

*І.С.ДОРОХІН*, аспірант, НТУ «ХП»;

*В.М.ПОШТАРЕНКО*, канд. техн. наук, доцент НТУ «ХП»

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ПРОДУКТИВНОСТІ VOIP ДОДАТКІВ НА ОСНОВІ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

В роботі порівнюється продуктивність додатка передачі голосу згідно з протоколом IP (VoIP) між MPLS-мережею і звичайною IP-мережею. Порівняння зроблено на основі показників продуктивності, таких як: голосова пакетна затримка з кінця в кінець, варіація затримки голосу, кількість відправлених голосових пакетів і отриманих.

In this paper the performance of voice applications via IP (VoIP) is compared between the MPLS-network and the conventional IP-network. A comparison is made on the basis of performance indicators, such as voice packet delay from end to end, the variation in delay votes, the number of voice packets sent and received

В работе сравнивается производительность приложения по передаче голоса по протоколу IP (VoIP) между MPLS-сетью и обычной IP-сетью. Сравнение сделано на основе показателей производительности, таких как: голосовая пакетная задержка с конца в конец, вариация задержки голоса, количество отправленных голосовых пакетов, и полученных.

В даний час Інтернет відіграє значну роль в житті більшості людей через широке розмаїття програм і сервісів, що надаються мережею. Зростаюча з кожним роком кількість користувачів Internetу зробила популярними сервіси телебачення і телефонії для використання мережі як середовища залучення клієнтів. Ці послуги надаються за рахунок конвергенції голосу та даних по одній мережевій інфраструктурі. Реалізація програм реального часу в Інтернеті є складним завданням для звичайних IP-мереж, тому що вони використовують best-effort-служби, які не надають гарантії обслуговування і управління трафіком (TE). Крім того, IP-мережі пропонують мінімальну передбачуваність послуг, що є неприйнятним для таких додатків як, телефонія, мультимедійні послуги.

Досить важко реалізувати додатки в реальному часі, такі як VoIP в традиційних мережах IP. IP в основному працює з наданням послуг best-effort, які не гарантують якість сервісу. Проведений аналіз [1-8] дозволив сформулювати наступні перешкоди IP-мережі для реалізації VoIP-додатків:

1. Маршрутизація в IP розроблена для обчислення найкоротшого шляху до призначення, а не найкращого.
2. Більшість каналів в IP-мережах або недовантажені, або перевантажені через процес маршрутизації. В результаті цього утворюється черга в каналі.
3. IP-мережі не масштабовані і TE важко реалізувати в IP-мережах.

Існує багато чинників, які впливають на якість голосу: вибір кодека,

втрата пакетів, джиттер, затримки і так далі. Для VoIP затримки не повинні перевищувати 150 ms, для того, щоб якість зв'язку була прийнятною. Затримки пакетів можна розділити на 3 групи:

1. Шифрування, компресія і пакетизація при відправленні. У кодеку G711 затримки шифрування і пакетизації складають 1 і 20 ms відповідно.
2. Буферизація, декомпресія, депакетизація і відтворення. Апроксимуючи ці затримки виходить 45 ms.
3. Також це затримки при передачі даних безпосередньо в мережі, пов'язані з побудовою черги пакетів, передачі їх і так далі. Вони складають не більше 80 ms.

Таким чином, затримки в мережі від відправника до одержувача не повинні перевищувати більш ніж 80 ms для відповідної якості зв'язку. Необхідна пропускна спроможність для VoIP-64 к/бит.

Додатки VoIP вимогливі до якості обслуговування з мінімальними затримками і низькою втратою пакетів. Цього можна досягти завдяки MPLS-мережам. У мережах MPLS пакети передаються на Label Switched Path(LSP). LSP встановлює обмеження на пропускну спроможність, поліси адміністрації. Ці шляхи є віртуальними з'єднаннями для надійної передачі пакетів. Це бажано для передачі трафіку VoIP.

VoIP, також відома як IP телефонія, передавалася за допомогою протоколу RTP. RTP складається з даних і частини, що управляє. Частина, що управляє, – протокол RTCP. VoIP здійснюється шляхом використання комбінацій таких протоколів, як RTP/UDP/IP. Хоча надійний протокол TCP/IP не використовується для реалізації подібних застосувань з – за того, що його використання може привести до затримок, а голосові і відео додатка чутливі до затримок. RTP і UDP використовується для передачі даних застосувань, а RTCP для моніторингу.

