

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Факультет «Інформаційно-керуючі системи та технології»

Кафедра «Транспортний зв'язок»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи магістра

на тему:

РОЗРОБКА ВІРТУАЛЬНОЇ ПРИВАТНОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ MPLS

МРА 02.26.214.03.ПЗ

Виконав:

студент групи 214-КМТ-Д24

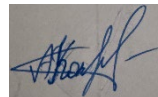
спеціальності 273 «Залізничний транспорт»

Освітньої програми «Комп'ютерні

мережеві технології» (роботу виконано

самостійно відповідно до принципів

академічної доброчесності)



Олександр КОНОНЕНКО

Керівник:

доцент кафедри, канд. техн. наук

Сергій ІНДИК

Рецензент:

доцент кафедри АТ, PhD, доцент

Олена ЩЕБЛИКІНА

Харків – 2026 р.

АНОТАЦІЯ

Актуальність роботи. У сучасних інфокомунікаційних мережах зростає потреба у забезпеченні високої масштабованості, надійності та ізоляції трафіку між віддаленими підрозділами організацій. Одним із найбільш ефективних рішень для побудови таких мереж є технологія MPLS (Multi-Protocol Label Switching), яка широко використовується у мережах операторів зв'язку та великих корпоративних мережах. MPLS поєднує переваги традиційної маршрутизації та високошвидкісної комутації, дозволяючи реалізувати сервіси L2 VPN та L3 VPN, зокрема VPLS, з гарантованою якістю обслуговування. Вивчення принципів побудови MPLS-мереж, налаштування протоколів маршрутизації та моделювання таких мереж у навчальному середовищі є актуальним завданням для підготовки фахівців у галузі телекомунікацій та мережевих технологій.

Ключові слова: MPLS, VPN, VPLS, OSPF, BGP, L2 VPN, L3 VPN, PE, P, ROUTE REFLECTOR, GNS3, ІНФОКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА, МЕРЕЖЕВЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

Об'єкт дослідження: процес побудови та функціонування віртуальної приватної мережі на основі технології MPLS.

Мета роботи: розроблення та моделювання віртуальної приватної мережі на основі технології MPLS із використанням протоколів OSPF, BGP та сервісу VPLS.

Структура та обсяг роботи: робота викладена на 55 сторінках друкованого тексту, містить 26 рисунків, 4 таблиці, 15 джерел літератури. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку умовних позначень і списку використаних джерел.

У першому розділі розглянуто загальні принципи побудови інфокомунікаційних мереж, архітектуру MPLS та основні протоколи маршрутизації, що використовуються в MPLS-доменах.



У другому розділі подано огляд віртуальних приватних мереж, виконано їх класифікацію, а також детально розглянуто реалізацію MPLS L3 VPN і MPLS L2 VPN, зокрема особливості побудови та функціонування сервісів передачі даних у мережах провайдерського рівня.

У третьому розділі здійснено практичну реалізацію віртуальної приватної мережі на основі MPLS у середовищі GNS3, виконано налаштування протоколів OSPF, MPLS та BGP, реалізовано сервіс VPLS, проведено тестування працездатності мережі та аналіз отриманих результатів.

Методи дослідження: теоретичний аналіз, мережеве моделювання, конфігурація мережевого обладнання, емпіричне тестування.

Рекомендації щодо використання та результати впровадження. Отримані результати можуть бути використані у навчальному процесі під час вивчення сучасних мережевих технологій, а також як основа для проєктування та впровадження корпоративних віртуальних приватних мереж на базі MPLS.



ABSTRACT

Relevance of the work. In modern infocommunication networks, there is a growing need to ensure high scalability, reliability, and traffic isolation between geographically distributed organizational units. One of the most effective solutions for building such networks is Multiprotocol Label Switching (MPLS) technology, which is widely used in service provider networks and large corporate infrastructures. MPLS combines the advantages of traditional routing and high-speed label switching, enabling the implementation of Layer 2 VPN and Layer 3 VPN services, including VPLS, with guaranteed quality of service. The study of MPLS network design principles, routing protocol configuration, and network modeling in an educational environment is a relevant task for training specialists in the field of telecommunications and networking technologies.

