ก 2218

ผู้นำ...อ่าน
ฐานเศรษฐกิจ
ปีที่ 15 ฉบับที่ 887 วันที่ 26-28 เมษายน 2538
ฉบับ พุธ, พฤหัส, ศุกร์

วิธีดูคุณสมบัติมินิคอมพิวเตอร์และ Application Server (ตอนที่ 1 ฮาร์ดแวร์)

ณรงค์ เวศนารัตน์

ทุกวันนี้อ่านบทความทางคอมพิวเตอร์ที่ไหนก็จะพบแต่เรื่องของพีซี ไม่ว่าจะเป็นเรื่องเกี่ยวกับซีพียูใหม่ๆ ซอฟต์แวร์ใหม่ๆ อุปกรณ์สนับสนุนที่เป็นฮาร์ดแวร์ใหม่ๆ จนทำให้ผู้คนส่วนใหญ่ที่ไม่ได้อยู่ในสายคอมพิวเตอร์เข้าใจไขว้เขวไปว่า คอมพิวเตอร์ก็คือพีซีเท่านั้น

แต่ในชีวิตจริง ผู้บริหารขององค์กรที่มีขนาดใหญ่หน่อยใช่ว่าต้องรู้จักแต่เพียงการใช้พีซีเท่านั้น ในวงการธุรกิจปัจจุบันนี้ คอมพิวเตอร์ที่ใช้งานสำหรับองค์กรที่มีระดับหน่อยไม่ได้ใช้แต่พีซีอย่างเดียว มากกว่า 90% ของบริษัทขนาดกลางถึงใหญ่ ต้องมีเครื่องระดับ**มินิ**หรือ**เมนเฟรม**มาเป็นมันสมองหลักทั้งสิ้น พีซีจะเป็นเพียงเครื่องมือประมวลผลชั้นต้นที่โต๊ะทำงาน หรือประจำแผนกเล็กๆ แล้วส่งผลลัพธ์ที่ได้ไปรวบรวมเพื่อเก็บเป็นข้อมูลถาวร และใช้ประมวลผลสรุปสำหรับผู้บริหารระดับสูงด้วยเครื่องมินิหรือเมนเฟรมอีกทีหนึ่ง

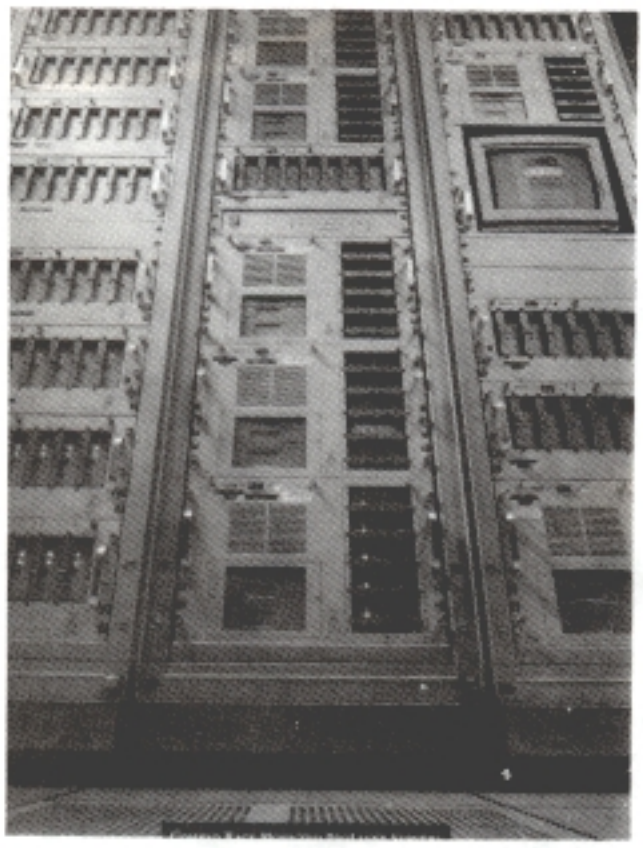
ถ้าท่านไปสอบถาม**บริษัทเงินทุนหลักทรัพย์** หรือ**บริษัทที่ทำธุรกิจทางการเงินการธนาคาร** คงจะหาได้ยากยิ่งที่จะพบบริษัทใดที่มิได้ใช้เครื่องระดับมินิหรือเมนเฟรมมาเป็นตัวประมวลผลหลักขององค์กร ถึงแม้กระแส **Downsizing** จะมาแรงจากคำโพนทะนาของผู้นิยมพีซีมากเพียงใด แต่กรณีของการ **Downsizing** จากมินิหรือเมนเฟรมมาเป็นพีซีแลนทั่วโลกที่ประสบผลสำเร็จมาจนถึงวันนี้ ถึงจะมีผู้อ้างบริษัทขนาดยักษ์มาเป็นตัวอย่างได้สัก 2-3 ราย แต่ถ้าเทียบจำนวนคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันทั้งโลก ก็นับว่ามีน้อยมากจนยากที่จะเชื่อได้สนิทใจว่ามันดีจริง

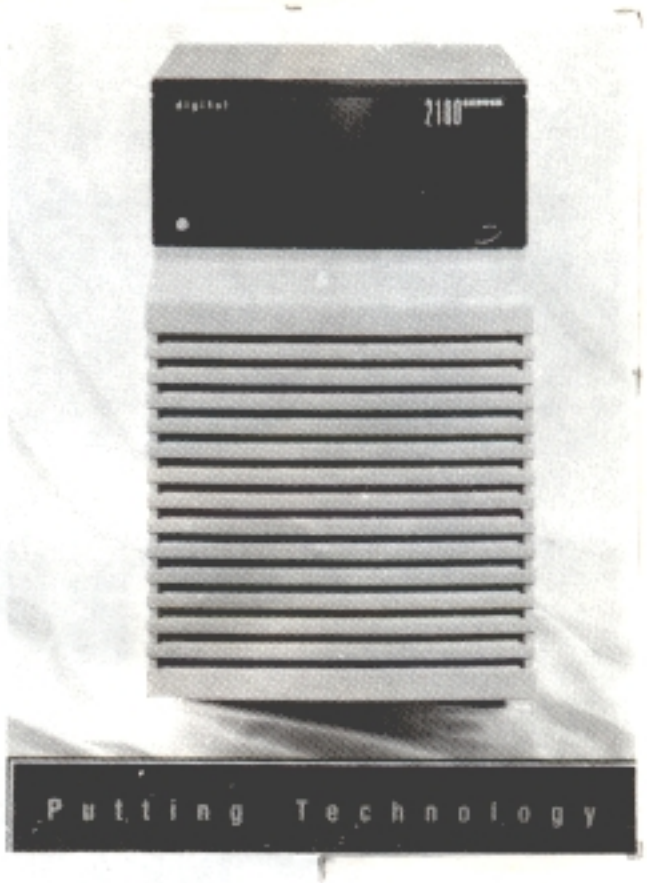
ในเรื่องความไว้ใจได้และความปลอดภัยของระบบคอมพิวเตอร์และข้อมูล สำหรับนักคอมพิวเตอร์ที่ร่ำเรียนมาโดยตรงจริงๆ และจากสถาบันการศึกษาที่ได้มาตรฐาน มีคอมพิวเตอร์หลากหลายให้ได้ฝึกใช้เพื่อหาประสบการณ์ ไม่ใช่รู้จักแค่พีซีอย่างเดียว คงหาได้ไม่ถึง 1% ที่ไว้ใจเครื่องระดับพีซี

