

В.М.ПОШТАРЕНКО, канд. техн. наук, доцент, НТУ «ХПІ»;
А.МЕРСНІ, магістр, НТУ «ХПІ»

ОПТИМІЗАЦІЯ МЕРЕЖ IP/MPLS НА ОСНОВІ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Розроблена імітаційна модель магістральної мережі IP/MPLS телекомунікаційної компанії МТС із застосуванням оптимізації у середовищі Network Simulator та проведено порівняння характеристик продуктивності мережі з традиційним розподілом навантаження в IP/MPLS мережах.

Simulation model of IP/MPLS backbone networks for telecommunication company MTS using optimization in Network Simulator environment is developed and capability comparison of network with traditional traffic distribution in IP/MPLS is performed.

Разработана имитационная модель магистральной сети IP/MPLS телекоммуникационной компании МТС с использованием оптимизации в среде Network Simulator и проведено сравнение характеристик производительности сети с традиционным распределением нагрузки в IP/MPLS сетях.

Постановка проблеми. Популярність технології IP/MPLS як однієї з основних технологій транспортного рівня NGN швидко зростає. Але IP/MPLS наслідуює проблеми пакетної мережі IP. По-перше, це забезпечення поліпшення якості обслуговування переданого трафіку, тобто зниження затримок, зменшення втрат та збільшення інтенсивності потоків трафіку. По-друге, завантаження всіх ресурсів мережі повинно бути максимально можливим для підвищення обсягів переданого трафіку.

До недавнього часу задача оптимального використання ресурсів мережі вирішувалася найчастіше за допомогою перерозподілу ресурсів окремого маршрутизатора між різними потоками, що протікають через нього. У той же час такий потужний засіб, як вибір шляхів проходження трафіку через мережу, традиційно застосовувалося в IP-мережах в дуже обмежених масштабах. Від шляхів прямування трафіку (при його фіксованій інтенсивності) залежить завантаження маршрутизаторів і каналів, а значить, і ефективність використання мережі.

В сучасних протоколах задача маршрутизації розглядається як вибір найкоротшого шляху до адресата на підставі одного з простих параметрів, наприклад, часу доставки (затримка). Питання оптимізації продуктивності не є для них основним, у результаті маршрутизація найкоротшим шляхом часто створює незбалансований розподіл трафіку і, як наслідок, неефективне використання ресурсів мережі. Обраний шлях може бути більш раціональним, якщо в розрахунок приймається номінальна пропускна спроможність каналів зв'язку чи затримки, що вносяться ними, або менш раціональним, якщо враховується тільки кількість проміжних маршрутизаторів між вихідною та кін-

цевою мережами, але в будь-якому випадку вибирається єдиний маршрут навіть при наявності декількох альтернативних (рис. 1).

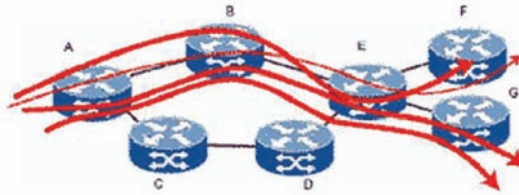


Рисунок 1 – Неefективність завантаження ресурсів мережі шляхами, що визначаються протоколами маршрутизації

Для вирішення завдань мінімізації перевантажень у процесі керування трафіком найбільш перспективними є методи Traffic Engineering (TE).

Під терміном Traffic Engineering розуміють методи і механізми досягнення збалансованості завантаження всіх ресурсів мережі за рахунок раціонального вибору шляху проходження трафіку через мережу. Механізм керування трафіком надає можливість встановлювати явний шлях, за яким будуть передаватися потоки даних.

Незважаючи на актуальність проблеми, до теперішнього часу немає чітко визначеного математичного апарату [7], який би здійснював оптимізацію мереж за допомогою TE. Тому для цього доцільне використання імітаційного моделювання, адже воно має такі переваги як легкість та наочність, а також можливість налаштування необхідної швидкості перебігу процесів у мережі.

