

## บทที่ 1

# ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบปฏิบัติการ

## (Introduction to Operating System)

การทำงานของระบบคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ ๆ 5 ส่วน ส่วนแรกคือ ฮาร์ดแวร์ (Hardware) หมายถึงตัวเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ ส่วนที่สองคือซอฟต์แวร์ (Software) หมายถึงโปรแกรมหรือคำสั่งที่สั่งให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงาน ส่วนที่สามคือ พีเพิลแวร์ (People Ware) หมายถึงคือบุคลากรที่ทำงานทางคอมพิวเตอร์ ส่วนที่สี่คือ ดาต้า (Data) หมายถึงข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผล สุดท้ายคือการติดต่อสื่อสาร (Communication) เป็นการติดต่อสื่อสารในการทำงานต่าง ๆ ของระบบคอมพิวเตอร์ทั้งการติดต่อสื่อสารภายในเครื่องคอมพิวเตอร์และการติดต่อสื่อสารภายนอก สำหรับซอฟต์แวร์มี 2 ประเภทใหญ่ ๆ ประเภทแรกคือซอฟต์แวร์ประยุกต์ (Application Software) เป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับงานด้านต่าง ๆ เช่นงานด้านระบบทะเบียนนักศึกษา งานด้านประวัติคนไข้ของโรงพยาบาล เป็นต้น และอีกประเภทหนึ่งคือซอฟต์แวร์ระบบ (System Software) เป็นซอฟต์แวร์ที่ควบคุมการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสำคัญในการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์มาก คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องจำเป็นต้องมี สำหรับระบบปฏิบัติการ (Operating System) เป็นส่วนหนึ่งของซอฟต์แวร์ระบบ ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

### ความหมายของระบบปฏิบัติการ

ระบบปฏิบัติการ (Operating System) เรียกย่อ ๆ ว่า โอเอส (OS) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องจะต้องมีระบบปฏิบัติการและต้องเป็นระบบปฏิบัติการที่ผลิตขึ้นมาสำหรับคอมพิวเตอร์เฉพาะรุ่นและยี่ห้อที่ระบุไว้เท่านั้น ถ้าไม่มีระบบปฏิบัติการเราจะไม่สามารถใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์นั้น ๆ ได้ มีนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของคำว่า ระบบปฏิบัติการ ที่แตกต่างกันอาทิเช่น

พีระพนธ์ โสพิศสถิตย์ ได้ให้นิยามไว้ว่า “ระบบปฏิบัติการ เป็นระบบโปรแกรมที่ควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์และโปรแกรมประยุกต์ต่าง ๆ ให้ดำเนินไปอย่างราบรื่น ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้”

มงคล อัสวโกวิทกรณ์ ให้ความหมายของระบบปฏิบัติการคือ “กลุ่มโปรแกรมงานที่มีความสามารถสูง เช่น ช่วยในการแบ่งปันการใช้ทรัพยากรต่างๆ ในระบบ และควบคุมจังหวะการทำงานของโปรแกรมที่กำลังรันอยู่เพื่อมิให้เกิดข้อผิดพลาดและรวมถึงควบคุมซอฟต์แวร์ระบบ”

อรพินทร์ ประวดีบริสุทธิศักดิ์กล่าวว่า “ระบบปฏิบัติการ คือซอฟต์แวร์ชนิดหนึ่งที่อยู่ตรงกลางระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ประยุกต์ มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์”

ยรรยง เต็งอำนวย ให้ความหมายของระบบปฏิบัติการคือ “กลุ่มโปรแกรมซึ่งได้รับการจัดระเบียบให้เป็นส่วนเชื่อมโยงระหว่างเครื่อง และผู้ใช้ โดยจะเื้ออำนวยการพัฒนาและการใช้โปรแกรมต่าง ๆ รวมถึงการจัดสรรทรัพยากรต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพที่ดี”

จึงสรุปได้ว่าความหมายของระบบปฏิบัติการคือ กลุ่มโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้มีหน้าที่เชื่อมโยงและประสานการทำงานระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับผู้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเื้ออำนวยการความสะดวกในการพัฒนาโปรแกรมและการใช้โปรแกรมต่าง ๆ ของผู้ใช้ (User) เครื่องคอมพิวเตอร์ รวมถึงทำการจัดสรรทรัพยากร (Resource) ต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพ หรือความหมายอีกนัยหนึ่งของระบบปฏิบัติการ คือโปรแกรมช่วยการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถสูงกว่าซอฟต์แวร์ระบบ (System Software) เช่น ช่วยจัดการแบ่งปันการใช้อุปกรณ์หรือทรัพยากรต่าง ๆ ในระบบ และควบคุมจังหวะการทำงานของโปรแกรมทั้งหลายที่กำลังทำงานอยู่เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดขึ้น เป็นต้น และกลุ่มโปรแกรมนี้อย่างครอบคลุมถึงการทำงานในส่วน ofซอฟต์แวร์ของระบบด้วย

ระบบปฏิบัติการ อาจพัฒนาขึ้นมาจากซอฟต์แวร์หรือฮาร์ดแวร์หรือเฟิร์มแวร์หรืออาจผสมผสานกันก็ได้ โดยเป้าหมายการทำงานของระบบปฏิบัติการคือสามารถช่วยให้ผู้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์ได้อย่างสะดวกสบายใช้งานได้ง่าย

ระบบปฏิบัติการที่เป็นซอฟต์แวร์ หมายถึง ระบบปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมาด้วยซอฟต์แวร์ ภาษาคอมพิวเตอร์เป็น โปรแกรมที่ควบคุมการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ ระบบปฏิบัติการที่เป็นฮาร์ดแวร์ หมายถึงเป็นระบบปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมาจากอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์และเป็นส่วนหนึ่งของฮาร์ดแวร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วย ระบบปฏิบัติการที่เป็นฮาร์ดแวร์สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ได้รวดเร็วกว่าระบบปฏิบัติการที่เป็นซอฟต์แวร์แต่มีข้อเสียคือ มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าและการปรับปรุงแก้ไข ระบบปฏิบัติการนั้นยุ่งยากหรืออาจทำไม่ได้เพราะเป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ที่อาจจะต้องสร้างขึ้นใหม่ทำให้ค่าใช้จ่ายสูง ส่วนระบบปฏิบัติการที่เป็นเฟิร์มแวร์ หมายถึง ระบบปฏิบัติการที่เขียนขึ้นโดยใช้คำสั่งไมโคร (Microinstruction) หลาย ๆ คำสั่งประกอบขึ้นเป็นไมโครโปรแกรม (Microprogram) ซึ่งเก็บไว้เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้มีความเร็วสูงกว่าระบบปฏิบัติการที่เป็นซอฟต์แวร์ แต่ยังมีข้อเสียว่าระบบปฏิบัติการที่เป็นฮาร์ดแวร์ การปรับปรุงแก้ไขระบบปฏิบัติการที่เป็นเฟิร์มแวร์ ค่อนข้างยากและเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าระบบปฏิบัติการที่เป็นซอฟต์แวร์ แต่ก็ยังสะดวกกว่าและถูกกว่าการปรับปรุงแก้ไขระบบปฏิบัติการที่เป็นฮาร์ดแวร์