วิวัฒนาการทางเทคโนโลยีเครือข่ายคอมพิวเตอร์ปัจจุบันนี้เปิดโอกาสให้มินิคอมพิวเตอร์มีบทบาทได้ 2 ลักษณะด้วยกันคือ เป็นตัวประมวลผลแบบรวมศูนย์แบบเดิม หรือไม่ก็ทำหน้าที่เป็นตัวบริการงานประยุกต์ (Application Server) ในระบบแลน (LAN : Local Area Network) แบบไคลเอนต์-เซิร์ฟเวอร์ (Client-Server) คือทำหน้าที่คล้ายๆ เป็นไฟล์เซิร์ฟเวอร์ในพีซีแลน แต่มีความปลอดภัยและไว้ใจได้สูงและรับภาระงานได้มากกว่าพีซีเซิร์ฟเวอร์มาก ในอนาคต เมื่อราคาของมินิลดลงเรื่อยๆ ความเร็วก็สูงขึ้น ผมเชื่อว่าคงไม่มีเหตุผลใดที่จะไปซื้อพีซีมาเป็นเซิร์ฟเวอร์เพราะมันเสี่ยงต่อการหยุดทำงาน (Hang) หรือติดไวรัสเมื่อไรก็ได้

ดร.ยรรยง เต็งอำนวย แห่งภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์จุฬาฯ เคยกล่าวไว้ในการสัมมนาที่ผมจัดให้สมาคมอิเล็กทรอนิกส์แห่งประเทศไทยครั้งหนึ่งว่า ใช้พีซีต้องซื้อธูปมาบูชาล่วงหน้าเยอะๆ เพื่อภาวนาขอให้มันทำงานอย่างปกติโดยไม่ **hang** ได้นานๆ

ดังนั้น จึงมีโอกาสเป็นไปได้ที่ท่านผู้อ่านที่เป็นผู้บริหารอาจจำเป็นต้องตัดสินใจในการเลือกซื้อมินิคอมพิวเตอร์สักตัว สถานการณ์นี้เกิดขึ้นได้ เช่น สมมติว่า ท่านใช้คอมพิวเตอร์ระดับพีซีเป็นประจำ มีความรู้และคุ้นเคยกับมันพอแล้ว แต่องค์กรของท่านขยายงานใหญ่โตขึ้น มีผู้มาแนะนำให้ท่านใช้เครื่องระดับมินิสักตัวแทนพีซีแลน





หรือมาเป็นตัวบริการงานประยุกต์ (Application Server) แทน Netware Server ทั้งนี้เพราะระบบเก่ามันติดขัดมีปัญหาบ่อย หรืออาจเจอไวรัสจนใช้การไม่ได้เป็นบางครั้งไปบ้าง

ถึงขั้นนี้ ที่แน่ๆ ก็คือ ท่านจะต้องมีคนที่มีความสามารถทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในระดับนักวิเคราะห์ระบบ (System Analyst) มาช่วยท่านวางระบบคอมพิวเตอร์สักคนหนึ่ง แต่เมื่อถึงคราวจะตัดสินใจซื้อเขาอาจมีรายการคุณลักษณะต่างๆ ของมินิคอมพิวเตอร์มาเสนอท่านด้วย การที่จะหลับหูหลับตาเซ็นอนุมัติไปโดยไม่รู้เรื่องอะไรเลยนั้นนับว่าเสียเชิงนักบริหารยุคสังคมข่าวสารเป็นอันมาก

จากการวิจัยของ **Ernst & Young, Heidrick & Struggles** และ **Boston University** เร็วๆ นี้ พบว่า ผู้บริหารทางธุรกิจ (Business Managers) และผู้บริหารศูนย์สารสนเทศเพื่อการบริหาร (CIOs: Chief Information Officers หรือ MIS managers: Management Information System Managers) นั้น สรุปได้ว่าจะต้องมีความรู้ทั้งทางด้านธุรกิจและทางด้านเทคโนโลยีด้วยทั้งสองอย่าง จนถึงกับทำให้มีข้อถกเถียงกันว่า จะเอานักคอมพิวเตอร์ไปเรียนธุรกิจแล้วให้มาบริหารศูนย์สารสนเทศดี หรือจะเอานักธุรกิจไปเรียนคอมพิวเตอร์แล้วให้มาบริหารศูนย์สารสนเทศดี

อย่างไรก็ดี มีความคิดเห็นของผู้บริหารบริษัทที่ปรึกษาทางด้านธุรกิจท่านหนึ่งได้กล่าวไว้ว่า "นักธุรกิจต้องมีความรู้ทางเทคนิคบ้างไม่เช่นนั้นก็จะถูกควบคุมโดยนักเทคโนโลยี" (จาก News Analysis, Asia Computer Weekly (ACW) Mar. 14-20,1994)

ด้วยเหตุนี้ เพื่อไม่ให้ถูกควบคุม หรือพูดให้สะใจแบบไทยเดิมก็คือ ถูกจูงจมูกโดยนักเทคโนโลยี ท่านผู้บริหาร (ผมไม่อยากจะเจาะจงเฉพาะผู้จัดการเหมือน ACW ที่ชอบแต่ใช้คำว่า manager ยันเต) ก็คงต้องรู้เรื่องมินิคอมพิวเตอร์บ้างนิดหน่อยเพราะการซื้อมินิแต่ละตัวต้องลงทุนไม่ต่ำกว่า 2 ล้านบาท เมื่อซื้อแล้ว

ต้องใช้ให้ได้ไม่ต่ำกว่า 3-5 ปี จึงจะคุ้มทุน หากตัดสินใจพลาดก็เป็นเรื่องที่ไม่น่าให้อภัย ดังนั้นที่ผมจะนำมาพูดคุยด้วยในวันนี้ก็คือ เขาดูคุณลักษณะของมินิคอมพิวเตอร์กันอย่างไร

คุณลักษณะในที่นี้หมายถึงความสามารถทางเทคนิคที่เรียกว่า specifications นั่นเอง ซึ่งมีความสามารถต่าง ๆ หลายประการของเครื่องระดับมินิคอมพิวเตอร์ที่ควรดูมากกว่าเครื่องระดับพีซี สิ่งที่ควรรู้มีดังนี้

ซีพียู (CPU: Central Processing Unit) หรือหน่วยประมวลผลกลาง

ซีพียูของเครื่องระดับมินิเดี๋ยวนี้เป็นชนิดที่มีสถาปัตยกรรมแบบลดคำสั่งหรือริสก์ (RISC: Reduced Instruction Set Computer) กันหมดแล้ว เพราะทำงานได้เร็วกว่าแบบ **CISC** (Complex Instruction Set Computer) ซึ่งเป็นสถาปัตยกรรมแบบเก่า (พีซียังใช้แบบ CISC)

สิ่งที่ควรรู้อันดับแรกสำหรับซีพียูก็ได้แก่ ขนาดความกว้างของรีจิสเตอร์ (register) ที่ใช้ประมวลผล ซึ่งนับกันเป็นจำนวนบิต เช่น ขนาด 32 บิต หรือขนาด 64 บิต มินิทั่วไปใช้ขนาด 32 บิตขึ้นไป และควรดูด้วยว่าขนาดทางเดินของข้อมูล (data path) เท่ากับขนาดรีจิสเตอร์หรือไม่ เพราะบางยี่ห้อซีพียูเป็นแบบ 64 บิต แต่ทางเดินข้อมูลเป็นแบบ 32 บิต ทำให้ทำงานช้าลง ถ้าได้ชนิดที่มีขนาดเท่ากันนั้นจะดีกว่า ดังนั้น เวลากำหนดคุณลักษณะนี้ ท่านก็อาจระบุว่า **"ผมต้องการเครื่องขนาด 64 บิต ทั้งซีพียู รีจิสเตอร์ และ data path"**

