

УДК 004.75

Мельник В.М., Гринюк С.В., Мяготін В.Ю., Савчук В.Ю.  
Луцький національний технічний університет**ДОСЛІДЖЕННЯ ІНЖИНІРИНГУ ТРАФІКУ ПОВІДОМЛЕНЬ НА ЛОКАЛІЗОВАНІЙ ДІЛЯНЦІ  
МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА**

**Мельник В.М., Гринюк С.В., Мяготін В.Ю., Савчук В.Ю. Інжиніринг трафіку в мережі підприємства.** Розроблено методику визначення послідовності призначення потоків для фрагменту мережі підприємства. Складена математична модель задачі інжинірингу трафіка для комп'ютерної мережі за технологією MPLS TE. Запропоновано алгоритм адаптації QoS згідно з вимогами якості сервісу на основі адаптивного регулювання довжини пакетів канального рівня.

**Ключові слова:** інжиніринг трафіку, мережа, протокол MPLS, алгоритм адаптації QoS

**Мельник В.М., Гринюк С.В., Мяготін В.Ю., Савчук В.Ю. Инжиниринг трафика в сети предприятия.** Разработана методика определения последовательности назначения потоков для фрагмента сети предприятия. Составлена математическая модель задачи инжиниринга трафика компьютерной сети по технологии MPLS TE. Предложен алгоритм адаптации QoS согласно требованиям качества сервиса на основе адаптивного регулирования длины пакетов канального уровня.

**Ключевые слова:** инжиниринг трафика, сеть, протокол MPLS, алгоритм адаптации QoS

**Melnik V.M., Grinyuk S.V., Myahotin V.U., Savchuk V.U. Engineering traffic in the network.** The method of determining the sequence of flows is made for the factory network fragment. A mathematical model of the problem of the traffic engineering is assumed for the computer network in agreement with the MPLS TE technology. QoS adaptation algorithm is proposed in accordance to the requirements of a service-based adaptive packet length of the adjustment link layer.

**Keywords:** network, traffic engineering, network, MPLS protocol, QoS adaptation algorithm

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день основними вимогами, що висуваються до мережевих технологій є висока пропускна спроможність, мале значення затримки та можливість її масштабування. Це пояснюється тим, що сучасні потреби користувачів включають як і доступ до сервісів мережі, так і організацію приватних мереж та ряд інших інтелектуальних послуг. В зв'язку з цим, зростаючий попит на додаткові послуги, що реалізуються поверх простого IP-доступу, має великі перспективи.

Як показує практика, досить доцільним є використання технології швидкої комутації пакетів MPLS (Multiprotocol Label Switching), яка основана на використанні міток. Для сучасних мережевих підприємств з комутацією пакети повинні передавати різні види трафіка із заданою якістю обслуговування, максимально використовуючи можливості власних ресурсів [1,2]. Як відомо, основним принципом роботи протоколів маршрутизації в мережах з комутацією пакетів є вибір маршруту без урахування інформації про її поточне завантаження. При оптимізації управління трафіком в мережах MPLS важливу роль відіграє технологія інжинірингу трафіка (Traffic Engineering, TE).

Головна перевага, технології комутації міток MPLS [1-3] збільшення пропускної спроможності як глобальних, так і корпоративних мереж. Це обумовлено тим, що у класичних IP-мережах необхідний перегляд таблиць маршрутизації для кожного пакету, який передається, кожним маршрутизатором, вимагає певних часових затрат і в сумі може обмежувати загальну пропускну спроможність мережі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розглянуто основні ключові моменти технології MPLS [1,2], а саме можливості управління трафіком в мережі MPLS за допомогою технології TE. Цю технологію використовують для вибору оптимального маршруту проходження трафіка, використання процедур розподілу завантаження мережі та балансування трафіка.

Аналізується стан програмно-конфігурованих мереж (Software-Defined Network, SDN), архітектура яких, на відмінність від традиційної, передбачає відділення площини управління від площини передачі даних, а також використання спеціалізованого протоколу для обміну управляючою інформацією між двома частинами мережі [3].