## หน้าที่ของระบบปฏิบัติการ

ในการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ที่ต้องประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์และบุคลากรทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งทั้งสามส่วนนี้จะต้องมีการทำงานร่วมกันจะต้องมีตัวควบคุมประสานการทำงานทั้งสามส่วนให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งจัดการโดยระบบปฏิบัติการ หน้าที่หลัก ๆ ของระบบปฏิบัติการมีดังนี้

1. ติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) ระบบปฏิบัติการเป็นตัวกลางที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้กับฮาร์ดแวร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ เมื่อเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการจะส่งเครื่องหมายพร้อมรับคำสั่ง (Prompt) ออกสู่จอภาพเพื่อรอรับคำสั่งจากผู้ใช้โดยตรง เช่นบนระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ จะแสดงเครื่องหมายพร้อมรับคำสั่ง เป็นเครื่องหมาย “\$”

2. ตรวจสอบ ควบคุมอุปกรณ์และการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ มีหน้าที่ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และควบคุมดูแลการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้การทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นไปอย่างถูกต้องและสอดคล้องกัน ตัวอย่างเช่น กลุ่มคำสั่งควบคุมอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล (Input-Output Device) ประเภทดิสก์ไดรฟ์ และจอภาพ เป็นต้น การควบคุมการทำงานของโปรแกรมและอุปกรณ์ต่าง ๆ นี้รวมถึงการเฝ้าอำนาจให้ผู้ใช้สามารถใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างสะดวก ซึ่งหน้าที่นี้เป็นส่วนสำคัญของทุก ๆ ระบบปฏิบัติการของเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกขนาด ตั้งแต่เครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (Microcomputer) ไปจนถึงเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ (Supper Computer) สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ระบบปฏิบัติการจะทำงานแบบง่าย ๆ และทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ที่ไม่ซับซ้อนมาก เนื่องจากผู้ใช้งาน (User) มักจะใช้งานทีละคน สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่จะมีการควบคุมที่ซับซ้อนมากขึ้น นอกจากมีอุปกรณ์ที่ซับซ้อนมากกว่าแล้วยังมีผู้ใช้งานครั้งละหลาย ๆ คน ดังนั้นจุดประสงค์ของหน้าที่ส่วนนี้คือการให้ความสะดวกแก่ผู้ใช้ในการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์

3. จัดสรรทรัพยากรซึ่งใช้ร่วมกัน (Shared Resources) ความหมายของหน้าที่นี้จะเห็นได้ชัดในเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ มินิคอมพิวเตอร์ หรือ เมนเฟรมหรือซูเปอร์คอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมีอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit : CPU) หรือเรียกว่า ซีพียู หน่วยความจำ (Memory) อุปกรณ์รับและแสดงผล ฯลฯ ซึ่งมีสมรรถนะหรือขนาดใหญ่เกินความจำเป็นของแต่ละงาน จึงมีการใช้ทรัพยากรเหล่านี้ร่วมกันในลักษณะของมัลติโปรแกรมมิ่ง (Multiprogramming) หน้าที่ของระบบปฏิบัติการ จึงต้องครอบคลุมถึงการจัดสรรทรัพยากรเหล่านี้เพื่อจะจัดความขัดแย้ง และจัดการให้อุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถทำงานได้อย่างสอดคล้องกัน โดยคำนึงถึงความยุติธรรมต่อผู้ใช้แต่ละคน และประสิทธิผลของเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นหลักสำคัญ

การจัดสรรทรัพยากรอีกนัยหนึ่งก็คือ จัดสรรทรัพยากรต่าง ๆ ที่ถูกใช้ไปในระบบเพื่อให้โปรแกรมดำเนินการต่อไปได้อย่างต่อเนื่อง เช่น ซีพียู หน่วยความจำ และอุปกรณ์รับและแสดงผลข้อมูล เป็นต้น สาเหตุที่ต้องมีการจัดสรรทรัพยากรเพราะเหตุผลต่อไปนี้

1) ทรัพยากรของระบบคอมพิวเตอร์มีจำกัด ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือ ซีพียู ในระบบที่มีซีพียู เพียงตัวเดียวแต่ทำงานหลายโปรแกรม ระบบปฏิบัติการจะต้องแบ่งสรรการใช้ ซีพียู ให้กับทุกโปรแกรมได้อย่างเหมาะสม

2) ในระบบคอมพิวเตอร์มีทรัพยากรอยู่หลายประเภท ระบบปฏิบัติการจะต้องจัดสรรทรัพยากรต่าง ๆ ให้แก่กระบวนการ (Process) หรือโปรแกรมได้อย่างเพียงพอตามความต้องการ

ดังนั้นหน้าที่สำคัญอีกประการหนึ่งของระบบปฏิบัติการคือจัดสรรการใช้ทรัพยากรของระบบ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดถ้าระบบปฏิบัติการจัดสรรทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบ ก็สามารถประมวลผลโปรแกรมได้รวดเร็วและได้งานเพิ่มมากขึ้น ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพดี ทรัพยากรหลัก ๆ ที่ระบบปฏิบัติการต้องจัดสรรได้แก่ โปรเซสเซอร์ (Processor) หรือซีพียู หน่วยความจำ (Memory) อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต (Input/Output Device) หรือเรียกว่า อุปกรณ์ไอ/โอ และไฟล์ข้อมูล โดยมีหน้าที่การทำงานดังนี้

การจัดการกระบวนการ (Process Management) ซีพียูทำหน้าที่ดำเนินการ (Execute) คำสั่งที่อยู่ในโปรแกรม สำหรับโปรแกรมที่กำลังดำเนินการเรียกว่ากระบวนการ ระบบปฏิบัติการทำหน้าที่รับผิดชอบในการจัดการกระบวนการคือ การสร้างและลบกระบวนการของระบบและกระบวนการของผู้ใช้ ให้กระบวนการหยุดประมวลผล และให้กระบวนการประมวลผลต่อไป จัดการให้กระบวนการทำงานด้วยความสอดคล้องกัน การจัดเตรียมกลไกสำหรับการติดต่อสื่อสารของกระบวนการ และจัดเตรียมกลไกการแก้ไข ปัญหาการติดตาย (Deadlock)

