

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Факультет «Інформаційно-керуючі системи та технології»

Кафедра «Транспортний зв'язок»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи бакалавра

на тему:

**ПРОЄКТУВАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ НА
ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ІР ТЕЛЕФОНІЇ**

БРА 02.25.05.134.ПЗ

Виконав:

студент 3 курсу, групи 134-ТКРТ-Д22

спеціальності

172 «Телекомунікації та радіотехніка»

(роботу виконано самостійно відповідно
до принципів академічної доброчесності)

Максим ПАПУША

Керівник:

доцент кафедри, канд. техн. наук

Наталія КОРОЛЬОВА

Рецензент:

доцент кафедри АТ, PhD, доцент

Олена ЩЕБЛИКІНА

Харків – 2025 р.

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Факультет «Інформаційно-керуючі системи та технології»

Кафедра «Транспортний зв'язок»

Освітній рівень: бакалавр

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри, доцент

С.В. Індик

(підпис)

« 07 » _____ квітня _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Папуші Максиму Юрійовичу

1. Тема роботи:

«Проектування віртуальної телекомунікаційної мережі на основі технології IP телефонії», керівник роботи: доцент кафедри, канд. техн. наук Корольова Наталія Анатоліївна, затверджені розпорядженням декана факультету інформаційно-керуючих систем та технологій від 24.02.2025 р. № 11.

2. Строк подання студентом роботи: 06.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи:

- ВБН В.2.2-33-2007. Проектування телекомунікацій;
- RFC 3550 – RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications;
- IEEE 802.1p – Traffic Class Expediting and Dynamic Multicast Filtering.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): провести Аналіз принципів побудови загальнотехнологічних телефонних мереж; визначити архітектуру і технічний склад телефонних мереж на основі технології IP телефонії; провести розрахунки параметрів потоку даних в мережі на основі технології IP телефонії.

5. Презентаційний матеріал: 10 слайдів.

7. Дата видачі завдання: 07.04.2025 р.

№ з/п	Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1	Підготовка матеріалів до оглядово-аналітичної частини дипломної роботи	21.04.2025 р	виконано
2	Розробка розділу оглядово-аналітичного характеру	12.05.2025 р	виконано
3	Розробка розділів спеціальної частини дипломної роботи з елементами моделювання	26.05.2025 р	виконано
4	Підготовка графічного матеріалу, доповіді, подання роботи на рецензію та затвердження	2.06.2025 р.	виконано

Здобувач

(підпис)

Максим ПАПУША

Керівник роботи

доцент кафедри, канд. техн. наук,

(підпис)

Наталія КОРОЛЬОВА

Відповідальний за нормоконтроль

доцент кафедри, канд. техн. наук, доцент

(підпис)

Ірина КОВТУН

АНОТАЦІЯ

Актуальність роботи. У сучасному світі швидкого розвитку телекомунікаційних технологій виникає потреба у створенні мереж, що забезпечують ефективний зв'язок із високою якістю обслуговування, низькими витратами та гнучкою масштабованістю. IP телефонія є однією з найбільш перспективних технологій для побудови віртуальних телекомунікаційних мереж, оскільки дозволяє значно знизити витрати на комунікації, спростити управління мережею та розширити можливості інтеграції різноманітних сервісів. Заміна традиційних телефонних мереж мережами IP телефонії відкриває широкі можливості для корпоративного та приватного секторів, сприяючи економічному розвитку та ефективнішій комунікації. Дослідження в області проектування таких мереж є актуальним кроком до забезпечення доступного та якісного зв'язку.

Мета роботи: оцінка ефективності функціонування проекту віртуальної телекомунікаційної мережі IP на основі аналізу параметрів затримок.

Структура та обсяг роботи. Об'єм даної роботи становить: 65 сторінки друкованого тексту. Робота містить вступ, 3 розділи, висновки та список використаних джерел.

