

В.М. ПОШТАРЕНКО, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ»;
В.С. КРАВЧЕНКО, магистрант, НТУ «ХПИ»

МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ПЕРЕГРУЗКАМИ НА КРИТИЧЕСКИХ УЧАСТКАХ СЕТИ

В работе рассмотрены методы борьбы с перегрузками на критических участках сети. Разработана имитационная модель магистральной сети IP/MPLS для проверки эффективности методов MPLS Traffic Engineering и сравнительной оценки производительности сети при различных сценариях управления пропускной способностью.

Ключевые слова: магистральные сети IP/MPLS, Traffic Engineering, имитационная модель, производительность сети

Постановка задачи и анализ литературы. Основным принципом работы протоколов маршрутизации в сетях с коммутацией пакетов вот уже долгое время является выбор маршрута на основе топологии сети без учета информации о текущей загрузке.

Данные протоколы реализуют преимущественно однопутевую стратегию маршрутизации, находя кратчайший путь с помощью общеизвестных методов, однако зачастую их применение приводит к нарушению сбалансированности сети, особенно при быстрых изменениях ее структуры в критических ситуациях.

Комплексный подход к обеспечению требуемого качества обслуживания и сбалансированности сети предлагает технология многопротокольной маршрутизации меток MPLS, трансформирующая IP-сети в сети виртуальных соединений с сохранением основных IP-протоколов маршрутизации и обеспечивающая возможность расчета маршрута доведения не только для каждого пакета, но и для сообщения или всего трафика [1-3].

Управление потоками данных предполагает использование системных методов и алгоритмов управления трафиком (TE, traffic engineering), связанных с оптимизацией рабочих характеристик сетей и включающих технологию и научные принципы измерения, моделирования, описания и управления трафиком для получения требуемых рабочих характеристик [4].

TE включает набор взаимосвязанных сетевых элементов, систему мониторинга состояния сети, и набор средств управления конфигурацией как отклик на текущее состояние сети, и позволяет превентивно, используя прогнозирование состояния и тенденций развития трафика, предпринимать действия, предотвращающие нежелательные будущие состояния.

Центральной функцией TE является эффективное управление пропуск-

ной способностью. В настоящее время в телекоммуникационных сетях используются различные методы TE. Большинство из них предполагает возможность внешней параметризации, т.е. передачи параметров трафика непосредственно используемым алгоритмам управления. Некоторые из методов, как, например, метод мультипротокольной коммутации пакетов по меткам (MPLS), позволяющий инкапсулировать различные протоколы передачи данных и независимый от каких-либо протоколов механизмов передачи данных, допускают модификацию или замену алгоритмов управления, входящих в реализуемую технологию управления.

Для эффективного управления ресурсами сети используются следующие методы [5-7]:

- метод определения профиля нагрузки звена телекоммуникационной сети на основе анализа пропускной способности звена;
- метод прогнозирования фрактального трафика, использующий оценки статистических характеристик второго порядка и свойство масштабной инвариантности трафика, позволяющий на основе данных об отсчетах, полученных до фиксированного момента времени t_n , получить оценки отсчетов и возможного числа сингулярностей в поведении трафика на интервале прогнозирования (t_n, t_{n+k}) при выборе кратномасштабных коэффициентов корреляции отсчетов;
- метод динамического управления распределением нагрузки виртуальных соединений, учитывающий при прогнозировании фрактальный характер создаваемого трафика;
- методы управления перераспределением пропускной способности виртуального соединения с учетом приоритетов и конкуренции между интегральными потоками данных при динамическом резервировании пропускной способности.

Аналитическая оценка параметров трафика на критических участках сети представляет значительную сложность.

Целью статьи разработка имитационной модели для исследования и сравнительной оценки методов управления трафиком в сети IP/MPLS на критических участках сети.

Основная часть. Для проверки эффективности методов MPLS TE предлагается имитационная модель сети, позволяющая оценить производительность сети в случае использования методов управления пропускной способностью и приоритетов качества обслуживания (QoS, quality of service).

Хорошо известно, что TCP трафик является чувствительным к перегрузкам, а UDP трафик – не чувствительным. В данной работе моделируется сценарий разрыва на линии с образованием критического участка сети. Пропускная способность каналов подобрана так, чтобы на критическом участке возникали перегрузки.

Для изучения производительности сети используется принцип генерации одностороннего чувствительного и нечувствительного к перегрузкам трафика с использованием и без MPLS TE.

