

Микола Миколайович Фомін (старший викладач кафедри)¹

Інна Василівна Житник (студентка)²

¹Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації Державного університету телекомунікацій, Київ, Україна

²Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МУЛЬТИПРОТОКОЛЬНОЇ КОМУТАЦІЇ ПО МІТКАМ ЯК ОСНОВИ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ

В статті розглянуті характеристики транспортних мереж і основні вимоги до їх побудови. Проаналізована технологія мультипротокольної комутації по міткам, її архітектура, наведені основні визначення та терміни даної технології. Показані нові можливості по таким напрямкам, як підтримка якості обслуговування, конструювання трафіку, підтримка віртуальних приватних мереж, багатопрокольна підтримка, що дає змогу ефективніше використовувати наявну мережну структуру. Розкритий протокол маршрутизації та визначені основні переваги мультипротокольної комутації по міткам, які можуть бути взяті за основу при виборі технології транспортних мереж. Це дасть змогу організувати більш ефективну роботу мережі, більш передбачувану якість надання послуг і більшу гнучкість, що дозволить адаптуватися до мінливих потреб користувачів і може бути корисним при проектуванні і експлуатації транспортних мереж спеціальних користувачів.

Ключові слова: MPLS; управління трафіком; транспортна мережа зв'язку.

Вступ

Постановка проблеми. Одним із головних напрямків розвитку сучасних телекомунікацій є удосконалення існуючих і створення систем і мереж зв'язку, які б надавали користувачу весь спектр телекомунікаційних послуг з необхідною якістю. Це може бути досягнуто за рахунок використання мультисервісних мереж зв'язку, побудованих за допомогою перспективних технологій (з розділенням телекомунікаційних функцій і функцій надання послуг). З'явилася необхідність у впровадженні додаткових сервісних послуг з високою якістю й більш ефективними мережевими технологіями, які забезпечують конвергенцію мереж, підтримують як нові послуги так і ті, що існують. Але для збільшення пропускної спроможності необхідно спростувати вимоги до обробки пакетів із забезпеченням відповідного рівня якості. Рішення, пов'язані із впровадженням надлишкових каналів зв'язку для досягнення якості надання послуг QoS (Quality of Service) більше не ефективні. Мережі повинні бути спроектовані з урахуванням необхідних методів, які дозволять максимально корисно використовувати наявну інфраструктуру. Тому при проектуванні мереж важливими є завдання з вибору технології і методів маршрутизації для побудови транспортної мережі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Будь-яка мережа, у тому числі й мережа із MPLS (Multi – Protocol Label Switching – багатопрокольна комутація за мітками) містить у собі розподіл ресурсів пропускної спроможності між набором заданих шляхів з комутацією по мітках LSP (Label Switched Path) і перетворення їх у фізичну мережу трактів з обмеженням продуктивності. Цей процес визначає пороги

продуктивності трактів, пов'язаних з використанням деякої схеми резервування пропускної спроможності для захисту обслуговування [1]. Це необхідно:

для гарантування мінімального обсягу ресурсів;

для обслуговування нетривалих потоків;

для запобігання “придушення” низькопріоритетних потоків, потоками з вищим пріоритетом;

для збільшення ймовірності прийняття потоків з високими вимогами до пропускної спроможності;

для управління мережною стабільністю за допомогою запобігання погіршення характеристик у випадку локального перевантаження та ін.

Сьогодні такі мережі інтенсивно досліджуються [2, 3].

Сьогодні існує багато практичних рекомендацій щодо розробки структури (топології) мультисервісних мереж (від Cisco, Microsoft та ін.), у яких вказується, де саме і як слід використовувати алгоритми вибору маршрутів мережі і розміщувати відповідні сервіси мережі. Але не пропонується формалізація цього процесу та методики за допомогою яких можна було б оцінити стан структури мережі та підібрати необхідні алгоритми маршрутів. Недоліком цих підходів є необхідність виконання перебору всіх можливих шляхів (цей підхід може використовуватися для аналізу наявних шляхів мережі) [5].