Розділи кваліфікаційної роботи:

- Перший розділ містить загальні теоретичні відомості з теорії побудови мереж загальнотехнологічного зв'язку.
- У другому розділі розглянуто архітектуру і технічний склад телефонних мереж на основі технології IP телефонії.
- Третій розділ містить розробку схеми мережі, методику розрахунку параметрів потоку даних, порівняння отриманих теоретичних та практичних результатів.

Методи дослідження. У дослідженні використані методи математичного моделювання, аналітичний підхід для розрахунку параметрів трафіку та якості обслуговування. Для побудови архітектури мережі застосовано системний підхід,

який включає розгляд технічних компонентів мережі та аналіз стандартів протоколів і кодеків. У роботі розглядається методика розрахунку затримки на різних етапах обробки пакетів, зокрема при інкапсуляції, декомпресії, розповсюдженні, що дозволяє оцінити загальну затримку та обрати оптимальні параметри для забезпечення якості обслуговування.

Рекомендації щодо використання та результати впровадження. Результати роботи можуть бути використані при проектуванні корпоративних і приватних віртуальних телекомунікаційних мереж на основі технології IP телефонії. Запропонована методика дозволяє оптимізувати затримку в мережі, що підвищує якість передачі голосового трафіку та загальну ефективність мережі. Впровадження розробленої методики дозволить забезпечити надійну якість обслуговування, знизити витрати на створення і обслуговування мережі, а також створити масштабовану і гнучку телекомунікаційну інфраструктуру.

ABSTRACT

Relevance of the work. In today's world of rapidly advancing telecommunications technology, there is a growing need for networks that ensure efficient communication with high service quality, low costs, and flexible scalability. IP telephony is one of the most promising technologies for building virtual telecommunications networks, as it enables a significant reduction in communication costs, simplifies network management, and expands the possibilities for integrating various services. The replacement of traditional telephone networks with IP telephony networks opens up wide opportunities for both corporate and private sectors, promoting economic development and more efficient communication. Research in the area of designing such networks is an important step towards providing accessible and high-quality communication.

Objective. To assess the efficiency of a virtual IP telecommunications network design by analyzing delay parameters.

Structure and scope of the paper. This work comprises 65 pages of printed text and includes an introduction, 3 chapters, conclusions, and a list of references.

Sections of a master's thesis:

- The first chapter presents general theoretical information on the theory of constructing general technology communication networks.
- The second chapter examines the architecture and technical composition of telephone networks based on IP telephony technology.
- The third chapter provides the network design, methodology for calculating data flow parameters, and a comparison of theoretical and practical results.

Research methods. The study employs methods of mathematical modeling and an analytical approach to calculate traffic parameters and service quality. A systematic approach was used to construct the network architecture, which includes examining the technical components of the network and analyzing protocol and codec standards. The work presents a methodology for calculating delay at various stages of packet processing,

including encapsulation, decompression, and distribution, allowing for the assessment of total delay and selection of optimal parameters to ensure service quality.

Recommendations for use and implementation results. The results of this work can be applied in the design of corporate and private virtual telecommunications networks based on IP telephony technology. The proposed methodology optimizes network delay, which improves the quality of voice traffic transmission and the overall efficiency of the network. Implementing this methodology will help ensure reliable service quality, reduce the costs of network creation and maintenance, and establish a scalable and flexible telecommunications infrastructure.

Зміст

Перелік умовних позначень	10
Вступ	12
1 Аналіз принципів побудови загальнотехнологічних телефонних мереж	13
1.1 Технічний склад традиційної телефонної мережі	13
1.2 Основні принципи зв'язку традиційної телефонної мережі	15
1.3 Еволюція загальнотехнологічних телефонних мереж	18
1.4 Перехід від традиційної телефонної мережі до мереж IP телефонії	24
2 Архітектура і технічний склад телефонних мереж на основі технології IP телефонії	29
2.1 Архітектура технології IP телефонії	29
2.2 Технічний склад мережі на основі технології IP телефонії	32
2.3 Особливості та переваги технології IP телефонії	35
2.4 Протоколи та кодеки в архітектурі IP телефонії	38
2.5 Забезпечення якості обслуговування у мережах на основі технології IP телефонії	43
3 Методика розрахунку параметрів потоку даних в мережі на основі технології IP телефонії	47
3.1 Розрахунок затримки кодека середовища IP	48
3.2 Розрахунок затримки при інкапсуляції пакетів	49
3.3 Розрахунок затримки обробки пакетів	50
3.4 Розрахунок пропускної здатності в мережі	51
3.5 Розрахунок затримки послідовного потоку пакетів	52
3.6 Розрахунок затримки розповсюдження потоку пакетів	53
3.7 Розрахунок затримки при компенсації джиттера	53
3.8 Розрахунок затримки при декапсуляції пакетів	54
3.9 Розрахунок затримки при декомпресії пакетів	54
3.10 Розрахунок затримки мережевих пристроїв	55