ความสามารถในการประมวลผลของซีพียูจะทำได้สองแบบคือ แบบ **Singleprocessing** และแบบ **Multiprocessing** หรือ **Multitasking–Multiprogramming** (ทำงานหลายงานในเวลาเดียวกันได้) โดยมีการออกแบบทางฮาร์ดแวร์ให้มาช่วยการทำงานหลายงานให้เร็วและปลอดภัยขึ้น ไม่เหมือนซีพียูของพีซี ที่แต่แรกออกแบบมาสำหรับการประมวลผลแบบงานเดียว มาเพิ่มอะไรนิดหน่อยในตอนหลังแต่ความสามารถก็ยังห่างไกลที่มีอยู่ในเครื่องระดับมินิมาก โดยเฉพาะในเรื่องการจัดการหน่วยความจำและการป้องกันคำสั่งไม่ให้ไปละลาบละล้วงการทำงานของระบบปฏิบัติการจนถึงขั้นทำลายข้อมูลผู้อื่นได้

ความเร็วในการทำงานของซีพียู ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเร็วในการทำงานที่ต่างกันของซีพียูเบอร์เดียวกัน ดูได้จากสัญญาณนาฬิกา (clock) ความเร็วของนาฬิกาของซีพียูระดับพีซี 486DX4 ทุกวันนี้ 100 MHz ถือว่าสูงสุด แต่สำหรับพวกมินิ ความเร็วขนาด **100 MHz** เป็นเรื่องธรรมดา และในซีพียูที่เร็วที่สุดในปัจจุบันคือ **Alpha** ของ**บริษัท Digital Equipment Corp. (DEC)** มีให้เลือกหลายขนาด เช่น 133 MHz, 150 MHz, 182 MHz, 200 MHz. และมีข่าวว่ามีถึง 250 MHz หรือ 300 MHz ออกมาด้วยความเร็ว clock ยิ่งมากยิ่งจะทำงานได้เร็วมาก

ข้อควรระวังก็คือ อย่าเข้าใจผิดว่าความเร็วซีพียูที่ดูจากสัญญาณนาฬิกานี้ หมายถึงความเร็วในการคำนวณหรือการประมวลผลที่เหนือกว่ากันเสมอไป เพราะความเร็วในการคำนวณและประมวลผลนั้น ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น สถาปัตยกรรมของซีพียู ความกว้างของรีจิสเตอร์ ดังนั้น ถ้าเป็นซีพียูต่างยี่ห้อ ต่างรุ่นกัน อย่าคิดว่าสัญญาณนาฬิกาเร็วกว่า แล้วจะทำงานได้เร็วกว่าเสมอไป อย่างเช่น อย่าคิดว่า ซีพียู Intel 486 ทำงานที่ 100 MHz จะเร็วกว่า Alpha ที่ทำงานที่ 90 MHz ทั้งนี้เพราะ Alpha ใช้สถาปัตยกรรมแบบ RISC และเป็นขนาด 64 บิต ย่อมเร็วกว่า 486 ที่ใช้สถาปัตยกรรมแบบ CISC และขนาด 32 บิต

วิธีดูความเร็วในการคำนวณและประมวลผลอื่นๆ นั้น จะกล่าวถึงโดยละเอียดอีกครั้งหนึ่ง

สถาปัตยกรรมหลายซีพียู (Multiprocessor Architecture)

มินิคอมพิวเตอร์สมัยนี้ออกแบบมาให้ใช้ซีพียูได้หลายตัว คือ เริ่มตั้งแต่ 1 ตัวขึ้นไปและเพิ่มได้ตามความจำเป็น บางยี่ห้อเพิ่มได้ถึง 8 ซีพียูต่อ 1 เครื่อง ความสามารถของเครื่องจะเพิ่มตามจำนวนซีพียู เป็นสถาปัตยกรรมที่เรียกว่า **Multiprocessing Architecture** คือใช้ซีพียูหลายตัวช่วยกันทำงาน เพื่อให้มันบริการงานประยุกต์ (ในฐานะ Application Server) ได้ดีที่สุด และเติบโตตามภาระงานขององค์กร ไม่ต้องเสียเงินลงทุนสูงในช่วงแรก ไม่ต้องซื้อเครื่องใหม่เพิ่มในระยะต่อไป นอกจากจะเพิ่มจำนวนซีพียูเต็มที่แล้วก็ยังเอาไม่อยู่ ซึ่งกว่าจะถึงโอกาสนั้นก็ควรจะเป็นเวลากว่า 3 ปีขึ้นไป

การทำงานแบบหลายซีพียูนี้ยังมีวิธีแบ่งกันทำงานได้เป็น 2 แบบ เรียกว่า **Asymmetric Multiprocessing** และแบบ **Symmetric Multiprocessing**

คอมพิวเตอร์ระบบหลายซีพียูแบบ **Asymmetric Multiprocessing** (หรือ Asymmetric multiprocessor) หมายถึงคอมพิวเตอร์ที่มีซีพียูตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป แต่จะมีซีพียูตัวหนึ่งเป็นเสมือนเจ้านาย ที่มีสิทธิ์ในการบริหารและควบคุมระบบสูงกว่าตัวอื่นๆ ทั้งนี้เพื่อป้องกันปัญหาการแก่งแย่งและรักษาความปลอดภัยในการใช้ทรัพยากรของระบบ เช่น หน่วยความจำ และพื้นที่ดิสก์ ที่สำคัญช่วยจัดระบบในการแบ่งคิวงานและช่วยกันทำงานหลายๆ งานระบบแบบนี้จะมีปัญหาเมื่อซีพียูเพิ่มมากขึ้น เพราะภาระจะไปตกหนักที่ซีพียูตัวใดตัวหนึ่งมากเกินไป ทำให้ทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพเกิดปัญหาจราจรที่จุดคอขวดขึ้นได้

คอมพิวเตอร์ระบบหลายซีพียูแบบ **Symmetric Multipro cessing** เป็นระบบที่มีการออกแบบฮาร์ดแวร์ให้ดีขึ้น จนซีพียูทุกตัวเป็นเจ้านายตัวเอง มีสิทธิ์ในการทำงานเท่าเทียมกัน สามารถเข้าถึงและแบ่งปันทรัพยากรต่างๆ ในระบบได้เท่าเทียมกัน ระบบนี้ดีกว่า **Asymmetric multiprocessing** เนื่องจากสามารถเพิ่มซีพียูได้มากกว่า และความสามารถจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับซีพียูที่เพิ่มได้ดีกว่า เนื่องจากไม่ทำให้ภาระไปตกหนักอยู่ที่ตัวใดตัวหนึ่ง ระบบ **Symmetric multiprocessing** นี้ได้มีการนำไปใช้ในซูเปอร์คอมพิวเตอร์รุ่นใหม่ๆ หลายยี่ห้อ

เวลาจะตัดสินในเรื่องเลือกซีพียูนี้ ต้องย้ำให้บริษัทผู้ขายและนักวิเคราะห์ระบบของเรายืนยัน หรือไม่ก็ทำสัญญาให้มั่นเหมาะว่า เครื่องขนาดเท่านี้บิต ใช้ clock เท่านี้ MHz ใช้ซีพียูเท่านี้ตัว ขยายได้สูงสุดถึงกี่ตัวโดยไม่ต้องเปลี่ยนเครื่อง และควรดูด้วยว่าเป็นแบบ **Symmetric** หรือ **Asymmetric** ทั้งนี้ ขึ้นกับงบประมาณหรือ **price/performance** ที่เราจะสู้ได้

นอกจากนี้ ต้องระบุด้วยว่า ต้องสามารถให้บริการงานของเราได้ด้วยเวลาตอบสนองการทำงานไม่เกินเท่านั้นเท่านี้วินาที อย่างเช่น ถ้าใช้พร้อมกัน 50 คน ค้นหาข้อมูลพร้อมกันในแฟ้มที่มีข้อมูลรวม 1 ล้านระเบียน (record) ต้องทำได้ภายในเวลา 3 วินาที เป็นต้น

