

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Факультет «Інформаційно-керуючі системи та технології»

Кафедра «Транспортний зв'язок»

Пояснювальна записка

до дипломної роботи магістра

на тему:

ПРОЕКТУВАННЯ ПАСИВНОЇ ОПТИЧНОЇ МЕРЕЖІ

МРА 02.22.214.05.ПЗ

Виконала:

студентка групи 212-КМТ-Д23

спеціальності 273 «Залізничний транспорт»

Освітньої програми «Комп'ютерні

мережеві технології» (роботу

виконано самостійно відповідно до

принципів академічної доброчесності)



Катерина СТАСЕВСЬКА

Керівник:

доцент кафедри, канд. техн. наук



Сергій ІНДИК

Рецензент:

доцентка кафедри АТ, докторка філософії

Олена ЩЕБЛИКІНА

Харків – 2025 р.

АНОТАЦІЯ

Актуальність роботи. У сучасному світі електронна комунікація є невід'ємною частиною корпоративних мереж. З ростом обсягів інформаційних потоків та інтенсивністю їх обробки виникає необхідність у забезпеченні стабільної та безпечної роботи систем електронної пошти. Одним з важливих аспектів є перевірка здатності поштових серверів витримувати різноманітні навантаження. Стрес-тестування, як частина тестування продуктивності, дозволяє виявити слабкі місця в системах електронної пошти та передбачити їх поведінку в умовах високих навантажень, що особливо важливо для забезпечення надійності корпоративних комунікацій. Тому дослідження методів стрес-тестування є актуальним для підвищення ефективності та безпеки корпоративних мереж.

Мета роботи: дослідження методів стрес-тестування електронної комунікації в корпоративних мережах.

Структура та обсяг роботи. Об'єм даної роботи становить 58 сторінок друкованого тексту, містить 23 рисунки, 28 літературних джерела. Робота містить вступ, 4 розділи, висновки та список використаних джерел.

У першому розділі розглянуто протоколи та програмне забезпечення, що використовуються в електронних комунікаціях для забезпечення передачі електронної пошти, такі як IMAP, POP3, SMTP, а також різні агенти пошти, що використовуються для обробки повідомлень.

У другому розділі описані типи тестування продуктивності, серед яких тестування навантаження, витривалості, стрес-тестування, тестування пікових навантажень та масштабованості, а також типові проблеми, які виникають під час тестування продуктивності.

Третій розділ включає в себе налаштування середовища для тестування продуктивності електронних комунікацій з використанням Apache JMeter, а також розробку модулів для емуляції серверів та тестування поштових сервісів.



Четвертий розділ зосереджений на тестуванні навантаження на сервери електронної пошти, а також на порівнянні різних протоколів, таких як IMAP і POP3, в умовах високих навантажень.

Методи дослідження. У дослідженні використано методи стрес-тестування, математичного моделювання та аналітичний підхід для оцінки ефективності електронних комунікаційних протоколів в умовах високих навантажень. Для тестування продуктивності поштових серверів застосовано методику перевірки на витривалість і стрес-тестування з використанням інструменту Apache JMeter. Це дозволило визначити можливі уразливості в сервісах при великих обсягах трафіку та за умов пікових навантажень. Для аналізу продуктивності серверів також були використані типові метрики продуктивності, такі як час затримки, пропускну здатність і обсяг оброблених даних.

Рекомендації щодо використання та результати впровадження. Результати роботи можуть бути використані при тестуванні та оптимізації поштових серверів, що використовуються в корпоративних мережах. Запропоновані методи стрес-тестування дозволяють визначити граничні можливості серверів при максимальних навантаженнях і оптимізувати їх конфігурацію для покращення продуктивності та стійкості до збоїв. Впровадження розроблених методик дозволить забезпечити надійну роботу електронних комунікацій в умовах високих навантажень, що підвищить якість обслуговування та знизить ризик виникнення неполадок у мережах. Також результатами дослідження можна скористатися для удосконалення процесів масштабування та управління серверами, що дозволить знижувати витрати на підтримку інфраструктури та забезпечувати стабільну роботу в умовах змінюваних навантажень.



