

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Факультет «Інформаційно-керуючі системи та технології»

Кафедра «Транспортний зв'язок»

Пояснювальна записка

до дипломної роботи бакалавра

на тему:

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ РОБОТИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ ФОРМУВАННЯ ТРАФІКУ «TOKEN BUCKET»

БРА 02.25.134.05.ПЗ

Виконав:

студент 4 курсу, групи 107-ТКРТ-Д21
спеціальності

172 «Електронні комунікації та
радіотехніка»

освітньої програми «Телекомунікації та
радіотехніка» (роботу виконано самостійно,
відповідно до принципів академічної
добросовісності)

(підпис)

Віталій НАДТОЧІЙ

Керівник:

професор кафедри, доктор техн. наук,
професор

Сергій ПАНЧЕНКО

Рецензент:

доцент кафедри, канд. техн. наук, доцент

Олександр СЕВЕРІНОВ

Харків – 2025 р.

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Факультет «Інформаційно-керуючі системи та технології»

Кафедра «Транспортний зв'язок»

Освітній ступінь: бакалавр

Спеціальність 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Сергій ІНДИК
(підпис)

«_____» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Надточію Віталію Ігоровичу

1. Тема роботи:

«Дослідження принципів роботи та застосування алгоритму формування трафіку «Token Bucket»»,

керівник роботи: Панченко Сергій Володимирович, доктор техн. наук, професор, 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:

– протокол IP v.4;

– документ RFC2212.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Дослідження роботи алгоритму відра маркерів Token Bucket. Розробка імітаційної моделі сегменту IP мережі в програмному середовищі Cisco Packet Tracer. Налаштування шейпінгу на інтерфейсі комутатора третього рівня. Принципи застосування процедур формування трафіку на основі алгоритму відра маркерів Token Bucket.

5. Демонстраційні матеріали:

презентація обсягом не менше 5 слайдів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис консультанта, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 07.04.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1	Підготовка матеріалів до оглядово-аналітичної частини дипломної роботи	02.06.2025 р.	вик.
2	Розробка розділу оглядово-аналітичного характеру	17.06.2025 р.	вик.
3	Розробка розділів спеціальної частини	20.06.2025 р.	вик.
4	Підготовка демонстраційного матеріалу, доповіді, подання роботи на рецензію та затвердження	23.06.2025 р.	вик.

Студент
(підпис)**Віталій НАДТОЧІЙ****Керівник роботи**професор кафедри,
доктор техн. наук, професор
(підпис)**Сергій ПАНЧЕНКО****Відповідальний за нормоконтроль**доцент кафедри,
канд. техн. наук, доцент
(підпис)**Ірина КОВТУН**

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. Дослідження роботи алгоритму відра маркерів Token Bucket.....	9
2 Розробка імітаційної моделі сегменту IP мережі в програмному середовищі Cisco Packet Tracer.....	19
3 Налаштування шейпінгу на інтерфейсі комутатора третього рівня.....	28
4 Принципи застосування процедур формування трафіку на основі алгоритму відра маркерів Token Bucket.....	31
Висновки	38
Список використаних джерел	39
Додаток А. Конфігурація комутатора 3-го рівня	43

АНОТАЦІЯ

Проведено дослідження роботи алгоритму відра маркерів Token Bucket. Розроблено імітаційну модель сегменту IP мережі в програмному середовищі Cisco Packet Tracer. Здійснено налаштування шейпінгу на інтерфейсі комутатора третього рівня. Наведено принципи застосування процедур формування трафіку на основі алгоритму відра маркерів Token Bucket.

Відомості про роботу: 46 сторінок, 12 рисунків, 2 таблиці, 16 літературних джерел.

Ключові слова: пакет, комутатор, пропускна здатність, відро маркерів, шейпінг, полісінг.

ABSTRACT

The study investigates the operation of the Token Bucket algorithm. A simulation model of an IP network segment was developed using the Cisco Packet Tracer software environment. Traffic shaping was configured on the interface of a Layer 3 switch. Principles for applying traffic shaping procedures based on the Token Bucket algorithm are presented.

Work details: 46 pages, 12 figures, 2 tables, 16 references.

Keywords: packet, switch, bandwidth, token bucket, shaping, policing.

ВСТУП

У сучасних електронних комунікаційних мережах на основі протоколу IP ефективно управління трафіком є критично важливим для забезпечення якості обслуговування (QoS) та оптимального використання доступної пропускної здатності. Зі зростанням обсягів переданих даних та різноманітності мережевих додатків, таких як потокове відео, голосові служби реального часу, онлайн-ігри та хмарні сервіси, виникає необхідність у надійних механізмах контролю трафіку. Ці механізми повинні забезпечувати не лише стабільність і передбачуваність мережевих з'єднань, але й адаптивність до змінних умов навантаження.

