ний механізм моніторингу та оцінки результатів., Отримання грантового фінансування сприяє економічному зростанню, генеруванню нових робочих місць, а також спрямоване на підтримку вже існуючих комерційних структур у країні задля їхнього подальшого розвитку та розбудови.

Науковий керівник – д-р екон. наук, професор Журавльова І. В.

Література: 1. Аналітична та статистична інформація // Державна служба зайнятості України. URL: https://dcz.gov.ua. **2.** Матюк Т. В., Суліма Н. М., Фурса Т. П., Крючкова Н. М. Перспективні тенденції для соціально-економічного розвитку: аналіз макро- й мікрорівнів. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права. Серія економічна. Серія юридична.* 2023. Вип. 37. С. 380–389. **3.** Міністерство економіки України. URL: https://www.me.gov.ua/News/Detail?lang=uk-UA&id=ff37dd88-d360-4220-bc66-522ec86858a2&title=VlasnaSprava-1-MlrdGrn. **4.** Муранова Т. О. Вітчизняне підприємництво в умовах воєнного стану: основні тенденції та методи підтримки. *Економіка та суспільство.* 2023. № 47. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-47-49. **5.** Яценко Л. Проблеми працевлаштування ветеранів війни : ризики для держави та суспільства. *Національний інститут стратегічних досліджень. 2023.* https://niss.gov.ua/sites/default/files/2023-12/ke_pratsevlashtuvannya-veteraniv_18122023_0.pdf.

Тези надійшли до редакції 19.04.2024 р.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ПЛАНУВАННЯ ПАКЕТНИХ ПОТОКІВ ДАНИХ ІЗ РІЗНИМИ ПРІОРИТЕТАМИ

УДК 004.942:519.6(477.54)

Єнгаличев С. О.
Леуненко О. В.

Здобувачі вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня,
кафедра кібербезпеки та інформаційних технологій ХНЕУ ім. С. Кузнеця

Анотація. *У цій роботі наведено результати імітаційного моделювання різних алгоритмів планування пакетних потоків даних. Зосереджено увагу на ефективності мереж та оптимальності параметрів для поліпшення передачі даних з варіативними пріоритетами.*

Ключові слова: *імітаційне моделювання, пакетні потоки даних, ефективність мережі, оптимальні параметри, порівняльний аналіз.*

Annotation. *This work presents the results of simulation modeling of various data packet scheduling algorithms. It focuses on network efficiency and parameter optimization to improve data transmission with variable priorities.*

Keywords: *simulation modeling, data packet streams, network efficiency, optimal parameters, comparative analysis.*

© Єнгаличев С. О., Леуненко О. В., 2024

Вступ. У сучасному світі, де обробка великого обсягу даних є ключовим елементом багатьох сфер життя, ефективне планування ресурсів та оптимізація процесів мають вирішальне значення. Одним із основних аспектів оптимізації є планування пакетних потоків даних з різними пріоритетами, що набуває особливого значення в умовах конкурентної боротьби за ресурси і максимальної продуктивності системи.

У цих тезах ми приводимо результати імітаційного моделювання та досліджуємо алгоритми планування пакетних потоків даних з різними пріоритетами. Імітаційне моделювання дозволяє емулювати реальні умови функціонування системи, враховуючи різноманітні сценарії та параметри, що дозволяє здійснювати об'єктивну оцінку роботи алгоритмів планування.

Ми розглянемо різні алгоритми планування, їх переваги та обмеження, а також пропонуємо методику порівняльного аналізу на основі імітаційного моделювання. Такий підхід дозволяє не лише ретельно вивчити принципи роботи окремих алгоритмів, а й визначити оптимальні параметри їх використання в конкретних умовах.

Основна частина. Алгоритм WFQ (Weighted Fair Queuing) є одним із методів планування пакетних потоків даних у мережевих комутаторах або маршрутизаторах. Його основна мета – забезпечити справедливий доступ до мережевого каналу для різних потоків даних, з урахуванням їх ваги та пріоритету.

Основні принципи роботи алгоритму WFQ такі [1]:

1. Вага (Weight) потоку: Кожному потоку даних призначається вага, що визначає його пріоритет у черзі. Потоки з більшою вагою матимуть більший доступ до мережевого каналу.

2. Черга (Queue) з дискретними чергами: Кожен потік має свою власну чергу, в яку пакети додаються в порядку їх надходження.