การจัดการหน่วยความจำ (Memory Management) หน่วยความจำเป็นส่วนสำคัญในการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์เป็นที่จัดเก็บข้อมูลและคำสั่งที่จะถูกประมวลผลที่ ซีพียู เป็นที่เก็บข้อมูลที่ใช้งานร่วมกันของซีพียู และอุปกรณ์สำหรับอินพุตและเอาต์พุต เพื่อให้การดึงข้อมูลมาใช้ได้อย่างรวดเร็ว หน้าที่ความรับผิดชอบของการจัดการหน่วยความจำคือติดตามการใช้งานในหน่วยความจำส่วนต่าง ๆ ว่าใคร ใช้ทำอะไร ตัดสินใจว่าจะโหลดกระบวนการใดเข้าสู่หน่วยความจำเมื่อมีหน่วยความจำว่างและจัดสรรการใช้พื้นที่ในหน่วยความจำเมื่อมีกระบวนการจำเป็นต้องใช้หน่วยความจำ

การจัดการระบบอินพุต/เอาต์พุต (I/O System Management) ระบบปฏิบัติการถูกออกแบบให้มีหน้าที่ในการควบคุมอุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้มีความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกันทั้งในเรื่องฟังก์ชันและความเร็ว โดยมีหน้าที่ในการจัดการ

หน่วยความจำ รวมทั้งบัฟเฟอร์ แคช และสพูล (SPOOL) จัดการ ไดรฟ์เวอร์สำหรับการเชื่อมต่อกับ อุปกรณ์พื้นฐานทั่วไป และจัดการกับไดรฟ์เวอร์สำหรับอุปกรณ์เฉพาะด้านต่าง ๆ

การจัดการไฟล์ (File Management) เป็นหน้าที่ที่สำคัญอีกหน้าที่หนึ่งของระบบปฏิบัติการ โดยที่ระบบคอมพิวเตอร์ สามารถจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ไว้ในสื่อที่แตกต่างกันไป ไม่ว่าจะเป็นฮาร์ดดิสก์ แผ่นซีดี แผ่นดีวีดี เทปแม่เหล็ก แฟลชไดรฟ์และสื่ออื่น ๆ ซึ่งสื่อแต่ละชนิดมีคุณสมบัติและการจัดการทางกายภาพเฉพาะแบบ จะถูกควบคุมการทำงานโดยระบบปฏิบัติการ เพื่อความสะดวกในการใช้งานระบบคอมพิวเตอร์นั้นการจัดเก็บข้อมูลในระบบคอมพิวเตอร์ ระบบปฏิบัติการได้กำหนดชื่อทางลोजิกว่า “ไฟล์” (File) หน้าที่รับผิดชอบที่เกี่ยวกับการจัดไฟล์คือ การสร้างและลบทั้งไฟล์ และไดเรกทอรี การจับคู่ของไฟล์ไปยังสื่อจัดเก็บข้อมูล และการสร้างไฟล์สำรอง

### วิวัฒนาการของระบบปฏิบัติการ

ระบบปฏิบัติการมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงมาตั้งแต่เริ่มต้นสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์จนถึงปัจจุบัน และได้มีการวิวัฒนาการตามเครื่องคอมพิวเตอร์มาโดยตลอด ทำให้เกิดระบบปฏิบัติการยุคต่าง ๆ ขึ้น ซึ่งนักวิชาการหลายท่านได้มีการแบ่งยุคของระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกันบ้างแต่อยู่ในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน สำหรับการแบ่งยุคของระบบปฏิบัติการครั้งนี้จึงใช้แบ่งตามช่วงเวลา ซึ่งได้แบ่งยุคของระบบปฏิบัติการออกเป็น 5 ยุคคือจากยุคที่ 0 ถึงยุคที่ 4 ดังนี้

#### ยุคที่ 0 ช่วงทศวรรษ 1940

ระบบคอมพิวเตอร์ในยุคแรก ๆ นั้นไม่มีระบบปฏิบัติการดังนั้นการใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์สั่งดำเนินการด้วยคำสั่งภาษาเครื่องเท่านั้น ซึ่งผู้ใช้จะต้องรู้และเข้าใจการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์และรู้ภาษาเครื่องของคอมพิวเตอร์เครื่องนั้นอย่างดีด้วย ดังนั้นคนทั่วไปจึงไม่สามารถใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์ได้

#### ยุคที่ 1 ช่วงทศวรรษ 1950

ก่อนที่เริ่มจะมีการพัฒนาระบบปฏิบัติการขึ้นมา การใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานจะต้องสูญเสียเวลาอย่างมากในช่วงการเปลี่ยนงานในขณะที่งานหนึ่งเสร็จสิ้นลงและเริ่มต้นทำงานถัดไปซึ่งทำโดยใช้คนเป็นผู้เปลี่ยนงาน ถ้ามีงานหลาย ๆ งานรออยู่ที่จะให้คอมพิวเตอร์ทำ ก็เสียเวลาเป็นอย่างมาก ด้วยเหตุนี้ระบบปฏิบัติการจึงถูกสร้างขึ้นมาเพื่อทำงานแบบนี้แทนคน ซึ่งเรียกว่า ระบบประมวลผลแบบกลุ่ม (Batch Processing System) นั่นคืองานที่จะต้องทำการประมวลผลทั้งหมดจะถูกนำมารวบรวมกันไว้เป็นกลุ่มหรือเรียกว่าแบท (Batch) แล้วส่งให้เครื่องคอมพิวเตอร์ดำเนินการทำทีละงานเมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานหนึ่งเสร็จจะคืนการควบคุมการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ให้กับ ระบบปฏิบัติการจากนั้นระบบปฏิบัติการ ก็จะทำการเตรียม

ระบบของเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อรับงานขึ้นถัดไปที่ระบบปฏิบัติการจะเลือกมาทำต่อไป จนกระทั่งทำเสร็จครบทุกงาน ระบบปฏิบัติการ ในระบบประมวลผลแบบแบท (Batch Processing) ระบบงานจะมุ่งเน้นไปที่การใช้ประโยชน์ (Utilization) โดยให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานได้เต็มเวลา ลดการว่างงานของซีพียู (Idle Time) เน้นที่การทำงานของ ซีพียู เป็นหลัก

