

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Факультет «Інформаційно-керуючі системи та технології»

Кафедра «Транспортний зв'язок»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи магістра

на тему:

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ СТРЕС-ТЕСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ
КОМУНІКАЦІЇ В КОРПОРАТИВНИХ МЕРЕЖАХ**

МРА 02.24.214.08.ПЗ

Виконав:

студент групи 214-КМТ-Д23
спеціальності 273 «Залізничний транспорт»
Освітньої програми «Комп'ютерні
мережеві технології» (роботу
виконано самостійно відповідно до
принципів академічної доброчесності)



Ілля ЧЕПІГА

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.

Ключові слова: СТРЕС-ТЕСТУВАННЯ, ЕЛЕКТРОННА КОМУНІКАЦІЯ, ТЕСТУВАННЯ, МЕРЕЖЕВИЙ ТРАФІК, ПРОДУКТИВНІСТЬ МЕРЕЖІ, ТЕСТУВАННЯ ПРОТОКОЛІВ, ОПТИМІЗАЦІЯ, БЕЗПЕРЕБІЙНІСТЬ ЗВ'ЯЗКУ.


Об'єктом дослідження є процеси електронної комунікації в корпоративних мережах, зокрема їх продуктивність, стійкість до навантажень і забезпечення надійності передачі даних.

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

Структура та обсяг роботи. Об'єм даної роботи становить 55 сторінок друкованого тексту, містить 28 рисунків, 19 літературних джерел. 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, пропускна 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.

Keywords: STRESS TESTING, ELECTRONIC COMMUNICATION, LOAD TESTING, TRAFFIC, PERFORMANCE, PROTOCOL TESTING, NETWORK OPTIMIZATION, COMMUNICATION CONTINUITY.

The object of the study is the processes of electronic communication in corporate networks, particularly their performance, load resilience, and ensuring reliable data transmission.

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 55 pages of printed text. It contains of 28 figures and 19 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.



ЗМІСТ

Перелік умовних позначень	10
Вступ	11
1 Протоколи та програмне забезпечення, що використовуються в електронних комунікаціях	12
1.1 Протокол доступу до інтернет-пошти (IMAP)	12
1.2 Протокол поштового відділення 3 (POP3)	12
1.3 Протокол передачі електронної пошти (SMTP)	13
1.4 Агенти транспортування пошти (MTA, MSA, MDA)	14
1.5 Агент користувача пошти (MUA)	15
2 Тестування продуктивності засобів електронних комунікацій	18
2.1 Типи тестування продуктивності	19
2.1.1 Тестування навантаження	19
2.1.2 Тестування на витривалість	20
2.1.3 Стрес-тестування	21
2.1.4 Тестування пікових навантажень	22
2.1.5 Тестування обсягу	22
2.1.6 Тестування масштабованості	23
2.2 Типові проблеми при тестуванні продуктивності	23
2.3 Метрики продуктивності	24
2.4 Особливості тестування продуктивності	26
3 Розробка середовища тестування	28
3.1 Структура платформи тестування	29
3.2 Налаштування середовища розробки та імпорт Apache JMeter	32
3.3 Загальна структура програми JMeter	32
3.4 Реалізація модуля JMeter	33
3.5 Проектування модуля емулятора сервера	33



4 Тестування навантаження на сервер електронної пошти	39
4.1 Тестування навантаження з різних інтерфейсів за допомогою SMTP Sampler	39
4.2 Тестування навантаження за допомогою Mail Reader Sampler з використанням протоколів IMAP і POP3	43
4.2.1 Тестування різниці між IMAP і POP3	44
4.2.2 Тест IMAP за допомогою випадкових IP-адрес	47
4.3 Тестування граничних значень навантаження серверу електронної пошти	49
4.3.1 Тест SMTP	50
4.3.2 Тест IMAP	51
Висновки	52
Список використаних джерел	54



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Crispin, Mark. RFC 3501: Internet Message Access Protocol - Version 4rev1 (IMAP4rev1). IETF, 2003. – 96 p.
2. Myers, John, Rose, Marshall. RFC 1939: Post Office Protocol - Version 3 (POP3). IETF, 1996. – 35 p.
3. Klensin, John. RFC 5321: Simple Mail Transfer Protocol. IETF, 2008. – 98 p.
4. W3Schools. SMTP, POP3, and IMAP Protocols Overview. w3schools.com.
5. TechTarget. Comparative Analysis of Email Management Protocols. techtarget.com.
6. Mozilla Developer Network (MDN). *Documentation on Email Protocols*. developer.mozilla.org.
7. Stevens, W. Richard, Fenner, Bill, Rudoff, Andrew M. Unix Network Programming: The Sockets Networking API. Addison-Wesley, 2004. – 1024 p.
8. Kurose, James F., Ross, Keith W. Computer Networking: A Top-Down Approach. Pearson, 2021. – 864 p.
9. Stallings, William. Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud. Addison-Wesley Professional, 2013. – 400 p.
10. Phil Wilkins and Jason Porter. Performance Testing with JMeter 3: Analyze and Measure the Performance of Web Applications. Packt Publishing, 2018. — 300 p.
11. Altaf Hussain, Sufyan Ali Ranjha, and Faizan Ahmed. Performance Testing for Web Applications Using Apache JMeter: A Step-by-Step Guide. Springer, 2021. — 120 p.
12. Comer, Douglas. Internetworking with TCP/IP Volume One: Principles, Protocols, and Architecture. Pearson, 2018. – 624 p.
13. Garfinkel, Simson, Spafford, Gene. Email Security: How to Keep Your Electronic Messages Private. Addison-Wesley, 2005. – 288 p.
14. IETF. Internet Engineering Task Force Official Website. ietf.org.
15. Neal Ford. Functional Programming and Apache JMeter for Load Testing. Manning Publications, 2021. — 340 p.



16. Ian Molyneaux. *The Art of Application Performance Testing: From Strategy to Tools*. O'Reilly Media, 2014. — 192 p.
17. Ajit Panda. *Load Testing of Web Applications Using Apache JMeter*. Independently published, 2021. — 185 p.
18. Scott Oaks. *Java Performance: The Definitive Guide*. O'Reilly Media, 2014. — 432 p.
19. Suresh Kumar. *Hands-On Performance Testing with JMeter*. Packt Publishing, 2018. — 236 p.