■ ความเร็วในการประมวลผล

ความเร็วในการทำงานโดยรวมของซีพียูมาจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น ขนาดจำนวนบิตของรีจิสเตอร์และความเร็ว clock ที่กล่าวแล้วสถาปัตยกรรมการออกแบบระบบทั้งภายนอกภายในของซีพียู ระบบบัสข้อมูล ก็มีผลต่อความเร็วในการทำงานของซีพียูด้วย ซึ่งเราต้องดูหลายอย่างประกอบกัน ความเร็วที่ควรสนใจนั้นขึ้นกับชนิดของงานด้วย เช่น ความเร็วในการคำนวณ ซึ่งจำเป็นสำหรับงานที่ต้องใช้การคำนวณสูง เช่น งานออกแบบทางวิศวกรรม ความเร็วในการค้นหาและโอนย้ายข้อมูลจำเป็นสำหรับงานทางด้านธุรกิจ

ความสามารถทางการคำนวณของซีพียูวัดกันที่ความเร็วของการบวกลบคูณหารเลข 2 ชนิด ชนิดแรกคือ เลขจำนวนเต็ม (integer) คือ เลขที่ไม่มีจุดทศนิยมและผลลัพธ์ก็ต้องไม่มีจุดทศนิยม ซึ่งมีกรรมวิธีการทดสอบตามมาตรฐานที่ยอมรับกันทั่วไปซึ่งให้ค่าออกมาเป็นตัวเลขที่เรียกว่า SPECint92 และอีกชนิดหนึ่งคือ ความเร็วในการบวกลบคูณหารเลขทศนิยม (floating point) คือ การบวกเลขที่มีเศษเป็นทศนิยมได้ทั้งโจทย์และผลลัพธ์ เลขทศนิยมนี้นิยมเทียบกันตามมาตรฐานการทดสอบที่ให้ค่าออกมาเรียกว่า **SPECfp92**

ค่าของการทดสอบ SPECint92 และ SPECfp92 จะเป็นตัวเลขของใครมากกว่าก็ถือว่าเร็วกว่าสำหรับงานนั้น ๆ

ตัวอย่างเช่น ซีพียูที่ใช้ PA-RISC ของ HP9000 Series 800 จะได้ SPECint92 ระหว่าง 22.0 - 82.0 และได้ SPECfp92 ระหว่าง 36.7 - 171.8 ที่ความเร็วนาฬิกา 32 MHz - 96 MHz มินิคอมพิวเตอร์ DEC 3000/800S_AXP ได้ SPECint92 เท่ากับ 130.2 และได้ SPECfp92 เท่ากับ 184.0 เป็นต้น

ในกรณีที่ต้องการเปรียบเทียบระหว่างมินิที่ใช้ซีพียูตัวเดียวกับใช้ซีพียูหลายตัวช่วยกันทำงาน (Multiprocessing) การทดสอบ (Benchmark test) ความเร็วในการคำนวณจะต้องใช้อีกวิธีหนึ่ง ไม่ใช่วิธีของ **SPECint/SPECfp** วิธีใหม่นี้ให้ค่าทดสอบเรียกว่า **SPECrate_int92** และ **SPECrate_fp92** เป็นการวัดการทำงานหลายอย่างปะปนกันในเวลาเดียวกัน ซึ่งเหมาะแก่การใช้เปรียบเทียบคอมพิวเตอร์แบบหลายซีพียู

ตัวอย่างค่า **SPECrate** ได้แก่ DEC3000/800S_AXP มีค่า SPECrate_int92 = 3,137 และ SPECrate_fp92 = 4,377 เครื่อง DEC4000/710AXP จะได้ SPECrate_int92=2,900 และ SPECrate_fp92=4,340 เครื่อง SPARCserver 1000 (ของ SUN Microsystem) แบบใช้ 2 ซีพียู ได้ SPECrate_int92=2,730 และได้ SPECrate_fp92=3,681 ถ้าใช้ 4 ซีพียูจะได้ 10,113 และ 12,710 ตามลำดับ เครื่อง DEC4000/620S ซึ่งใช้ 2 ซีพียูเช่นกันจะได้ SPEC rate_int92=3,861 และได้ SPECrate_fpt=6,214

นอกจากนี้ ยังมีหน่วยวัดที่กำหนดวิธีทดสอบแตกต่างออกไปอีก เช่น SPECmark89/SPECThruput89 เป็นการวัดความเร็วในการประมวลผลโดยรวม ซึ่งค่าย **DEC** นิยมใช้กัน ตัวอย่างเช่น เครื่องที่ใช้ซีพียูตระกูล **Alpha** ให้ความเร็ว 104-180 SPECmark89

สำหรับความเร็วในการคำนวณเลขทศนิยมอาจดูที่ **MFLOPS** (Million Floating Point per Seccond) ซึ่งทาง DEC นิยมใช้การวัดตามมาตรฐาน LINPACK เช่น มินิคอมพิวเตอร์ที่ใช้ซีพียูตระกูล Alpha ของ DEC วัดค่า LINPACK 100x100 DP MFLOPS ได้ 26-42 MFLOPS ถ้าเป็น LINPACK 1,000x1,000 ก็จะได้ 64-101 MFLOPS ค่าพวกนี้เป็นการคำนวณแบบ 64bit Double-precision นิยมใช้เทียบความเร็วในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมเพื่อแก้สมการโดยวิธีทาง **Matrices** และ **Determinants**

อีกวิธีหนึ่งของการดูความเร็วก็คือ ดูที่จำนวนคำสั่งที่ทำได้ต่อวินาที มีหน่วยวัดเป็น MIPS (Million Instructions per second) การทดสอบก็มีหลายมาตรฐานอีกเช่นกัน ที่นิยมกันมากก็คือ Dhrystone MIPS ตัวอย่าง เช่น DEC3000 Model 400 AXP Desktop ทำได้ 134 Dhrystone MIPS, DEC 10000 AXP Mainframe-Class ทำได้ 202 Dhrystone MIPS ต่อ 1 ซีพียู อย่างไรก็ดี MIPS ไม่ได้เป็นสิ่งที่แสดงถึงความเร็วในการคำนวณ (MFLOPS) หรือการให้บริการปรับปรุงข้อมูล (TPC-A) โดยตรง เพียงแต่มีแนวโน้มว่าน่าจะเร็วขึ้นถ้าค่า MIPS สูง

การเปรียบเทียบความเร็วของซีพียูต่างยี่ห้อที่ใช้หน่วยวัดต่างกันเป็นเรื่องยาก ทางที่ดีต้องขอให้เขาหาผลการทดสอบตามวิธีมาตรฐานเดียวกันมาให้จะดีกว่า และอีกประการหนึ่ง ถ้าซีพียูมีขนาดรีจิสเตอร์ต่างกัน เช่น แบบ 32 bit กับแบบ 64 bit จะมาดูที่ **MIPS** เทียบกันอย่างเดียวไม่ได้ ต้องดูที่ **SPECint, SPECfp** หรือ **SPECrate**

คุณลักษณะที่กล่าวมานี้ มีประโยชน์มากต่อการตัดสินใจเลือกรุ่นหรือ **Model** ของมินิคอมพิวเตอร์ในตระกูลและยี่ห้อเดียวกัน โดยชั่งน้ำหนักระหว่างประสิทธิภาพที่ได้ ราคาที่ต้องเสีย และงานที่เราต้องเอาไปใช้ทั้งในปัจจุบันและความเป็นไปได้ของการขยายงานในอนาคต แต่ถ้าต้องเปรียบเทียบต่างยี่ห้อกันเป็นเรื่องยากสักหน่อย ต้องดูหลายอย่างประกอบกัน และต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญพอสมควร

Onchip/Onboard Cache

แคช (Cache) คือ หน่วยความจำชนิดความเร็วสูงที่สามารถตอบสนองการอ่านเขียนคำสั่งและข้อมูลของซีพียูโดยไม่ต้องเสียจังหวะรอ (wait state) หน่วยความจำแบบนี้แพงกว่าแบบที่ใช้เป็นหน่วยความจำหลัก (main memory) มาก และเป็นตัวแปรหนึ่งที่ทำให้ซีพียูทำงานได้เร็วขึ้น

Onchip cache คือ cache ที่อยู่บนตัวซีพียูเลยทีเดียว คือสร้างไว้ภายในชิป ปกติมี 2 ชนิดคือ แคชคำสั่ง (I-cache : Instruction Cache) และแคชข้อมูล (D-cache : Data Cache) โดยทั่วไปจะมี I-cache และ D-cache เท่าๆ กัน เช่น 4 KB (KB-Kilo Byte เท่ากับ 1,024 ไบต์) หรือ 8 KB ยิ่งมากยิ่งดี ขนาด Onchip cache นี้ไม่สามารถเพิ่มได้เพราะออกแบบและสร้างมาพร้อมซีพียู และเป็นแคชที่สามารถทำงานได้เร็วที่สุดเพราะเส้นทางเดินข้อมูลสั้นที่สุด

Onboard cache คือ แคชที่เพิ่มเข้าไปบนแผงวงจรและอยู่ภายนอกชิป แคชพวกนี้สามารถเพิ่มหรือลดได้ตามกำลังเงิน ตัวอย่างเช่น แคชของเครื่อง Alpha เพิ่มได้ตั้งแต่ 512 KB - 4 MB (MB-Mega Byte เท่ากับ 1,024 KB หรือ 1,048,576 bytes) ของ HP's PA-RISC บนเครื่อง HP 9000 จะมีให้เลือก 256 KB หรือ 1 MB แบ่งเป็น I-cache และ D-cache

ถ้าความเร็ว clock ใกล้เคียงกัน มินิคอมพิวเตอร์ตัวใดมีแคชมากกว่ามีแนวโน้มว่าจะทำงานได้เร็วกว่า บางยี่ห้ออาจใช้แคชภายนอกชิปทั้งหมดโดยไม่มี Onboard cache ก็ได้ ดังนั้นถ้าจะนำมาเปรียบเทียบกันต้องดูให้ดีด้วย

Mainmemory

หน่วยความจำหลักหรือ mainmemory คือ หน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลและโปรแกรมขณะทำงาน ประยุกต์รวมทั้งเป็นกระดาษทดเลขอะไรลักษณะนั้น โดยทั่วไปมินิคอมพิวเตอร์จะมีความจำหลักตั้งแต่ 16 MB ขึ้นไป และขยายได้อีกมากอย่างเช่น HP9000 Series 800 เริ่มจาก 16-768 MB ของเครื่องในตระกูล Alpha ของ DEC เริ่มจาก 128 MB-14 GB (GB-Giga Byte =1,024 MB หรือล้านล้านไบต์)

ข้อแตกต่างที่สำคัญของหน่วยความจำของเครื่องระดับมินิกับพีซีก็คือ ระดับพีซีใช้วิธีตรวจสอบข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความจำว่าผิดพลาดหรือไม่โดยใช้การตรวจสอบพาริตี้ (parity check) ซึ่งถ้าข้อมูล

ผิดไม่เกิน 1 บิต (single bit error) ก็จะทราบว่ามีที่ผิดแต่แก้ไขเองไม่ได้ ถ้ามีผิดเกิน 1 บิต อาจตรวจไม่พบว่าข้อมูลผิดซึ่งจะทำให้การประมวลผลผิดโดยไม่รู้ตัวก็ได้

แต่พวกมินิจะใช้วิธีที่เรียกว่า ECC (Error Correcting Code) หรือ EDC (Error Detection and Correction logic) คือ มีการตรวจสอบว่าผิดหรือไม่ และถ้าหากมีที่ผิดไม่เกิน 1 บิต หน่วยความจำแบบนี้จะแก้ไขให้ถูกได้เอง แต่ถ้าผิด 2 บิตขึ้นไป จะเพียงรายงานให้ซีพียูทราบว่ามีที่ผิดเท่านั้น ซึ่งก็ขึ้นกับระบบปฏิบัติการแล้วว่า จะทำอย่างไรต่อไปในกรณีเช่นนี้

ถ้าต้องการมินิที่แท้จริง ต้องระบุว่าหน่วยความจำต้องเป็นแบบ ECC หรือดีกว่า

I/O Throughput

ความเร็วในการโยกย้ายข้อมูลระหว่างซีพียูกับอุปกรณ์นำข้อมูลเข้าและออก (I/O Throughput) เป็นสิ่งหนึ่งที่ทำให้มองเห็นว่าระบบทำงานได้ดีเพียงใด ตัวอย่างเช่น เวลาซีพียูจะรับส่งข้อมูลไปยังหน่วยความจำหลักหรือไปยังฮาร์ดดิสก์ ถ้าทำได้เร็วมากเท่าใดก็ดีเท่านั้น ความเร็วของ I/O Throughput นี้ขึ้นอยู่กับระบบบัสที่ใช้เป็นส่วนใหญ่ วัดกันเป็น MB/s (ล้านไบต์ต่อวินาที) ตัวอย่างเช่น DEC 4000 AXP มี I/O Throughput 160 MB/s ของ DEC 7000 AXP มีความเร็ว 400 MB/s มินิตัวใดมี I/O Throughput สูงกว่า ก็พอจะถือได้ว่าประสิทธิภาพเหนือกว่า แต่ทั้งนี้ต้องดูความเร็วของซีพียูประกอบด้วย ถ้าซีพียูทำงานช้าหากบัสมีความเร็วสูงกว่ามากก็ไม่ได้ช่วยให้เร็วขึ้นมาได้ แต่โดยทั่วไปค่าที่เขาให้มาจะเป็นค่าสูงสุดที่จะทำได้ แต่เวลาทำงานจริงจะได้ต่ำกว่าเพราะมีภาระอื่นมาเพิ่ม

Disk Subsystem

คอมพิวเตอร์ที่ใช้ทางธุรกิจทั่วไปต้องใช้ดิสก์ในการเก็บข้อมูลจำนวนมาก สมัยก่อนมินิคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่จะมีตู้ดิสก์แยกออกมาต่างหาก ทั้งนี้เพราะดิสก์มีขนาดใหญ่ อยู่ในตู้เดียวกับซีพียูไม่ได้ จึงนิยมเรียกกลุ่มดิสก์นี้ว่า**เป็นระบบย่อย** (subsystem) ปัจจุบันนี้เทคโนโลยีการผลิตดิสก์ก้าวหน้ามาก ทำให้ตัวเล็กลง เราจึงไม่ค่อยเห็นซีพียูกับดิสก์แยกกันอีกต่อไป

ระบบใหญ่ๆ อาจจำเป็นต้องต่อดิสก์เป็นพวงหลายๆ ตัว เรียกว่า **Disk Array** เพื่อความเร็วในการค้นหาข้อมูลและป้องกันข้อมูลสูญหายเมื่อพื้นผิวสำหรับบันทึกข้อมูลของดิสก์เกิดเสียหาย สำหรับระบบทั่วไปอาจใช้ดิสก์เพียง 2 หรือ 3 ตัว ไม่ต้องต่อเป็น array ก็ได้