3.11 Розрахунок параметрів затримки моделі IP мережі	60
Висновки	64
Перелік посилань	66

Вступ

З розвитком інформаційних технологій та збільшенням обсягів переданих даних зростає потреба у впровадженні нових рішень для забезпечення надійного зв'язку. IP телефонія, яка базується на принципах передачі голосу через мережі пакетної комутації, стає однією з ключових технологій сучасних телекомунікацій. Вона забезпечує ефективний, економічний і гнучкий спосіб комунікації, який, на відміну від традиційних телефонних мереж, дозволяє інтегрувати різні мультимедійні сервіси, знижує витрати на зв'язок і спрощує управління мережею.

Перехід від класичних телефонних мереж до мереж на основі IP телефонії є важливим кроком у розвитку телекомунікаційної інфраструктури. Традиційні телефонні мережі мають обмежену функціональність, яка не відповідає сучасним вимогам бізнесу і приватних користувачів. IP телефонія, у свою чергу, дозволяє не лише передавати голосовий сигнал, але й інтегрувати передачу відео, обміну миттєвими повідомленнями, забезпечувати конференц-зв'язок та інші додаткові послуги, що значно підвищує якість комунікації та продуктивність роботи в корпоративному середовищі.

Проектування віртуальної телекомунікаційної мережі на основі технології IP телефонії є актуальним завданням, яке потребує врахування низки технічних і архітектурних аспектів, пов'язаних із забезпеченням якості обслуговування, надійністю та захистом даних. Для побудови ефективної мережі необхідно знати принципи побудови традиційних телефонних мереж, розуміти особливості архітектури IP телефонії, а також враховувати специфіку розрахунку параметрів затримки, що дозволить забезпечити високу якість зв'язку і стабільну роботу мережі.

Висновки

У даній дипломній роботі було розглянуто основні аспекти проектування віртуальної телекомунікаційної мережі на основі технології IP телефонії. У ході дослідження було проаналізовано принципи побудови традиційних телефонних мереж, а також досліджено процес їхньої еволюції до сучасних мереж, що працюють на основі IP телефонії. Це дало змогу визначити ключові відмінності та переваги, які надає IP телефонія порівняно з класичними телефонними системами.

Основні результати роботи включають:

- Аналіз архітектури та технічного складу мереж IP телефонії, що дозволило виявити ключові елементи, такі як кодеки, протоколи та компоненти для забезпечення якості обслуговування. Виявлено, що IP телефонія дозволяє інтегрувати різні типи мультимедійного трафіку, забезпечуючи гнучкість та зниження витрат на комунікацію.

- Розробку методики розрахунку параметрів потоку даних, включаючи затримку, джиттер, пропускну здатність та інші фактори, що впливають на якість передачі голосового сигналу. Методика дозволяє розрахувати затримки на кожному етапі обробки пакета та оцінити їхній сумарний вплив на якість зв'язку.

- Поглиблений аналіз забезпечення якості обслуговування у мережах IP телефонії, включаючи механізми пріоритетності, використання черг та буферизації. Було показано, що ефективне управління трафіком і надання пріоритету голосовому трафіку є ключовими для забезпечення високої якості зв'язку.