Аналіз літератури. У літературі, присвяченій IP/MPLS [1, 2, 5], дедали більше уваги приділяється питанням керування трафіком. Але найбільш перспективні методи – методи Traffic Engineering розглянуті досить поверхово, а офіційні документи по цій темі поки мають рекомендаційний характер [6, 7]. У статті [3] розглянуто проблеми керування трафіком у IP мережах і засоби технології MPLS, які їх вирішують. Існуючі публікації, присвячені оптимізації мереж IP/MPLS [4, 8] мають складну практичну реалізацію і здебільшого призначені для мереж на етапі проектування. У роботах [9, 10] представлені варіанти оптимізації мережі із застосуванням імітаційного моделювання. Результати роботи [12] доводять, що використання імітаційної моделі існуючої мережі дозволяє ефективно керувати трафіком і підвищувати продуктивність мережі.

Метою статті є розробка імітаційної моделі мереж IP/MPLS, що виконує оптимізацію за критерієм максимальної продуктивності на основі методів Traffic Engineering.

Імітаційна модель розроблена у середовищі Network Simulator (NS) [11]. Топологія ядра мережі відповідає топології магістральної мережі

IP/MPLS оператора МТС, яка складається з 7 вузлів – великих міст України (рис. 2).

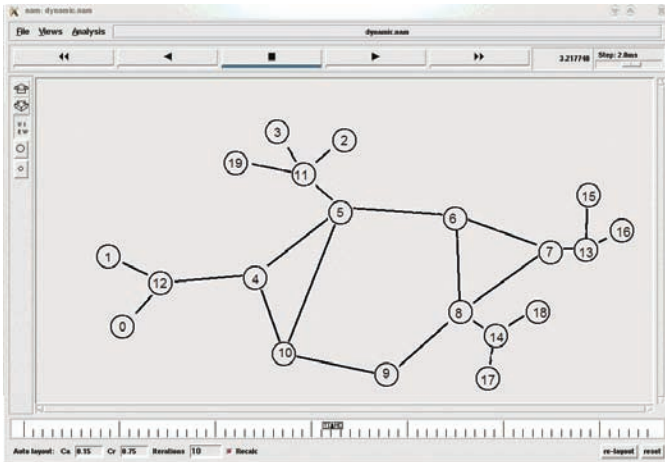


Рисунок 2 – Топологія мережі MPLS, що моделюється

Для передачі по мережі задано 5 потоків трафіку з постійною бітовою швидкістю і фіксованою довжиною пакетів з напрямками: 0→16, 1→15, 2→17, 3→18, 19→15. У процесі моделювання були задані пропускні спроможності каналів зв'язку 2-3 Мбіт/с.

Після того, як були задані вимоги для передачі трафіку, необхідно розподілити потоки трафіку. Трафік був заданий спеціально з урахуванням того, щоб мережа не змогла обслужити його повністю за найкоротшого шляху, що робить ефективність перенаправлення потоків наочною. Тобто такий варіант цілком може трапитися під час експлуатації реальної мережі.

Імітаційна модель відображає поведінку мережі у часі, тому для зняття часових характеристик продуктивності будемо у певний момент часу змінювати дизайн шляхів з комутацією по мітках (LSP) для можливості порівняння результатів роботи мережі у різних ситуаціях. Розглянемо ці ситуації.

1. Використання стандартної маршрутизації для знаходження LSP

При моделюванні мережі MPLS система NS автоматично виконала знаходження маршрутів для передачі заданого трафіку між абонентами, виходячи зі стандартних протоколів маршрутизації, які взаємодіють з MPLS. Згідно з ним для трафіку між граничними маршрутизаторами по мітках (LSR):

- LSR12 і LSR13 був встановлений LSP, що проходить через LSR4, LSR5, LSR6, LSR7;
- LSR11 і LSR14 був встановлений LSP, що проходить через LSR5, LSR6, LSR8;
- LSR11 і LSR13 був встановлений LSP, що проходить через вузли

LSR5, LSR6, LSR7 (рис. 3).