### ยุคที่ 2 ช่วงทศวรรษ 1960

ในยุคนี้ ระบบปฏิบัติการ สามารถที่จะทำงานในลักษณะหลายโปรแกรมหรือที่เรียกว่า มัลติโปรแกรมมิ่ง (Multiprogramming) และเป็นจุดเริ่มต้นของระบบหลายตัวประมวลผลหรือที่เรียกว่า มัลติโปรเซสซิ่ง (Multiprocessing) ในระบบมัลติโปรแกรมมิ่งผู้ใช้หลาย ๆ คนสามารถใช้ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์เดียวกันได้พร้อม ๆ กัน ในการทำงาน ซีพียู จะสลับเวลาการประมวลผลแต่ละงาน โดยที่ในช่วงเวลาขณะใดขณะหนึ่ง ซีพียู จะทำงานหรือโปรแกรมของผู้ใช้เพียงงานเดียว ในระยะเวลาอันสั้น และจะสวิตช์ไปรับงานของคนอื่นจนครบทุกงาน และวนกลับมาใหม่อย่างรวดเร็ว จนผู้ใช้แต่ละคนจะไม่สามารถสังเกตได้ จึงเปรียบเสมือนว่าต่างคนต่างทำงานได้พร้อมกัน ลักษณะเช่นนี้เรียกว่าการแบ่งเวลา หรือไทม์แชร์ริง (Time Sharing) ส่วนในระบบมัลติโปรเซสซิ่ง จะมีซีพียูหลายตัวช่วยกันทำงานพร้อมกันทำให้เพิ่มกำลังการประมวลผลได้อย่างมาก

ระบบเวลาจริง หรือเรียลไทม์ (Real Time) ก็จะเกิดขึ้นในช่วงเวลานี้เช่นกัน ระบบเรียลไทม์ คือระบบที่เมื่อรับอินพุตเข้าไปแล้วสามารถให้การตอบสนองจากระบบอย่างทันทีทันใด ในทางอุดมคติระบบเรียลไทม์ คือระบบที่ไม่เสียเวลาในการประมวลหรือเวลาในการประมวลผลเป็นศูนย์ แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถผลิตเครื่องคอมพิวเตอร์ในลักษณะนี้ได้ ทำได้แค่ลดเวลาการประมวลผลของเครื่องคอมพิวเตอร์ให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ อย่างน้อยที่สุดต้องไม่สามารถสังเกตความแตกต่างของช่วงเวลาที่ป้อนอินพุตเข้าไปและรับเอาต์พุตออกมา ระบบเรียลไทม์นี้โดยมากจะนำไปใช้ในการควบคุมกระบวนการต่าง ๆ ในงานอุตสาหกรรม สรุปได้ว่า ระบบปฏิบัติการยุคนี้เป็นระบบมัลติโปรแกรมมิ่ง แนวคิดการออกแบบระบบจะครอบคลุมไปยังทรัพยากรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของซีพียู เช่น ระบบของหน่วยความจำ และอุปกรณ์ไอ/โอ ดังนั้นการออกแบบระบบปฏิบัติการจะเป็นการจัดสมดุลในการทำงานของทรัพยากรให้ทำงานได้สอดคล้องกัน และมีการมุ่งเน้นไปที่การใช้ประโยชน์จากฮาร์ดแวร์เพื่อตอบสนองงานผู้ใช้ (User) ได้มากขึ้น และสามารถบริการผู้ใช้หลาย ๆ คนได้สะดวกขึ้นโดยการแบ่งเวลาการใช้งานซีพียูให้แก่ผู้ใช้หลาย คนพร้อมกัน

### ยุคที่ 3 ช่วงกลางทศวรรษ 1960 ถึง ต้นทศวรรษ 1970

ระบบปฏิบัติการยุคนี้ถูกออกแบบให้เป็นระบบปฏิบัติการอเนกประสงค์ (General Purpose System) หมายถึง เป็นระบบที่สามารถใช้กับงานทั่ว ๆ ไปได้ ไม่เจาะจงลงไปที่ลักษณะ

งานใดงานหนึ่ง ซึ่งผู้พัฒนาโปรแกรมระบบปฏิบัติการต้องให้มีการใช้ประโยชน์ที่หลากหลายจากเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ จึงพัฒนาระบบปฏิบัติการที่ใ้ใครก็ได้สามารถใช้งานระบบปฏิบัติการของเขาได้และใช้กับงานหลายประเภท ส่งผลให้ระบบปฏิบัติการมีขนาดใหญ่และทำงานได้ช้าลง

#### ยุคที่ 4 ตั้งแต่ทศวรรษ 1970 ถึงปัจจุบัน

เทคนิคการพัฒนาโปรแกรมระบบปฏิบัติการในยุคที่ 3 เริ่มถึงจุดอิมตัว นั่นคือผู้ออกแบบโปรแกรมมีประสบการณ์ในการพัฒนาโปรแกรมระบบปฏิบัติการและรู้ถึงวิธีที่จะเขียนโปรแกรมให้มีการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ในยุคนี้ระบบปฏิบัติการจึงถูกพัฒนาให้มีความสามารถในงานพิเศษด้านอื่นเพิ่มขึ้นดังต่อไปนี้

ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network) มีการใช้งานอย่างแพร่หลายมากขึ้น ในระบบนี้ผู้ใช้สามารถใช้งานคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้อื่นได้โดยผ่านทางเทอร์มินอล (Terminal) ชนิดต่าง ๆ ซึ่งต่อเชื่อมโยงกับเป็นเครือข่ายและกระจายไปตามจุดต่าง ๆ เช่น ระบบเครือข่ายภายในท้องถิ่น (Local Area Network : LAN) ระบบเครือข่ายบริเวณกว้าง (Wide Area Network : WAN) และยังสามารถทางด้านระบบฐานข้อมูล (Database System) ระบบคอมพิวเตอร์ได้รวมเอาระบบฐานข้อมูลไว้เป็นส่วนหนึ่งของระบบ การรับข่าวสารทำได้สะดวกยิ่งขึ้น โดยการติดต่อกับระบบฐานข้อมูลผ่านทางเครือข่ายสื่อสารข้อมูล (Communication Network) การทำระบบฐานข้อมูลอาจทำได้โดยมีระบบฐานข้อมูลอยู่รวมกันที่จุดรวมศูนย์กลาง (Centralized) หรืออาจจะกระจาย (Distributed) ไปตามเครื่องต่าง ๆ ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ มีระบบการประมวลผลแบบกระจาย (Distributed Processing) มีระบบการประมวลผลแบบขนาน (Parallel Processing) และระบบปฏิบัติการแบบเวลาจริง (Real Time Operating System)

แนวความคิดเรื่องเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน (Virtual Machine) เริ่มนำมาใช้งานอย่างกว้างขวาง เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนนี้ หมายถึง การแปลงเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีใช้อยู่ให้กลายเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่น โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องยุ่งเกี่ยวกับรายละเอียดทางด้านฮาร์ดแวร์ของระบบคอมพิวเตอร์อีกต่อไป ผู้ใช้สามารถสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนได้โดยการใช้ระบบปฏิบัติการซึ่งสร้างเอาไว้แล้วในระบบทั่ว ๆ ไปทำการจำลองเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่นหนึ่งหรือยี่ห้อหนึ่งให้เสมือนกับเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์อีกรุ่นหนึ่งหรืออีกยี่ห้อหนึ่ง ซึ่งการทำงานของระบบเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนจะมีระบบปฏิบัติการอีกตัวหนึ่งติดต่อกับผู้ใช้และทำงานอยู่บนระบบปฏิบัติการของเครื่อง ซึ่งระบบปฏิบัติการตัวที่ 2 นี้จะเป็นระบบปฏิบัติการที่ถูกสร้างขึ้นให้เหมือนกับระบบปฏิบัติการของเครื่องอื่นที่ต้องการให้ระบบคอมพิวเตอร์นั้นเป็น ดังนั้น

