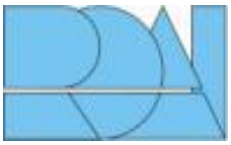
Cristina POPÎRLAN

UNIVERSITATEA DIN CRAIOVA



Centrul de Cercetare în Inteligență Aplicată – „Nicolae Țăndăreanu”
Research Center for Applied Intelligence – „Nicolae Țăndăreanu”
www.rcai.eu

Colecția « Computer Science »

Inițiată în 2001, sub egida Centrului de Cercetare în Inteligență Aplicată – „Nicolae Țăndăreanu”, colecția „Computer Science” reunește contribuții valoroase – publicații științifice de înaltă ținută, studii, teze de doctorat, etc. – continuând astfel tradiția publicării în volum separat a seriei 100 (lucrările conferinței anuale AIDC – Artificial Intelligence and Digital Communications), a seriei 200 (Computer Science Fundamentals) și a seriei 300 (Research Reports in Artificial Intelligence).

Rămânând fidelă misiunii sale de dezvoltare și promovare a cunoașterii în domeniul științei calculatoarelor și a tehnologiilor digitale, colecția „Computer Science” reprezintă o sursă reală de informare și își propune lărgirea spectrului publicistic prin dezvoltarea de noi serii tematice.

Propunerile pentru publicare se vor adresa comitetului științific la adresa: office@rcai.eu

Cristina POPÎRLAN

Algoritmi paraleli și distribuiți

Editura UNIVERSITARIA
Craiova, 2019

Referenți științifici:
Prof. univ. dr. Daniela Dănciulescu
Lect. univ. dr. Gabriel Stoian

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României
POPÎRLAN, CRISTINA
Algoritmi paraleli şi distribuiţi / Cristina Popîrlan. - Craiova: Universitaria, 2019
Conţine bibliografie
ISBN 978-606-14-1566-3

51

Lista de figuri

Capitolul 1

Introducere

Calculul paralel şi distribuit reprezintă un domeniu larg de interes, existând o activitate de cercetare intensă în acest sens motivată de numeroşi factori. Întotdeauna a fost nevoie de o soluţie de rezolvare a problemelor cu calcule foarte mari, dar, doar recent, tehnologiile avansate au luat în calcul folosirea calculului paralel în rezolvarea acestor probleme ţinând cont şi de calculatoarele paralele din ce în ce mai puternice.

Sisteme de calcul paralele şi distribuite construite şi exploatate până în prezent acoperă un spectru de arhitecturi şi modele de programare extrem de variate. De fapt, fiecare calculator paralel sau sistem distribuit reprezintă o soluţie arhitecturală deosebită de toate celelalte existente, în încercarea de se a obţine performanţe cât mai ridicate.

Datorită numărului mare de sisteme paralele şi distribuite construite şi a numeroaselor diferenţieri de arhitectură, este destul de dificil şi confuz să fie studiate toate împreună şi, ca în multe alte situaţii, o clasificare în generaţii, bazată pe

perioada de construcţie şi pe diferite decizii constructive, poate fi utilă.

Se pot considera mai multe etape în dezvoltarea sistemelor paralele şi distribuite.

Primele calculatoare paralele se încadrează în generaţia de prototipuri de cercetare, care cuprinde mai multe încercări de construire a calculatoarelor paralele, proiectate în special pentru studierea problemelor de bază teoretice şi de implementare ale calculului paralel. Cele mai multe astfel de sisteme, construite înainte de 1980, nu au reprezentat un succes comercial propriu-zis, dar au pregătit trecerea la sisteme paralele actuale, performante şi disponibile comercial.

Primele generaţii de calculatoare paralele cuprind calculatoare dezvoltate în ultimele două decenii ale secolului trecut de marile companii producatoare de calculatoare precum Intel, DEC, Sun, HP, Cray, IBM, sau de companii specializate, precum NCUBE. În aceste generaţii se întalnesc atât calculatoare SIMD cât şi MIMD, dar se observă clar tendinţa de părăsire a arhitecturii SIMD, şi de adoptare aproape unanimă a arhitecturilor MIMD (multiprocesoare şi multicalculatoare). Dintre aceste calculatoare, merită amintite calculatoarele produse de firma Thinking Machine Corporation (TMC), şi anume CM-2 (Connection Machine-2, produs în anul 1985) şi CM-5 (produs în anul 1995).

Cei mai mari producători de supercalculatoare sunt marii producatori de calculatoare comerciale: IBM (37% - 35%), Hewlet Packard (42% - 23%), Cray (4% - 16%), SGI (3.8% - 6.6%), Dell (3.2% - 2.2%), Sun etc. atât ca număr de supercalculatoare, cât şi ca performanţe însumate ale sistemelor instalate.

Dezvoltarea algoritmilor paraleli şi distribuiţi este determinată pe de o parte de legătura dintre nevoile de calcul noi şi cele vechi, iar pe de altă parte de

progresul tehnologic.

Aplicaţiile care privesc inteligenţa artificială, calculul simbolic şi calculul numeric sunt cele care au jucat un rol important în dezvoltarea arhitecturilor paralele şi distribuite.