Мета статті. Враховуючи наведене вище, актуальним є обґрунтування вибору технології і методів маршрутизації для побудови транспортної мережі з забезпеченням необхідної якості обслуговування.

Викладення матеріалу будемо вести, використовуючи визначення, пов'язані з реалізацією технології MPLS.

Виклад основного матеріалу дослідження

Телекомунікаційні мережі усе більш відповідають терміну “глобальні” і вже практично не залишилося комп'ютерів (а також інших “розумних пристроїв”: смартфонів, комунікаторів, ноутбуків, навігаторів і ін.), які не є членами глобальної телекомунікаційної мережі. При цьому різні пристрої створюють свій унікальний трафік ((traffic – рух) термін, яким позначають потік навантаження в телекомунікаційних та транспортних мережах, обсяг переданих або прийнятих даних тощо.). Для одних користувачів та їх пристроїв важливе листування електронною поштою, інші – є файловими серверами, треті – беруть участь в аудіо – та відео конференціях, четверті – завантажують карти місцевості з великою роздільною здатністю, п'яті, – отримують FULL HD відео-контент. Це показує величезну неоднорідність інформації, яка передається, по об'ємах, призначенню, терміновості, часу, завадостійкості, вимогам до безпеки передачі та інш. Саме тому будь-яка транспортна мережа ефективна лише за умови, що вона підтримує динамічну рівновагу і пристосовується до умов і завдань, що швидко змінюються [1]. Сучасна технологія повинна “самооптимізуватися” в реальному часі.

Сьогодні поняття “Транспортна мережа” відрізняється від звичного поняття “первинна мережа” і є ширшим:

1. Транспортна мережа є розвитком первинної мережі при переході від комутації каналів до комутації пакетів.

2. Транспортна мережа є каркасом сучасної мережі NGN (Next Generation Network – мережа наступного покоління), яка підтримує інтеграцію послуг передавання мови, даних та мультимедіа та базується на IP (Internet Protocol)-мережі.

3. У первинній мережі основна функція зводилася до утворення стандартного аналогового або цифрового каналу між двома точками мережі, а транспортна мережа формує канал передачі даних між двома точками підключення користувачів NGN.

4. Не дивлячись на схожість принципів роботи транспортної мережі і первинної мережі, NGN привносить свою специфіку:

замість типового каналу первинної мережі використовується канал передачі даних, який може бути встановлений на основі технології “віртуального каналу”, які можуть бути симетричними та асиметричними.

5. На відміну від мереж доступу, які розгортаються “по місцю”, транспортна мережа будується заплановано, відповідно до стратегії розвитку оператора [1].

Як відомо, основу мультисервісної мережі становить універсальна транспортна мережа, що

реалізує функції транспортного рівня й рівня управління комутацією, маршрутизацією й передачею інформації.

Транспортний рівень мультисервісної мережі будується з використанням сучасних технологій IP, АТМ (Asynchronous Transfer Mode), MPLS, що забезпечують гарантовану якість передачі інформації.

Топологія транспортного рівня мультисервісної мережі визначається топологією первинної мережі, прогнозованими обсягами трафіку по різних напрямках, а також функціональним призначенням вузлів мережі.

Транспортна мережа є опорною, тому до неї пред'являються високі вимоги по забезпеченню надійності, продуктивності й управляємості. До складу транспортної мережі можуть входити:

транзитні вузли, що виконують функції переносу й комутації;

кінцеві (граничні) вузли, що забезпечують доступ абонентів до мережі;

контролери сигналізації, що виконують функції обробки інформації сигналізації, управління викликами й з'єднаннями;

шлюзи, що дозволяють здійснити підключення до традиційних мереж зв'язку (телекомунікаційних мереж, мереж передачі даних).

Розглянемо технологію MPLS – це технологія швидкої комутації пакетів у багатоканальних мережах, заснована на використанні міток. MPLS розроблялася як спосіб побудови високошвидкісних IP – магістралей, однак область її застосування не обмежується протоколом IP, а поширюється на трафік будь-якого маршрутизованого мережного протоколу. Робота даної технології детально описана у [2].

