

แนะนำการประมวลผลแบบขนาน

เครื่องคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันมีการพัฒนาประสิทธิภาพความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้ง ปัจจุบันซีพียูสำหรับเครื่อง PC ได้รับการพัฒนาจนมีความเร็วหลายกิกะเฮิรตซ์ แต่ถึงแม้ว่าซีพียูในแต่ละยุคแต่ละสมัยจะพัฒนาขึ้น สูงเท่าใดก็ตาม ก็ยังมีงานจำพวกหนึ่งซึ่งต้องการพลังการประมวลผลข้อมูลที่สูงมากเกินกว่าซีพียูทั่วๆ ไปในยุคนี้ๆ จะให้ได้ เครื่องซูเปอร์คอมพิวเตอร์จึงเป็นเครื่องที่ออกแบบมาสำหรับงานนี้โดยเฉพาะ แอปพลิเคชันที่รันบนซูเปอร์คอมพิวเตอร์ได้แก่ การพยากรณ์อากาศ การวิเคราะห์การไหลของของเหลว การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ (CAD) เป็นต้น ในความจริงแล้ว งานที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เราสามารถใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทั่วไปรันได้เช่นกัน แต่อาจใช้เวลาในการรันนานมากจนเกินกว่าผู้ใช้แอปพลิเคชันนั้นๆ จะยอมรับได้ ยกตัวอย่างเช่น งานด้านพยากรณ์อากาศ ซึ่งต้องสามารถบอกได้ว่าภูมิอากาศที่น่าจะเป็นในวันรุ่งขึ้นเป็นอย่างไรได้ก่อนที่จะเหตุการณ์นั้นๆ จะเกิดขึ้นจริงๆ เป็นต้น นิยามของคำว่าซูเปอร์คอมพิวเตอร์จะหมายถึงเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เร็วกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปในยุคหนึ่งๆ เท่านั้น เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในปัจจุบัน อาจจะมีประสิทธิภาพเท่ากับเครื่องซูเปอร์คอมพิวเตอร์ที่มีใช้กันเมื่อ 10 ปีที่แล้วก็อาจเป็นไปได้

เครื่องซูเปอร์คอมพิวเตอร์ อาศัยหลักการทำงานแบบขนานมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการคำนวณได้เนื่องจากงานโดยทั่วๆ ไปสามารถที่จะแบ่งตัวงานออกเป็นงานย่อยๆ และสามารถทำงานย่อยๆ นั้นได้พร้อมๆ กันดังแสดงให้เห็นในสไลด์หน้าที่ 6 โดยทั่วไปแล้วประสิทธิภาพความเร็วระดับซูเปอร์คอมพิวเตอร์สร้างขึ้นมาได้ 3 วิธี อันได้แก่

- Vector processing
- Multiprocessing
- Distributed computer system

เครื่องคอมพิวเตอร์แบบ Vector processing จะอาศัยโปรเซสเซอร์แบบเวกเตอร์ที่ออกแบบมาเพื่อประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่โดยเฉพาะ โดยโปรเซสเซอร์แบบเวกเตอร์สามารถที่จะโหลดข้อมูลขนาดใหญ่เพียงครั้งเดียวและมีชุดคำสั่งในการจัดการกับข้อมูลหลายๆ ชุดพร้อมๆ กันโดยอาศัยเทคนิคแบบไปป์ไลน์ของการทำโอเปอเรชั่นทางคณิตศาสตร์เข้าช่วย ตัวอย่างของเครื่องคอมพิวเตอร์แบบนี้ได้แก่ NEC SX5, CRAY Y-MP, Fujitsu VP5000 และ Hitachi SR8000 เป็นต้น เครื่องแบบนี้จะสร้างจากวงจรสารกึ่งตัวนำที่เร็วที่สุดในยุคนั้นๆ ทำให้ประสิทธิภาพที่ได้สูงมาก แต่เครื่องคอมพิวเตอร์ดังกล่าวมีข้อเสียคือราคาสูงมาก และมักจะปล่อยความร้อนปริมาณ

