

НОВІ АРХІТЕКТУРНІ ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ СУЧАСНИХ ГРАФІЧНИХ ПРОЦЕСОРІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано особливості побудови архітектур графічних процесорів та їх використання у системах комп'ютерної графіки. Проаналізовано основні принципи функціонування графічного конвеєра та можливості паралельної обробки графічних даних. Наведено основні напрями розвитку архітектур сучасних відеокарт та їх використання у високопродуктивних обчислювальних системах.

Ключові слова: графічний процесор, архітектура GPU, паралельні обчислення, потокові мультипроцесори, високопродуктивні обчислення.

Abstract

The features of the construction of graphics processor architectures and their use in computer graphics systems are analyzed. The basic principles of the graphics pipeline and the possibilities of parallel processing of graphic data are analyzed. The main directions of development of modern video card architectures and their use in high-performance computing systems are presented.

Keywords: graphics processor, GPU architecture, parallel computing, streaming multiprocessors, high-performance computing.

Вступ

Графічні процесори (GPU) представляють собою високопродуктивні пристрої для паралельних обчислень, оптимізовані для роботи з графікою та візуальними даними. Завдяки великій кількості обчислювальних ядер вони забезпечують значно швидшу обробку інформації у порівнянні з традиційними центральними процесорами. Сьогодні GPU застосовуються не лише в ігровій індустрії, але й у наукових дослідженнях, штучному інтелекті та аналізі великих обсягів даних. Прогрес у розвитку графічних процесорів відкриває нові горизонти для підвищення продуктивності комп'ютерних систем і створення інноваційних технологій.

Результати дослідження

Протягом останніх років відбулися істотні зміни у підходах до проектування графічних процесорів. Якщо раніше такі пристрої розглядалися передусім як апаратні засоби для прискорення обробки графічної інформації, то сьогодні їх роль значно розширилася. Сучасні графічні процесори використовуються не лише для формування тривимірних зображень, але й для виконання складних паралельних обчислень у різних галузях, зокрема в системах штучного інтелекту, наукових дослідженнях, моделюванні фізичних процесів та аналізі великих обсягів даних. Така еволюція обумовлена необхідністю забезпечення високої продуктивності обчислень, ефективного використання енергетичних ресурсів і можливості масштабування обчислювальних систем.

Сучасні архітектури GPU будуються на принципі масового паралелізму. Основу таких процесорів становить значна кількість обчислювальних модулів, які можуть одночасно виконувати велику кількість операцій. У межах одного графічного процесора функціонує багато потокових мультипроцесорів, що об'єднують сотні обчислювальних ядер. Подібна структура дозволяє розподіляти обчислювальні задачі між численними потоками виконання, завдяки чому значно підвищується швидкість обробки даних. Ефективність такої організації значною мірою залежить від механізмів керування потоками, які координують виконання великої кількості паралельних операцій та забезпечують оптимальне використання апаратних ресурсів.

З розвитком високопродуктивних обчислювальних систем роль графічних процесорів суттєво зросла. У сучасних суперкомп'ютерних комплексах GPU часто використовуються як основні обчислювальні прискорювачі. Їх застосовують для виконання складних наукових розрахунків, моделювання природних явищ, обробки мультимедійних даних і реалізації алгоритмів машинного навчання. Важливою особливістю сучасних систем є інтеграція графічних процесорів із

центральними процесорами, що дозволяє формувати гібридні обчислювальні платформи з високою ефективністю обробки інформації.

Не менш важливим аспектом розвитку графічних процесорів є вдосконалення підсистеми пам'яті. Обробка великих масивів графічних і обчислювальних даних потребує високої швидкості доступу до пам'яті. Для забезпечення необхідної пропускну здатності застосовується багаторівнева структура кеш-пам'яті, яка дозволяє зменшити кількість звернень до зовнішніх модулів пам'яті. Крім того, використовуються сучасні типи відеопам'яті з підвищеною швидкістю передачі даних. Такий підхід дозволяє знизити затримки під час обміну інформацією між обчислювальними блоками та підвищити загальну продуктивність графічного процесора.

У сучасних GPU також активно впроваджуються спеціалізовані функціональні модулі, призначені для виконання окремих типів обчислювальних операцій. Наприклад, деякі блоки оптимізовані для обробки матричних обчислень, що широко використовуються в алгоритмах машинного навчання. Інші модулі забезпечують прискорення трасування променів або виконання складних графічних операцій. Використання таких апаратних компонентів дозволяє значно підвищити швидкість виконання спеціалізованих задач, одночасно зменшуючи навантаження на універсальні обчислювальні ядра.

Важливим етапом розвитку графічних технологій стало впровадження апаратного трасування променів. На відміну від традиційних методів растеризації, цей підхід дозволяє більш точно моделювати поведінку світла у віртуальному середовищі. Завдяки цьому досягається реалістичніше відображення освітлення, тіней та відбиттів. Сучасні графічні процесори оснащуються спеціальними блоками, що виконують обчислення перетину променів із геометрією сцени, що робить можливим використання цієї технології навіть у режимі реального часу.