ปัจจุบันนี้ ความจุของดิสก์ทั่วไปจะใช้ขนาดตัวละประมาณ 1-1.26 GB ผู้ใช้จะใช้เท่าใดก็ได้ แต่ควรดูว่ามีพื้นที่ในตู้ให้ติดตั้งได้เต็มที่กี่ตัว ความจุของดิสก์โดยรวมต่อระบบควรจะเริ่มที่ 2 GB ขึ้นไป เครื่องตระกูล Alpha ของ DEC เพิ่มได้จาก 1-284 GB เวลาระบุขนาดที่ต้องการต้องบอกด้วยว่าเป็นความจุที่ฟอร์แมตแล้วหรือไม่ ปกตินิยมระบุค่าที่ฟอร์แมตแล้ว (Formatted)

นอกจากนี้ ยังต้องระบุความเร็วในการโอนย้ายข้อมูลโดยเฉลี่ย (average transfer rate) และความเร็วเฉลี่ยในการค้นหาที่อยู่ของข้อมูล (everage seek time) ของดิสก์ด้วย เช่น average transfer rate ไม่ต่ำกว่า 3.3 MByte/sec, average seek time ไม่เกิน 9.5 ms (milisecond)

เป็นต้น ทั้งนี้ต้องดูด้วยว่าผู้ขายมีดิสก์ที่มีคุณลักษณะอย่างไร

Back Up System

ข้อมูลที่เก็บอยู่ในดิสก์นั้นไม่แน่ว่าจะอยู่ได้คงทนถาวรตลอดไป วันดีคืนดีดิสก์หรือระบบบางอย่างอาจพังกระจุยทำให้ข้อมูลลบหายไปทั้งระบบก็ได้ จำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์ที่ทำสำเนาข้อมูลเอาไว้นอกระบบ อย่างน้อยก็ 2 ก๊อบปี้ เก็บไว้ตึกเดียวกัน 1 และเอาไว้คนละตึกอีก 1 เผื่อไฟไหม้ตึกซีพียูจะได้มีอะไรเหลือไว้เริ่มงานใหม่ได้ในเวลาไม่นาน ไม่เช่นนั้นอาจต้องเสียเวลาพัฒนาระบบใหม่อีกเป็น 1 หรือ 2 ปี การแบ็ก-อัพ ควรทำประจำวัน ประจำสัป-ดาห์ และประจำเดือน

สิ่งที่ใช้แบ็กอัพข้อมูลกันเป็นประจำก็คือเทป ซึ่งอาจเป็นชนิดตลับ (Cartridge) หรือเป็นม้วนกลม (reel) ก็ได้ และควรสามารถทำการแบ็กอัพข้อมูลแบบ **On–line** ได้ คือทำได้ขณะที่งานอื่นก็ไม่ต้องหยุด เรียกว่า **On–line Back Up**

คุณลักษณะของเทปตลับดูที่ความกว้าง ความจุต่อม้วน และความเร็ว เช่น ขนาด 4.0 มิลลิเมตร หรือขนาด 8.0 มิลลิเมตร ความจุไม่ต่ำกว่า 525 MB, 2.0 GB หรือ 4.0 GB ความเร็วในการบันทึกหรืออ่านข้อมูล 120 inch/sec ความเร็วในการโอนย้ายข้อมูล (transfer rate) 366 KByte/sec เป็นต้น

สำหรับ **Reel Tape** จะนิยมกำหนดคุณลักษณะว่าบันทึกข้อมูลได้กี่ track ความหนาแน่นข้อมูลทำได้กี่บิตต่อนิ้ว (BPI: Bit Per Inch) เช่น เป็นชนิด 9 tracks, ความหนาแน่น 1,600 และ 625 OBPI เป็นต้น ความเร็วในการอ่านเขียนของ reel tape นิยมบอกเป็นความยาวต่อวินาที เช่น 100 inch/sec อย่างไรก็ดี เทปแบบ reel นี้ล้าสมัยไปแล้ว ไม่ควรสั่งมาใช้อีกนอกจากต้องโอนย้ายข้อมูลกับเครื่องรุ่นเก่าที่ยังมีอยู่

สำหรับนักบริหารรุ่นใหม่ คุณลักษณะทางฮาร์ดแวร์ที่ควรรู้จักก็มีเพียงเท่านี้แหละครับ ในตอนต่อไปผมจะเขียนเกี่ยวกับซอฟต์แวร์ระดับมินิที่ควรรู้จัก รวมทั้งการจัดระบบการทำงานของมินิคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีได้มากมายหลายแบบ รวมทั้งข้อพิจารณาในการนำไปใช้งานแบบ **On–Line Transaction Processing** อย่างเช่นการใช้งานประมวลผล ณ จุดขาย (point–of–sale) ในห้างสรรพสินค้าต่างๆ เป็นต้น

(ตอนที่ 2)

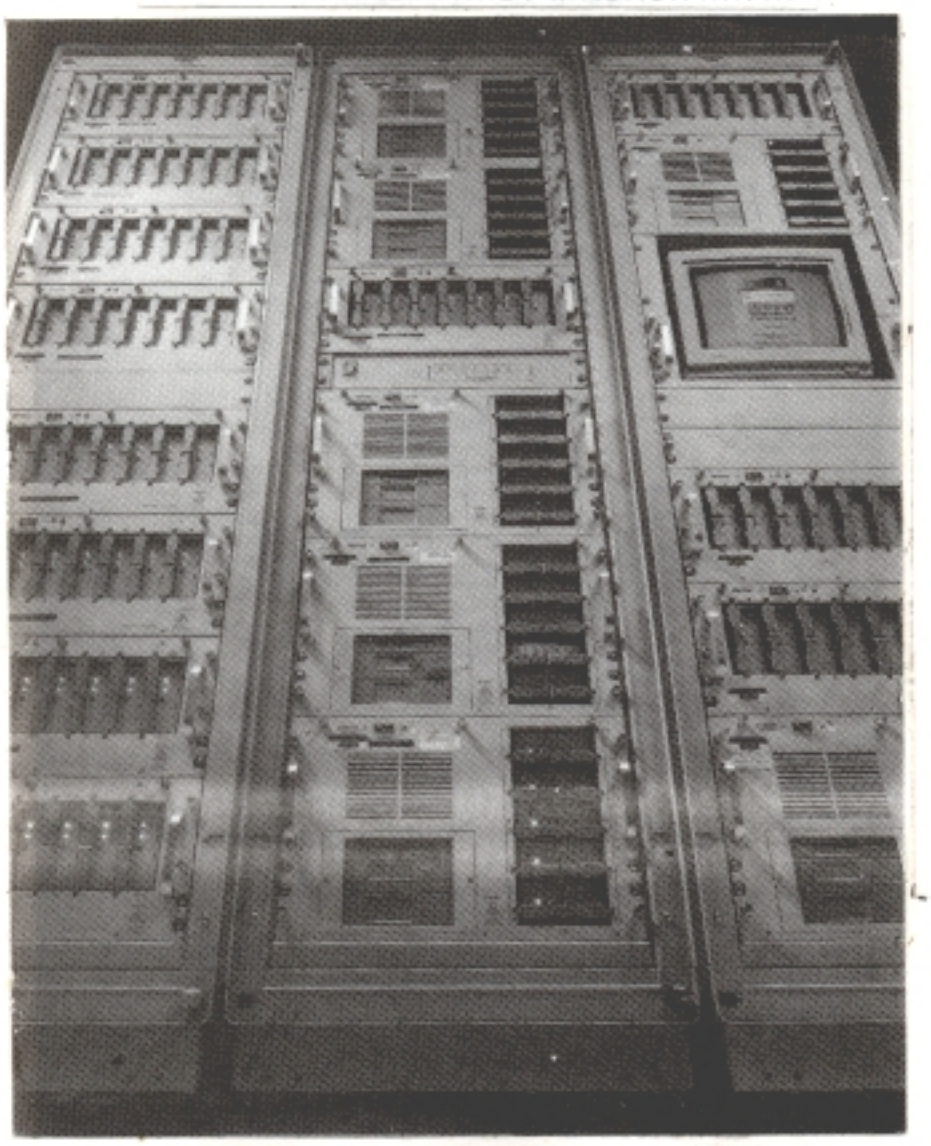
ลักษณะการจัดระบบ

สำหรับผู้บริหารทั่วไป มีสิ่งที่จะงงกันมากก็คือ บางทีนักคอมพิวเตอร์จะเรียกซีพียูระดับมินินี้ว่า เป็นตัวบริการงานประยุกต์ (Application Server) หรือไม่ก็เป็นตัวใช้บริการ (Client)