Незважаючи на актуальність проблеми, до теперішнього часу немає чітко визначеного математичного апарату [9], 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.

Метою статті є порівняння та аналіз показників продуктивності якості обслуговування імітаційних моделей мереж IP та MPLS/TE, що виконують передачу додатка голосу згідно з протоколом IP (VoIP).

Імітаційну модель доцільно дослідити та проаналізувати за допомогою наступної топології мережі (рис. 1), яка реалізується у середовищі Ornet Modeler 14.5. Трафік VoIP посиляється з джерела (VoIP\_WEST) до приймача (VoIP\_EAST) в двох мережах (MPLS і традиційних мережах IP). Підхід заснований на оцінці приблизного мінімуму числа дзвінків, які можуть обслуговуватися в мережах IP і MPLS. Для оцінки приблизного мінімуму дзвінків в

кожній мережі використовується затримка із кінця в кінець.

Симуляція складається з двох сценаріїв з однаковою топологією мережі: сценарій 1 заснований на MPLS-мережі з TE; сценарій 2 заснований на IP-мережі без TE.

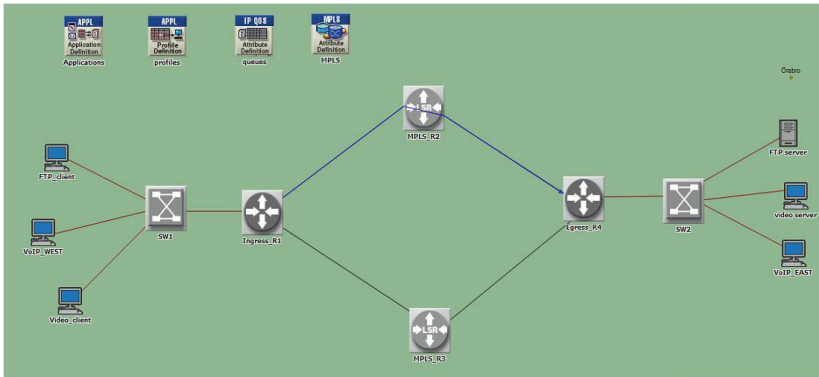


Рисунок 1 – Топологія мережі MPLS

TE в моделі реалізується за допомогою використання CR-LDP сигнального протоколу, який набувається в OPNET за допомогою встановлення FEC в конфігурації налаштувань MPLS, а також виставлянням параметрів LDP на маршрутизаторах. Коли в мережі відбувається черга, трафік, направлений по шляху CR-LSP, рівномірно розподіляється по мережі MPLS. Це зменшує черги в мережі і покращує ефективність утилізації ресурсів в мережі. Дзвінки VOIP встановлюються за допомогою налаштування атрибутів додатка і профілю.

У моделі мережі MPLS (рис. 1) існує два шляхи:  $Ingress\_R1 \leftrightarrow MPLS\_R2 \leftrightarrow Egress\_R4$  і  $Ingress\_R1 \leftrightarrow MPLS\_R3 \leftrightarrow Egress\_R4$ . Обидва шляхи рівновіддалені від джерела до приймача. Коли пакети маршрутизуються, мережа IP використовує лише один із шляхів і не використовує інший шлях, оскільки вони є найкоротшими. З того часу, як TE став застосовуватися в мережах MPLS, завантаження мережі рівномірне розподіляється, що робить MPLS ефективною технологією. У моделі мережі IP визначено два шляхи:  $IP\_R1 \leftrightarrow IP\_R2 \leftrightarrow IP\_R4$  і  $IP\_R1 \leftrightarrow IP\_R3 \leftrightarrow IP\_R4$ . Модель IP-мережі без TE: MPLS-маршрутизатори замінені на звичайні маршрутизатори і пакети IP маршрутизуються за допомогою протоколу OSPF (який не враховує характеристики мережі). Трафік VoIP передається між VoIP\_West і VoIP\_East. Процес встановлення дзвінків VoIP аналогічний сценарію з MPLS.

Для того, щоб створити додаток в моделі в середовищі OPNET, необхідно використовувати об'єкт під назвою application definition attribute. Властивості цього об'єкту складаються з певних застосувань, які можуть набуватися залежно від вимог користувачів. Такими застосуваннями є HTTP, E-mail,

Video, FTP, Voice, Database.