Як бачимо, LSR5 не справляється з навантаженням, є втрати пакетів і зниження швидкості передачі.

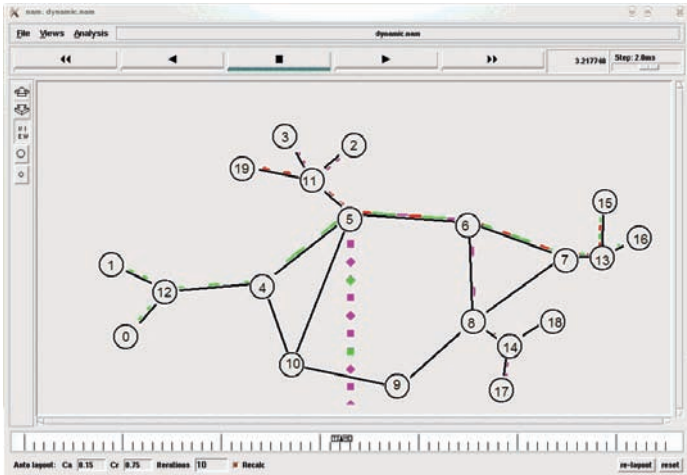


Рисунок 3 – Традиційна IP маршрутизація

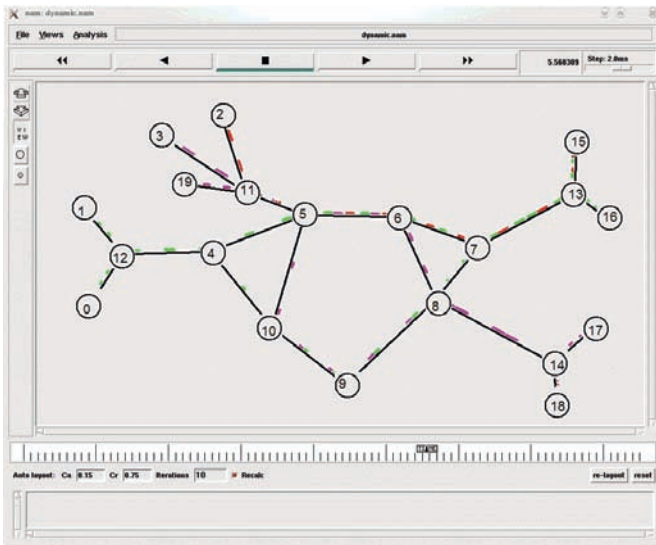


Рисунок 4 – Розподіл потоків з урахуванням оптимізації

2. Розподіл LSP з урахуванням оптимізації

Для розвантаження мінімального розрізу необхідно перенаправляти весь потік або частину потоку на альтернативний маршрут, якщо такий існує. Та-

ким чином замість використання тільки одного LSP з традиційним алгоритмом маршрутизації ми встановлюємо два LSP для кожного потоку і отримуємо наступний дизайн LSP (рис. 4).

Результатами моделювання є оцінка продуктивності MPLS в таких випадках:

- 1) при використанні тільки одного LSP для потоку між LSR12 і LSR13 і одного LSP між LSR11 і LSR14. Це відповідає часовому інтервалу 0-3,5 с (рис. 5), після чого дизайн LSP змінюється;
- 2) при передачі пакетів по двом LSP для потоку між LSR12 і LSR13 і по двом LSP між LSR11 і LSR14 (рис. 5).

Оцінювалася динаміка зміни продуктивності магістралі. Ця процедура описує створення графіку, який ілюструє поведінку мережі у часі, а саме – програмує зняття через проміжки часу миттєвих значень швидкості надходження даних у визначених вузлах, що визначається у Мбіт/с. Отриманий графік представлений на рис. 5.

Майже спочатку надходження трафіку у мережу спостерігається зниження продуктивності через втрату пакетів у чергах.

