

ПАРАЛЕЛЬНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ ЕДМОНДСА-КАРПА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Виконана розробка паралельної реалізації алгоритму Едмондса-Карпа для знаходження максимального потоку в мережах. Основна увага приділена оптимізації алгоритму за допомогою багатопоточності та використання паралельних обчислень. Проведено аналіз предметної області, синтез потокового графа та реалізацію мовою C++ із застосуванням OpenMP. Проведене тестування підтвердило скорочення часу виконання у 1.5-2 рази у порівнянні з послідовною версією. Отримані результати демонструють ефективність паралельного підходу для обробки великих графів, що може бути корисним для оптимізації мережевих алгоритмів та розподілених обчислень. Висновки та результати можуть бути використані у майбутніх дослідженнях в цій галузі.

Ключові слова: паралельний алгоритм, максимальний потік, метод Едмондса-Карпа, граф, розподілені обчислення.

Abstract

A parallel implementation of the Edmonds-Karp algorithm for finding the maximum flow in networks has been developed. The main attention is paid to the optimisation of the algorithm by means of multithreading and the use of parallel computing. The subject area analysis, flow graph synthesis, and implementation by C++ using OpenMP are performed. The conducted testing confirmed the reduction of execution time by 1.5-2 times compared to the sequential version. The results demonstrate the effectiveness of the parallel approach for processing large graphs, which can be useful for optimising network algorithms and distributed computing. The conclusions and results can be used in future research in this area.

Keywords: parallel algorithm, maximum flow, Edmonds-Karp method, graph, distributed computing.

Вступ

Паралельні обчислення є важливим напрямком розвитку сучасних інформаційних технологій [1]. Алгоритм Едмондса-Карпа, заснований на методі Форда-Фалкерсона, використовується для розв'язання задач максимального потоку в мережах [2-4]. Його ефективність залежить від реалізації, тому в роботі досліджується можливість застосування паралельних обчислень для оптимізації цього алгоритму [5].

Постановка задачі дослідження

При розв'язанні задачі паралельної реалізації алгоритму Едмондса-Карпа для знаходження максимального потоку в мережах необхідно:

- провести аналіз існуючих методів для задач максимального потоку;
- розробити паралельну реалізацію алгоритму Едмондса-Карпа.

Виклад основного матеріалу

Дослідження зосереджене на вдосконаленні алгоритму Едмондса-Карпа шляхом його паралельної реалізації. Спочатку проведено аналіз класичних методів розв'язання задачі максимального потоку та виявлено їхні обмеження щодо швидкодії. Алгоритм Едмондса-Карпа використовує пошук у ширину (BFS) для знаходження шляху збільшення потоку, що забезпечує його коректність, проте вимагає значних обчислювальних ресурсів у великих мережах [2-4].

Запропоновано методику паралельного виконання окремих етапів алгоритму, зокрема пошуку шляхів у залишковій мережі та оновлення залишкових пропускових здатностей. Реалізація здійснена на мові C++ з використанням OpenMP для багатопотокової обробки [6]. Досліджено ефективність різних стратегій розподілу задач між потоками та вплив обмежень синхронізації на продуктивність. Експериментальні результати демонструють суттєве прискорення виконання порівняно з послідовною версією алгоритму, особливо на великих графах. Аналіз отриманих результатів показує, що паралельна реалізація значно зменшує кількість ітерацій пошуку та дозволяє ефективніше використовувати обчислювальні ресурси. Це відкриває перспективи для подальшого вдосконалення алгоритму та його застосування в розподілених системах та великих мережах.

Результати дослідження.

Проведене тестування паралельної реалізації алгоритму Едмондса-Карпа показало значне покращення продуктивності порівняно з послідовною версією. Для великих графів прискорення становило в середньому 1.5-2 рази, залежно від структури мережі та обчислювальних ресурсів. Дослідження впливу розподілу потоків на продуктивність підтвердило ефективність застосування багатопоточності при обробці залишкових мереж.

Паралельна реалізація забезпечила рівномірний розподіл навантаження між обчислювальними потоками, що дозволило уникнути затримок при обробці великих мереж. Аналіз результатів вказує на перспективність використання запропонованого підходу для оптимізації мережевих алгоритмів та розподілених обчислень.

Висновки

Дослідження підтверджує ефективність застосування паралельної обробки в алгоритмі Едмондса-Карпа для вирішення задачі максимального потоку. Використання багатопотокового виконання дозволило значно скоротити час обчислень, що особливо важливо для аналізу великих мережевих структур.

Отримані результати можуть бути застосовані у сфері мережевого аналізу, логістики та телекомунікацій, де оптимізація потоків відіграє ключову роль. Подальші дослідження можуть бути зосереджені на розподілених реалізаціях алгоритму та застосуванні технологій GPU для ще більшого прискорення обчислень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Процеси і потоки. Багатозадачність і багатопоточність. Проблеми розробки додатків для багатопотокового середовища. URL: <http://um.co.ua/8/8-2/8-228807.html>.
2. Maximum flow - Ford-Fulkerson and Edmonds-Karp. URL: https://cp-algorithms.com/graph/edmonds_karp.html.
3. DSA Edmonds-Karp Algorithm. URL: https://www.w3schools.com/dsa/dsa_algo_graphs_edmondskarp.php.
4. Network Flow: Edmonds-Karp Algorithm. URL: <https://www.baeldung.com/cs/network-flow-edmonds-karp-algorithm>.
5. Modeling the Parallelization of the Edmonds-Karp Algorithm and Application. Computer and Information Science; Vol. 12, No. 3; 2019. URL: <https://doi.org/10.5539/cis.v12n3p81>.
6. MPI для C++. URL: <https://www.paulnorvig.com/guides/using-mpi-with-c.html>.

Кирильчук Марія Леонідівна – студентка кафедри комп'ютерних наук, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, e-mail: mariakyrylchuk04@gmail.com;

Денисюк Валерій Олександрович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, e-mail: vad64@i.ua.

Kyrylchuk Maria Leonidivna – student of Computer Science Department, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mariakyrylchuk04@gmail.com;

Denysiuk Valerii Olexandrovich – Ph.D., Assistant Professor, Assistant Professor of the Chair of Computer Science, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vad64@i.ua