Традиційно головними вимогами, запропонованими до технології магістральної мережі, були висока пропускна спроможність, мале значення затримки й гарна масштабованість. Тепер постачальникам послуг недостатньо просто надавати доступ до своєї IP-мережі. Потреби, які змінили користувачі, містять у собі й доступ до інтегрованих сервісів мережі, і організацію віртуальних приватних мереж (VPN), і ряд інших інтелектуальних послуг. Для розв'язання виникаючих завдань і розроблялася архітектура MPLS, яка забезпечує побудову магістральних мереж, що мають практично необмежені можливості масштабування, підвищену швидкість обробки трафіку й безпрецедентну гнучкість із погляду організації додаткових сервісів. Крім того, технологія MPLS дозволяє інтегрувати мережі IP і АТМ, за рахунок чого постачальники послуг зможуть не тільки зберегти засоби, інвестовані в устаткування асинхронної передачі, але й отримати прибутки зі спільного використання цих протоколів.

Проте, архітектура MPLS відіграє важливу роль, знижуючи обсяг необхідної обробки кожного пакета на кожному маршрутизаторі в IP – мережі, що ще більшою мірою збільшує продуктивність маршрутизаторів. Не менш важливим є те, що,

архітектура MPLS надає важливі нові можливості в таких популярних областях: підтримці якості обслуговування, конструюванні трафіку, віртуальних приватних мережах, багато протокольні підтримці та ін. Розглянемо детальніше ці можливості.

Підтримання якості обслуговування з орієнтацією на з'єднання

Основними перевагами є:

гарантування фіксованої пропускної спроможності для конкретних додатків, таких як аудіо- і відеоконференції;

управління характеристиками затримки й флуктуації затримки, а також гарантування пропускної спроможності для передачі голосу;

конфігурування різноманітних рівнів якості обслуговування для різноманітних користувачів.

Підтримка віртуальних приватних мереж

Архітектура MPLS (фрагмент якої показаний на рисунку 1) надає ефективний механізм підтримки VPN (Virtual Private Network – віртуальна приватна мережа). В цьому випадку трафік даного користувача або групи прозора проходить через об'єднану мережу, причому можна легко відокремлювати цей трафік від інших пакетів об'єднаної мережі, надаючи гарантії продуктивності й безпеки. [3]

Конструювання трафіку

Архітектура MPLS спрощує надання мережних ресурсів, змінюючи навантаження відповідно до запити, а також спрощує надання диференційованих рівнів підтримки, згідно різноманітних вимог користувачів до трафіку. Здатність динамічно вибирати маршрути, планувати ресурси на основі відомих вимог і оптимізувати використання мережі називається конструюванням трафіку TE (Traffic engineering).

Основний механізм протоколу IP має примітивні форми автоматизованого конструювання трафіку. Зокрема, протоколи маршрутизації, наприклад OSPF, дозволяє маршрутизаторам з метою балансування навантаження динамічно змінювати маршрути пакетів для даного одержувача.

Розглянемо вдосконалену версію протоколу OSPF, що надає, щонайменше, часткову підтримку архітектури MPLS. Серед прикладів метрик, застосовуваних у маршрутизації з урахуванням обмежень, можна назвати наступні:

- максимальна швидкість передачі даних у лінії;
- поточний стан ресурсів;
- відсоток загублених пакетів;
- затримка поширення сигналу в лінії.

Введемо деяку термінологію:

Маршрутизатор, комутуючий по позначкам (Label Switching Router, LSR). MPLS-вузол, здатний просувати “рідні” пакети.

Стек міток (Label stack). Упорядкований набір міток.

Шлях, що комутується по мітках (label Switched Path). Шлях, що проходить через один або декілька LSR-маршрутизаторів на одному ієрархічному рівні, по якому впливають пакети конкретного FEC-класу.

Клас еквівалентності просування даних (Forwarding Equivalence Class, FEC). Група IP-пакетів, що просуваються в одній і тій же манері (наприклад, по тому самому маршруту, з тим самим обслуговуванням).

