

УДК 004.724.4

**АЛГОРИТМ БАЛАНСУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ
ВИКОРИСТАННЯ З ЧАСТКОВО-ПЕРЕСІЧНИМИ ШЛЯХАМИ
ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ**

аспірант, Калюжний О. О.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Україна, Київ

В роботі запропоновано алгоритм балансування навантаження, котрий дозволяє покращити пропускну здатність мережі та забезпечити більш оптимальне балансування навантаження при використанні частково-пересічних шляхів передачі даних. В основі даного алгоритму лежить алгоритм ECMP з подальшою корекцією навантаження на мережу. Оскільки необхідно балансувати навантаження для певної мережі, то було запропоновано використання даного алгоритму на базі SDN мереж, котрі мають централізоване керування за допомогою SDN-контроллера, що контролює процеси маршрутизації та балансування навантаження усієї мережі. Проведено тестування для порівняння з існуючим алгоритмом балансування навантаження та представлено переваги даної розробки.

Ключові слова: багатошляхова маршрутизація, ECMP алгоритм, частково-пересічні маршрути, балансування навантаження, SDN мережі.

аспірант, Калюжный А. О. Алгоритм балансировки нагрузки для использования с частично-пересекающимися путями передачи данных/ Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского», Украина, Киев.

В работе предложен алгоритм балансировки нагрузки, который позволяет улучшить пропускную способность сети и обеспечить более оптимальное балансировки нагрузки при использовании частично-пересекающихся путей передачи данных. В основе данного алгоритма лежит алгоритм ECMP с последующей коррекцией нагрузки на сеть. Поскольку необходимо балансировать нагрузку для определенной сети, то было предложено использование данного алгоритма на базе SDN сетей, которые имеют централизованное управление с помощью SDN-контроллера, который контролирует процессы маршрутизации и балансировки нагрузки всей сети. Проведено тестирование для сравнения с существующим алгоритмом балансировки нагрузки и представлены преимущества данной разработки.

Ключевые слова: многопутевая маршрутизация, ECMP алгоритм, частично-пересекающиеся маршруты, балансировка нагрузки, SDN сети.

O. O. Kaliuzhnyi, postgraduate student, Load balancing algorithm for using with partially-overlapping data transmission paths / National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine, Kyiv.

In this work the propose a load balancing algorithm, which allows to improve network bandwidth and to provide optimal load balancing with using partial-overlapping data transmission paths. The basis of this algorithm is the ECMP algorithm, followed by the correction of the load in the network. Since it is necessary to balance the load for a particular network, it was proposed to use this algorithm on the basis of SDN networks that have centralized control with the help of an SDN controller that controls routing processes and load balancing across the entire network. The testing was conducted for comparison with the existing load

balancing algorithm and the advantages of this development are presented.

Key words: multipath routing, ECMP algorithm, partially-overlapping paths, load balancing, SDN networks

Вступ. Розширення сфери використання сучасних мережевих технологій висуває нові, більш високі вимоги до якості обслуговування (QoS) на рівні систем передачі інформації і конструювання трафіку. В процесі експлуатації комп'ютерних мереж динамічно змінюються такі характеристики як пропускна здатність каналів передачі даних, завантаження вузлів комутації. Все це може призвести до перенавантаження мережі та неоптимального використання її ресурсів і позначається на ефективності функціонування комп'ютерної мережі. Одним з найбільш ефективних шляхів вирішення цього завдання є використання багатошляхової маршрутизації, яка за рахунок використання багатьох шляхів передачі інформації забезпечує можливість рівномірного завантаження каналів передачі даних і дозволяє підвищити ефективність процедури конструювання трафіку. Однак під час використання багатошляхової маршрутизації виникає проблема оптимального розподілу даних між різними шляхами передачі. У даній роботі представлено алгоритм балансування навантаження, котрий дозволяє покращити мережі у випадку використання багатошляхової маршрутизації з частково-пересічними шляхами передачі даних.