มหาศาลออกมาส่งผลให้ต้องใช้ระบบทำความเย็นในการระบายความร้อนตลอดเวลาอีกด้วยในสไลด์หน้าที่ 10 จะเป็นรูปของซูเปอร์คอมพิวเตอร์ CRAY Y-MP

เครื่องคอมพิวเตอร์แบบ Multiprocessing จะเป็นเครื่องที่มีราคาถูกกว่า เนื่องจากจะใช้โปรเซสเซอร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับเวิร์กสเตชันหรือเครื่อง PC ในขณะนั้นมาช่วยกันทำงานหลายๆ ตัวเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพตามที่ต้องการ โดยโปรเซสเซอร์ต่างๆ ในระบบจะมีการเชื่อมต่อกันโดยใช้วงจรสื่อสารความเร็วสูงระหว่างหน่วยความจำและระบบ I/O (Tightly-coupled)

เครื่องคอมพิวเตอร์แบบสุดท้ายคือแบบ Distributed computer system จะเป็นเครื่องที่เกิดจากการนำเครื่องคอมพิวเตอร์ PC หรือเวิร์กสเตชันทั่วไปที่มีขายในท้องตลาดหลายๆ เครื่องมาเชื่อมต่อกันด้วยระบบเน็ตเวิร์กและทำการเขียนโปรแกรมเพื่อให้เครื่องทั้งหมดช่วยกันทำงานที่ต้องการ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดคือระบบคลัสเตอร์ นั่นเอง

ในการแบ่งประเภทของสถาปัตยกรรมแบบขนาน นั้น นิยามที่นิยมกล่าวถึงมากที่สุดคือนิยามของ FLYNN ซึ่งถูกเสนอขึ้นมาตั้งแต่ปี 1966 ซึ่ง FLYNN ได้จำแนกเครื่องคอมพิวเตอร์ออกเป็น 4 ชนิดเมื่อมองในแง่ของคำสั่งและข้อมูลที่ถูกประมวลผล ได้แก่

1. SISD : Single Instruction stream, Single Data stream
2. SIMD : Single Instruction stream, Multiple Data stream
3. MISD : Multiple Instruction stream, Single Data stream
4. MIMD : Multiple Instruction stream, Multiple Data stream

สไลด์หน้าที่ 15 กล่าวถึง สถาปัตยกรรมแบบ SISD หมายถึงการที่มีโปรแกรมอยู่ชุดเดียวทำงานอยู่บนข้อมูลชุดเดียวกัน ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์ PC ทั่วๆ ไปในท้องตลาดจะมีความสามารถแบบนี้อยู่แล้ว ส่วนสถาปัตยกรรมแบบ SIMDซึ่งกล่าวถึงในสไลด์หน้าที่ 16 จะหมายถึงการที่มีโปรแกรมอยู่ 1 ชุดซึ่งจะถูกส่งไปให้โปรเซสเซอร์ต่างๆ ในระบบ ทุกโปรเซสเซอร์จะรันโปรแกรมเดียวกัน แต่จะปฏิบัติการอยู่บนข้อมูลคนละชุดกัน โดยแต่ละโปรเซสเซอร์จะมีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลของตัวเอง

สไลด์หน้าที่ 17 สถาปัตยกรรมแบบ MIMD จะเป็นสถาปัตยกรรมที่มีโปรเซสเซอร์หลายๆ ตัวอยู่บนระบบและแต่ละโปรเซสเซอร์สามารถรันคนละส่วนของโปรแกรมบนข้อมูลคนละชุดกันได้ ส่วนสไลด์หน้าที่ 18 กล่าวถึงเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ MISD จะเป็นเครื่องที่มีหลายๆ โปรแกรมในระบบ แต่ละโปรแกรมจะทำโอเปอเรชั่น บนข้อมูลชุดเดียวกัน ซึ่งในทางปฏิบัติจะไม่ค่อยพบเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ MISD เท่าไรนัก

