫМ СРЕДСТВАМ КОНТРОЛЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПЕРЕГРУЗОК В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ**

Старкова Е.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Ленина, каф. Телекоммуникационных систем, тел. (057) 702-13-20,  
E-mail: Elena\_Starkova@ukr.net

The given work is devoted to the problems of congestion control and congestion avoidance in networks. It is noted that the most common means of congestion avoidance are Active Queue Management (AQM) algorithms, implemented on the routers. AQM algorithms have been designed to be able to actively control the average queue length in routers supporting TCP traffic, and thus to be able to prevent congestion and resulting packet loss as much as possible. The basic drawbacks of these algorithms are indicated and the requirements that they must satisfy are formulated.

Современные телекоммуникационные системы (ТКС) характеризуются неуклонным ростом количества пользователей, предоставляемых услуг и разработкой и совершенствованием различных сетевых технологий. Тенденции развития ТКС указывают на внедрение и развертывание концепции сетей следующего поколения Next Generation Network (NGN) [1], отличительной особенностью которых является предоставление широкого спектра услуг, включая услуги в реальном времени и услуги доставки информации, в том числе мультимедийные услуги, через единую инфраструктуру. При этом возрастают и требования, которые предъявляются к качеству обслуживания предоставляемых услуг, регламентируемых в различных международных и местных стандартах, например, ITU-T. При этом эффективность телекоммуникационных сетей во многом зависит от результативности решения задач управления сетевыми ресурсами. К таким средствам относятся протоколы маршрутизации, алгоритмы профилирования трафика, дисциплины обслуживания и ограничения очередей, алгоритмы явного уведомления о перегрузках, а также механизмы контроля перегрузок, заложенные в протокол транспортного уровня TCP.

Немаловажную роль играют механизмы контроля и предотвращения перегрузок, которые могут быть классифицированы различными способами и по различным признакам. Одна из основных классификаций основана на том, где именно реализован механизм: на оконечных (Primal, end-system-based, source-based, TCP-friendly protocols) или на промежуточных устройствах сети (Dual, router-based). Примерами первых являются различные механизмы борьбы с перегрузками, заложенные в протокол TCP, отвечающий за надежную доставку пакетов получателю - Rate Adaptation Protocol (RAP), Loss-Delay Based Adaptation Algorithm (LDA), Inverse-Increase/Additive-Decrease (IIAD).

Однако протокол TCP обнаруживает перегрузку после того, как пакет был отброшен из очереди. Ситуация постоянной загруженности очередей крайне нежелательна, поскольку это существенно увеличивает задержку доставки пакетов получателю. Следовательно, с учетом постоянно увеличивающихся скоростей передачи в сетях все более существенной становится необходимость использования механизмов, позволяющих удерживать производительность на высоком уровне, при этом сохраняя размер очереди минимальным насколько это возможно. Для того, чтобы выполнить данное требование, протокол TCP в процессе борьбы с перегрузками зачастую полагается на результат работы дисциплин ограничения очередей, реализуемых на промежуточных устройствах – маршрутизаторах. Такое решение было реализовано исходя из того факта, что обнаружение перегрузки может быть осуществлено более эффективно именно на самом маршрутизаторе. Маршрутизатор может достаточно четко разграничивать задержки распространения и продолжительные задержки пакетов в очереди. Только у маршрутизатора есть целостное представление об изменении состояния очереди во времени.

Наибольшее распространение среди дисциплин ограничения очередей получили AQM-алгоритмы [2-5], к числу которых относятся Random Early Detection (RED) и мно-

жество его модификаций – Weighted RED, Adaptive-RED (ARED), Fair Random Early Detection (FRED), Balanced RED (BRED), Stabilized RED (SRED), Double Slope Random Early Detection (DSRED). Согласно принципам работы подобных алгоритмов для предотвращения перегрузки сети используется превентивный подход, согласно которому вместо ожидания фактического переполнения очереди, отбрасывание пакетов начинается с ненулевой вероятностью, когда средний размер очереди превысит определенное минимальное пороговое значение. Основными целями AQM-алгоритмов являются [2-5]:

1. Обеспечение механизма заблаговременного обнаружения сетевых перегрузок, который начинает отбрасывание пакетов из очереди на маршрутизаторе до того, как перегрузка существенно повлияет на производительность сети. При этом существенность этого влияния зависит от параметров Quality of Service (QoS), требуемых при доставке пакетов того или иного трафика.

2. Уменьшение количества потерь пакетов, возникающих вследствие переполнения буферного пространства маршрутизаторов, что достигается за счет поддержки величины среднего значения очереди достаточно малой, следовательно, оставляя место для временных всплесков.

3. Поддержка интерактивных сервисов, критичных к задержке, поскольку гарантия небольшой величины среднего значения очереди способствует малым задержкам из конца в конец.

4. Предотвращение случаев блокировки (lock-out) потоков с низкой скоростью передачи и пульсирующих потоков и гарантия справедливого обслуживания различных типов трафика.