3. Час відправлення (Start Time): Для кожного пакета обчислюється час відправлення, що залежить від його ваги і часу, коли він надійшов до черги.

4. Вибір черги для передачі: На кожен момент часу обирається черга з найменшим часом відправлення. Пакет з цієї черги передається по мережевому каналу.

5. Обчислення часу відправлення наступного пакета: Після передачі пакета з черги обчислюється час відправлення наступного пакета в цій черзі залежно від його ваги та вже переданих пакетів.

6. Захист від перевантажень: Якщо сумарний обсяг даних в черзі перевищує максимально допустимий розмір буфера, пакети з меншою вагою мають бути відкинуті першими.

Алгоритм WFQ дозволяє забезпечити справедливий доступ до мережевого каналу для різних потоків даних, що робить його корисним у застосуваннях, де важлива ефективність мережі та рівномірний розподіл ресурсів.

Проаналізуємо результати роботи алгоритму на прикладі імітаційної моделі.

На рис. 1 наведено приклад імітаційної моделі та результати відпрацювання алгоритму WFQ.

Алгоритм W2FQ (Weighted Two-Flow Fair Queuing) [2] є розширенням алгоритму WFQ, яке спрямоване на покращення розділення пропускної здатності між двома основними класами трафіку. Цей алгоритм надає більш гнучкий і точний контроль над ресурсами мережі, дозволяючи ефективніше управляти трафіком у мережевих пристроях.

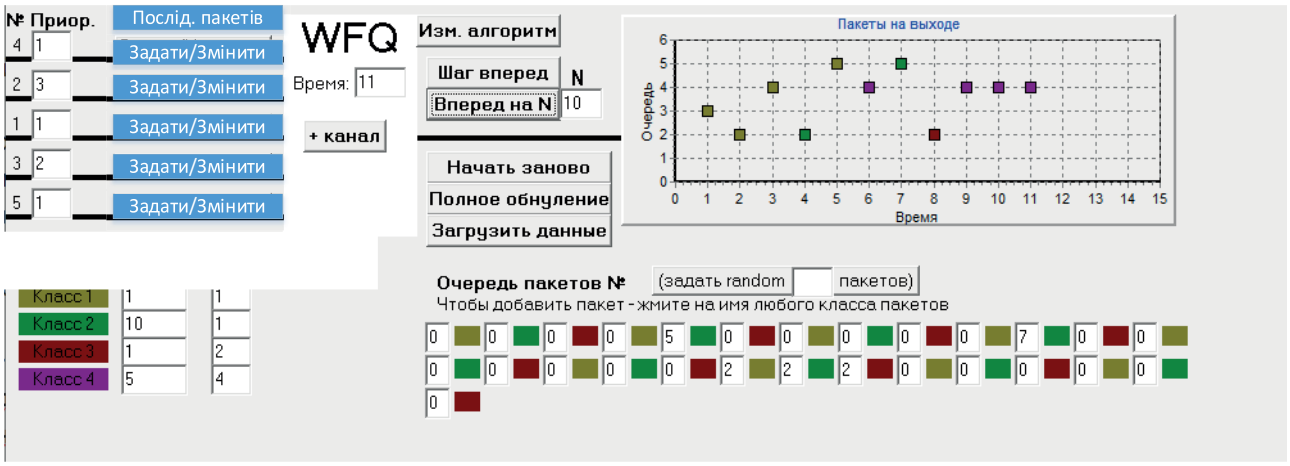

Рис. 1. **Приклад імітаційної моделі та результати відпрацювання алгоритму WFQ**

Основні характеристики алгоритму W2FQ:

Два основних класи трафіку: Відмінність алгоритму W2FQ від звичайного WFQ полягає в розділенні трафіку на два основних класи. Ці класи можуть представляти різні типи трафіку або різні групи користувачів.

Вага (Weight) для кожного класу трафіку: Кожному з двох класів трафіку призначається вага, що визначає його пріоритет у черзі. Вага може бути налаштована для оптимального розподілу пропускної здатності між класами.

Черга (Queue) для кожного класу трафіку: Кожному класу трафіку відповідає власна черга, в яку пакети додаються в порядку їх надходження.

Час відправлення (Start Time): Час відправлення кожного пакета обчислюється залежно від його ваги та часу надходження до черги, але враховуючи також вагу та пріоритет класу трафіку.