Три додатки (FTP, Video і VoIP) налагоджені в даній моделі за допомогою властивостей об'єкту Applications. FTP і Video-додаток задані як фоновий трафік в моделі. Додаток Voice налагоджений шляхом конфігурації властивостей вкладки Voice Table. Додаток VoIP використовує шифратор G.711 і Interactive Voice як тип сервісу для встановлення дзвінків VoIP.

Визначений початковий час симуляції моделі, який дорівнює 100 (offset '60' + start time '40') секундам, і додаток VoIP, який повторюється безперервно до кінця симуляції. Дані налаштування означають, що дзвінки VoIP, встановлені між станціями VoIP\_West і VoIP\_East, починаються зі 100 секунд і продовжуються безперервно до кінця симуляції моделі.

Перший дзвінок VoIP починається з соті секунди симуляції і через кожні 2 секунди дзвінок VoIP додається в мережу. Такий підхід дозволяє визначити, яку кількість дзвінків може обслуговувати така мережа.

Результатами моделювання є відображення однаково заданих параметрів виміру якості передачі трафіку VoIP в мережах MPLS і IP.

Рис. 2 демонструє середню кількість відправлених і отриманих пакетів в мережах MPLS і IP. Синій графік демонструє середню кількість отриманих пакетів для мережі IP. Червоний-для мережі MPLS. Зелений графік показує середню кількість відправлених пакетів. Результати оцінки симуляції моделювання показують, що модель мережі MPLS з TE дає кращу продуктивність, в порівнянні з моделлю IP-мережі.



Рисунок 2 – Відправлені та отримані голосові пакети

Втрата пакетів в мережі IP на 240 секунді відповідає тому, що дзвінки VoIP після 240-ї секунди не можуть встановлюватися з прийнятною якістю. Втрата пакетів в дзвінках VoIP після 240-ї секунди наводить до часткової

втрати інформації, внаслідок чого відбувається спотворення голосу і переривання зв'язку.

Втрата пакетів в мережі MPLS відбувається з 300-ї секунди. Мережа MPLS передає пакет з високою швидкістю і низькими затримками. TE, реалізований в мережі MPLS, дозволяє тимчасово скоротити черги в мережі. Враховуючи всі ці чинники, можна сказати, що мережа MPLS з TE забезпечує кращу продуктивність в порівнянні з мережею IP.

Рис. 3 відображає джиттер голосового пакету в мережах MPLS і IP. Аналізуючи отримані результати, бачимо, що в мережі IP джиттер голосового пакету починає зростати з 240-ї секунди. У мережі MPLS з TE джиттер голосового пакету починає зростати з 300-ї секунди. Це означає, що в даний момент часу починає відбуватися втрата голосових пакетів, вказаних на рис. 1.

Кожен новий дзвінок відбувається в мережі через кожні 2 секунди, а початок дзвінків починається з 100-ї секунди симуляції моделі і триває до кінця симуляції (420-а секунда).

Для кожного сценарію загальна кількість дзвінків може бути обчислена таким чином:

$$(420 - 100)/2 = 160 \text{ дзвінків VOIP.}$$

Далі, оперуючи отриманими результатами, можна обчислити кількість дзвінків, що обслуговується з необхідними параметрами якості.

Для IP-мережі на 240-ій секунді затримка «з кінця в кінець» перевищує 80 ms, що наводить до погіршення якості зв'язку. Таким чином, дзвінки VOIP з необхідною якістю відбуваються в проміжку зі 100 секунди по 240 секунду.

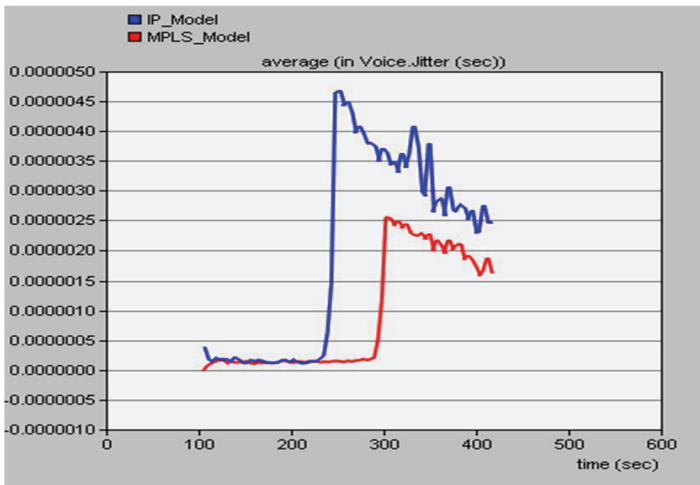


Рисунок 3 – Джиттер голосового пакету

Тоді кількість дзвінків VoIP, що обслуговується мережею IP із заданою

якістю сигналу, можна обчислити таким чином:

$$(240 - 100)/2 = 70 \text{ дзвінків VoIP з необхідною якістю.}$$

Аналогічно для мережі MPLS затримка «з кінця в кінець» перевищує 80 ms близько 300-ої секунди. Тоді кількість дзвінків VoIP, що обслуговується мережею MPLS із заданою якістю сигналу, можна обчислити таким чином:

$$(300 - 100)/2 = 100 \text{ дзвінків VoIP з необхідною якістю.}$$

**Висновки.** На основі результатів моделювання можна зробити висновок про те, що MPLS забезпечує краще рішення в реалізації програм VoIP (Інтернет-телефонії) в порівнянні зі звичайними IP-мережами тому що:

1. Маршрутизатори в MPLS використовують менше часу на обробку в пересиланні пакетів. Це більше підходить для таких додатків, як VoIP, які володіють меншою толерантністю до затримок.
2. Впровадження MPLS TE мінімізує черги в мережі. TE в MPLS реалізується за допомогою протоколів сигналізації, наприклад CR-LDP і RSVP.
3. MPLS випробовує мінімальні затримки і забезпечує високу пропускну здатність у порівнянні зі звичайними IP-мережами.

**Список літератури:** 1. *Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б.С.* Технология и протоколы MPLS. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 304 с. 2. *Simha A., Osborne E.* Traffic Engineering with MPLS. – Cisco Press, 2002. – 608 p. 3. *Вегенія III.* Качество обслуживания в сетях IP: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 386 с. 4. *Ahuja, R.K., Magnanti, T.L., Orlin J.B.* Network Flows: Theory, Algorithms and Applications. – Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1993. 5. *Christofides, N.* Graph Theory- An Algorithmic Approach. – New York: Academic Press, 1975. 6. *Haßlinger, G., Schmitter, S.* Optimized Traffic Load Distribution in MPLS Networks // Telecommunications Network Design and Management. – Kluwer Akad. Publ. (2002). – S. 125-141. 7. *Поповский В.В., Лемешко А.В., Евсеева О.Ю.* Динамическое управление ресурсами ТКС: математические модели в пространстве состояний // Наукові записки УНДІЗ. – 2009. – № 1 (9). – С. 3-26. 8. *Ложковский А.Г., Ганифаев Р.А.* Оценка параметров качества обслуживания самоподобного трафика энтропийным методом // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2008. – № 1. – С. 57-62. 9. *D. Awduche, A. Chiu, A. Elwalid, I. Widjaja, X. Xiao,* Overview and Principles of Internet Traffic Engineering // Internet informational RFC 3272. – May 2002. 10. *Олифер В.Г., Олифер Н.А.* Искусство оптимизации трафика // Журнал сетевых решений LAN. – № 12. – 2001. 11. *Бакланов И.Г.* NGN: Принципы построения и реализации. – М.: Эко-Трендз, 2008. 12. *Семенов Ю.А.* Телекоммуникационные технологии // Интернет-университет информационных технологий. Ресурс <http://book.iter.ru/>. 13. *D. Awduche, J. Malcolm, J. Agogbua, M. O'Dell, J. McManus* Requirements for traffic engineering over MPLS // RFC 2702, September 1999. 14. *D. Awduche, A. Chiu, A. Elwalid, I. Widjaja, X. Xiao* Overview and Principles of Internet Traffic Engineering // Internet informational RFC 3272. – May 2002. 15. *Ю.П.Зайченко, Ахмед А.М.Шарадка* Анализ и оптимизация характеристик сетей MPLS по заданным показателям качества УДК 681.324. 16. *Будьдана Н. В., Коновалов П. А.* Разработка программного обеспечения для оптимизации мультисервисных сетей. – Открытое образование, июнь 2006. 17. *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. 18. *Дорохин І.С., Поштаренко В. М.* Оптимізація транспортних мереж NGN на основі технології NGSDH // XVIII міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків, 2010.

*Надійшло до редколегії 27.10.2011*