Nevoia de determinare rapidă a unui număr mare de calcule numerice din cadrul aplicaţiilor ce privesc rezolvarea ecuaţiilor cu derivate parţiale şi a procesării imaginilor a fost ceea ce a dus la dezvoltarea rapidităţii şi a paralelizării maşinilor de calcul.

Recent a crescut interesul pentru aplicarea calculului paralel şi distribuit în aplicaţii precum cele ce privesc analiza, simularea şi optimizarea pe scară largă a sistemelor interconectate. Alte exemple de aplicare a calculului paralel sunt: rezolvarea sistemelor de ecuaţii, programarea matematică şi problemele de optimizare. O proprietate comună a acestor probleme este aceea de a putea fi descompuse în subtask-uri.

O importanta ramură în ştiinţa calculatoarelor, şi anume calculul paralel, s-a dezvoltat din necesitatea existenţei unor calculatoare cu performanţe ridicate, capabile să rezolve aplicaţii cu cerinţe de calcul intensiv, iar aceste performanţe nu se pot obţine folosind calculatoarele secvenţiale. Exemple de astfel de domenii şi aplicaţii sunt:

- **Domeniul stiintific**: fizica nucleară, simularea fenomenelor naturale (meteorologice, fizica pământului), biochimie (proiectarea de noi medicamente);
- **Domeniul ingineresc**: proiectare în mecanică, electronică, arhitectură;
- **Domeniul economic**: previziuni financiar-bancare, modelări macro-economice.

Calculatoarele secvenţiale tradiţionale se bazează pe modelul introdus de John von Neumann în anul 1945. Acest model constă dintr-o unitate centrală de procesare (procesorul) şi o unitate de memorie, conectate între ele printr-un canal de comunicaţie pentru transferul datelor. Într-un astfel de calculator, procesorul extrage instrucţiuni şi date din memorie, le prelucrează şi depune rezultatul înapoi în memorie, oferind posibilităti limitate de prelucrare.

Viteza de calcul a unui calculator secvenţial este limitată de doi factori:

- viteza de transfer a datelor între procesor şi memorie;
- viteza de operare a procesorului.

Proiectanţii procesoarelor folosesc diferite tehnici pentru a depăşi aceste limitări, prin introducerea paralelismului (concurenţei) în interiorul procesoarelor, folosind capacitatea (număr de componente/chip) din ce în ce mai mare a circuitelor VLSI.

Viteza de transfer între procesor şi memorie poate fi mărită prin diferite tehnici de organizare a unităţii de memorie, cum sunt:

- întreţeserea memoriei, care conduce la creşterea benzii folosite la comunicaţia între procesor şi memorie;
- memoriile cache, care produc scăderea latenţei de comunicaţie între procesor şi memorie.

Întreţeserea memoriei se obţine prin divizarea unităţii de memorie într-un număr de blocuri, fiecare conectat la procesor printr-un canal independent. În

acest mod, viteza de transfer a datelor creşte prin creşterea numărului de canale între procesor şi memorie, deci a benzii de comunicatie procesor-memorie.

Cealaltă modalitate de creştere a vitezei de transfer constă în utilizarea unui bloc de memorie de dimensiune mai mică, dar de viteză ridicată, cu rolul de buffer între procesor şi memoria principală, de dimensiune mare, dar de viteză mai scăzută. Un astfel de bloc de memorie se numeşte memorie cache. Este posibil ca un bloc de date să fie extras din memoria principală şi încărcat în memoria cache, de unde datele sunt transferate către procesor cu viteză foarte mare, ceea ce produce scaderea latentei de comunicatie intre procesor si memorie.

Memoriile cache utilizează principiul localităţii datelor, care stipulează faptul că, dacă o instrucţiune accesează o anumită locaţie de memorie, atunci instrucţiunile următoare vor accesa, cel mai probabil, locaţii vecine de memorie.

Creşterea vitezei de operare a procesoarelor se poate obţine prin mai multe modalităţi, printre care cele mai importante sunt:

- Creşterea frecventei (clock rate) de lucru a procesoarelor.
- Introducerea paralelismului (concurenţei) în interiorul procesoarelor prin:
  - execuţia pipeline a instrucţiunilor;
  - prelucrarea vectorială pipeline;
  - acceleratoare hardware;
  - alte tehnici de accelerare a execuţiei instrucţiunilor (hyperthread-ing, multi-core etc).

Viteza de operare a procesoarelor este dată de ciclul de ceas (clock cycle) al procesorului, care este timpul necesar executiei unei operaţii de bază.

Dar, este binecunoscut faptul că frecvenţa de ceas nu poate creşte infinit, oricâte progrese tehnologice se vor face în continuare, datorită limitării fizice fundamentale, prin care viteza de propagare a semnalelor este limitată la valoarea vitezei luminii în vid (3x108 m/s).

Astfel încât pentru creşterea mai puternică a performanţelor procesoarelor se adoptă, pe lângă creşterea frecvenţei de ceas, diferite soluţii arhitecturale din ce în ce mai complexe, în principal prin introducerea paralelismului în interiorul procesoarelor.

Introducerea paralelismului (concurenţei) în interiorul procesoarelor (paralelism implicit) permite creşterea vitezei de execuţie prin creşterea complexităţii circuitelor VLSI ale procesoarelor, în care se pot prevedea mai multe căi de date, mai multe etaje de prelucrare etc.