Однако проведенный анализ показал, что основными недостатками AQM-алгоритмов является

- отсутствие согласованности решения задач контроля и предотвращения перегрузок при управлении трафиком из конца в конец и на промежуточных устройствах (с результатами работы протоколов маршрутизации, протоколов управления трафиком на транспортном уровне);
- отсутствие у большинства AQM-алгоритмов возможностей адаптироваться к различным интенсивностям трафика и другим параметрам сети;
- чувствительность к количеству источников/потоков, претендующих на сетевые ресурсы;
- концентрация внимания лишь на одном аспекте проблемы (например, решение задачи по обеспечению справедливости обслуживания различных типов трафика, по уменьшению сложности реализации или вычислительных затрат);
- отсутствие ограничений для агрессивных, неадаптивных потоков (например, использующих протокол UDP для транспортировки), что имеет негативное влияние на TCP-потоки, уменьшающие интенсивность передачи при обнаружении потери пакета;
- в основе этих алгоритмов зачастую лежат эвристические схемы обслуживания очередей, которые являются причиной низкой производительности соединений и увеличения значения задержка/джиттер.

Перечисленные недостатки алгоритмов и механизмов управления трафиком являются факторами, которые приводят к неустойчивости функционирования ТКС вследствие потерь пакетов данных и колебаний интенсивности трафика. Такие последствия становятся очевидными, поскольку реакцией на потери пакетов являются их повторная передача в рамках TCP-сеансов (отсюда возникновение эффекта глобальной синхронизации (global synchronization), для борьбы с которым на сегодняшний день существует лишь алгоритм RED).

Принимая во внимание вышеперечисленные недостатки можно сформулировать следующие требования к перспективным AQM-алгоритмам:

- учет требований по задержке и производительности одновременно. Некоторые AQM-алгоритмы могут удовлетворять требованиям отдельных типов трафика, однако эти

алгоритмы слишком сложно реализуемы и неприменимы в условиях высокой загруженности, что влечет высокие вычислительные затраты;

- учет особенностей широковещательного и многоадресного трафика, игнорирование которых приводит к низкой эффективности использования пропускной способности и низкому качеству получаемой услуги;

- учет различных сетевых параметров и условий (например, уровень загруженности). В основном современные AQM-алгоритмы используют настройку интенсивности отбрасывания пакетов для борьбы с проблемой перегрузки сети, не принимая во внимание другие сетевые параметры и условия (например, уровень загруженности);

- адаптивность к постоянно меняющимся условиям функционирования сети, что снизит необходимость в административной настройке большого количества параметров;

- использование математических моделей отбрасывания пакетов, закладываемых в основу алгоритма и позволяющих более эффективно реагировать на перегрузки, особенно в условиях высокой загруженности сети.

Таким образом, в виду стремительного развития телекоммуникационных технологий, гетеродинности трафика, расширения перечня услуг и ужесточения требований к их качеству немаловажным аспектом является обеспечение эффективного функционирования сети. Это достигается за счет использования различных средств управления сетевыми ресурсами, в том числе алгоритмов и механизмов контроля и предотвращения перегрузок, к которым относятся алгоритмы активного управления очередями AQM. Несмотря на существование множества подобных алгоритмов [2-5], наибольшее распространение среди которых получил алгоритм раннего обнаружения перегрузок RED, практика показывает ряд присущих им недостатков, которые приводят к неэффективному использованию сетевых ресурсов, потерям пакетов и снижению производительности сети. Среди прочего к таким последствиям приводят несовершенство математических зависимостей для расчета вероятности отбрасывания пакетов, которые лежат в основе работы AQM-алгоритмов. Следовательно, актуальной является задача пересмотра и усовершенствования математических моделей отбрасывания пакетов, более точно отражающих процессы функционирования сети с целью недопущения перегрузок при сохранении относительной простоты реализации алгоритма.

#### **Литература:**

1. Бакланов И. Г. NGN: принципы построения и организации / И. Г. Бакланов; под ред. Ю. Н. Чернышова. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 400 с.

2. G. Thiruchelvi A Survey On Active Queue Management Mechanisms / G. Thiruchelvi, J. Raja // IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security. – 2008. – Vol. 8, №. 12. – Pp. 130 – 145.

3. M. Lestas Queue length based Internet congestion control / M. Lestas, A. Pitsillides, P. Ioannou and G. Hadjipollas // IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control. – 2007. – Pp. 584 – 589.

4. I-Shyan Hwang QoS-Aware Active Queue Management for Multimedia Services over the Internet / I-Shyan Hwang, Bor-Jiunn Hwang, Pen-Ming Chang, Cheng-Yu Wang // Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, IMECS 2010. – 2010. – Vol II. – Pp. 774 – 779.

5. G.F.Ali Ahammed Analyzing the Performance of Active Queue Management Algorithms / G.F.Ali Ahammed, Reshma Banu // International journal of Computer Networks & Communications (IJCNC). – 2010. – Vol.2, No.2. – Pp. 36 – 55.