Вибір черги для передачі: Під час вибору черги для передачі пакета враховується як вага потоку, так і вага класу трафіку. Це дозволяє ефективно розподіляти пропускну здатність між двома класами.

Обчислення часу відправлення наступного пакета: Після передачі пакета з черги обчислюється час відправлення наступного пакета в цій черзі, враховуючи вагу та пріоритет класу трафіку.

На рис. 2 наведено приклад імітаційної моделі та результати відпрацювання алгоритму W2FQ.

Алгоритм VC (Virtual Clock) є одним із алгоритмів планування пакетних потоків у комутаторах і маршрутизаторах в мережах передачі даних. Цей алгоритм використовує віртуальні годинники для кожного потоку даних, щоб визначити час їх відправлення через мережевий канал.

Основні принципи роботи алгоритму VC [3; 4]:

Віртуальний годинник (Virtual Clock): Кожен пакет, що потрапляє до черги на відправлення, асоціюється з певним віртуальним годинником, який визначає час, коли цей пакет має бути відправлений через мережевий канал.

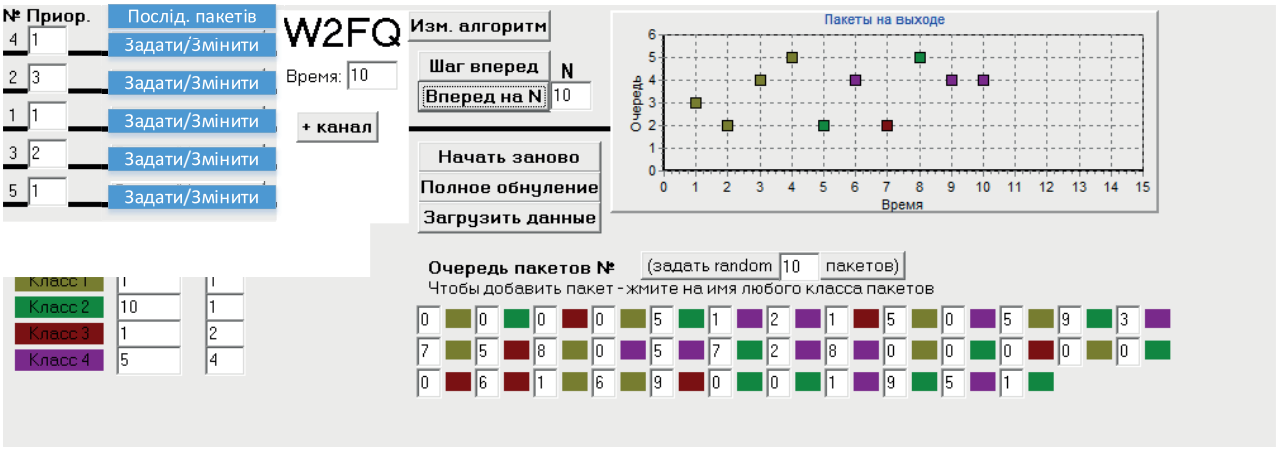

Рис. 2. **Приклад імітаційної моделі та результати відпрацювання алгоритму W2FQ**

Обчислення часу відправлення: При надходженні пакета до черги, його віртуальний годинник обчислюється як сума поточного часу та інтервалу часу, який відведено для передачі кожного байта пакета через мережевий канал.

Вибір черги для передачі: На кожен момент часу обирається черга з пакетами, які мають найменший значення віртуального годинника. Пакет з цієї черги передається через мережевий канал.

Оновлення віртуального годинника: Після передачі пакета віртуальний годинник кожного потоку оновлюється на величину, що відповідає часу передачі пакета через мережевий канал.

Захист від перевантажень: Якщо в черзі велика кількість пакетів або якщо інтервал передачі пакетів через мережевий канал великий, алгоритм VC може застосовувати стратегії керування чергою для зменшення перевантажень і забезпечення стабільності мережі.

На рис. 3 наведено приклад імітаційної моделі та результати відпрацювання алгоритму VC.

Алгоритм SCFQ (Self-Clocked Fair Queuing) [5] є методом планування пакетів у мережевих комутаторах і маршрутизаторах, який надає справедливий доступ до ресурсів для різних потоків даних. Цей алгоритм гарантує, що кожен потік отримує свою частку пропускної здатності у мережі, що робить його корисним для застосувань, де важливий рівномірний розподіл ресурсів.