Keywords: MPLS, VPN, VPLS, OSPF, BGP, L2 VPN, L3 VPN, PE, P, ROUTE REFLECTOR, GNS3, INFOCOMMUNICATION NETWORK, NETWORK MODELING.

Object of the study the process of designing and operating a virtual private network based on MPLS technology.

The purpose of the research: to design and simulate a virtual private network based on MPLS technology using OSPF and BGP routing protocols and the VPLS service.

Structure and scope of the work: The thesis is presented on 55 pages of printed text and contains 26 figures, 4 tables, and 15 references. The work consists of an introduction, three chapters, conclusions, a list of abbreviations, and a list of references.

In the **first chapter**, the general principles of infocommunication network construction, MPLS architecture, and the main routing protocols used in MPLS domains are considered.

The **second chapter** provides an overview and classification of virtual private networks and examines in detail the implementation of **MPLS L3 VPN** and **MPLS L2**



VPN, including the features of data transmission services in service provider networks.

The **third chapter** presents the practical implementation of an MPLS-based virtual private network in the **GNS3** environment, including the configuration of OSPF, MPLS, and BGP protocols, the implementation of the **VPLS** service, network performance testing, and analysis of the obtained results.

Research theoretical analysis, network modeling, network device configuration, and empirical testing.

Recommendations for use and implementation results. The obtained results can be used in the educational process when studying modern networking technologies, as well as as a basis for designing and implementing corporate virtual private networks based on MPLS.

A small, square, handwritten signature in blue ink, located in the bottom right corner of the page. The signature is stylized and appears to be a personal or official mark.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень	9
Вступ	11
1 Теоретичні основи застосування технології MPLS	13
1.1 Поняття багатопротокольної комутації за мітками	13
1.2 Основна характеристика	14
1.3 Терміни та архітектура мережі	16
1.4 Заголовок MPLS	18
1.5 Розповсюдження міток	25
1.6 Виявлення сусідніх LSR	27
2 Віртуальні приватні мережі	30
2.1 Огляд та класифікація	30
2.2 MPLS L3 VPN	31
2.3 MPLS L2 VPN	33
3 Проєктування мережі на основі технології MPLS	38
3.1 Проєктування мережі VPLS	39
3.2 Конфігурація мережі VPLS	40
Висновки	53
Список використаних джерел	55



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Kurose, James F., and Keith W. Ross. Computer Networking: A Top-Down Approach. 8th ed., Boston: Pearson, 2020.
2. Andersson L., Asati R. Multiprotocol Label Switching Architecture [Electronic resource]. – IETF, 2001. – RFC 3031.
3. Andersson L., Asati R. Multiprotocol Label Switching (MPLS) Label Stack Encoding [Electronic resource]. – IETF, 2009. – RFC 5462.
4. Rosen E., Tappan D., Fedorkow G., Rekhter Y., Farinacci D. MPLS Label Stack Encoding [Electronic resource]. – IETF, 2001. – RFC 3032.
5. Clemm, Alexander. Network Management Fundamentals. Indianapolis: Cisco Press, 2007.
6. Cisco Systems. IP Multiservice Networking. Indianapolis: Cisco Press, 2002.
7. Lasserre M., Kompella V. LDP Specification [Electronic resource]. – IETF, 2007. – RFC 4762.
8. Minoli, Daniel. Telecommunications Technology Handbook. 2nd ed., Boston: Artech House, 2003.
9. Ghein L. MPLS Fundamentals. – Indianapolis: Cisco Press, 2007. – 672 p.
10. Rekhter Y., Li T., Hares S. A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4) [Electronic resource]. – IETF, 2006. – RFC 4271.
11. MikroTik RouterOS Introduction to MPLS [Electronic resource]. – MikroTik, 2009.
12. Andersson L., Minei I., Thomas B. LDP Specification [Electronic resource]. – IETF, 2009. – RFC 5036.
13. Juniper Networks. Demystifying H-VPLS [Electronic resource]. – 2010.
14. Andersson L., Rosen E. Framework for Layer 2 Virtual Private Networks (L2VPNs) [Electronic resource]. – IETF, 2006. – RFC 4664.
15. Shah H., Rosen E., Le Faucheur F., et al. LDP Specification [Electronic resource]. – IETF, 2015. – RFC 7436.