คอมพิวเตอร์และระบบปฏิบัติการ ตัวแรกจะเปรียบเสมือนเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องใหม่ในสายตาของผู้ใช้

นอกจากนี้ ระบบปฏิบัติการได้พัฒนาขึ้นตามสถาปัตยกรรมของเครื่องคอมพิวเตอร์ ในยุคนี้มีคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ประเภทคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer : PC) เช่น ไมโครคอมพิวเตอร์ (Micro Computer) และคอมพิวเตอร์มือถือ (Handheld Computer) รวมทั้งโทรศัพท์มือถือที่เสมือนคอมพิวเตอร์ ระบบปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมาจึงเน้นการใช้งานง่าย สะดวกสบาย เป็นมิตรแก่ผู้ใช้ (User Friendly) โดยที่ใคร ๆ ก็สามารถใช้คอมพิวเตอร์ได้แม้กระทั่ง เด็ก คนชรา และผู้พิการ

ในยุคปัจจุบันมีการพัฒนาระบบปฏิบัติการ โนมใหม่ ที่เรียกว่า ระบบปฏิบัติการก้อนเมฆ (Cloud Operating System) ทำให้คอมพิวเตอร์มีความสามารถพิเศษไม่ต้องเก็บข้อมูลไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ตลอดเวลา ข้อมูลต่าง ๆ ถูกฝากไว้ในระบบคอมพิวเตอร์ก้อนเมฆ (Cloud Computing) ดังนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีสเปคสูงมาก เช่น เน็ตบุค เป็นต้น แต่การเรียกใช้ข้อมูลจากระบบคอมพิวเตอร์ก้อนเมฆจำเป็นต้องใช้ผ่านระบบเครือข่าย นอกจากนี้ยังมีระบบปฏิบัติการบนมือถือ หลายระบบปฏิบัติการซึ่งระบบปฏิบัติการบนมือถือมีแนวโน้มที่จะมีการใช้อย่างแพร่หลาย และมีความจำเป็นต้องใช้กันโดยทั่วหน้า

### การจัดกลุ่มการทำงานของระบบปฏิบัติการ

การจัดกลุ่มการทำงานของระบบปฏิบัติการตามลักษณะของระบบงานในแต่ละช่วงทศวรรษ เริ่มตั้งแต่ 1960 เป็นต้นไป จัดได้ 5 กลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 ระบบการประมวลผลแบบกลุ่ม ช่วงทศวรรษ 1960 ระบบปฏิบัติการเน้นประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรต่าง ๆ ในการประมวลผล มีการทำงานแบบการจำลอง อุปกรณ์รับส่งข้อมูลที่เรียกว่า สพูลิ่ง (Spooling) เพื่อจัดสมดุลในการทำงานของทรัพยากรให้ทำงานได้สอดคล้องกัน ทำงานเร็วขึ้น และรอบเวลาทำงาน (Turn-Around Time) สั้นลง ระบบปฏิบัติการมีการควบคุมการทำงานครั้งละ 1 งาน (Job) แต่ละงานมีได้หลาย ๆ โปรแกรมซึ่งภายในงานนั้นจะมีการเรียงลำดับของโปรแกรมต่าง ๆ ไว้แล้วโดยสั่งให้ทำงานทีละโปรแกรมตามลำดับจนเสร็จงาน

กลุ่มที่ 2 ระบบมัลติโปรแกรมมิ่ง ช่วงต้นทศวรรษ 1970 ระบบปฏิบัติการเน้นประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของซีพียู มีการทำงานแบบการจัดลำดับความสำคัญให้กับแต่ละโปรแกรม สำหรับโปรแกรมที่มีความสำคัญน้อยกว่าต้องยอมเสียสละซีพียู เพื่อให้โปรแกรมที่มีความสำคัญสูงกว่าได้เข้าทำงานก่อน โดยอัตโนมัติ เรียกว่า ให้สิทธิ์ก่อน (Preemptive) ระบบปฏิบัติการมีการควบคุมการทำงานครั้งละ 1 โปรแกรม สามารถมีหลาย ๆ โปรแกรมส่งเข้ามา



ทำงานพร้อม ๆ กัน ในขณะที่ทำงานระบบปฏิบัติการจะมีการจัดสรรการใช้ทรัพยากรให้กับทุก ๆ โปรแกรมอย่างคุ้มค่าและสมดุล ทำให้คอมพิวเตอร์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กลุ่มที่ 3 ระบบการแบ่งเวลา ช่วงกลางทศวรรษ 1970 ระบบปฏิบัติการเน้นความเร็วในการทำงานของ ซีพียูให้เวลาการตอบสนอง (Response Time) ที่ดีแก่ ผู้ใช้หลาย ๆ คนที่ทำงานพร้อมกัน ได้อย่างรวดเร็วทำให้ผู้ใช้รู้สึกเสมือนว่าใช้งานคอมพิวเตอร์เพียงคนเดียว มีการทำงานแบบแบ่งเวลาของการใช้ซีพียูเป็นช่วงสั้น ๆ (Time Slice) และใช้อัลกอริทึมกำหนดเวลาราวด์-โรบิน (Round-Robin Schedule) จัดการให้แต่ละโปรแกรมได้ทำงานสลับกันครั้งละช่วงเวลาดังนั้น ๆ จนกว่าจะทำงานเสร็จ

กลุ่มที่ 4 ระบบเวลาจริง ช่วงทศวรรษ 1980 ระบบปฏิบัติการเน้นที่การประมวลผลในช่วงเวลาสั้น ๆ ที่จำกัดให้ผลลัพธ์สนองกลับแบบทันทีทันใด ความต้องการของผู้ใช้ ใช้งานคอมพิวเตอร์แบบการประมวลผลให้ได้ผลลัพธ์ทันที ณ เวลานั้น ๆ เมื่อมีการส่งข้อมูลขนาดเล็ก ๆ ในเวลาที่ต่อเนื่องมายังคอมพิวเตอร์ การออกแบบระบบปฏิบัติการจะเน้นที่การประมวลผลให้เสร็จสิ้นของงานหนึ่ง ๆ โดยมีการกำหนดช่วงเวลาที่แน่นอนในการทำงาน ในการคัดเลือกโปรแกรมเข้าทำงานใช้อัลกอริทึมตารางเวลาจริง ในขณะที่โปรแกรมกำลังทำงานอาจจะถูกแทรกให้เป็นส่วนย่อย เรียกว่า กระบวนการ ซึ่งสามารถเลือกทำที่บางกระบวนการ เพื่อตอบสนองได้ทันตามความต้องการในทุก ๆ ช่วงเวลา