MPLS-мітка (MPLS Label). Короткий фізично безперервний ідентифікатор фіксованої довжини, призначений для ідентифікації FEC-класу.

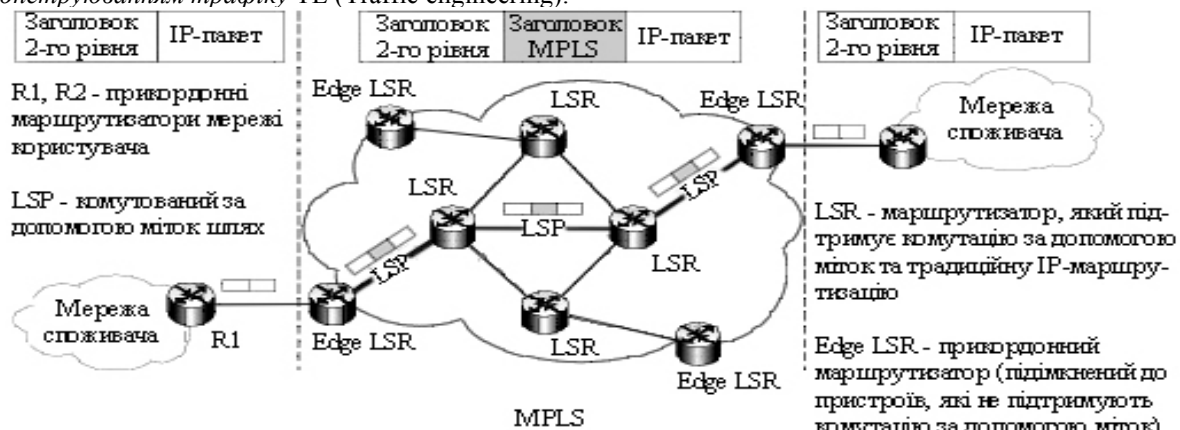


Рис. 1. Фрагмент архітектури MPLS

MPLS-вузол (MPLS node). Вузол, на якому реалізована архітектура MPLS. MPLS-вузол має інформацію про управляючі протоколи MPLS, підтримує роботу одного із протоколів маршрутизації і здатний просувати пакети по мітках.

Об'єднання міток (Label Merge). Заміна декількох вхідних міток конкретного FEC-класу однією вихідною міткою.

Обмін міток (Label Swap). Основна операція просування, що полягає в пошуку вхідної мітки,

щоб визначити вихідну мітку, інкапсуляцію, порт і іншу інформацію, що відноситься до обробки даних.

Заміна міток (Label Swapping). Парадигма, що спрощує просування даних за допомогою міток, що ідентифікують класи пакетів даних, коли вони при просуванні не відрізняються.

Нехай, маршрут з комутацією міток (LSP) рівня m для певного пакета P є послідовністю маршрутизаторів $\langle R_1, \dots, R_n \rangle$ з наступними властивостями:

1. R_1 , "вхід LSP", є LSR, який вносить мітку в стек пакета P , у результаті формується стек глибиною m ;

2. Для всіх $i, 1 < i < n$, P (коли він приходить в LSR R_i) має стек міток глибиною m ;

3. Ніколи за час передачі P від R_1 до $R[n-1]$ глибина стека не буде менше;

4. Для всіх $i, 1 < i < n$: R_i передає P в $R[i+1]$ за допомогою MPLS, шляхом використання мітки у верхній позиції стека (мітка рівня m) у якості індексу;

5. Для всіх $i, 1 < i < n$ якщо система S одержує й переадресує P , після того як P переданий R_i , але перше ніж P отриманий $R[i+1]$ (наприклад, R_i і $R[i+1]$ можуть бути з'єднані через комутуєму субмережу і S може бути одним з перемикачів інформаційного каналу), далі рішення переадресації S не базується на мітці рівня m , або на основі заголовку мережного рівня.

Це може бути, тому що:

а) рішення не засноване на вмісті стеку або заголовку мережного рівня;

б) рішення засноване на вмісті стеку, куди покладені інші мітки (наприклад на мітці рівня $m+k$, де $k > 0$).

