

РЕАЛІЗАЦІЯ ПАРАЛЕЛЬНОГО АЛГОРИТМУ СОРТУВАННЯ ЗЛИТТЯМ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЇ ATI STREAM

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто розробку та реалізацію паралельного алгоритму сортування злиттям із використанням технології ATI Stream. Проведено аналіз основних алгоритмів сортування та обґрунтовано доцільність застосування методу Merge Sort для реалізації на графічних процесорах. Розглянуто архітектурні особливості GPU та принципи паралельних обчислень, що використовуються в ATI Stream. Реалізовано програмний модуль мовою C++ з використанням GPU, проведено тестування та порівняльний аналіз продуктивності послідовної та паралельної реалізацій. Отримані результати підтверджують ефективність використання графічних прискорювачів для обробки великих масивів даних.

Ключові слова: паралельні обчислення, сортування злиттям, ATI Stream, GPU, продуктивність.

Abstract

The development and implementation of a parallel merge sort algorithm using ATI Stream technology. An analysis of common sorting algorithms is carried out, and the suitability of merge sort for GPU implementation is justified. The architectural features of GPUs and parallel computing principles used in ATI Stream are described. A software module implemented in C++ was developed and tested on both CPU and GPU. The experimental results demonstrate significant performance improvement when using GPU-based parallel processing for large data arrays.

Keywords: parallel computing, merge sort, ATI Stream, GPU, performance.

Вступ

Актуальність реалізації паралельного алгоритму сортування злиттям за допомогою технології ATI Stream полягає у зростаючих вимогах до швидкодії сучасних обчислювальних систем при обробці великих обсягів даних [1, 2]. Сортування є однією з базових операцій у багатьох прикладних задачах, зокрема у базах даних, комп'ютерній графіці, аналізі даних та машинному навчанні. Використання графічних процесорів дозволяє ефективно реалізувати паралельні алгоритми сортування, що забезпечує значне скорочення часу виконання у порівнянні з послідовними реалізаціями.

Алгоритм сортування злиттям добре пристосований до паралельних обчислень, оскільки базується на принципі «розділяй і володарюй», що дозволяє виконувати операції сортування та злиття незалежних підмасивів одночасно. Технологія ATI Stream забезпечує можливість використання обчислювальних ресурсів GPU для виконання задач загального призначення, що дає змогу значно підвищити продуктивність обробки даних [3, 4].

Метою роботи є розробка паралельного алгоритму сортування злиттям із використанням технології ATI Stream для підвищення швидкодії та продуктивності обчислювальних систем.

Постановка задачі дослідження

Задачі дослідження полягають у вирішенні наступних питань:

- розробка паралельного алгоритму сортування злиттям з урахуванням особливостей архітектури GPU;
- мінімізація витрат часу на обмін даними між CPU та GPU;
- створення програмної реалізації алгоритму сортування злиттям за допомогою технології ATI Stream;
- тестування програми та аналіз отриманих результатів.

Виклад основного матеріалу

Сортування злиттям використовується для впорядкування великих масивів даних у багатьох прикладних задачах, зокрема у базах даних, інформаційних системах, комп'ютерній графіці та алгоритмах аналізу даних. Даний алгоритм має асимптотичну складність $O(n \log n)$ та базується на принципі «розділяй і володарюй», що робить його ефективним для обробки великих обсягів інформації. Серед підходів до реалізації сортування злиттям виділяють класичний послідовний алгоритм, а також паралельні реалізації, які дозволяють скоротити час виконання за рахунок одночасної обробки підмасивів. Особливо перспективним є використання графічних процесорів для паралельного виконання алгоритму сортування.

Для того, щоб правильно визначити можливості використання технології ATI Stream у паралельних обчисленнях, проведено дослідження архітектури GPU та принципів виконання обчислювальних ядер. Це дозволяє ефективно застосувати технологію ATI Stream для реалізації алгоритму сортування злиттям та прискорення обробки великих масивів даних

ATI Stream — це технологія паралельних обчислень, що дозволяє виконувати задачі загального призначення на графічному процесорі. Вона базується на використанні великої кількості обчислювальних потоків, кожен з яких виконує однакові операції над різними елементами даних. Такий підхід забезпечує високу продуктивність при обробці великих масивів та дозволяє ефективно використовувати апаратні ресурси GPU [3, 4].