Постановка проблеми. Основною проблемою при управлінні трафіком в мережі є правильний його розподіл між доступними шляхами і найчастіше використовуються алгоритми VLB[1] або ECMP[2] для статичного розподілу потоків даних через декілька шляхів рівної вартості. Такий статичний розподіл потоків на шляхи не

враховує поточну завантаженість мережі чи розмір потоку, внаслідок чого використання деяких каналів зв'язку перевищує порогове значення, тоді як інші залишаються вільними. У випадку коли необхідно більш точно прорахувати навантаження на лінії зв'язку VLB не є підходящим, оскільки він випадково розподіляє пакети випадково між декількома проміжними вузлами, тому за основу розроблюваного алгоритму краще взяти ECMP.

Ключовим обмеженням ECMP є те, що якщо шлях двох або більше великих потоків даних використовує певну лінію зв'язку в мережі, навантаження на дану ланку може перевищити порогове. Це відбувається тому, що ECMP не може динамічно вибирати шлях відповідно до доступної смуги пропускання ліній зв'язку. Для вирішення цієї проблеми необхідно використовувати централізований планувальник потоків, котрий наявний, наприклад, у SDN[3] мережах через особливості їх архітектури.

Щоб вирішити цю проблему, в даній роботі запропоновано алгоритм, котрий оснований на концепції рівномірного розподілу потоків даних між можливими шляхами, з подальшою корекцією перенавантажених шляхів передачі даних.

Опис розробленого алгоритму. Далі буде описано розроблений алгоритм на прикладі використання у SDN мережі. Блок схема розробленого алгоритму зображена на рисунку 1.

Модуль управління навантаженням на мережу працює по такій схемі. При визначенні нового потоку даних контроллер знаходить необхідні частково-пересічні шляхи від надсилача до отримувача. Після знаходження масиву шляхів, використовуючи принцип алгоритму ECMP виконується рівномірний розподіл вхідного потоку даних між усіма знайденими шляхами. Цей алгоритм не розглядає використання пропускну здатності основних зв'язків і тому необхідно

використати алгоритм корекції навантаження. У випадку виникнення перенавантаження певних ланок мережі викликається модуль корекції, котрий аналізує загальний стан мережі. Після аналізу виконується перерозподіл навантаження з надлишково навантажених шляхів на вільні (кількість повторів обмежена і по замовчуванню дорівнює 3). За допомогою цього динамічного планування можна значно краще балансувати навантаження всередині мережі.

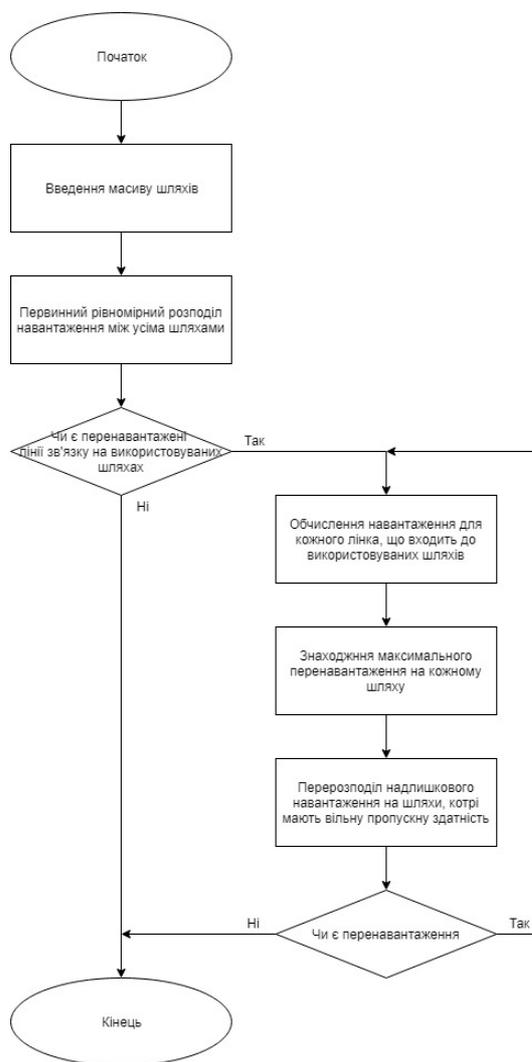


Рис. 1. Блок-схема роботи алгоритму

Далі розглянемо роботу розробленого алгоритму балансування навантаження на основі шляхів, знайдених алгоритмом пошуку

частково-пересічних маршрутів на основі модифікованого хвильового алгоритму[4]. Для прикладу візьмемо топологію зображену на рисунку 2.