Інакше кажучи, ми можемо описати рівень m LSP для пакета P , як послідовність маршрутизаторів:

1. Яка починається з LSR ("вхід LSP") рівень, що заносить мітку на m .

2. Всі маршрутизатори, чиї проміжні LSR, ухвалюють рішення щодо переадресації згідно з міткою на рівні m .

3. Яка завершується (в "вихідному LSP"), коли рішення переадресації робиться на основі комутації міток на рівні $m-k$, де $k > 0$, або коли рішення переадресації робиться "традиційно", за допомогою не MPLS процедур.

Наслідком цього є те, що, коли б LSR не заносить мітку в стек уже позначеного пакета, він повинен бути впевнений, що нова мітка відповідає FEC, чийм виходом LSP служить LSR, який сформував мітку, яка зараз є другою в стеці. Ми будемо називати послідовність LSR "LSP" для певного FEC "F", якщо він є LSP рівня m для заданого пакета P , коли рівень мітки P відповідає FEC "F".

Подібний метод маршрутизації реагує на виникнення перевантаження, але не надає обслуговування з різними рівнями якості. Весь трафік між двома кінцевими точками впливає по тому самому маршруту, який може бути змінений тільки у випадку перевантаження.

В архітектурі MPLS можливий вибір маршрутів на основі цих окремих потоків,

причому різні потоки, що зв'язують ту саму пару кінцевих точок, можуть впливати по різних маршрутах [3, 4]. Крім того, при виникненні перевантаження прокладені архітектурою MPLS маршрути можуть бути розумно змінені. Тобто замість простої зміни маршрутів окремих пакетів архітектура MPLS дозволяє змінювати маршрути потоків, користуючись даними про вимоги до трафіку кожного потоку. Ефективне конструювання та управління трафіком може суттєво збільшити пропускну спроможність мережі. Набір критеріїв, які можуть застосовуватися в системах MPLS для класифікації пакетів, надзвичайно широкий. Якщо необхідно впровадити новий тип послуг, то не має необхідності замінити всю MPLS - сумісну інфраструктуру. Досить всього лише змінити управляючу складову, щоб привласнити деякій категорії пакетів спеціальний FEC-клас, і потім вказати для нього спеціально спроектований LSP-маршрут. Наприклад, пакети можна класифікувати по комбінації підмереж призначення й типу додатку або мереж джерела й призначення, по специфічних вимогах до якості послуг, по приналежності до групи багато адресного IP-розсилання, по ідентифікатору віртуальної приватної мережі (VPN). Далі, мережний адміністратор може конфігурувати LSP-маршрути таким чином, щоб задовольнити специфічні вимоги даного класу трафіку: мінімізувати число транзитних вузлів, забезпечити задану смугу пропускання, направити трафік через певні вузли і інше. Заключний крок по впровадженню нової послуги полягає в тому, щоб конфігурувати вхідний LSR - маршрутизатор відповідним чином. Він повинен ідентифікувати пакети, що підпадають під визначення даного класу, і направляти їх по шляху, спеціально призначеному для трафіку цього класу. [5, 6]

Висновки й перспективи подальших досліджень

Таким чином, виходячи із вище сказаного при належному плануванні маршрутів і правил технологія MPLS забезпечує високий рівень контролю над трафіком [5]. Це означає більш ефективну роботу мережі, більш передбачувану якість надання послуг і більшу гнучкість, що дозволяє адаптуватися до мінливих потреб користувачів і може бути корисним при проектуванні і експлуатації транспортних мереж спеціальних користувачів. Впровадження MPLS не буде викликати які-небудь додаткові ускладнення при роботі з іншими технологіями, що базуються на IP [3, 4]. Запропонована технологія може бути використана при проектуванні та експлуатації транспортних мереж, а результати досліджень будуть зосереджені на покращенні показників якості обслуговування навантаження [6].