Одним із ключових інструментів для досягнення цих цілей є алгоритм Token Bucket. Цей алгоритм використовується для регулювання потоку даних у мережах з комутацією пакетів та телекомунікаційних системах. Він дозволяє перевіряти, чи відповідають передані дані визначеним обмеженням на пропускну здатність та "вибуховість" трафіку, а також може служити як алгоритм планування для визначення часу передачі, що відповідають встановленим лімітам. Принцип роботи Token Bucket полягає у використанні «маркерів» або «жетонів», які накопичуються в спеціальному "відрі" з певною швидкістю. Кожен жетон представляє дозвіл на передачу певного обсягу даних. Якщо в відрі достатньо жетонів, пакет дозволяється до передачі; якщо ні – пакет може бути відхилений або відкладений.

Компанія Cisco Systems, заснована в 1984 році, є провідною транснаціональною корпорацією, що спеціалізується на мережевих технологіях. Її продукція використовується в усьому світі, охоплюючи різні сектори економіки, включаючи бізнес, освіту, державне управління та домашні комунікації. Мережі, побудовані на основі IP-технологій Cisco, стали фундаментом сучасної інфраструктури зв'язку.

Продукція Cisco представлена на всіх континентах, забезпечуючи надійне з'єднання для мільйонів користувачів. Компанія має розгалужену мережу партнерів і дистриб'юторів, що сприяє широкому розповсюдженню її обладнання та рішень. Завдяки цьому, незалежно від географічного розташування, організації можуть впроваджувати передові мережеві технології Cisco для задоволення своїх потреб.

Однією з ключових переваг Cisco є універсальність її обладнання. Компанія пропонує широкий спектр продуктів, які задовольняють потреби як малих підприємств, так і великих корпорацій. Асортимент включає маршрутизатори, комутатори, бездротові рішення, системи безпеки, центри обробки даних та багато іншого.

Маршрутизатори Cisco відомі своєю безпекою та надійністю. Кожен пристрій має вбудовану систему захисту, що забезпечує безпечну роботу мережі. Комутатори серії Cisco Catalyst забезпечують високу продуктивність та масштабованість, що робить їх ідеальним вибором для різних сценаріїв використання.

Завдяки глобальній присутності та розгалуженій мережі партнерів, обладнання Cisco є доступним для організацій будь-якого розміру та галузі. Компанія пропонує рішення, які можуть бути адаптовані до специфічних потреб клієнтів, забезпечуючи гнучкість та масштабованість.

Cisco Systems заслужила репутацію лідера у сфері мережевих технологій завдяки постійному впровадженню інновацій та високій якості своєї продукції. Компанія неодноразово отримувала визнання від галузевих експертів та клієнтів за свої досягнення та внесок у розвиток мережевої інфраструктури.

Завдяки своєму досвіду та інноваційному підходу, Cisco продовжує залишатися на передовій позиції у сфері мережевих технологій, забезпечуючи своїх клієнтів надійними та ефективними рішеннями для сучасного світу.

Одним із ключових факторів успіху Cisco є її здатність адаптуватися до змін на ринку та впроваджувати нові технології. Компанія активно інвестує в

дослідження та розробки, що дозволяє їй пропонувати передові рішення, які відповідають сучасним вимогам бізнесу та технологій.

У контексті обладнання Cisco, алгоритм відра маркерів Token Bucket відіграє важливу роль у механізмах управління трафіком, таких як полісінг (policing) – жорстке обмеження трафіку та шейпінг (shaping) – згладжування трафіку. Полісінг використовується для обмеження швидкості вхідного або вихідного трафіку до заданого ліміту, відкидаючи або позначаючи пакети, які перевищують встановлені межі. Шейпінг, з іншого боку, згладжує трафік, буферизуючи пакети та випускаючи їх у мережу з контрольованою швидкістю, що допомагає уникнути перевантаження та забезпечити більш рівномірний потік даних. Обидва ці механізми базуються на алгоритмі Token Bucket для визначення, які пакети слід передавати, відкладати або відхиляти, залежно від поточного стану трафіку та налаштувань політики.

У роботі розглянемо принципи роботи алгоритму Token Bucket, його реалізацію в обладнанні Cisco та практичні аспекти налаштування для ефективного управління мережевим трафіком. Розуміння та вміння застосовувати алгоритм Token Bucket є необхідними для мережевих інженерів та адміністраторів, які прагнуть забезпечити стабільну та ефективну роботу мережевих інфраструктур.

У ході підготовки та виконання роботи автором була використана інформація, у тому числі текст, формули, рисунки, схеми, алгоритми, методики проведення аналізу, досліджень, визначення певних характеристик, параметрів та вихідних даних, розрахунків тощо, що міститься у джерелах [1 – 16], наведених у списку використаних джерел, а також інформація, отримана в результаті консультування з керівником роботи, науковими, науково-педагогічними працівниками та іншими особами, яка є неопублікованими авторськими напрацюваннями, дозволеними для використання автору цієї роботи виключно при виконанні тільки цієї роботи.