ทั้งนี้เพราะในการจัดระบบมินิคอมพิวเตอร์แบบ **Client–Server** ซึ่งเป็นรูปแบบที่ได้รับความนิยมสูงสุดในปัจจุบันนั้น เขาจะใช้มินิคอมพิวเตอร์หลายตัวมาต่อเป็นเครือข่ายให้ช่วยกันทำงานและใช้พีซีเป็นเทอร์มินัล ตัวบริการก็คือตัวที่ใช้ประมวลผลส่วนใหญ่ เช่น การคำนวณ จัดเก็บและค้นหาข้อมูล ปกติจะทำงานอยู่เบื้องหลัง ส่วนตัวไคลเอนต์ (client) ก็คือตัวที่ประมวลผลอยู่ส่วนหน้า มีหน้าที่ประมวลผลเบื้องต้น ที่จำเป็นต้องติดต่อโดยตรงกับผู้ใช้ (user interface) อย่างเช่น จัดรูปแบบหน้าจอภาพ จัดรูปหรือแปรรูปข้อมูลทั้งเพื่อนำเข้าและส่งออก (input/output) เป็นการแบ่งเบาภาระตัวเซิร์ฟเวอร์ มินิทุกตัวสามารถใช้เป็นตัวเซิร์ฟเวอร์หรือไคลเอนต์ก็ได้

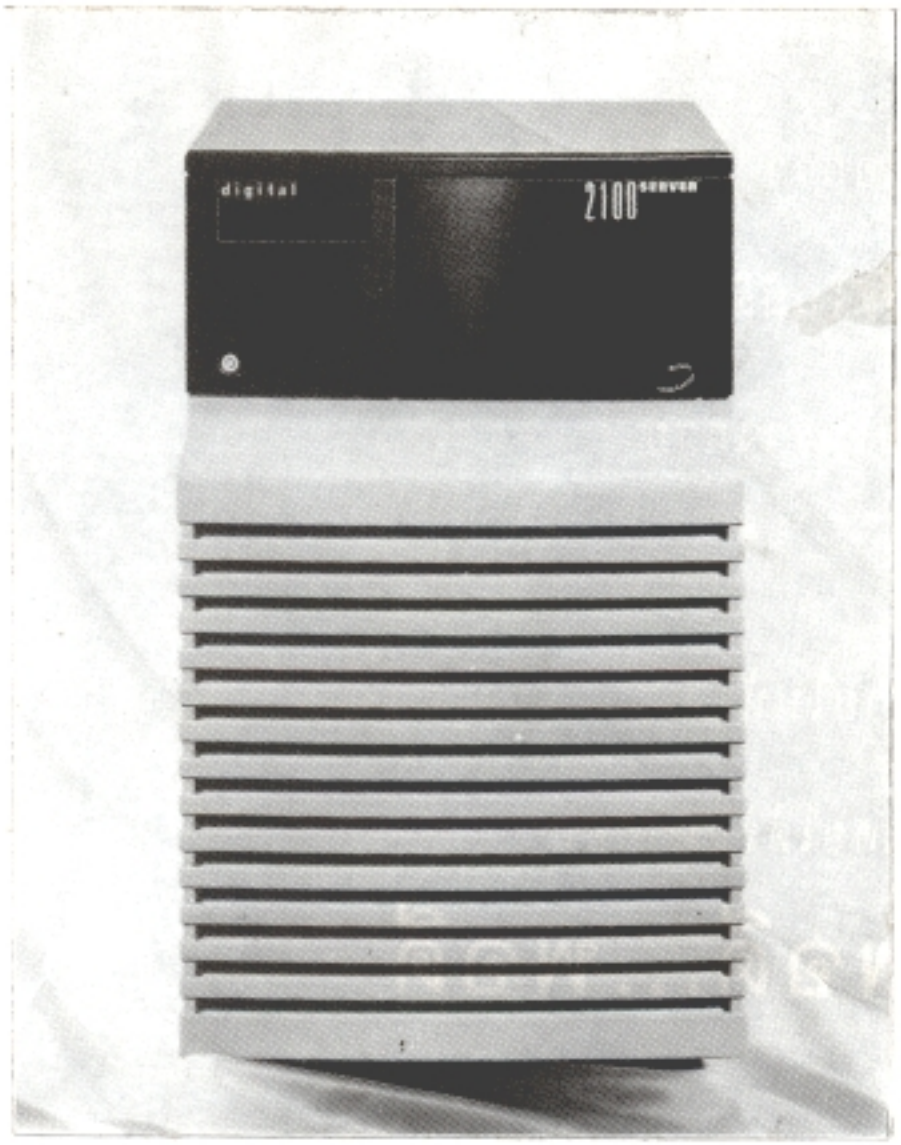
ในระบบขนาดเล็ก เราอาจใช้มินิเป็นตัวเซิร์ฟเวอร์เพียงตัวเดียว แต่ใช้พีซีทำหน้าที่เป็นทั้งเทอร์มินัลและเป็นไคลเอนต์ไปด้วยก็ได้ ในกรณีนี้จะต้องใช้พีซีที่มีความสามารถสูงค่อนข้างมากอย่างเช่น ต้องเป็นระดับ 486/33 ขึ้นไป ต้องมีหน่วยความจำขนาด 8 – 16 MBytes ต้องใช้จอสีและยังต้องมีฮาร์ดดิสก์และใช้ระบบปฏิบัติการแบบวินโดว์ส (windows) อีกด้วย ระบบแบบนี้เป็นทางเลือกที่ดีสำหรับบริษัทที่ใช้พีซีเพื่อการประมวลผลงานเฉพาะกิจหรือใช้งานส่วนตัวเป็นจำนวนมากอยู่แล้ว

ถ้าจะจัดแบบโบราณหน่อยก็ใช้มินิที่มีขั้วต่อ **Terminal** แบบ **RS–232** คือ ใช้พีซีราคาถูกที่สุด ระดับ 286 แสดงผลด้วยตัวอักษรได้อย่างเดียวมาเป็นเทอร์มินัลก็ได้ โดยใช้ซอฟต์แวร์ **terminal emulator** หรือจะใช้พวก **telix,Procomp** ที่เป็นคอมมิวนิเคชันซอฟต์แวร์ก็ได้ ใช้สาย **RS–232** ต่อเข้าทาง **Serial Port** ไม่ต้องซื้อ **LAN card** แต่การใช้งานแบบนี้อาจไม่สะดวกสบายนัก ความหรูหราของภาพหน้าจอก็ไม่มีใช้งานแล้วทำให้รู้สึกน่าเบื่อหน่าย แถมพีซีก็เอาไปใช้งานอื่นแบบ **stand alone** ก็ได้ไม่มากนัก เพราะความสามารถต่ำ



TPC–A ความเร็วในการประมวลผล ออนไลน์

สำหรับงานแบบ **On–line Transaction Processing** เช่น งานประมวลผล ณ จุดขายในห้างสรรพสินค้า เราก็จะดูกันที่จำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ทำได้ต่อวินาที เรียกว่า **TPS** (Transactions Per Second) และมีมาตรฐานการวัดกำหนดโดยสภาผู้ประกอบการ



ทางด้านคอมพิวเตอร์ชนิดออนไลน์ (Transaction Processing Performance Coucil (TPC)) เรียกว่า **TPC–A** ซึ่งเป็นการทดสอบตามกรรมวิธีที่เรียกว่า **Benchmark–A**