Література

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. **Вивек Олвейн** Структура и реализация современной технологии MPLS. Руководство Cisco – М.: Вильямс, 2004. – 480 с. 5. **Будылдина Н.В.** Технология MPLS. (Multi-Protocol Label Switching) // Теория, техника и экономика сетей связи. Сборник научно-технических и методических трудов. УрТИСИ. – Выпуск 1. – 2003. – С. 148–152. 6. **Multiprotocol Label Switching Architecture.** [Електронний ресурс] – Режим доступу. URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3031.txt>

ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ МУЛЬТИПРОТОКОЛЬНОЙ КОММУТАЦИИ ПО МЕТКАМ КАК ОСНОВЫ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ СВЯЗИ

*Николай Николаевич Фомин (старший преподаватель кафедры)¹
Инна Васильевна Житник (студентка)²*

¹*Военный институт телекоммуникаций и информатизации Государственного университета телекоммуникаций, Киев, Украина*

²*Государственный университет телекоммуникаций, Киев, Украина*

В статье рассмотрены характеристики транспортных сетей и основные требования к их построению. Проанализирована технология многопротокольной коммутации по меткам, ее архитектура, приведены основные определения и термины данной технологии. Показаны новые возможности по таким направлениям, как поддержка качества обслуживания, конструирование трафика, поддержка виртуальных частных сетей, многопротокольная поддержка, что позволяет более эффективно использовать имеющуюся сетевую структуру. Раскрыт протокол маршрутизации и определены основные преимущества мультипротокольной коммутации по меткам, которые могут быть взяты за основу при выборе технологии транспортных сетей. Это даст более эффективную работу сети, более предсказуемое качество предоставления услуг и большую гибкость, позволит адаптироваться к меняющимся потребностям пользователей и может быть полезным при проектировании и эксплуатации транспортных сетей специальных пользователей.

Ключевые слова: MPLS; управление трафиком; транспортная сеть связи.

IMPLEMENTATION STUDY OF MULTI-PROTOCOL COMMUTATION TECHNOLOGY ON LABELS AS THE TRANSPORT COMMUNICATION NETWORK BASIS

*Mykola M. Fomin (Senior Teacher)¹
Inna V. Zhytnyk (Student)²*

¹*Military Institute of Telecommunications and Informatization of State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine*

²*State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine*

The article deals with characteristics of transport networks and basic requirements for their construction. Multi-protocol commutation technology on labels, its architecture were analyzed; the basic definitions and the terms of this technology were also given.

It was shown the new opportunities in such areas as service support quality, traffic construction, private virtual networks support, multi-protocol support, enabling more efficient use of existing network structure.

In the article routing protocol was revealed. The principal advantages of the multi-protocol commutation on labels, which can be taken as a basis when selecting transport network technology were defined.

This will enable the more efficient networks, predictable service quality with more flexibility. All these will adapt to the changing users' needs and can be useful in the transport network design and operation for specific users.

Keywords: MPLS; traffic management; transport network connection.

References

1. **Goldstein A.B.,** Goldstein B.S. (2005), MPLS technology and protocols. [*Tehnologiya i protokolyi MPLS*], SPb, BHV-St Petersburg, 304 p. 2. **Luc De Ghein** (2006), MPLS fundamentals, Cisco Press, 672 p. 3. **Panwar Li Y.,** S. Liu C.J. (2004), On the Performance of MPLS TE Queues for QoS Routing, Simulation series, Vol. 36, part 3, pp. 170–174. 4. **Vivek Olveyн** (2004), Structure and implementation of modern MPLS technology. [*Struktura i realizatsiya sovremennoy tehnologii MPLS*], Rukovodstvo Cisco. Williams, Moscow, 480 p. 5. **Budyldina N.V.** (2003), MPLS. technology (Multi-Protocol Label Switching). [*Tehnologiya MPLS*], Teoriya, tehnika i ekonomika setey svyazi. Sbornik nauchno-tehnicheskikh i metodicheskikh trudov, UrTISI, vyipusk 1, Ekaterinburg, pp. 148–152. 6. **Multiprotocol Label Switching Architecture,** Available at: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3031.txt>

Отримано: 25.09.2014 року