Ще однією характерною тенденцією є перехід до модульних принципів побудови графічних процесорів. Замість створення одного великого напівпровідникового кристала виробники дедалі частіше застосовують архітектури, які складаються з кількох менших кристалів, об'єднаних високошвидкісними інтерфейсами. Такий підхід отримав назву чиплетної архітектури. Він дозволяє підвищити ефективність виробництва мікросхем, спростити масштабування обчислювальних систем.

Окрему увагу під час розроблення сучасних графічних процесорів приділяють питанням енергоефективності. Зростання обчислювальної потужності супроводжується збільшенням споживання електроенергії та тепловиділення. Для мінімізації цих факторів використовуються різні технології керування енергоспоживанням, зокрема динамічне регулювання частоти роботи, адаптивне налаштування напруги та оптимізація використання обчислювальних ресурсів залежно від поточного навантаження.

Як приклад сучасного підходу до проектування графічних процесорів можна розглянути архітектуру Intel Xe-HPG, яка використовується у відеокартах серії Intel Arc. Однією з важливих її особливостей є підтримка апаратного трасування променів, що забезпечує більш реалістичне відтворення освітлення та відбиттів у графічних застосуваннях. Крім того, у цій архітектурі застосовуються спеціалізовані обчислювальні блоки XMX, призначені для прискорення обробки алгоритмів штучного інтелекту. На їх основі реалізована технологія XeSS, яка дозволяє підвищувати роздільну здатність зображення за допомогою методів машинного навчання. Також у межах архітектури використовуються сучасні графічні технології, такі як меш-шейдери та механізми адаптивного керування рівнем шейдингу, що сприяє більш ефективній обробці складних графічних сцен.

Висновки

У подальшому розвиток графічних процесорів, імовірно, буде пов'язаний із подальшим збільшенням ступеня паралелізму, удосконаленням системи пам'яті та інтеграцією нових типів спеціалізованих обчислювальних модулів. Значні перспективи відкриває також використання тривимірного компонування мікросхем та нових типів високошвидкісної пам'яті. Реалізація таких підходів дозволить суттєво підвищити продуктивність графічних систем та розширити сферу їх застосування у наукових і прикладних задачах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Романюк О.Н., Майданюк В.П., Романюк О.В. Аналіз сучасних архітектур GPU . Інформаційні технології в освіті та науці: Збірник наукових праць IV міжнародної науково-

- практичної конференції (Запоріжжя Мелітополь, 20 травня 2025 р., МДПУ імені Богдана Хмельницького). Випуск 14. Запоріжжя: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2025. 538-542.
2. Романюк О.Н., Черняк О.І., Майданюк В.П., Дембіцький О.О. Реалізація зафарбовування в GPU. Технологія-2025: матеріали міжн. наук.-практ. конф. 23 травня. 2025 р., м. Київ. / укладач Є. І. Зубцов – Київ : Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2025. – С. 216-217.
 3. Romanyuk Oleksandr Nykyforovych, Shenshin Oleksandr Oleksandrovych, Bobko Oleksii Leonidovych, Titova Nataliia Volodymyrivna, Romanyuk Serhii Oleksandrovych. GPU STREAM PROCESSING. Wissenschaft und Bildung als Basis für die Modernisierung der Weltordnung: Innovative Technologien, Informatik, Sicherheitssysteme, Physik und Mathematik. Monografische Reihe «Europäische Wissenschaft». Buch 35. Teil 1. 2024. pp.119-126.
 4. Романюк О.Н., Новосельцев О.О. Реалізації рельєфного текстуровування в GPU Перспективи розвитку сучасної науки та освіти: матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції м. Львів, 19-20 січня 2025 року. – Львів : Львівський науковий форум, 2025. – с.52-55
 5. Романюк Олександр Никифорович, Майданюк Володимир Павлович, Бобко Олексій Леонідович, Тітова Наталія Володимирівна, Романюк Сергій Олександрович Використанням GPU для розпаралелення рендерингу.. Advanced top technology: електрон. наук. журн. – № 3. – Харків: СГ НТМ «Новий курс», 2024. – с. 46-48
 6. Романюк О. Н., Майданюк В. П., Захарчук М. Д. Використання GPU у машинному навчанні. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку», м. Черкаси, 11—17 березня 2024 р. Електрон. текст. дані (файл: 0,89 Мбайт). Черкаси, 2024. С. 345-347.
 7. Завальнюк Є.К., Романюк О.Н., Снігур А.В., Шевчук Р. П.. Аналіз сучасних архітектур GPU. Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій / Матеріали XXIII Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів. Одеса, 20-21 квітня 2023 р. - Одеса, Видавництво ОНТУ, 2023 р. –с.302-303.

Сацюк Ірина Андріївна – студентка 2 курсу Вінницького національного технічного університету, факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, групи 5PI-24б, Вінниця, e-mail: irynasatsiukk@gmail.com

Романюк Олександр Никифорович- д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Satsiuk Iryna Andriivna – 2nd year student of Vinnytsia National Technical University, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, group 5PI-24b, Vinnytsia, e-mail: irynasatsiukk@gmail.com

Romanyuk Oleksandr Nikiforovych- Dr. of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Software, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia