



ХІМІЧ

Олександр Миколайович — член-кореспондент НАН України, завідувач відділу чисельних методів та комп'ютерного моделювання Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ ПЕРСОНАЛЬНИЙ СУПЕРКОМП'ЮТЕР ГІБРИДНОЇ АРХІТЕКТУРИ ДЛЯ ЗАДАЧ НАУКИ ТА ІНЖЕНЕРІЇ

В Україні створено інфраструктуру високопродуктивних обчислень (HPC — high performance computing) на базі ресурсних центрів, основу якої становить суперкомп'ютер Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова — СКІТ. Завдяки зусиллям Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова такі центри були поєднані в грід-мережу — Український національний грід (УНГ), що забезпечує широкому колу академічних інститутів та інших організацій доступ до необхідного обчислювального ресурсу для математичного моделювання процесів і явищ у різних галузях науки та інженерії. Доступ до суперресурсу, причому без прив'язки до його географічного місцезнаходження, забезпечується також за допомогою хмарних технологій.

З архітектурної точки зору один із перспективних напрямів розвитку високопродуктивних обчислень лежить у площині застосування гібридних систем, які складаються з множини багатоядерних процесорів із сучасними графічними процесорами. У рамках цього напряму Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України спільно з ДНВП «Електронмаш» розробили концепцію та створили експериментальний зразок інтелектуального персонального суперкомп'ютера гібридної архітектури *Інпарком_pg*, тобто комп'ютера паралельної архітектури з багатоядерними процесорами та графічними прискорювачами для розв'язування науково-технічних задач.

Інпарком_pg — це знаннеорієнтований комп'ютер, у якому в процесі розв'язання інженерних і наукових задач здобуваються знання про властивості комп'ютерної моделі та відповідно до цих властивостей автоматично будується алгоритм, програма і формується топологія гібридного комп'ютера, а по закінченні процесу обчислень оцінюється достовірність отриманих результатів.



Перспективні сфери застосування інтелектуального персонального суперкомп'ютера Інпарк_рг: для математичного моделювання процесів у машинобудуванні, ядерній енергетиці, авіа- та суднобудуванні, оборонній галузі, промислового та цивільного будівництва, в галузі електрозварювання, для економічних розрахунків

Ця розробка є розвитком ідеології сімейства інтелектуальних комп'ютерів Інпарк, створених в Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова спільно з ДНВП «Електронмаш» у 2005–2012 рр., у напрямі ущільнення обчислень завдяки використанню новітніх високопродуктивних графічних прискорювачів та сучасних чисельних методів і технологій обробки та зберігання значних обсягів інформації, а також віртуалізації прикладного програмного забезпечення.

Інтелектуальний персональний суперкомп'ютер Інпарк_рг реалізує високопродуктивні обчислення (від 3 трлн операцій в секунду з плаваючою крапкою на подвійній розрядності до 9 трлн операцій в секунду на одинарній розрядності) у форматі персонального комп'ютера, займаючи нішу між суперкомп'ютерами та сучасними персональними комп'ютерами.

У багатьох випадках персональний суперкомп'ютер можна використовувати для підготовки паралельних (гібридних) програм для суперкомп'ютерів. Технічні характеристики

Інпарк_рг адаптовано до розв'язання задач науки та інженерії: він оснащений двома новітніми графічними процесорами Tesla Kepler K40 з піковою швидкістю 1,66 Тфлопс кожний, швидкісними SSD-дисками, має 48 Гбайт оперативної пам'яті і 12 Гбайт глобальної пам'яті графічних процесорів. Отже, технічні характеристики експериментального зразка Інпарк_рг перевищують швидкість чотирнадцятого персонального комп'ютера приблизно в 100 разів на подвійній розрядності. Інакше кажучи, час розв'язання прикладної задачі середньої складності скорочується з п'яти діб до однієї години.

Інтелектуальні комп'ютери порівняно з традиційними мають такі відмінності:

- дослідження математичних властивостей задач і на основі цих досліджень автоматична побудова алгоритму та програми паралельних обчислень;
- побудова ефективної топології з процесорів MIMD і SIMD архітектури гібридного комп'ютера, вибір необхідної їх кількості;
- розв'язання задач з наближеними даними;

- оцінка достовірності комп'ютерних результатів.