Детально описано методика підвищення функціонування та рівню захисту інформації у VPN мережах при застосуванні технології MPLS [4]. Запропоновано аналітичну модель класу гарантованої доставки пакетів в мережах IP/MPLS, призначену для пошуку можливостей прискорення передачі пакетів через транспортну мережу.

Наведена порівняльна оцінка ефективності технологій IP і MPLS за часом мережевої затримки в процесі передачі пакетів по складному шляху [5]. Величину затримки пакетів розраховують, як суму затримок по шляху передачі інформації від відправника до адресата. Наведена модель дуже проста і може бути використана при проведенні орієнтовних розрахунків, вона дала чіткі критерії доцільних меж використання стеків IP і MPLS.

Описано переваги застосування TE, що дозволяє організувати для передачі трафіку різних додатків свій тунель LSP відповідно до необхідного цьому потоку рівне QoS [6]. Дана технологія дозволяє будувати віртуальні приватні мережі з гарантованим рівнем сервісу, а комутація на основі міток реалізує прискорене просування інформаційного потоку по мережі провайдера. Передача трафіку по тунелю MPLS дає необхідний рівень безпеки і знімає необхідність у додатковому шифруванні інформації та інші заходи захисту.

**Метою дослідження** є розробка методики визначення послідовності призначення потоків для фрагменту мережі підприємства, який детально нами розглядався. Дослідження інжинірингу трафіку повідомлень для комп'ютерної мережі за технологією MPLS TE. Перевірка алгоритму адаптації QoS згідно з вимогами якості сервісу на основі адаптивного регулювання довжини пакетів канального рівня.

**Основні результати дослідження.** Як уже було сказано, MPLS – це технологія швидкої комутації пакетів, яка повинна базуватися на використанні певних міток, а будь-який переданий пакет по мережі асоціюється з тим чи іншим класом мережного рівня (Forwarding Equivalence Class, FEC), кожен з яких ідентифікується своєю власною міткою. Значення мітки використовується унікальним лише в межах ділянки шляху між сусідніми вузлами мережі MPLS, що називаються маршрутизаторами з комутацією по мітках (Label Switching Router, LSR). Розподіл міток між LSR призводить до встановлення шляхів всередині домену MPLS з комутацією за мітками (Label Switching Path, LSP). Усі функції класифікації пакетів за різними FEC, а також реалізацію таких додаткових сервісів, як фільтрація, явна маршрутизація, вирівнювання навантаження та керування трафіком, – беруть на себе граничні LSR. Оскільки для різних класів будується свій шлях залежно від смуги пропускання та навантаження каналу, то пакети, що проходять на один маршрутизатор, але мають різний клас обслуговування, проходять різними шляхами [2].

Для оптимізації управління трафіком в мережах MPLS важливу роль відіграє технологія інжинірингу трафіка (Traffic Engineering, TE), ефективність якої підтверджується тим, що багато мережних засобів управління трафіком удосконалюються на її принципах. Підтвердженням про це є протоколи резервування ресурсів RSVP-TE, LDP-TE, протоколи маршрутизації IS-IS-TE, OSPF-TE. Можливість управління трафіком в мережі MPLS реалізується за допомогою технології TE за рахунок вибору оптимального маршруту проходження трафіка, балансування трафіка та використання процедур розподілу завантаження мережі [1-2].

Розглянемо роботу спрощеної мережі MPLS та її маршрутизаторів, рисунок 1. При активації MPLS на маршрутизаторах заповнюються таблиці міток і будуються багаточисельні LSP. Коли IP- пакет від PC 1 потрапляє в мережу MPLS, перший маршрутизатор накладає мітку. Далі цей пакет йде до точки призначення, а кожен наступний маршрутизатор міняє одну мітку на іншу. При виході з мережі MPLS мітка знімається і далі передається вже чистий IP-пакет, яким він був надісланий на самому початку.