OVERVIEW

Relevance of the work. In the modern world, electronic communication is an integral part of corporate networks. With the growth of information flow volumes and the intensity of their processing, there is a need to ensure the stable and secure operation of email systems. One of the key aspects is checking the ability of mail servers to handle various loads. Stress testing, as part of performance testing, helps identify weaknesses in email systems and predict their behavior under high loads, which is especially important for ensuring the reliability of corporate communications. Therefore, researching stress-testing methods is relevant for improving the efficiency and security of corporate networks.

Objective: The objective of this study is to research the methods of stress-testing electronic communication in corporate networks.

Structure and scope of the paper. The volume of this work is 58 pages of printed text. It contains of 23 figures, 28 literature sources. The work consists of an introduction, four chapters, conclusions, and a list of references.

In the first chapter, protocols and software used in electronic communications for ensuring email transmission are discussed, such as IMAP, POP3, SMTP, as well as various mail agents used for message processing.

The second chapter describes types of performance testing, including load testing, endurance testing, stress testing, peak load testing, and scalability testing, as well as common issues that arise during performance testing.

The third chapter includes setting up an environment for testing the performance of electronic communications using Apache JMeter, as well as the development of modules for server emulation and mail service testing.

Chapter four focuses on load testing of email servers, as well as comparing different protocols, such as IMAP and POP3, under high load conditions.

Research methods. The research utilizes stress testing methods, mathematical modeling, and an analytical approach to assess the performance of electronic



communication protocols under high load conditions. To test the performance of mail servers, endurance testing and stress testing techniques were applied using the Apache JMeter tool. This allowed the identification of potential vulnerabilities in services under high traffic volumes and peak load conditions. Typical performance metrics, such as latency, throughput, and the volume of processed data, were also used to analyze server performance.

Recommendations for use and implementation results. The results of this work can be applied in the testing and optimization of mail servers used in corporate networks. The proposed stress testing methods help identify the servers' limits under maximum load and optimize their configuration to improve performance and resilience to failures. Implementing the developed techniques will ensure the reliable operation of electronic communications under high load conditions, improving service quality and reducing the risk of network failures. Additionally, the findings can be used to enhance scaling and server management processes, reducing infrastructure maintenance costs and ensuring stable operation under changing load conditions.

A handwritten signature in black ink, located in the bottom right corner of the page. The signature is stylized and appears to be a name, possibly "Cindy".

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень	6
Вступ	8
1 Фізичні основи та характеристики оптичних волокон	9
1.1 Загальна характеристика оптичних волокон	9
1.1.1 Електромагнітні хвилі	11
1.1.2 Склад і геометрія оптичних волокон	12
1.2 Класифікація і типи оптичних волокон	
1.3 Параметри оптичних волокон	25
1.4 Переваги та недоліки оптичних волокон	
2. Концепція FTTx	
2.1 FTTx мережі	
2.2 Загальна архітектура мережі FTTH	
3 Пасивні оптичні мережі	32
3.1 Загальний принцип роботи PON	32
3.2 Характеристика роботи пасивної оптичної мережі	
3.3 Види технології PON	
4 Проєктування мережі WDM GPON	
4.1 Загальна характеристика проєкту	
4.2 Результати моделювання мережі WDM-GPON	
Висновки	56
Список використаних джерел	57



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гаврилюк, В. М., & Кравченко, О. В. Основи оптичних волоконних технологій. Наукова думка, Київ, 2014. – 350 с.
2. Fisher, B. Optical Fibers and Their Applications in Telecommunications. Springer, Munich, 2017. – 400 p.
3. Сивець, В. Г., Козлов, І. П. Пасивні оптичні мережі: принципи, технології та перспективи. Техніка, Київ, 2015. – 300 с.
4. Колесніков, М. В. Основи оптичних волоконних технологій: теорія та практичні аспекти. Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2013. – 320 с.
5. Johansson, B., & Lundberg, P. PON and WDM Technologies in Next-Generation Optical Networks. Wiley, London, 2019. – 480 p.
6. I. P. Kaminow, T. Li, and A. E. Willner, Optical Fiber Telecommunications VI, Academic Press, 2013.
7. G. P. Agrawal, Nonlinear Fiber Optics, 6th ed., Academic Press, 2019.
8. J. C. Palais, Fiber Optic Communications, 6th ed., Pearson, 2016.
9. C. S. Park and T. J. Xia, "Recent Advances in Optical Fiber Communication Components," IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, vol. 24, no. 4, pp. 1-15, 2018.
10. K. Kikuchi, "Fundamentals of Coherent Optical Fiber Communications," Journal of Lightwave Technology, vol. 34, no. 1, pp. 157-179, 2016.
11. Y. Liu, J. Wu, and S. Zhang, "Advanced Technologies for High-Capacity Fiber Optical Communication Systems," Optics Express, vol. 25, no. 3, pp. 1617-1632, 2017.
12. P. J. Winzer, "High-Spectral-Efficiency Optical Communication Systems," Journal of Lightwave Technology, vol. 35, no. 5, pp. 1099-1115, 2017.
13. A. E. Willner et al., "Optical Signal Processing Using Nonlinear Optical Fibers," Proceedings of the IEEE, vol. 106, no. 7, pp. 1183-1203, 2018.
14. IEEE, IEEE 802.3-2018 - Ethernet and Passive Optical Networks



(PONs) Standards. IEEE, 2018. – 500 p.

15.. Alcatel-Lucent. Understanding FTTx Architectures and Technologies. Alcatel-Lucent White Paper, 2019. – 120 p.

16. Fludger, C., & Winzer, R. Passive Optical Networks for High-Speed Access. Optical Fiber Technology, 2019. – 220 p.

17. Zhu, K., & Luo, D. Deployment of FTTH Networks in Urban and Rural Areas. IEEE Communications Magazine, 2021. – 145 p

18 Zhang, C., & Cheng, L. Cost and Performance Analysis of FTTH Networks. Telecommunication Systems, 2020. – 180 p.

19. Keiser, G. FTTx Concepts and Applications. Wiley, 2016. – 312 p

20. Kenny, R. P. Fiber to the Home (FTTH): Overview and Fundamentals. Journal of Optical Communications, 2020. – 140 p.

21. International Telecommunication Union. ITU-T G.984.1: Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): General Characteristics. ITU, 2016. – 50 p.

22. ETSI. ETSI Standards for IoT and Mobile Communications. ETSI Press, 2019. – 200 p.

23. Zheng, K., & Xu, J. Mobile Communications: Challenges in 5G and Beyond. Springer, 2020. – 300 p.

24. Ericsson, Sierra Wireless. IMT-2020 Self-Evaluation: mMTC Coverage, Data Rate, Latency and Battery Life. Technical Report R1-1903119, Ericsson, Sierra Wireless, March 2019.

25. Ch. Kuhlins, B. Rathonyi, A. Zaidi, and M. Hogan. Cellular Networks for Massive IoT. Technical Report Uen 284 23-3278, Ericsson, January 2020

26. A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, and M. Zorzi. Internet of Things for Smart Cities. IEEE Internet of Things Journal, vol. 1(no. 1): pp. 22–32, 2014.

27. S. Chung. Applications of Smart Technologies in Logistics and Transport: A Review. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 153, 2021.

28. F. Dian, R. Vahidnia, A. Rahmati. Wearables and the Internet of Things , Applications, Opportunities, and Challenges: A Survey. IEEE Access, vol. 8, 2020.