- Використання математичної моделі для прогнозування затримок і пропускну здатності в мережі IP телефонії. Дослідження показало, що за умови високої кількості одночасних з'єднань результати моделі наближуються до реальних показників із високою точністю. Це дозволяє прогнозувати поведінку мережі в умовах різного навантаження і забезпечити належну якість зв'язку.

Загалом, виконана робота демонструє, що технологія ІР телефонії є ефективним та економічно вигідним рішенням для створення віртуальних телекомунікаційних мереж, здатних забезпечувати високу якість обслуговування та інтеграцію мультимедійних сервісів. Методика проектування мережі, розроблена в рамках цієї роботи, дозволяє створювати мережеві інфраструктури з досить точними показниками затримки та пропускної здатності, що відповідають вимогам сучасних комунікаційних стандартів.

Впровадження запропонованої методики може бути корисним для підприємств та організацій, які прагнуть модернізувати свої телекомунікаційні системи, знижуючи витрати та забезпечуючи високу якість зв'язку. Подальше дослідження у цьому напрямку може зосередитися на розробці нових методів забезпечення якості зв'язку та оптимізації управління трафіком для досягнення ще вищих показників продуктивності та якості обслуговування.

Перелік посилань

1. Макаров, А.В., Лазарєв, А.О. Технології зв'язку. – Дніпро: ДНУ, 2012. – 398 с.
2. Серік, І.М. Телекомунікації та мережі зв'язку. – Львів: ЛНУ, 2016. – 285 с
3. Губін, С.В., Рудаков, К.Є., Савінов, В.О. Телефонні мережі та системи. – Київ: Вища школа, 2008. – 456 с.
4. Троян, В.С. Основи побудови телефонних мереж. – Одеса: ОНУ, 2014. – 367 с.
5. Батаєв О.П., Ковтун І.В., Корольова Н.А. Теорія електричного зв'язку: Навч. посібник. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. - 630 с.
6. Хоров, О.Е., Козаченко, В.В. Технічні основи телекомунікацій. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 288 с.
7. Сивухін, Г.Б. Курс лекцій з телефонного зв'язку. – Харків: НТУ, 2017. – 214 с.
8. ETSI. etsi.org. "ETSI DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) technology page". [Online] the European Telecommunications Standards Institute, 2011-2015. <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/dect>.
9. Kurose, J., & Ross, K. Computer Networking: A Top-Down Approach (7th ed.). Pearson, 2021.
10. Stallings, W. Data and Computer Communications (10th ed.). Pearson, 2019.
11. RFC 3261: SIP: Session Initiation Protocol. Network Working Group, 2002. Retrieved from <https://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>
12. RFC 3550: RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. Network Working Group, 2003. Retrieved from <https://www.ietf.org/rfc/rfc3550.txt>
13. Gough, B. Understanding and Implementing Quality of Service in IP Networks. Springer, 2020.
14. Minoli, D. Voice Over IP (VoIP) Security. Cisco Press, 2021.

15. Goleniewski, L. Telecommunications Essentials: The Complete Global Source (2nd ed.). Pearson, 2020.
16. Rybczynski, T. Introduction to IP Telephony: Why and How Companies are Moving Their Phone Systems to IP. NTT Press, 2018.
17. Zhang, Y., & Shafiq, M. Security for IP Telephony Networks: Threats, Solutions and Implementation. Springer, 2021.
18. ITU-T Recommendation G.711: Pulse Code Modulation (PCM) of Voice Frequencies. International Telecommunication Union, 1988.
19. ITU-T Recommendation G.729: Coding of Speech at 8 kbit/s Using Conjugate-Structure Algebraic Code-Excited Linear Prediction (CS-ACELP). International Telecommunication Union, 1996.
20. Minoli, D. Voice Over IP (VoIP) Technology: Applications and Protocols for Next Generation Networks. John Wiley & Sons, 2011.
21. ITU. P.800: Methods for subjective determination of transmission quality. Recommendation, ITU. [Online] ITU. [Cited: 12. 12 2015.] <http://www.itu.int/rec/T-RECP.800-199608-I/en>.