กลุ่มที่ 5 ระบบประมวลผลกระจาย ช่วงทศวรรษ 1990 เป็นต้นมา ระบบปฏิบัติการเน้นการใช้ทรัพยากรร่วมกัน (Resource Sharing) คอมพิวเตอร์ในยุคนี้มีความต้องการการประมวลผลที่มีประสิทธิภาพสูง และเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายด้านฮาร์ดแวร์ การออกแบบ ระบบปฏิบัติการ จึงมองในแง่การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ทั้งใกล้และไกล ให้สามารถใช้ร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการควบคุมแบบกระจาย มีการใช้ทรัพยากรหลัก ๆ ร่วมกันรวมทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วย อีกทั้งทรัพยากรเหล่านี้ก็ไม่จำเป็นต้องอยู่ในพื้นที่เดียวกัน สามารถทำงานข้ามพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลได้ ใช้การประมวลผลจากหลาย ๆ โหนด (Node) เพื่อเป็นการแบ่งปันทรัพยากร ของระบบใหญ่โดยรวม จึงเรียกว่า ระบบกระจาย (Distributed System)

### การทำงานแบบ ออฟ-ไลน์

การทำงานแบบออฟ-ไลน์ (Off-Line) ใช้สำหรับแก้ปัญหาความเหลื่อมล้ำของความเร็วอุปกรณ์ที่ทำงานร่วมกันในระบบของคอมพิวเตอร์ให้สามารถผ่อนหนักเป็นเบาได้สำหรับการทำงานในยุคแรก ๆ มีการใช้เทปแม่เหล็กมาแทนเครื่องอ่านบัตรหรือเครื่องพิมพ์ที่มีความเร็วต่ำมาก วิธีการคือ จำลองข้อมูลจากบัตรลงบนเทปแม่เหล็ก เมื่อโปรแกรมต้องการอ่านบัตร ระบบปฏิบัติการจะเปลี่ยนไปอ่านจากเทปแทน ส่วนการพิมพ์จะพิมพ์ลงเทปแม่เหล็กก่อนแล้วจึงนำเทปนั้นไปถ่ายออกยังเครื่องพิมพ์อีกที การถ่ายเทข้อมูลผ่านเทปนี้กระทำได้ 2 วิธีคือ ใช้เครื่อง

อ่านบัตรและเครื่องพิมพ์ที่ออกแบบมาเป็นพิเศษ สามารถถ่ายเทข้อมูลกับเครื่องอ่านเทปแม่เหล็กได้โดยตรง ไม่ต้องผ่านหน่วยประมวลผลกลาง ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือ ใช้อุปกรณ์มาตรฐานปกติ แต่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กเป็นตัวถ่ายข้อมูลแทนที่จะใช้เครื่องใหญ่

การทำงานโดยอาศัยเทปแม่เหล็กนี้ จะต้องได้รับความช่วยเหลือจากระบบปฏิบัติการในการดำเนินการรับข้อมูลหรือแสดงผล ในโปรแกรมของผู้ใช้สามารถเปลี่ยนไปใช้กับอุปกรณ์ใดก็ได้ ขึ้นกับความเหมาะสมในการบริหารระบบ ลักษณะการทำงานเช่นนี้เรียกว่า อิสรภาพจากอุปกรณ์

ข้อเสียของระบบ ออฟ-ไลน์ คือ โปรแกรมจะต้องผ่านขั้นตอนมากขึ้น และในการเก็บข้อมูลลงเทปแม่เหล็กต้องรอให้มีหลาย ๆ โปรแกรมเสียก่อน จึงค่อยนำเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ใหญ่ครั้งหนึ่ง ทำให้ผู้ใช้ต้องรอนานขึ้น แม้ว่าประโยชน์ใช้สอยของหน่วยประมวลผลกลางจะดีขึ้นแต่ถึงอย่างไรก็ตาม การพัฒนาการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ได้นำแนวความคิดของระบบ ออฟ-ไลน์ มาพัฒนาระบบการส่งผ่านข้อมูลในการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ได้เร็วขึ้น

### การกำหนดบัฟเฟอร์

การทำงานของระบบคอมพิวเตอร์โดยทั่วไป หน่วยรับข้อมูลและแสดงผลจะต้องทำงานขนานไปพร้อมกันกับหน่วยประมวลผลกลางให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ วิธีการคือ ขณะที่หน่วยประมวลผลกลางประมวลผลข้อมูลจำนวนหนึ่ง หน่วยรับข้อมูลจะรับข้อมูลชุดถัดไปเข้ามาไว้ในหน่วยความจำ ที่เรียกว่า บัฟเฟอร์ (Buffer) ซึ่งหากการอ่านข้อมูลแต่ละหน่วยพอดีกัน อุปกรณ์ทั้งสองประเภทก็ไม่ต้องรอซึ่งกันและกัน ทำให้ได้ประโยชน์ใช้สอยเต็มที่ แต่ความเป็นจริงไม่ได้เป็นเช่นนั้น มักจะเกิดความเหลื่อมล้ำ (Mismatch) ของเวลาการทำงานสำหรับข้อมูลแต่ละหน่วย ความเหลื่อมล้ำนี้ขึ้นกับสาเหตุที่สำคัญสองประการคือ อัตราความเร็วของอุปกรณ์ต่าง ๆ และประเภทของงาน สำหรับสาเหตุแรกนั้น ไม่ว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ประเภทใด หน่วยประมวลผลกลางจะมีความเร็วสูงกว่าหน่วยรับข้อมูลและแสดงผลมาก ๆ แม้ว่าจะมีบัฟเฟอร์ แต่หน่วยประมวลผลก็ยังต้องรออยู่ดี ส่วนสาเหตุประการที่สองนั้น หากเป็นงานประเภทที่ใช้หน่วยรับข้อมูลและแสดงผลมาก ๆ เรียกว่าเขตไอ/โอ (I/O Bounded) หน่วยประมวลผลกลางจะทำงานน้อย เพราะต้องรอข้อมูลจากหน่วยรับข้อมูลหรือรอให้หน่วยแสดงผลนำผลที่ได้ไปแสดง ในทำนองกลับกัน หากงานเป็นประเภทที่ใช้หน่วยประมวลผลกลางมาก ๆ เรียกว่าเขตซีพียู (CPU Bounded) ช่วงเวลาที่หน่วยประมวลผลกลางจะว่างก็ลดลงจนอาจถึงกับไม่ต้องรอ กลายเป็นว่าหน่วยรับข้อมูลและแสดงผลต้องเป็นฝ่ายรอหน่วยประมวลผลกลาง