Модель разработана в среде OPNET Modeler. Топология состоит из 6 сетей, 6 граничных маршрутизаторов и 5 маршрутизаторов ядра. Для маршрутизации используется OSPF и MPLS. В сети настроены потоки трафика TCP и UDP.

Основные компоненты сети (рис. 1):

- разрыв (1);
- UDP Source (3) – источник UDP трафика, генерирует переменный UDP трафик (от 1,5 Мб/с до 4 Мб/с);
- TCP Source 1 (4), TCP Source 2 (5) – источники TCP трафика (1,5 Мб/с);
- UDP/TCP Dest (6) – сеть назначения для потоков UDP/TCP;
- критический участок сети (2), где возникают перегрузки.

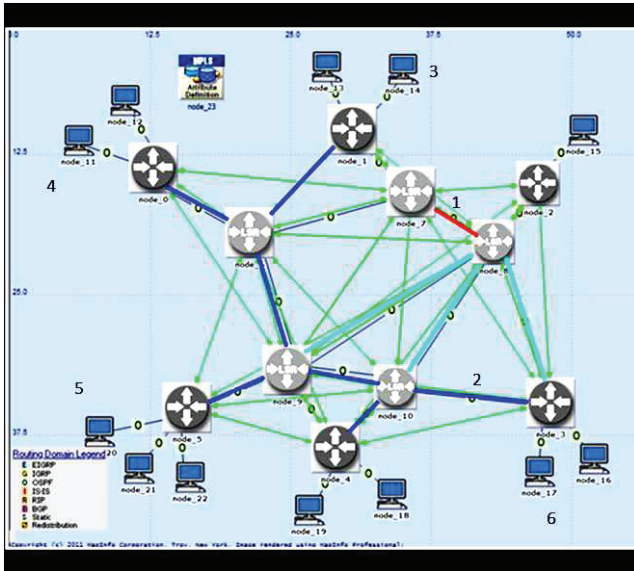


Рисунок 1 – Топология сети:

- – стандартные маршруты;
- – дополнительные маршруты

Все маршрутизаторы поддерживают MPLS и сконфигурированы так, чтобы алгоритмы MPLS TE включались только при определении LSP – маршрутов коммутации по меткам. Пока LSP не определены, маршрутизация происходит при помощи протокола OSPF.

Для исследовательских целей была выбрана пропускная способность

критического участка сети 4,5 Мб/с, пропускная способность дополнительных каналов 1,5 Мб/с.

В данной работе рассматривается пропускная способность сети и влияние алгоритмов MPLS TE на распределение трафика, поступающего в сеть назначения.

Результатами моделирования является оценка продуктивности сети MPLS в таких случаях:

- 1 Сценарий 1: В сети нет определенных LSP (без MPLS TE). UDP источник генерирует увеличивающийся трафик (1,5 Мб/с; 2,5 Мб/с; 3,5 Мб/с; 4,0 Мб/с). Рассматривается распределение трафика, поступающего в сеть назначения. Результат симуляции представлен на рис. 2-5.

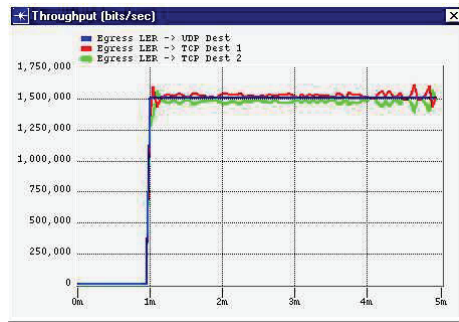


Рисунок 2 – Все потоки 1,5 Мб/с

Таким образом, когда суммарный посылаемый трафик стал больше пропускной способности канала критического участка сети, чувствительный к перегрузкам TCP трафик стал снижаться. Производительность в данном случае значительно падает, так как сеть практически не способна передавать TCP трафик.