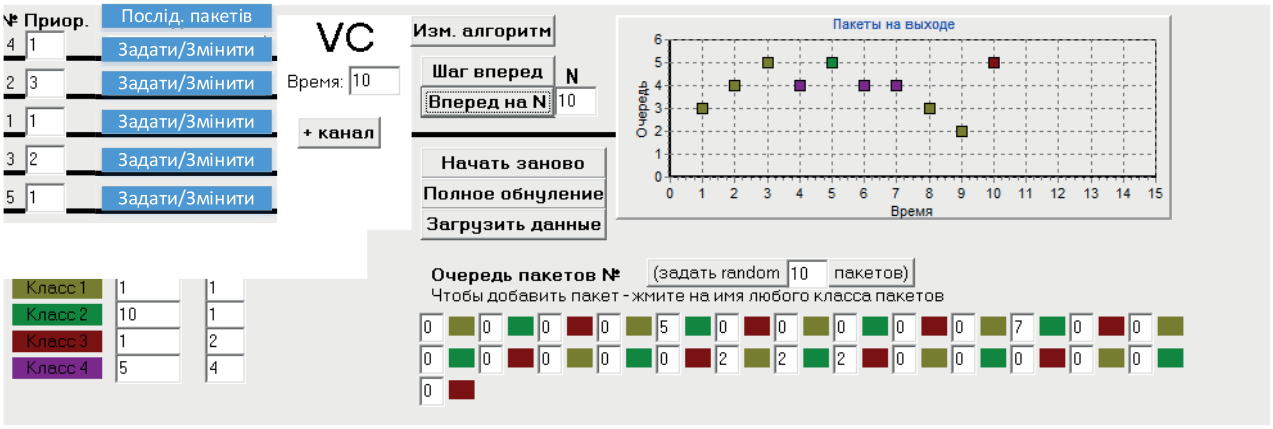

Рис. 3. **Приклад імітаційної моделі та результати відпрацювання алгоритму VC**

Основні принципи роботи алгоритму SCFQ:

Власний буфер черги для кожного потоку: Кожен потік даних має свій власний буфер черги, куди пакети додаються в порядку їх надходження.

Обчислення вартості пакета (Cost): Кожен пакет має вартість, яка відображає його обсяг або інший параметр. Вартість пакета визначається на основі його розміру або іншої метрики.

Обчислення часу відправлення (Finish Time): Для кожного пакета обчислюється час його відправлення з урахуванням його вартості та часу, коли він надійшов до черги.

Вибір черги для передачі: На кожен момент часу обирається пакет з найменшою вартістю (або найменшим часом відправлення), який пересилається через мережевий канал.

Оновлення вартості пакетів: Після передачі пакету вартість кожного пакета у черзі оновлюється залежно від кількості даних, які були вже передані.

Захист від перевантажень: Якщо в черзі накопичується велика кількість пакетів, алгоритм SCFQ може вживати заходів для управління чергою, такі як відкидання або розподіл пріоритетів.

На рис. 4 наведено приклад імітаційної моделі та результати відпрацювання алгоритму SCFQ.