สิ่งที่จะนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อดูว่าระบบใดดีกว่าก็คือ ค่าใช้จ่ายต่อทรานแซกชัน (normalized price/performance) มีหน่วยเป็น $K/tpsA (พันดอลลาร์ต่อทรานแซกชันต่อวินาที) ตัวอย่างเช่น **HP 9000 Series 800 Model I50** สำหรับ **1850 เทอร์มินัล** ราคาระบบประมาณ $1,835,581 วัด **TPC–A** ได้ 184.55 ทรานแซกชันต่อวินาที (tpsA) คิดค่า **price/performance** ออกมาได้ **$9,946/tpsA** และสำหรับยี่ห้อเดียวกันนี้ จำนวนเทอร์มินัลเท่ากันแต่ใช้ **Model H50** จะได้ **$9,387/tpsA** มินิคอม-พิวเตอร์ของยี่ห้ออื่นก็จะแตกต่างกันไป อย่างเช่น **DEC3000/800S AXP** ได้ **186.02tpsA** คิดเป็น **$6,815/tpsA** ของ **SPARCserver 1000** ชนิดใช้ 2 ซีพียู ได้ความเร็วประมาณ **125 tpsA** แต่ไม่มีราคาบอกไว้

ค่า **tpsA** นี้ใครได้สูงกว่าก็คือเร็วกว่า ค่า **$K/tpsA** ของใครต่ำกว่าก็ถือว่า ราคาต่อประสิทธิภาพดีกว่า ทางที่ดีควรดูที่ **tpsA** ก่อนเพื่อดูว่าทำงานให้เราทันใจหรือไม่จากนั้นค่อยดูเรื่องราคา

ผลของ **TPC–A** นี้ขึ้นอยู่กับระบบจัดการฐานข้อมูล (DBMS) ค่อนข้างมากดังนั้นฮาร์ดแวร์ระบบหนึ่ง ถ้าใช้ **DBMS** ต่างยี่ห้อกันจะได้ผลไม่เท่ากัน แต่เราก็ได้แนวความคิดพอเลาๆ ว่า ในการจัดระบบแบบนั้นแบบนี้เราจะเสียค่าใช้จ่ายต่อทรานแซกชันมากน้อยกว่ากันอย่างไร

ถ้าต้องตัดสินใจในเรื่องนี้ต้องเลือกซอฟต์แวร์ **DBMS** ที่เหมาะกับงานของเราเอาไว้ก่อน **DBMS** ที่มีชื่อในระดับมินิก็เช่น **Oracle, Ingres, Informix, Sybase** จากนั้นจึงไปดู **TPC–A** ที่เขาทำกับ **DBMS** ที่เราเลือก

การบริการหลังการขาย

มินิคอมพิวเตอร์ไม่ใช่สิ่งที่จะซ่อมได้ง่ายๆ หรือหาซอฟต์แวร์และแก้ปัญหาต่างๆ ได้โดยการเดินไปหาซื้อของแถวๆ พันธุ์ทิพย์พลาซา แล้วเอามาใส่ เราจำเป็นต้องได้ผู้ขายที่มีผู้เชี่ยวชาญทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สนับสนุนตลอดอายุการใช้งาน ดังนั้น ต้องเลือกผู้ขายให้ดี จะเห็นแก่ราคาถูกไม่ได้ ควรเป็นบริษัทที่มีประสบการณ์มายาวนาน มีทีมงานแข็งแกร่ง และถ้าเป็นตัวแทนโดยตรงจากบริษัทแม่เลยยิ่งดี ข้อสำคัญ ถ้างานของท่านต้องใช้ภาษาไทย เตรียมตัวหาคนเก่งๆ ไว้แก้ปัญหาสัก 2–3 คน เพราะระบบปฏิบัติการบนมินิทั่วไปแม้กระทั่งระบบยอดนิยมอย่างยูนิกซ์ก็ยังสนับสนุนภาษาไทยได้ไม่ค่อยดีนัก แต่เรื่องนี้ก็ยังไม่ถือว่าใช้กันไม่ได้ แต่กว่าจะให้ได้ดั่งใจมันอาจต้องปล้ำกันนานหน่อย

ก็เห็นจะพอแค่นี้ละครับ สำหรับการดูคุณลักษณะของระบบมินิคอมพิวเตอร์นี่ หวังว่าท่านผู้อ่านคงได้อะไรไปถกเถียงหรือแนะนำหัวหน้าศูนย์คอมพิวเตอร์เขาบ้างนะครับ จะได้ไม่ถูกจูงอย่างที่ผมเกริ่นมาแต่ต้น

อันนี้ ต้องขอยกเว้นนักคอมพิวเตอร์ที่จบจากสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์หรือธุรกิจคอมพิวเตอร์ในเมืองไทย ที่แข่งกันเปิดเกลื่อนไปหมด แต่ส่วนใหญ่ บัณฑิตมีประสบการณ์แค่การใช้พีซีเท่านั้น เรื่องการใช้มินิเมนเฟรมหรือเวิร์กสเตชัน ระบบปฏิบัติการแบบมัลติยูเซอร์ (ใช้พร้อมกันได้หลายคน) อย่างเช่น ยูนิกซ์, **VMS, MVS** อาจเพียงได้อ่านจากตำราเท่านั้น มีสถาบันการศึกษาเพียงไม่กี่แห่งที่มีเครื่องเหล่านี้ให้ใช้ และบางแห่งแม้มีใช้แต่ก็หาอาจารย์ผู้สอนที่มีประสบการณ์สูงในการใช้เครื่องระดับที่ว่านี้ไม่ค่อยได้ **ดังนั้นเมื่อรู้จักแต่พีซี ก็ไม่รู้ว่าความแตกต่างและความสามารถที่เหนือกว่าพีซีนั้นคืออย่างไร**

ในขณะที่นักศึกษาผู้ใช้ **Unix** บนเครื่องระดับเวิร์กสเตชันขึ้นไปถึงมินิและเมนเฟรมในมหาวิทยาลัยที่ได้มาตรฐานทั่วโลก เขาสามารถใช้เทอร์มินัลบนโต๊ะของตนไปขอใช้เครื่องบริการข่าวสารและประชุมอิเล็กทรอนิกส์สาธารณะที่อเมริกาได้จากระยะทางไกล (remote login) โดยผ่านเครือข่าย **Internet** ที่มีผู้ใช้ทั่วโลกกว่า 20 ล้านคน เขาสามารถหาเพื่อนคุยที่มีรสนิยมตรงกันได้ทั่วโลก สามารถ สอบถามปรึกษาและแลกเปลี่ยนความรู้กับผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านจากที่ใดๆ ก็ได้

แต่อนิจจา นักศึกษาไทยแม้กระทั่งพวกที่เรียนในสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์หรือสาขาวิศวกรรมศาสตร์ ที่จะจบออกไปเป็นผู้นำทางด้านการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับวงการธุรกิจอุตสาหกรรมของไทย พวกเขารู้จักกันแค่พีซีที่มีขอบเขตการทำงานบนโต๊ะตัวเองเท่านั้น บางคนอาจจะรู้จัก **BBS** ที่เป็น **กระดานข่าวสาร** (Bulletin Board System) ที่นักคอมพิวเตอร์สมัครเล่นระดับพีซีเขาใช้กันบ้าง (ในเมืองไทยมีเด็กระดับมัธยมที่พ่อแม่ร่ำรวยเปิดบริการ **BBS** เพื่อความสนุกที่บ้านของตนเองหลายแห่ง) แต่ที่น่าเสียดายก็คือส่วนใหญ่ไม่รู้แม้กระทั่งความแตกต่างของ **e–mail** กับ **Bulletin Board**