รูปในสไลด์หน้าที่ 19 แสดงสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์แบบ Array processor ซึ่งเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ SIMD ชนิดหนึ่ง โดยจะมี control processor คอยแจกจ่ายคำสั่งให้ processing element ต่างๆ ในระบบ นั้นหมายถึงทุกโพรเซสเซอร์จะรับคำสั่งชุดเดียวกันจากศูนย์กลาง แต่ละโพรเซสเซอร์จะใช้คำสั่งที่ได้รับมาในการคำนวณข้อมูลของตัวเอง คำถามที่น่าสนใจคือที่ Processing element นี้จะใช้โพรเซสเซอร์ความเร็วต่ำ แต่ใช้เป็นจำนวนมาก หรือใช้โพรเซสเซอร์ประสิทธิภาพสูงแต่ใช้จำนวนน้อยตัว แบบไหนจะดีกว่ากัน สไลด์หน้าที่ 20 แสดงตัวอย่างของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สร้างมาในอดีตบอกเราให้ทราบว่าวิธีการหลังเป็นที่นิยมกว่า

ในระบบมัลติโพรเซสเซอร์มีวิธีการสร้างอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบดังแสดงให้เห็นในสไลด์หน้าที่ 22 โดยในระบบ UMA (Uniform Memory architecture) ซึ่งแสดงให้เห็นในรูปของสไลด์หน้าที่ 23 นั้นทุกโพรเซสเซอร์สามารถเข้าถึงหน่วยความจำตัวใดก็ได้ในระบบโดยใช้เวลาในการเข้าถึงเท่ากัน ส่วนระบบ NUMA (Non-Uniform Memory architecture) ซึ่งแสดงในสไลด์หน้าที่ 24 นั้นจะต่างกันออกไป โดยที่โพรเซสเซอร์แต่ละตัวจะสามารถติดต่อหน่วยความจำที่อยู่ใกล้ตัวเองได้เร็วกว่าหน่วยความจำที่ต่อกับโพรเซสเซอร์ตัวอื่น แต่ถ้าโพรเซสเซอร์ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำส่วนอื่น จะต้องทำผ่านทาง Interconnection Network

ระบบ Distributed memory system จะต่อหน่วยความจำโดยตรงกับโพรเซสเซอร์ดังในสไลด์หน้าที่ 25 โพรเซสเซอร์ตัวอื่นสามารถใช้หน่วยความจำของอีกโพรเซสเซอร์ได้ แต่ต้องขออนุญาตโพรเซสเซอร์ที่เป็นเจ้าของหน่วยความจำก่อน ซึ่งแตกต่างจากระบบ 2 ระบบที่กล่าวมาก่อนหน้านี้ โดยในระบบ UMA และ NUMA นั้นจะสามารถแยกเซสหน่วยความจำส่วนใดๆ ในระบบได้โดยไม่ต้องอาศัยความร่วมมือกับโพรเซสเซอร์ตัวอื่นแต่อย่างใด

จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นว่าการแบ่งประเภทของคอมพิวเตอร์แบบขนานมีหลายมุมมองด้วยกัน ดังนั้นเพื่อมิให้เกิดความสับสนในสถาปัตยกรรมแบบต่างๆ ให้ลองพิจารณารูปในสไลด์หน้าที่ 26 จะเห็นว่าเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ UMA, NUMA และ Distributed memory system จัดแบ่งอยู่ในคอมพิวเตอร์ประเภท MIMD ทั้งสิ้น ส่วนคอมพิวเตอร์แบบ Vector processing และ Array processor จัดเป็นคอมพิวเตอร์ประเภท SIMD