บัฟเฟอร์ คือ ส่วนของหน่วยความจำที่ใช้กั้นระหว่างงานสองงาน ซึ่งต้องส่งผ่านข้อมูลระหว่างกัน แต่มีความเร็วในการรับและส่งข้อมูลไม่เท่ากัน งานทั้งสองนี้จะร่วมกันดำเนินในลักษณะของผู้ผลิตและผู้บริโภค (Producer-Consumer) ซึ่งหากผู้ผลิตผลิตข้อมูลออกมาเร็วกว่าที่

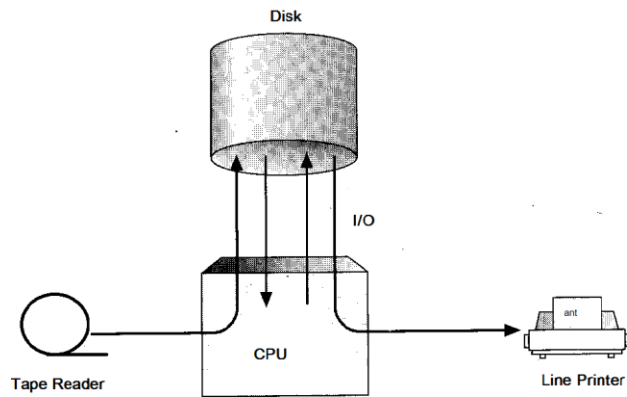
ผู้บริโภครับไปใช้ได้ทันที จะเกิดข้อมูลสะสมขึ้น จำเป็นต้องมีบัฟเฟอร์เพื่อเก็บข้อมูลที่เกิดขึ้นมาเร็วเกินไป แต่โดยปกติขนาดของบัฟเฟอร์ในระบบมีจำนวนมาก ดังนั้นจึงต้องมีการนำเอาส่วนที่ใช้แล้วมาใช้อีก ลักษณะของบัฟเฟอร์ประเภทหนึ่งจึงออกมาในรูปแบบซ้ำใช้ เรียกว่า บัฟเฟอร์วงกลม

### การพักข้อมูลหรือสพูลิ่ง

สพูลิ่ง เป็นการทำอุปกรณ์เสมือนคือการนำเอาอุปกรณ์ชนิดหนึ่งมาจำลองการทำงานเป็นอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่ง เพื่อให้เกิดความคล่องตัวในการทำงานของระบบ ตัวอย่างของการทำอุปกรณ์เสมือนก็คือ การทำแรมดิสก์ (Ram Disk) โดยเนื้อที่ส่วนหนึ่งในหน่วยความจำถูกกันไว้เพื่อทำดิสก์ตัวใหม่ขึ้นมา การติดต่อควบคุมแรมดิสก์นี้จะเหมือนกับการติดต่อควบคุมกับดิสก์ธรรมดาทุกอย่าง โดยที่การติดต่อควบคุมจะผ่านโปรแกรมที่ทำหน้าที่จำลองหน่วยความจำดิสก์ เราอาจเรียกโปรแกรมนี้อันเป็นตัวขับอุปกรณ์เสมือนก็ได้ การเก็บข้อมูลลงในดิสก์ตัวนี้ก็จะเป็นการเขียนลงในหน่วยความจำ แทนที่จะเขียนลงดิสก์จริง ๆ ผลดีก็คือประหยัดเวลาได้มาก เพราะการเข้าถึงของหน่วยความจำเร็วกว่าของดิสก์มาก ๆ แต่ผลเสียคือถ้าเกิดเหตุขัดข้อง เช่น ไฟฟ้าดับ ข้อมูลต่าง ๆ ที่อยู่บนแรมดิสก์จะสูญหายหมด เราสามารถป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้โดยถ่ายข้อมูลต่าง ๆ ที่อยู่บนแรมดิสก์ลงไปบนดิสก์จริงเป็นระยะ ๆ

มีการทำอุปกรณ์เสมือนอีกประเภทที่เป็นที่นิยมทำกันในระบบใหญ่ ๆ คือการทำสพูล (Simultaneous Peripheral Operation On-Line : SPOOL) ซึ่งเป็นการใช้อุปกรณ์ที่มีความเร็วสูงมาทำงานแทนอุปกรณ์ที่มีความเร็วต่ำ ยกตัวอย่างเช่นการทำงานของระบบเครื่องเมนเฟรม ในการส่งไฟล์ข้อมูลไปให้เครื่องพิมพ์ เพื่อพิมพ์ลงบนกระดาษ การทำงานของเครื่องพิมพ์ยังช้ามาก เมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานของซีพียู บางครั้งซีพียูอาจต้องเสียเวลาคอยเครื่องพิมพ์ตั้งแต่เริ่มพิมพ์จนกระทั่งเสร็จงานหลายนาที หรืออาจถึงชั่วโมง ถ้ามีกระบวนการหลายกระบวนการต้องการส่งข้อมูลให้เครื่องพิมพ์ พิมพ์งานออกมากกระบวนการเหล่านี้ก็ต้องรอให้เครื่องพิมพ์งานของกระบวนการก่อนหน้าให้เสร็จสิ้นเสียก่อน ทำให้กระบวนการเหล่านั้นไม่สามารถดำเนินงานต่อไปได้ และต้องเสียเวลารอนาน

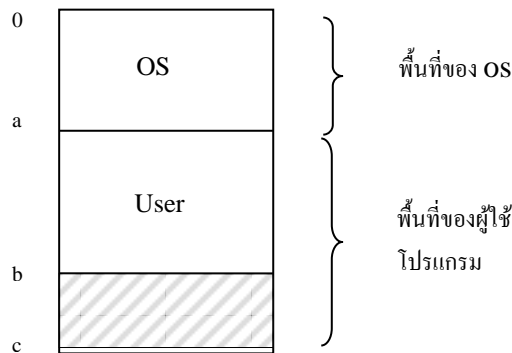
ในแง่ของกระบวนการต่าง ๆ ที่ส่งข้อมูลให้เครื่องพิมพ์ จะถูกหลอกโดยสพูลเลอร์ (Spooler) ว่าข้อมูลที่ส่งให้มันได้รับโดยเครื่องพิมพ์แล้ว แต่ความจริงแล้วข้อมูลถูกส่งไปให้ดิสก์ก่อน ดังนั้นดิสก์ตัวนี้ก็จะเป็เครื่องพิมพ์เสมือนของระบบ ทำให้กระบวนการต่าง ๆ ไม่ต้องเสียเวลารอเครื่องพิมพ์จริง ๆ ทำงานจะเสียเวลาเพียงแต่การส่งข้อมูลให้ดิสก์เท่านั้น (ซึ่งจะมองเห็นว่าเป็นเครื่องพิมพ์) เนื่องจากดิสก์รับส่งข้อมูลได้เร็วกว่าเครื่องพิมพ์หลายเท่า กระบวนการต่าง ๆ จึงไม่เสียเวลารอนานและสามารถทำงานต่อไปได้ ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 การทำงานแบบสพูลิ่ง