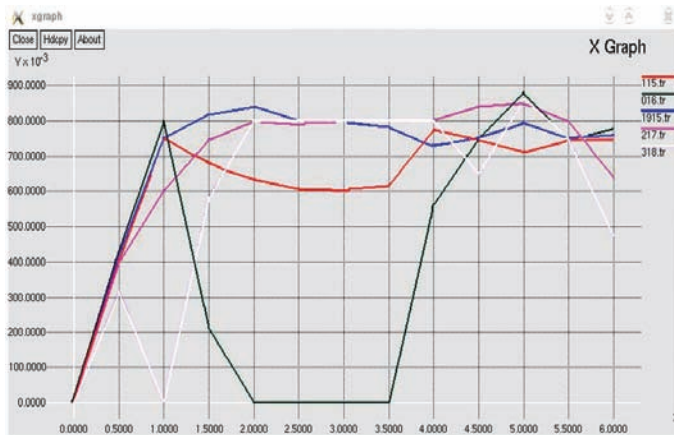


Рисунок 5 – Динаміка зміни продуктивності мережі від часу

До 3,5 с, коли маршрути в мережі визначаються автоматично, спостерігається різке падіння обслуговування трафіка між вузлами 0 та 16, що добре видно на рис. 3. Тільки виконавши перерозподіл обох потоків, ми бачимо, що продуктивність мережі в цілому зростає і зникли перевантаження на усіх маршрутизаторах.

Оскільки інтенсивність отриманого трафіку коливається, сумарна продуктивність змінюється в границях від 2,5 до 2,9 Мбіт/с для першого сценарію і досягає 4 Мбіт/с для останнього сценарію. Тобто перерозподіл потоків істотно впливає на продуктивність мережі.

Висновки. Результати імітаційного моделювання продемонстрували нерациональність традиційної IP маршрутизації і переваги використання оптимізації на основі методів Traffic Engineering. Дана модель використовує дані про топологію і поведінку трафіку, тому легко може застосовуватися при проектуванні та експлуатації магістральних мереж. Подальше вдосконалення розробки може поглибити подібність моделі до реальних характеристик мереж.

Список літератури: 1. *Бакланов И. Г.* NGN: Принципы построения и реализации. – М: Экотрендз, 2008. 2. *Семенов Ю. А.* Телекоммуникационные технологии. Интернет-университет информационных технологий. – Ресурс: <http://book.itcr.ru/>. 3. *Олифер В. Г., Олифер Н. А.* Искусство оптимизации трафика // Журнал сетевых решений LAN. – № 12. – 2001. 4. *Ю. П. Зайченко, Ахмед А. М. Шарадка* Анализ и оптимизация характеристик сетей MPLS по заданным показателям качества: УДК 681.324 5. *Олифер В. Г., Олифер Н. А.* Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов: 3-е изд. – СПб.: Питер, 2006. 6. *D. Awduche, J. Malcolm, J. Agogbua, M. O'Dell, J. McManus* Requirements for traffic engineering over MPLS // RFC 2702, September 1999. 7. *D. Awduche, A. Chiu, A. Elwalid, I. Widjaja, X. Xiao* Overview and Principles of Internet Traffic Engineering // Internet informational RFC 3272, May 2002. 8. *Будылдина Н. В., Коновалов П. А.* Разработка программного обеспечения для оптимизации мультисервисных сетей // Открытое образование, июнь 2006. 9. *Зайцев Д. А., Шинкарчук Т. Н.* Моделирование телекоммуникационных сетей в системе NS: УДК 621.39 004.7 // Наукові праці ОНАЗ ім. О. С. Попова. – 2006. – № 2. 10. *Т. З. Нижарадзе* Разработка и исследование модели алгоритма динамической маршрутизации для сетей GMPLS: дисс. ... канд. техн. наук. – Вологда, 2007. 11. Network Simulator 2 // Introduction Dept. Of Computer Science SUNY Binghamton Spring, 2006. 12. *Виноградова О. Ю., Поштаренко В. М.* Оптимізація транспортного рівня NGN на основі технології MPLS // XVII міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Х.: 20-22 травня 2009 р.

Надійшла до редколегії 10.04.2012.