Детальний опис алгоритму можна представити наступним чином:

- PC 1 – звичайний комп'ютер, що відправляє пакет на віддалений сервер;
- пакет доходить до першої точки, в якій додається мітка пакету. Вона вставляється між заголовком IP і Ethernet;
- друга точка отримує цей пакет, а в заголовку Ethernet слідує наступний аналіз пакету. MPLS-пакет зчитує мітку і звертається до таблиці міток;
- передостання точка мережі здійснює аналогічні дії. Зауваживши прихід пакета з міткою попередньої точки, вона автоматично присвоює нульове значення і здійснює наступну його відправку. Причому головна перевага полягає в тому, що ця операція здійснюється без жодного звернення до таблиці маршрутизації;
- кінцева точка призначення даних, отримавши MPLS-пакет, знімає мітку пакету. Тут вона зчитує адресні дані пакету, наприклад, 172.16.0.2 – це Directly Connected мережа, а далі пакет передається звичайним способом за таблицею маршрутизації без жодного задіяння міток.

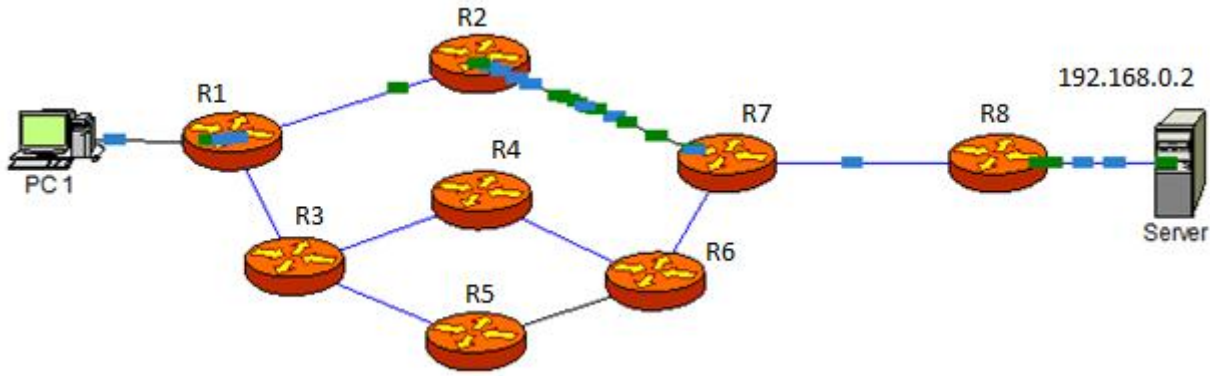


Рис. 1 – Спрощений фрагмент комп'ютерної мережі

Для дослідження новоствореної мережі застосуємо алгоритм, який би дав змогу оцінити ефективність її функціонування. Нами запропоновано алгоритм регулювання параметрів якості сервісу (QoS), що здійснюється на основі змінної ефективності протоколу каналного рівня, яка, в свою чергу, залежить від розміру IP-пакета. Новизна такого алгоритму полягає в тому, що пропонується використання IP-пакетів змінної довжини як альтернативи використання технології ATM з метою регулювання потоку.

Для розрахунку пропускної здатності транспортної мережі використовувались статистичні дані в мережі GSM населеного пункту. Для більш наглядного прикладу візьмемо мережу з великою кількістю абонентів. Загальна кількість абонентів, які обслуговуються, становить 70 тисяч, де активними приблизно є 50 %, тобто 35 тисяч. Визначимо швидкість передавання інформації (1), для цього кількість наших абонентів помножимо на 16 кб/с:

$$c = N \cdot v = 35000 \cdot 16 = 560000 \text{кб/с} = 560 \text{Мб/с}, \tag{1}$$

Алгоритм адаптації QoS, рисунок 2 згідно з вимогами якості сервісу можна подати у вигляді блок-схеми:

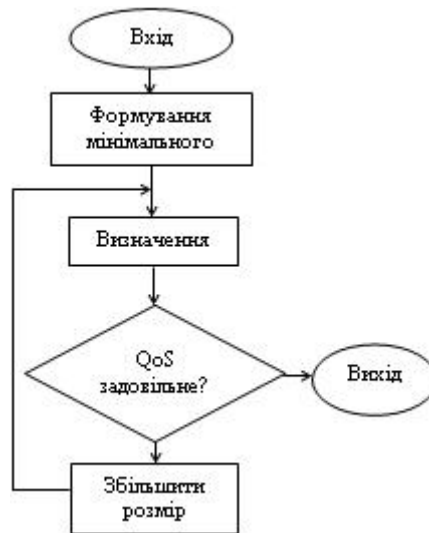


Рис. 2 – Алгоритм адаптації QoS у відповідності з вимогами якості

На основі цього розрахунку та з урахуванням навантаження від інших мереж для забезпечення такої пропускної здатності необхідно вибрати потік STM-16. Ефективність використання протоколу (2) визначатиметься як відношення корисного навантаження до загального навантаження. Це відношення змінюватиметься залежно від зміни довжини IP-пакета, оскільки із-за більшого розміру пакета кількість пакетів, що може поміститися в один контейнер, буде меншою, і, відповідно, зменшиться службове навантаження (чим менша кількість пакетів, тим менша кількість заголовків). Розмір IP-пакета змінюється від мінімального 1500 до максимально 8192 байт:

$$\eta(l) = \frac{0.9 \cdot n(l) \cdot l}{n(l) \cdot l + n(l) \cdot 40 + 9 \cdot 36} \quad (2)$$

З графіка, поданого на рисунку 3 можна побачити, що при зростанні довжини пакета  $l$ , ефективність протоколу каналного рівня також зростає, а, отже, зростають також параметри якості обслуговування, які можуть бути забезпечені мережею. Це пояснюється тим, що чим менша довжина пакета, тим більше пакетів можна помістити в один контейнер і, відповідно, при мінімальному розмірі пакета службове навантаження буде максимальним, оскільки будуть враховані заголовки усіх IP-пакетів, міток MPLS та службове навантаження контейнерів, а ефективність протоколу при цьому буде мінімальною.

Запропоновано алгоритм контролю параметрів якості сервісу в мережі, де в кожній конкретній точці на графіку, ефективності протоколу каналного рівня ставиться у відповідність певний набір параметрів якості сервісу (тривалість затримки пакетів, джитер). Після замовчування встановлюється мінімальна довжина пакета і проводиться розрахунок параметрів якості сервісу для встановленої довжини пакета. Якщо одержана якість сервісу є задовільною для надання певної послуги, то довжина пакета не змінюватиметься і передавання даних проводитиметься з відповідною якістю. У випадку, коли одержана якість сервісу не буде задовільною для надання послуги, то довжина пакета збільшуватиметься до такого значення, доки якість сервісу не стане задовільною.