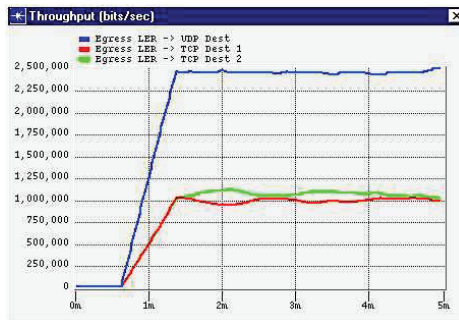


Рисунок 3 – Увеличение UDP трафика до 2,5 Мб/с

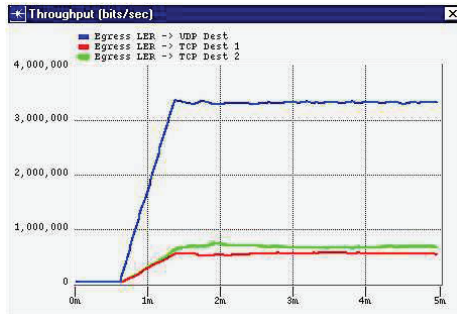


Рисунок 4 – Увеличение UDP трафика до 3,5 Мб/с

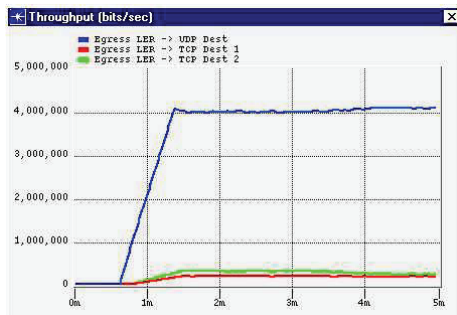


Рисунок 5 – Увеличение UDP трафика до 4,0 Мб/с

- 2 Сценарий 2: В сети определены 2 LSP: UDP + TCP поток 1, TCP поток 2 (Частичный MPLS TE). Второй поток TCP направлен в обход критического участка – через дополнительные каналы. UDP источник генерирует увеличивающийся трафик (1,5 Мб/с; 2,5 Мб/с; 3,5 Мб/с; 4,0 Мб/с). Рассматривается распределение трафика, поступающего в сеть назначения. Результат симуляции представлен на рис. 6-9.

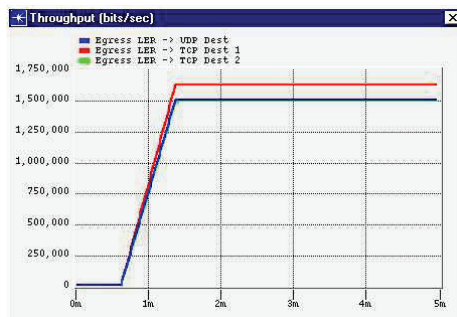


Рисунок 6 – Все потоки 1,5 Мб/с

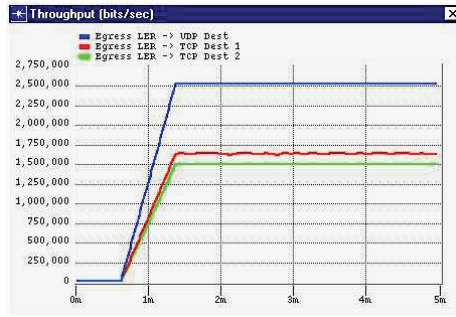


Рисунок 7 – Увеличение UDP трафика до 2,5 Мб/с

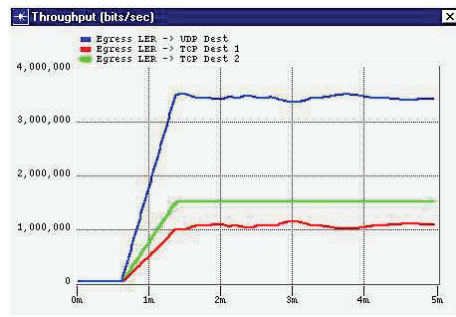


Рисунок 8 – Увеличение UDP трафика до 3,5 Мб/с

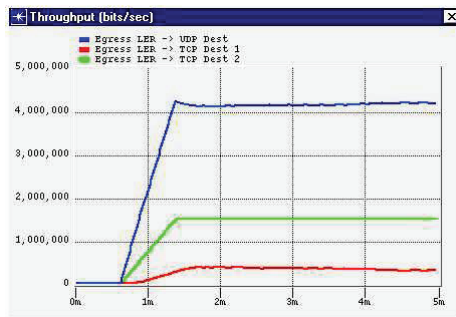


Рисунок 9 – Увеличение UDP трафика до 4,0 Мб/с.

Таким образом, трафик TCP поток 2 не испытывает никаких потерь пропускной способности при увеличении UDP трафика. Тем не менее, трафик TCP поток 1 по-прежнему ведет себя так же, как в сценарии 1.