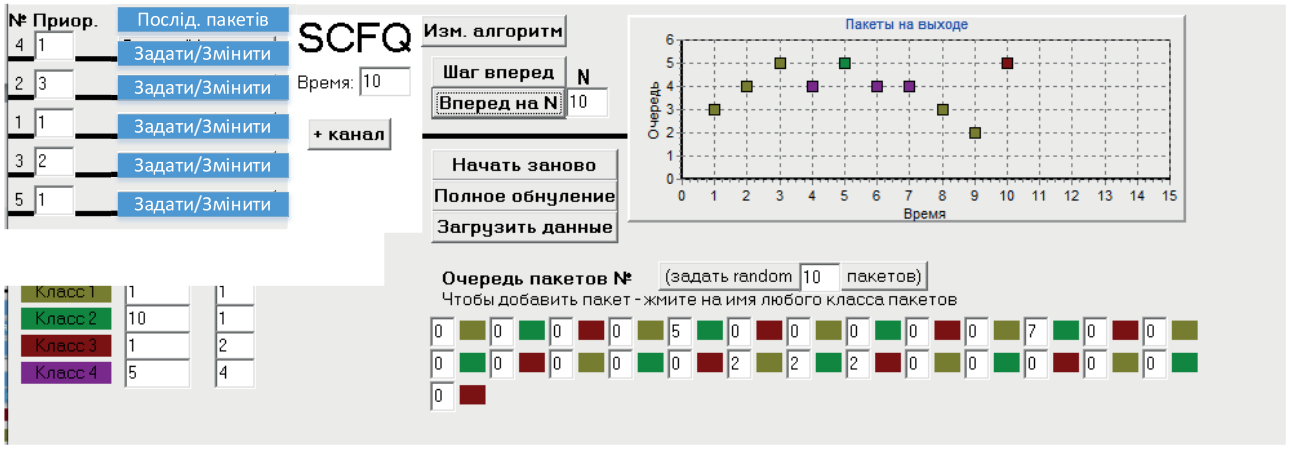

Рис. 4. **Наведено приклад імітаційної моделі та результати відпрацювання алгоритму SCFQ**

Висновки:

Справедливість розподілу ресурсів: В усіх чотирьох алгоритмах надається справедливий доступ до мережевого каналу для різних потоків даних. SCFQ, WFQ та W2FQ базуються на вагах або вартостях пакетів, тоді як VC використовує віртуальні годинники. Однак у SCFQ та W2FQ можна надавати пріоритет одному або кільком класам трафіку, що може бути корисним у деяких сценаріях.

Ефективність і складність обчислень: WFQ та W2FQ можуть виявити значну складність обчислень, особливо у великих мережах з великою кількістю потоків даних. SCFQ та VC можуть бути менш обчислювально вимогливими, але вони все ще можуть виявитися складними у великих масштабах.

Захист від перевантажень: Всі чотири алгоритми надають деякі механізми захисту від перевантажень у мережі, такі як відкидання пакетів або керування чергою. Проте конкретні стратегії можуть відрізнятися залежно від алгоритму.

Гнучкість налаштування: W2FQ дозволяє налаштовувати розділення ресурсів між двома основними класами трафіку, що може бути корисним у ситуаціях, де потрібно надати пріоритет певним типам трафіку. SCFQ, VC та WFQ також можуть бути налаштовані, але їх можливості можуть бути обмежені порівняно з W2FQ.

Науковий керівник – д-р техн. наук Семенов С. Г.

Література: 1. Mclaughlin Kieran, Burns Dwayne, Toal Ciaran, McKillen Colm, Sezer Sakir. Fully hardware based WFQ architecture for high-speed QoS packet scheduling. *Integration, the VLSI Journal.* 2012. Vol. 45. P. 99–109. DOI: 10.1016/j.vlsi.2011.01.001. **2.** Wang Song, Wang Yu-Chung, Lin Kwei-Jay. Integrating Priority with Share in the Priority-Based Weighted Fair Queuing Scheduler for Real-Time Networks. *Real-Time Systems.* 2002. Vol. 22. P. 119–149. DOI: 10.1023/A:1013485520989. **3.** Rakrouki M. A., Alharbe N. QoS-Aware Algorithm Based on Task Flow Scheduling in Cloud Computing Environment. *Sensors (Basel).* 2022. No. 22 (7). 2632. DOI: 10.3390/s22072632. **4.** Kim Hakyong, Kim Kiseon, Lee Yongtak. Hierarchical scheduling algorithm for QoS guarantee in MIQ switches. Electronics Letters. 2000. Vol. 36. P. 1594-1595. DOI: 10.1049/el:20001123. **5.** Daneshvar Farzanegan Mahmoud, Saidi Hossein, Mahdavi Mehdi. A Scheduling Algorithm for Bursty Traffic: Controlling of Service Rate and Burst. *ARABIAN JOURNAL FOR SCIENCE AND ENGINEERING.* 2012. Vol. 39. P. 25–32. DOI: 10.1109/ADCOM.2012.6563580.

Тези надійшли до редакції 16.04.2024 р.

БІЗНЕС-ПРОЦЕСИ ЯК ДЖЕРЕЛО КОНКУРЕНТНИХ ПЕРЕВАГ ПІДПРИЄМСТВА

УДК 658:005.332.4

Квашина Ю. А.
Логвиненко Д. В.

Здобувачі вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня,
кафедра міжнародних економічних відносин ХНЕУ ім. С. Кузнеця

Анотація. *Сприятливими чинниками для розвитку інноваційної культури підприємства виступають бізнес-процеси. Таке положення пояснюється впливом бізнес-процесів на соціальну та технічну архітектуру підприємства.*

© Квашина Ю. А., Логвиненко Д. В., 2024