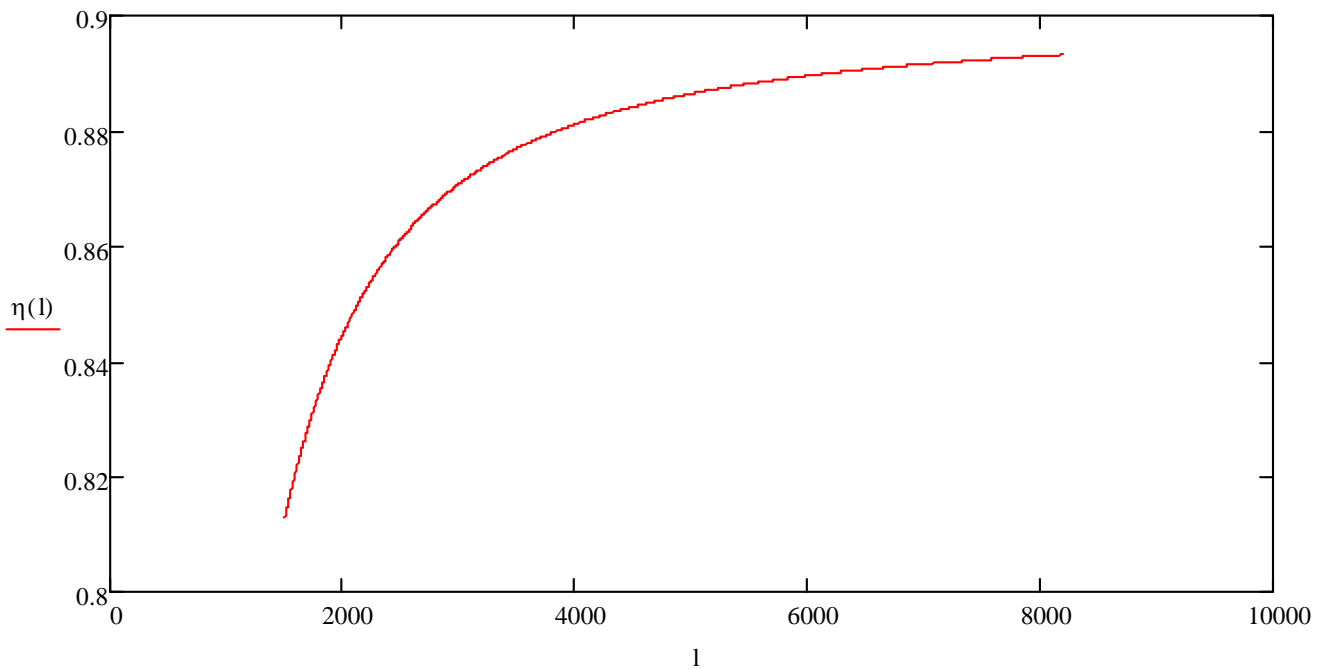


Рис. 3 – Залежність ефективності протоколу від довжини пакета

У представленій нами мережі формування пакетів і перевірка на задовільність QoS певній послугі здійснюватиметься через граничний елемент транспортної мережі – мультимедійний шлюз (MG). Однак слід сказати, що для мереж наступного покоління цю функцію зможе виконувати термінальний апарат користувача. Це означає, що сам користувач зможе вибирати необхідну для себе якість сервісу на ділянці до граничного пристрою.

**Висновки.** Підсумувавши все вище викладене, можна сказати, що мережі MPLS забезпечують високі параметри якості обслуговування, дозволяють ефективно використовувати всі наявні мережні ресурси, розширюють спектр сервісів.

Сьогодні перехід з IP обладнання до MPLS, не завжди доцільний, тобто потрібно знайти область для раціонального використання цієї технології. В наслідок зростання об'ємів передавання інформації, як в магістральних, так і в локальних мережах (зниження ціни на обладнання) збільшується популярність технології MPLS.

Проаналізовані аналітичні залежності демонструють основні особливості технології MPLS:

– мережі MPLS дозволяють збільшити пропускну здатність каналу без зміни кабельної системи, можливостей закладених розробниками та дозволяють ефективно використовувати всі наявні мережеві ресурси;

– MPLS не доцільно використовувати для надто пульсуючого трафіку, тобто в мережах де є багато користувачів з малим трафіком, для отримання вигоди слід виконати групування клієнтів мережі;

– більш доцільно використовувати MPLS у завантажених мережах, чим більше навантаження, ти більше вигода;

– Досить складно використовувати MPLS при відносно великій кількості проміжних маршрутизаторів і нестабільному трафіку.

В майбутньому слід запропонувати підходи, які розширять раціональну, з точки зору часу затримку передачі пакетів в області використання технології MPLS, для локальних і корпоративних мереж.

1. Гольдштейн, А. Б. "Механизм эффективного туннелирования в сети MPLS." Вестник связи 2 (2004): 48-54.
2. Зайченко, Ю. П., Ахмед А. М. "Шарадка. Задача распределения потоков различных классов в сети с технологией MPLS." Вісник НТУУ «КПІ». Сер. Інформатика, управління та обчислювальна техніка 43 (2005): 113-123.
3. Орлов, Є. В. "Програмно-конфігуровані мережі: архітектура, міжнародна стандартизація." Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку 4 (2014): 85-91.
4. Романов, А. И., Фигурный С. С. "Повышение эффективности функционирования и защиты информации в VPN-сетях на базе технологии MPLS." Вісник УНДЗ 1-С (2008): 17-25.
5. Пасько, С. П., Романов О. І. "Оцінка часу затримки в мережах IP і MPLS при обслуговуванні повідомлень у складних багатотранзитних напрямках зв'язку." Research Bulletin of NTUU "Kyiv Polytechnic Institute" 5 (2011): 11-20.
6. Друзь, В. В., Правило В. В. "Аналіз застосування технології MPLS VPN з використанням механізмів Traffic Engineering." 9-я Международная молодёжная научно-техническая конференция «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2013». (2013): 110.