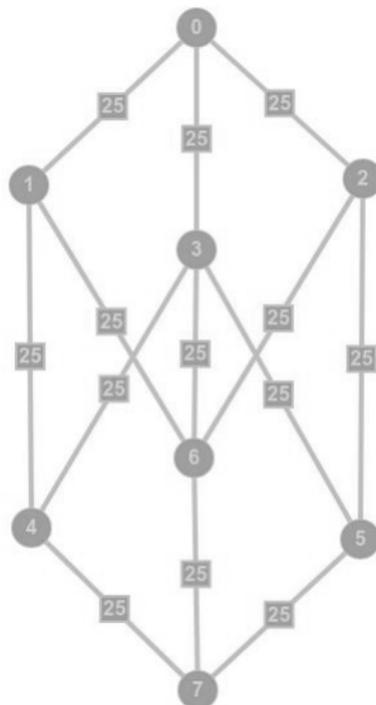


Рис. 2. Топологія для демонстрації роботи розробленого алгоритму

Як видно з рисунку пропускна здатність кожного з ребер даної мережі — 25 mb/s. Для наглядної демонстрації роботи припустимо, що потрібно пропустити потік 70 mb/s від вузла 0 до вузла 7.

В результаті пошуку маршрутів розробленого алгоритму маємо такий набір шляхів:

$S1 = \{0, 1, 4, 7\}$, $S2 = \{0, 1, 6, 7\}$, $S3 = \{0, 3, 4, 7\}$, $S4 = \{0, 3, 5, 7\}$,
 $S5 = \{0, 3, 6, 7\}$, $S6 = \{0, 2, 5, 7\}$, $S7 = \{0, 2, 6, 7\}$.

Використовуючи розроблений планувальник балансування навантаження спочатку рівномірно розподіляємо потік даних між доступними шляхами. Що в результаті дає ситуацію зображену на рисунку 3.

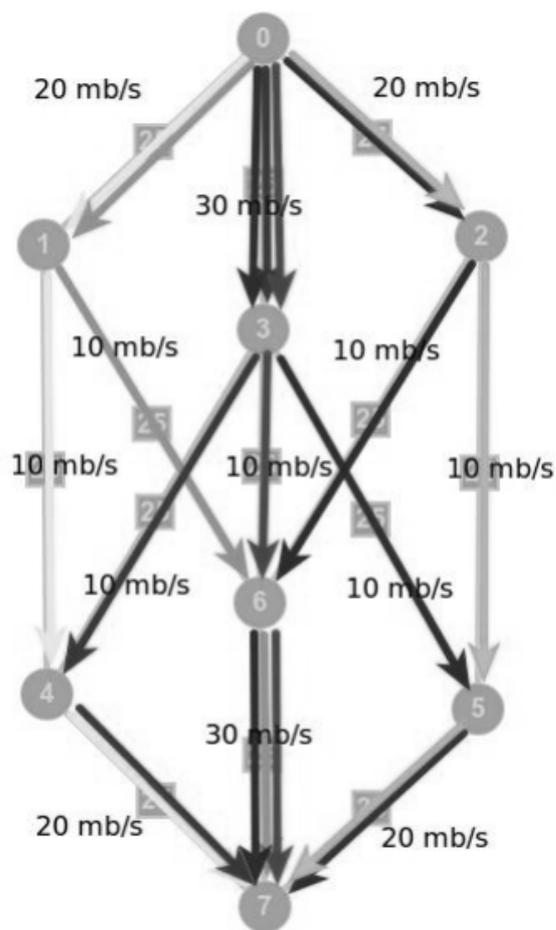


Рис. 3. Стан мережі після первинного розподілу навантаження

Як бачимо, в результаті навантаження на зв'язки в мережі, маємо певні

перевантаження допустимих значень:

0 — 3 : 30 / 25 mb/s,

6 — 7 : 30 / 25 mb/s.