ระบบ Interconnection network ในซูเปอร์คอมพิวเตอร์จะแตกต่างจากระบบคอมพิวเตอร์ทั่วไป เพราะเนื่องจากคอมพิวเตอร์ทั่วไปใช้การเชื่อมต่อแบบบัสซึ่งอนุญาตให้มีอุปกรณ์เพียงหนึ่งตัวทำการเอกเซสส์ได้ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น แต่เนื่องจากในเครื่องคอมพิวเตอร์แบบขนานต้องการความเร็วในการทำงานสูงจึงต้องสามารถอนุญาตให้หลายๆ โพรเซสเซอร์ทำการใช้หน่วยความจำหลายๆ ส่วนได้พร้อมๆ กัน ตัวอย่าง Interconnection network ที่มีใช้ได้แก่ Crossbar switch, Multistage shuffle network, Hypercube network, Mesh network, Ring network และ Tree network ดังแสดงในสไลด์หน้าที่ 27-34 เป็นต้น

ในสไลด์หน้าที่ 35 แสดงถึงโครงสร้างการเชื่อมต่อโดยใช้ Ring Network มาเชื่อมต่อโมดูลของโปรเซสเซอร์ต่างๆ เข้าด้วยกัน โดยจากรูปจะเห็นว่าโมดูลของโปรเซสเซอร์สามารถติดต่อถึงกันผ่าน Ring network จำนวน 4 ring ด้วยกัน ส่วนรายละเอียดของแต่ละโมดูลจะแสดงให้เห็นในสไลด์หน้าที่ 36 ซึ่งแต่ละซีพียูโมดูลจะเรียกว่า HyperNode โดยโครงสร้างของ Hypernode จะเป็นแบบ Crossbar switch ขนาด 4×5 สามารถต่อโปรเซสเซอร์จำนวน 8 ตัวเข้ากับ หน่วยความจำจำนวน 4 หน่วย

สไลด์หน้าที่ 37 เป็นโครงสร้างภายในของเครื่องซูเปอร์คอมพิวเตอร์ของ Silicon Graphics โดยเชื่อมต่อซีพียูเข้ากับหน่วยความจำด้วยความกว้างของบัสขนาด 576 บิต และสามารถเชื่อมต่อหลายๆ เครื่องเข้าด้วยกันด้วยระบบเชื่อมต่อความเร็วสูงที่ชื่อว่า HIPPI

สไลด์ในหน้าที่ 38 แสดงถึงระบบคลัสเตอร์ซึ่งสร้างจากการนำพีซีหลายๆ เครื่องมาต่อรวมกัน ในสไลด์หน้าที่ 39 แสดงถึงหลักการเชื่อมต่อกันของระบบคลัสเตอร์ โดยเชื่อมต่อกันผ่าน High speed message link ซึ่งโดยทั่วไปใช้ระบบแลนความเร็วสูงในการเชื่อมต่อนั่นเอง ข้อดีของระบบคลัสเตอร์ที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดคือ สามารถเพิ่มจำนวนโหนดประมวลผลได้ง่ายและมีประสิทธิภาพต่อราคาที่ดีกว่าระบบแบบอื่นมาก

ในเครื่องคอมพิวเตอร์แบบขนานนั้นเนื่องจากมีหลายโปรเซสเซอร์ช่วยกันทำงาน ดังนั้นจะต้องมีการเขียนโปรแกรมเพื่อกระจายงานไปให้แต่ละโปรเซสเซอร์ทำงานด้วย ดังนั้นโปรแกรมจะต้องมีการเขียนขึ้นมาใหม่เพื่อสนับสนุนระบบหลายโปรเซสเซอร์ ยกตัวอย่างโปรแกรมสำหรับโปรเซสเซอร์ตัวเดียวสไลด์หน้าที่ 42 เป็นการคำนวณหาค่า dot product ของข้อมูลในอะเรย์ 2 ตัว คือ a, b โดยฟังก์ชัน read จะเป็นการโหลดค่าเวกเตอร์ทั้งสองขึ้นมาจากดิสก์ เนื่องจากอะเรย์มีจำนวน N อิลิเมนต์จึงต้องใช้ลูป for ทำการวนลูปบวกค่า dot_product ตั้งแต่ค่าอะเรย์แรกจนถึงตัวสุดท้าย

หากนำโปรแกรมสไลด์หน้าที่ 42 มาเขียนใหม่สำหรับใช้ในระบบมัลติโปรเซสเซอร์แบบ 2 โปรเซสเซอร์จะได้โปรแกรมในสไลด์หน้าที่ 43 โดยกำหนดให้ตัวแปร a, b, dot_product เป็นตัวแปรที่เก็บอยู่ใน shared memory ซึ่งสามารถเข้าถึงได้โดยโปรเซสเซอร์ทั้งสองตัวของระบบในการคำนวณนั้น เนื่องจากแต่ละโปรเซสเซอร์ต้องการอัปเดตตัวแปร dot_product ตัวเดียวกัน ดังนั้นหลักการของเรื่อง Critical section จะต้องถูกนำมาใช้ สืบเนื่องจากทั้งสองโปรเซสเซอร์ต้องการอัปเดตข้อมูลตัวเดียวกัน ดังนั้นก่อนที่จะโปรเซสเซอร์จะใช้ข้อมูลตัวแปร dot_product จะต้องขอล็อกตัวแปรนั้นก่อนมิให้โปรเซสเซอร์อีกตัวทำการอัปเดตข้อมูล dot_product พร้อมๆ กันได้ โดยทำการแบ่งงานให้แต่ละโปรเซสเซอร์คำนวณค่าอะเรย์แต่ละ $N/2$ ชุด อย่างไรก็ตามโปรแกรมในสไลด์หน้าที่ 43 ก็มีปัญหในเรื่องประสิทธิภาพความเร็วเพราะถึงแม้ว่าจะคำนวณพร้อมกันได้แต่โปรเซสเซอร์จะต้องผลัดกันอัปเดตตัวแปร dot_product ซึ่งทำให้ไม่ได้

ประสิทธิภาพอย่างที่เราควรจะเห็น หนทางแก้คือปรับเปลี่ยนโปรแกรมใหม่ดังแสดงในสไลด์
หน้าที่ 44 โดยกำหนดให้โพเรสเซเตอร์แต่ละตัวทำการคำนวณค่าของอะเรย์ตัวละ $N/2$ ชุดโดยการ
บวกจะเก็บไว้ใน local variable ของแต่ละโพเรสเซเตอร์ก่อน แล้วจึงค่อยนำผลลัพธ์มารวมกัน
ภายหลัง ซึ่งในการรวมผลลัพธ์จึงค่อยให้โพเรสเซเตอร์แต่ละตัวทำการลือกตัวแปร dot_product
ซึ่งหากค่าอะเรย์มีจำนวนอีลิเมนต์ใหญ่มากๆ แล้วการใช้โพเรสเซเตอร์ 2 ตัวช่วยกันทำงานจะช่วย
เพิ่มความเร็วในการทำงานของระบบได้มาก

สไลด์หน้าที่ 45 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นของระบบการทำงานแบบขนาน ซึ่ง
ประสิทธิภาพที่ได้รับส่วนใหญ่จะไม่เพิ่มขึ้นแบบลิเนียร์ตามจำนวนโพเรสเซเตอร์ที่เพิ่มขึ้น แต่จะต่ำ
กว่า เนื่องจากจะต้องมีการส่งข้อมูลถึงกันระหว่างโพเรสเซเตอร์และบางครั้งอาจมีเหตุการณ์ที่
โพเรสเซเตอร์จะต้องรอการทำงานของโพเรสเซเตอร์ตัวอื่นด้วยส่งผลให้ความเร็วที่เพิ่มขึ้น มักจะ
น้อยกว่าจำนวนเท่าของโพเรสเซเตอร์ที่เพิ่มขึ้นมาในระบบ