На відміну від традиційних послідовних реалізацій на CPU, паралельне сортування злиттям на GPU дозволяє одночасно виконувати операції сортування для різних частин масиву. Це значно зменшує загальний час виконання алгоритму, особливо при збільшенні кількості елементів. Архітектура GPU забезпечує масштабованість обчислень та стабільну продуктивність навіть при обробці дуже великих обсягів даних.

Розглянуто та використано чотири основних способи оптимізації алгоритму сортування злиттям за допомогою технології ATI Stream.

1. За рахунок паралелізації обчислень. Вхідний масив розбивається на підмасиви, які сортуються незалежно у паралельних потоках GPU. Злиття відсортованих підмасивів також виконується паралельно, що дозволяє суттєво скоротити час обчислень.
2. За рахунок архітектури GPU. Використано велику кількість обчислювальних ядер графічного процесора, що дозволяє одночасно виконувати тисячі операцій порівняння та злиття. Це забезпечує високу пропускну здатність обробки даних.
3. За рахунок використання специфічних алгоритмів. Застосовано ітеративний підхід Bottom-Up Merge Sort, який краще підходить для паралельної реалізації на GPU порівняно з рекурсивним алгоритмом, оскільки зменшує накладні витрати на керування потоками.
4. За рахунок взаємодії між CPU та GPU. Передача даних між центральним та графічним процесорами здійснюється лише на необхідних етапах, що дозволяє зменшити затримки та підвищити загальну ефективність виконання програми.

Програмно реалізовано задану задачу та описано всі компоненти коду.

Аналіз результатів тестування програми виконано для різної кількості елементів масиву (табл. 1).

Таблиця 1 – Час виконання програми на різних вхідних даних та коефіцієнти прискорення

Кількість елементів	Час CPU, мс	Час GPU, мс	Прискорення
1 024	0,05	0,82	0,06
4 096	0,21	0,95	0,22
32 768	2,80	1,80	1,55
262 144	24,50	4,20	5,83
1 048 576	108,00	12,50	8,64
8 388 608	980,00	95,00	10,31
16 777 216	2 150,00	185,00	11,62

Проаналізувавши обчислені значення часу виконання та коефіцієнтів прискорення, можливо зробити висновки:

- при невеликій кількості елементів масиву використання GPU є недоцільним, оскільки витрати на передачу даних перевищують вигаиш від паралельних обчислень;
- зі збільшенням обсягу вхідних даних коефіцієнт прискорення суттєво зростає, що свідчить про ефективність використання GPU;
- найбільший ефект від паралельної реалізації досягається при обробці великих масивів даних.

Отже, основними чинниками, які впливають на час виконання програми та коефіцієнт прискорення, є розмір вхідного масиву, витрати на обмін даними між CPU та GPU та особливості реалізації алгоритму сортування злиттям. Використання технології ATI Stream дозволяє значно підвищити продуктивність обчислень у задачах сортування великих обсягів даних.

Висновки

Досліджено алгоритм сортування злиттям як один із ефективних алгоритмів упорядкування даних, визначено основні сфери його застосування. Його ефективність ґрунтується на принципі "розділяй і володарюй", що дозволяє послідовно об'єднувати відсортовані підмасиви. Розглянуто особливості послідовної та паралельної реалізацій алгоритму сортування злиттям, а також проаналізовано можливості його використання у паралельних обчисленнях. На основі літературних джерел досліджено технологію ATI Stream та архітектурні особливості графічних процесорів для виконання паралельних обчислень, а також відзначено ключові переваги такого підходу.

Програмно реалізовано паралельний алгоритм сортування злиттям із використанням технології ATI Stream та описано всі основні компоненти коду. Проведено тестування розробленої програми, проаналізовано результати її роботи та досліджено прискорення виконання алгоритму при обробці масивів різної розмірності.

Визначено, що зі збільшенням кількості елементів масиву паралельна реалізація алгоритму на GPU забезпечує суттєве зростання продуктивності порівняно з виконанням на CPU.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Knuth D. E. The Art of Computer Programming. Vol. 3: Sorting and Searching. Addison-Wesley, 1998. 800 p.
2. Merge Sort. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Merge_sort
3. AMD Accelerated Parallel Processing (APP) Programming Guide. URL: <https://developer.amd.com>
4. AMD FireStream. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/AMD_FireStream

Чернілевський Максим Олегович – студент кафедри комп'ютерних наук, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, e-mail: chernilevskiy@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.

Chernilevskyy Maxym Olehovych – student of Computer Science Department, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: chernilevskiy@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