ВИСНОВКИ

1. Проведено дослідження роботи алгоритму відра маркерів Token Bucket.
2. Розроблено імітаційну модель сегменту IP мережі в програмному середовищі Cisco Packet Tracer.
3. Здійснено налаштування шейпінгу на інтерфейсі комутатора третього рівня.
4. Наведено принципи застосування процедур формування трафіку на основі алгоритму відра маркерів Token Bucket.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Token Bucket Algorithm / GeeksforGeeks. – 2022. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.geeksforgeeks.org/token-bucket-algorithm/>
2. Token Bucket vs. Leaky Bucket Algorithm – System Design / GeeksforGeeks. – 2023. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.geeksforgeeks.org/token-bucket-vs-leaky-bucket-algorithm-system-design/>
3. Congestion Control in Computer Networks / GeeksforGeeks. – 2023. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.geeksforgeeks.org/congestion-control-in-computer-networks/>
4. Rate Limiting Algorithms – System Design / GeeksforGeeks. – 2023. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.geeksforgeeks.org/rate-limiting-algorithms-system-design/>
5. How to Design a Rate Limiter API | Learn System Design / GeeksforGeeks. – 2023. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.geeksforgeeks.org/how-to-design-a-rate-limiter-api-learn-system-design/>
6. Configuring QoS / Cisco Systems. – 2023. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst9200/software/release/17-16/configuration_guide/qos/b_1716_qos_9200_cg/configuring_qos.html
7. Compare Traffic Policy and Traffic Shape to Limit Bandwidth / Cisco Systems. – 2021. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/quality-of-service-qos/qos-policing/19645-policevsshape.html>
8. Policing and Shaping Overview / Cisco Systems. – 2023. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/qos/configuration/guide/12_2sr/qos_12_2sr_book/policing_shaping_overview.html

9. Compare Traffic Policy and Traffic Shape to Limit Bandwidth. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/quality-of-service-qos/qos-policing/19645-policevsshape.html>.

10. Методичні вказівки до самостійної роботи, практичних занять та контрольних заходів на тему «Імітаційне моделювання сегментів мереж на основі технології Ethernet та протоколу IP» з дисциплін «Телекомунікаційні та інформаційні мережі», «Телекомунікаційні та інформаційні мережі на залізничному транспорті», «Інтегральні цифрові мережі зв'язку» / Приходько С.І., Жученко О.С., Штомпель М.А., Індик С. В. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – 34 с.

11. Методичні вказівки до лабораторних, практичних занять і самостійної роботи на тему «Віртуальні локальні мережі VLAN» з дисциплін «Телекомунікаційні та інформаційні мережі», «Телекомунікаційні та інформаційні мережі на залізничному транспорті», «Мережеві технології», «Інтегральні цифрові мережі зв'язку» / Приходько С. І., Жученко О.С., Штомпель М.А., Сколота С. В. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – 41 с.

12. Методичні вказівки до лабораторної роботи на тему «Основи роботи в програмному середовищі імітаційного моделювання мережевих компонентів» з дисциплін «Телекомунікаційні та інформаційні мережі», «Телекомунікаційні та інформаційні мережі на залізничному транспорті», «Мережеві технології», «Інтегральні цифрові мережі зв'язку», «Інтегральні мережі технологічного зв'язку», «Комп'ютерно-інтегровані технології» / Приходько С.І., Жученко О.С., Штомпель М.А., Сколота С. В. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – 37 с.

13. Методичні вказівки до лабораторних, практичних занять і самостійної роботи на тему «Комутатор третього рівня» з дисциплін «Телекомунікаційні та інформаційні мережі», «Телекомунікаційні та інформаційні мережі на залізничному транспорті», «Мережеві технології», «Інтегральні цифрові мережі

зв'язку» / Приходько С.І., Жученко О.С., Штомпель М.А., Свергунова Ю.О. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – 33 с.

14. Технологія Ethernet : лабораторний практикум / М.О. Білова, С. П. Євсєєв, О.С. Жученко, І.С. Іванченко, О.В. Шматко. – Харків: НТУ «ХПІ», 2019. – 194 с.

15. Телекомунікаційні та інформаційні мережі. Типові завдання: методичні вказівки до практичних занять і самостійної роботи з дисциплін «Телекомунікаційні та інформаційні мережі на залізничному транспорті», «Комп'ютерні мережі». Частина 1 / укладачі : С. В. Індик, О. С. Жученко, В. П. Лисечко ; кафедра транспортного зв'язку. - Харків : УкрДУЗТ, 2022. - 44 с.

16. Телекомунікаційні та інформаційні мережі. Типові завдання: методичні вказівки для практичних занять і самостійної роботи з дисципліни «Телекомунікаційні та інформаційні мережі на залізничному транспорті» Частина 2 / укладачі : М. А. Штомпель, О. С. Жученко, С. В. Індик ; кафедра транспортного зв'язку. - Харків: УкрДУЗТ, 2024. - 42 с.