- 3 Сценарий 3: В сети определены LSP для каждого потока, приоритет TCP трафика был задан выше приоритета UDP трафика (MPLS TE + QoS). TCP поток 1 и UDP трафик направлены через критический участок. TCP поток 2 направлен через дополнительные каналы. UDP

источник генерирует увеличивающийся трафик (1,5 Мб/с; 2,5 Мб/с; 3,5 Мб/с; 4,0 Мб/с). Рассматривается распределение трафика, поступающего в сеть назначения. Результат симуляции представлен на рис. 10-13.

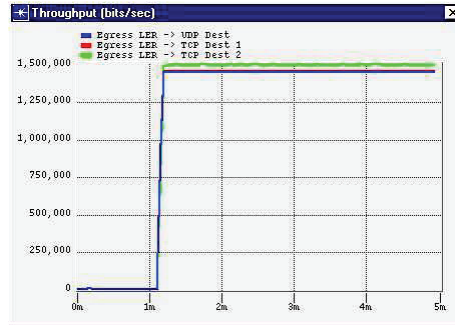


Рисунок 10 – Все потоки 1,5 Мб/с

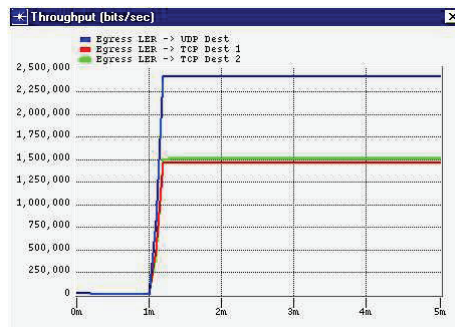


Рисунок 11 – Увеличение UDP трафика до 2,5 Мб/с

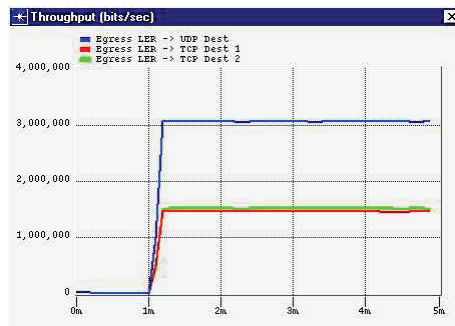


Рисунок 12 – Увеличение UDP трафика до 3,5 Мб/с

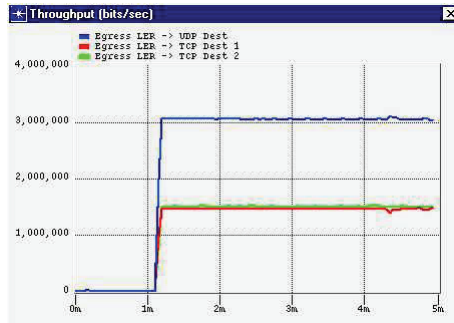


Рисунок 13 – Увеличение UDP трафика до 4,0 Мб/с

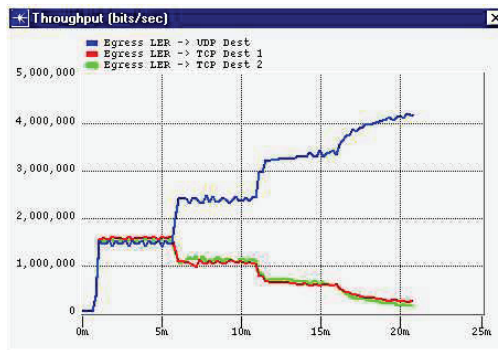


Рисунок 14 – Сценарий 1: Без MPLS TE. UDP трафик увеличивался на 1 Мб/с каждые 5 минут. Заметно снижение TCP трафика

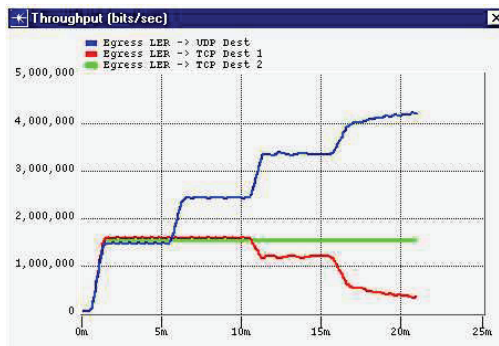


Рисунок 15 – Сценарий 2: Частичная реализация MPLS TE. UDP трафик увеличивался на 1 Мб/с каждые 5 минут. Заметно уменьшение трафика TCP, который делит общие ресурсы с UDP. Изолированный TCP трафик без изменений

Таким образом, TCP поток 1 не испытывает перегрузок, связанных с увеличением UDP трафика, потому что приоритет его передачи выше. TCP

поток 2, направленный в обход критического участка, так же не испытывает перегрузок. При увеличении суммарного трафика выше пропускной способности сети производительность передачи UDP трафика падает, что согласуется с выбранными параметрами качества обслуживания.