Інакше кажучи, інтелектуальні комп'ютери, на відміну від традиційних, реалізують інноваційну функцію автоматичного адаптивного налаштування алгоритму, програми та архітектури комп'ютера на властивості задачі. При цьому враховується наближений характер вихідних даних і досліджується достовірність комп'ютерних розв'язків.

Інпарком_rg орієнтований переважно на індивідуальне використання, чим підіймає на новий, суттєво вищий щабель ресурс персонального комп'ютерингу для науково-технічних розрахунків. При цьому Інпарком оснащений інтерфейсом для функціонування в мережевому грид-середовищі, має інтелектуальний веб-інтерфейс для розв'язання розрахункових задач у режимі віддаленого доступу в інтернет-середовищі.

Серед головних переваг інтелектуального гібридного персонального суперкомп'ютера Інпарком_rg слід відзначити такі:

- звільнення користувачів від роботи з дослідження задач, створення паралельних алгоритмів і програм, що істотно скорочує час постановки і розв'язування задач науки та інженерії;
- отримання комп'ютерного розв'язку задачі з оцінкою його достовірності, а також властивостей комп'ютерної задачі з наближеними даними;
- реалізація принципу прихованого паралелізму, що забезпечує такий режим роботи користувача на паралельному комп'ютері, як і на комп'ютері з послідовною організацією обчислень.

Крім того, завдяки новітнім графічним прискорювачам використання Інпарком_rg дає змогу зменшити габарити комп'ютера до формату персонального і забезпечити порівняно невисокі енерговитрати.

Основні принципи створення Інпарком_rg полягають в автоматизації процесу адаптивного підходу до побудови ефективної топології гібридного комп'ютера на основі комп'ютерних методів дослідження математичних влас-

твостей машинних моделей задач та забезпечення вимог до точності обчислень (програмно або апаратно) відповідно до властивостей комп'ютерної моделі задачі на основі багаторозрядної арифметики, отримання комп'ютерного результату з оцінкою достовірності. Ущільненість обчислень досягається використанням нових оригінальних гібридних методів обробки розріджених структур даних, адаптованих до новітніх зразків графічних прискорювачів Tesla Kepler та архітектури Інпарком_rg, і останніх версій програмного забезпечення CUDA, а також завдяки застосуванню хмарних технологій. Крім того, віртуалізація прикладних програм дає змогу забезпечити багатоопераційність, системний моніторинг і підтримку грид-інфраструктури.

Основою програмно-технічного комплексу є алгоритмічне та інтелектуальне чисельне програмне забезпечення для розв'язання базових задач обчислювальної математики з наближено заданими даними, в тому числі обробки розріджених структур даних на основі структурної регуляризації. Основними концептуальними засадами інтелектуального програмного забезпечення є:

- дослідження і розв'язання задач з наближеними даними;
- автоматизація процесу дослідження та розв'язання задачі;
- оцінка достовірності комп'ютерного розв'язку;
- реалізація принципу прихованого паралелізму;
- інтелектуальний інтерфейс користувача.

Інтелектуальний гібридний персональний суперкомп'ютер Інпарком_rg має широкий спектр можливих сфер застосування. Це, наприклад, машинобудування, ядерна енергетика, авіа- та суднобудування, оборонна галузь, промислове та цивільне будівництво, електрозварювання, економіка тощо.

На основі гібридних обчислень створено прикладні програмні комплекси:

- *Lira_g* — для математичного моделювання процесів та аналізу міцності будівельних об'єктів (спільно з ТОВ Ліра САПР);

- *Надра_g* — для математичного моделювання процесів масопереносу, зокрема для моделювання процесу фільтрації в багатокомпонентних геологічних середовищах;

- *Weld-Predictions_g* — для математичного моделювання напружено-деформованого стану зварних конструкцій, зокрема процесів в'язкого руйнування товстостінних елементів трубопроводів з дефектами стоншення (спільно з Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона).

Отже, застосування Інпаркком_rg дозволяє істотно скоротити час математичного моделю-

вання і відповідно заощадити кошти на проведення дорогих натурних експериментів, що підносить персональний комп'ютинг на значно вищий рівень.

Завдяки відносно невисокій вартості, малим габаритам та низькому енергоспоживанню цей апаратно-програмний комплекс орієнтований на локальне використання (поза комп'ютерними мережами), що є актуальним для кінцевих користувачів, наприклад для автоматизації проектування в галузі оборони та будівництва, забезпечуючи конфіденційність розрахунків.