Наступним кроком алгоритму виконується перекидання надлишкового навантаження рівномірно на всі доступні шляхи з вільною пропускнуою здатністю. В нашому випадку відбувається перенесення надлишкових 5mb/s з S5, S2, S7 (щоб розвантажити ланку 6 — 7) на два доступні S1 та S6, по 2.5mb/s на кожний. Після

перерахунку навантажень мережа ще не збалансована, тому відбувається перенесення надлишкових 3.3mb/s з S5, S3, S4 (щоб розвантажити ланку 0 — 3) на два доступні S1 та S6, по 1.65mb/s на кожний.

В результаті циклічної перевірки навантаження (кількість циклів обмежена та по замовчуванню дорівнює 2), та перенесення надлишкового навантаження на доступні ланки приходимо до результату зображеного на рисунку 4.

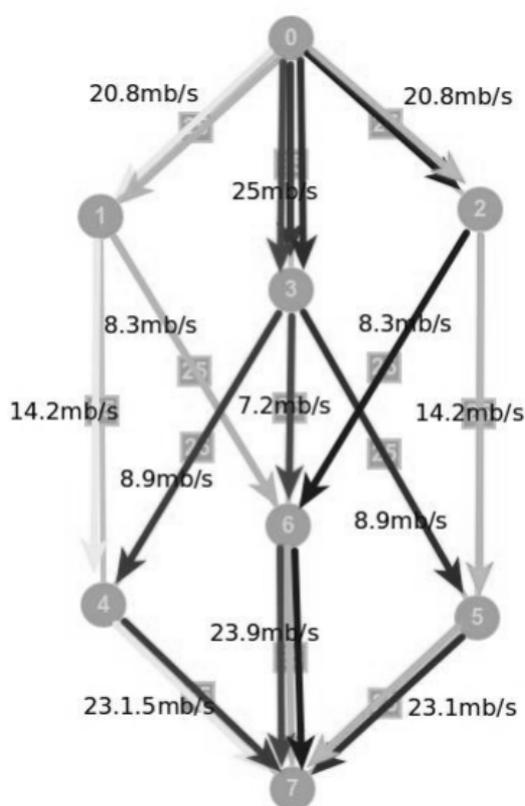


Рис. 4. Стан мережі після первинного розподілу навантаження

Тестування. Граф мережі на якій буде проводитись тестування зображений на рисунку 5. Пропускна здатність ланок мережі дорівнює 50mb. Такий вибір пропускної здатності спричинений тим, що всередині певної середньостатистичної мережі найчастіше всі лінії

зв'язку мають однакову пропускну здатність. Пошук маршрутів виконується за алгоритмом описаним у роботі [4]. Пари вузлів для яких буде моделюватися алгоритм це: (0, 22), (12, 24), (3, 21), (9, 14). Запити на виділення певної частини пропускнуї здатності між парою “надсилач-отримувач” генеруються в порядку вказаному вище, а розмір вхідного потоку даних — 40 mb/s.

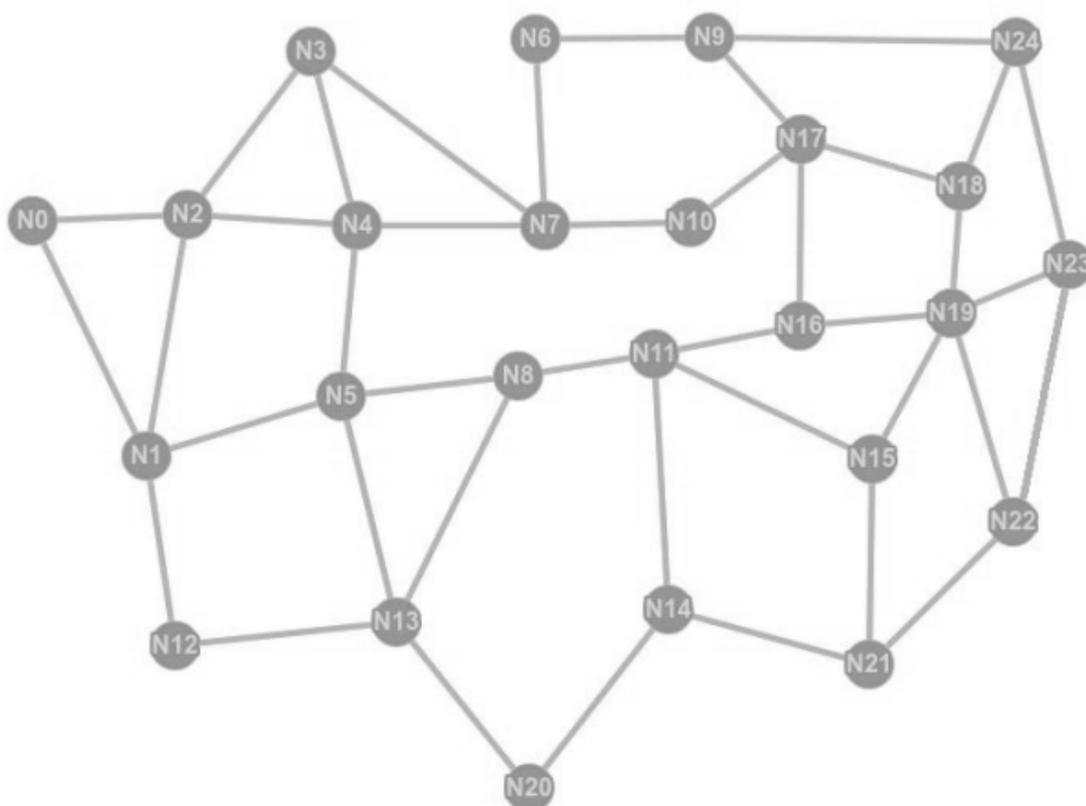


Рис. 5. Граф мережі на якій проводиться тестування

На рис. 6 зображено порівняння роботи алгоритмів балансування з використанням розробленого алгоритму пошуку маршрутів.

Як бачимо з графіку, розроблений алгоритм балансування з корекцією показує кращі результати роботи аніж класичний алгоритм

ЕСМР. Середня навантаженість ланок приблизно однакова, однак відсутнє перевантаження, а також більше використовуються найменш (0%-20%) та найбільш (80%-100%) завантажені лінії зв'язку.

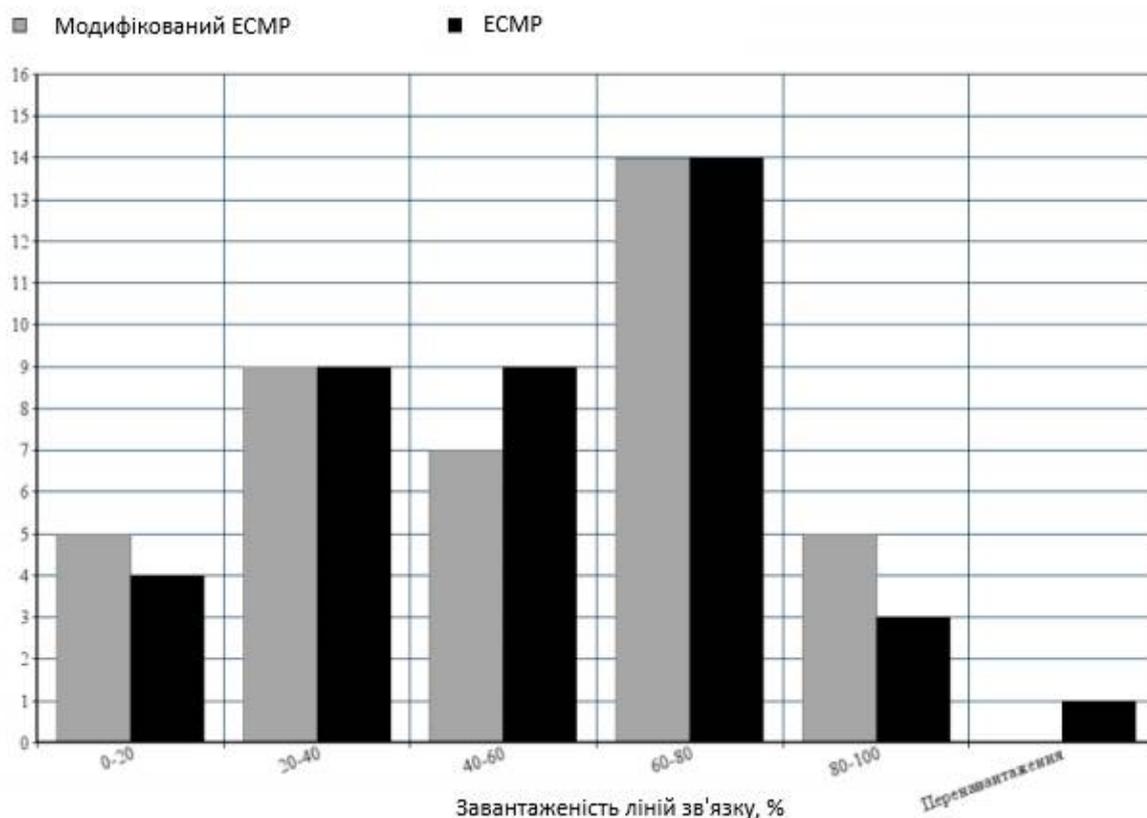


Рис. 6. Результати тестування

Висновки. Цей алгоритм розроблявся для оптимального балансування навантаження на мережу при використанні частково-пересічних маршрутів передачі даних. Основною причиною розробки даного алгоритму є неоптимальність використання класичного ЕСМР при роботі з частково-пересічними маршрутами. В результаті розроблений алгоритм показав оптимальні результати роботи і задовольнив основну причину його розробки, а саме — йбільш оптимальний розподіл навантаження між певною множиною частково-пересічних шляхів, та уникнення перенавантаження мережі.

Література:

1. W. J. Dally and B. Towles. *Principles and Practices of Interconnection Networks*. Morgan Kaufmann Publisher, 2004
2. Hopps, C. E. (2000). Analysis of an equal-cost multi-path algorithm <<https://tools.ietf.org/html/rfc2992>>
3. Kreutz, D., Ramos, F. M., Verissimo, P. E., Rothenberg, C. E., Azodolmolky, S., & Uhlig, S. (2015). *Software-defined networking: A comprehensive survey*. Proceedings of the IEEE, 103(1), 14-76.
4. Калюжний О. О., Кулаков Ю. О., Диброва М. О. (2010). *Спосіб організації багатопляхової маршрутизації з використанням частково-пересічних шляхів*. The International Conference on Security, Fault Tolerance, Intelligence: зб. наук. праць міжнародної науково-технічної конференції., 2018р., 310-314.

References:

1. W. J. Dally and B. Towles. *Principles and Practices of Interconnection Networks*. Morgan Kaufmann Publisher, 2004
2. Hopps, C. E. (2000). Analysis of an equal-cost multi-path algorithm <<https://tools.ietf.org/html/rfc2992>>
3. Kreutz, D., Ramos, F. M., Verissimo, P. E., Rothenberg, C. E., Azodolmolky, S., & Uhlig, S. (2015). *Software-defined networking: A comprehensive survey*. Proceedings of the IEEE, 103(1), 14-76.
4. Kaliuzhnyi O. O., Kulakov Yu. O., Dybrova M. O. (2010) *Sposib orhanizatsii bahatoshliakhovoi marshrutyzatsii z vykorystanniam chastkovo-peresichnykh shliakhiv*. The International Conference on Security, Fault Tolerance, Intelligence: zb. nauk. prats mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii., 2018r., 310-314