Рассмотрим графики для каждого сценария, на которых показана зависимость распределения трафика, поступающего в сеть назначения, от времени в случае увеличения UDP трафика на 1 Мб/с каждые 5 минут (рис. 14-16)

Производительность передачи UDP трафика ограничена пропускной способностью сети.

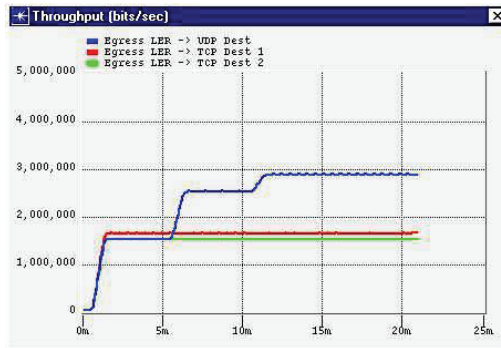


Рисунок 16 – Сценарий 3: Реализация MPLS TE + QoS. UDP трафик увеличивался на 1 Мб/с каждые 5 минут. TCP трафик без изменений

Выводы. В статье предложены методы борьбы с перегрузками на критических участках сети.

Результат моделирования показал эффективность и необходимость использования MPLS Traffic Engineering, основанном на методах предсказания нагрузки и управления перераспределением пропускной способности сети с учетом приоритизации QoS.

Список литературы: 1. Гольдштейн А.Б. Технология и протоколы MPLS / А.Б. Гольдштейн, Б.С. Гольдштейн. – СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2005. – 304 с. 2. MPLS Fundamentals / Luc De Ghein. – Cisco Press, 2006. – 672 p. 3. Panwar Li Y. On the Performance of MPLS TE Queues for QoS Routing / Li Y. Panwar, S. Liu C.J. // Simulation series. – 2004. – Vol. 36, part 3. – P. 170-174. 4. Кучук Г.А. Мінімізація середньої затримки пакетів при використанні ATM-технології // Інформатика. – К.: Наук. думка, 1999. – Вып. 7. – С. 166-169. 5. Вишневикий В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В.М. Вишневикий. – М.: Техносфера, 2003. – 512 с. 6. Данспар Д. Справочник по телекоммуникационным технологиям : пер. с англ. / Д. Данспар, Т. Скандьер. – М.: Вильямс, 2004. – 640 с. 7. Поповский В.В. Обзор и сравнительный анализ основных моделей и алгоритмов многопутевой маршрутизации в мультисервисных телекоммуникационных сетях / В.В. Поповский, А.В. Лемешко, Л.И. Мельникова // Прикладная радиоэлектроника. – 2005. – Т.4, вып. 4. – С. 372-382.

Поступила в редколлегию 29.04.2013

УДК 621.391

Методы борьбы с перегрузками на критических участках сети / В.М. Поштаренко,

В.С. Кравченко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХП», 2013. – № 27 (1000). – С. 129-138. – Бібліогр.: 7 назв.

У роботі розглянуті методи боротьби з перевантаженнями на критичних ділянках мережі. Розроблено імітаційну модель магістральної мережі IP/MPLS для перевірки ефективності методів MPLS Traffic Engineering і порівняльної оцінки продуктивності мережі при різних сценаріях управління пропускнуою здатністю.

Ключові слова: магістральні мережі IP/MPLS, Traffic Engineering, імітаційна модель, продуктивність мережі.

The methods of struggle against congestion in the critical parts of the network were suggested in this paper. We developed a simulation model of the trunk IP/MPLS network to test the effectiveness of methods for MPLS Traffic Engineering and to compare evaluations of network performance under different scenarios of throughput management.

Keywords: trunk IP/MPLS networks, Traffic Engineering, simulation model, network performance.