### ระบบผู้ใช้โปรแกรมเดียว

คอมพิวเตอร์ระบบโปรแกรมเดียวสามารถรันโปรแกรมของผู้ใช้ได้เพียงครั้งละ 1 โปรแกรมเท่านั้น คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ๆ ทั่วไป จะมีการทำงานเป็นแบบโปรแกรมเดียว การจัดการหน่วยความจำของระบบนี้ค่อนข้างง่าย ดังแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 การจัดการหน่วยความจำระบบผู้ใช้เดียว

ระบบแบ่งส่วนของหน่วยความจำออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. ส่วนของระบบปฏิบัติการ เป็นหน่วยความจำที่เป็นส่วนของระบบปฏิบัติการ ดังที่ทราบกันแล้วว่าระบบปฏิบัติการก็เป็นโปรแกรมเช่นกัน ดังนั้นระบบปฏิบัติการเองก็ต้องการพื้นที่ในหน่วยความจำส่วนหนึ่งด้วย โดยทั่วไประบบปฏิบัติการจะครอบครองหน่วยความจำที่ชิดริมด้านใดด้านหนึ่ง หรือ 2 ด้าน ทั้งนี้เพื่อให้เหลือเนื้อที่ยาวต่อเนื่องกันเป็นผืนใหญ่ผืนเดียว ในรูปที่ 1.2 ส่วนของระบบปฏิบัติการจะอยู่ตั้งแต่ แอดเดรส 0 ถึง a

2. ส่วนของผู้ใช้ คือส่วนที่สามารถนำโปรแกรมของผู้ใช้ลงไปวางได้ ดังนั้นในส่วนของผู้ใช้คือ หน่วยความจำทั้งหมดที่เหลือจากส่วนของระบบปฏิบัติการในรูปที่ 1.2 ส่วนของผู้ใช้ซึ่งอาจแบ่งต่อไปอีก 2 ส่วน คือส่วนที่มีโปรแกรมของผู้ใช้ในตำแหน่งหรือเรียกแอดเดรสที่ a ถึง b และส่วนที่ว่างไม่ถูกใช้งาน แอดเดรสที่ b ถึง c

การแบ่งหน่วยความจำออกเป็นส่วนของระบบปฏิบัติการ และส่วนของผู้ใช้นี้ ใช้ได้กับระบบคอมพิวเตอร์ทุกประเภทเพราะไม่ว่าคอมพิวเตอร์จะเป็นแบบใด ระบบปฏิบัติการก็ต้องการหน่วยความจำส่วนหนึ่งสำหรับตัวมัน และเหลือที่ว่างเอาไว้สำหรับให้โปรแกรมของผู้ใช้

เมื่อหน่วยความจำถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนแล้ว ตัวระบบปฏิบัติการเองจึงจำเป็นต้องมีวิธีการป้องกันไม่ให้โปรแกรมของผู้ใช้รูล้ำเข้ามาในส่วนของระบบปฏิบัติการ ถ้าระบบปฏิบัติการปล่อยให้ผู้ใช้เข้ามาใช้พื้นที่ของหน่วยความจำนี้ได้ โปรแกรมของผู้ใช้อาจทำลายตัวโปรแกรมของระบบปฏิบัติการให้เสียหายจนระบบปฏิบัติการไม่สามารถทำงานได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องป้องกันเอาไว้ วิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันคือสร้างรีจิสเตอร์ขึ้นมาตัวหนึ่งในซีพียูเรียกว่า รีจิสเตอร์ขอบเขต (Boundary Register) รีจิสเตอร์ขอบเขตจะเก็บค่าตำแหน่งของหน่วยความจำที่เป็นรอยต่อระหว่างส่วนของระบบปฏิบัติการ และส่วนของผู้ใช้ในรูปที่ 1.2 คือตำแหน่ง a เมื่อมีการส่งคำสั่งไปให้ซีพียู ก็จะมีการตรวจสอบว่ามีการทำงานรูล้ำผ่านค่าที่เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ขอบเขตหรือไม่ เช่น มีคำสั่งของผู้ใช้กระโดดเข้าไปทำงานในแอดเดรสที่น้อยกว่า a ถ้าเหตุการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นระบบปฏิบัติการจะหยุดการทำงานของโปรแกรมผู้ใช้และแสดงข้อความบางอย่างให้ผู้ใช้ทราบว่ามีการลวงล้ำพื้นที่ของระบบปฏิบัติการผู้ใช้ต้องตรวจสอบแก้ไขโปรแกรมของตนเอง

ในส่วนของระบบปฏิบัติการจะมีรูทีน (Routine) สำหรับการทำงานบางอย่างให้ผู้ใช้เรียกใช้ได้ทำให้ผู้ใช้ไม่ต้องเขียนโปรแกรมทำงานในส่วนนี้เองเพียงแต่เรียกรูทีนที่มีอยู่ในระบบปฏิบัติการมาใช้ ตัวอย่างของรูทีนเหล่านี้ เช่น งานทางด้านอินพุต-เอาต์พุต ระบบปฏิบัติการของระบบใหญ่ ๆ จะแยกรูทีนทางด้านอินพุต-เอาต์พุตไว้ต่างหากอีกส่วนหนึ่งเรียกว่า ไอโอซีเอส (Input/Output Control System : IOCS) รูทีนต่าง ๆ เหล่านี้ถูกเก็บไว้ในหน่วยของความจำส่วนของระบบปฏิบัติการ แต่ระบบปฏิบัติการมีการป้องกันตัวเองโดยไม่ยอมให้ผู้ใช้รูล้ำเข้าไปเพื่อแก้ไขคำสั่งเหล่านั้น ปัญหาในระบบปฏิบัติการจะยอมให้ผู้ใช้เรียกใช้รูทีนเหล่านี้ได้โดยผ่านคำสั่งเรียกระบบ (System Call) คำสั่งเรียกระบบเป็นจุดที่ระบบปฏิบัติการ ยอมให้โปรแกรมของผู้ใช้เข้ามาเข้าไปขอใช้โปรแกรมในส่วนของไอโอซีเอสของระบบปฏิบัติการได้ แต่แก้ไขใด ๆ ไม่ได้

## ระบบมัลติโปรแกรมมิ่ง

การทำงานของโปรแกรมส่วนมากจะเสียเวลาไปกับการทำงานด้านอินพุต เอาต์พุต ซึ่งเป็นงานที่ไม่ต้องใช้ซีพียู ดังนั้น เวลาที่ใช้ซีพียูจริง ๆ มีน้อยมากในระบบโปรแกรมเดี่ยว ช่วงเวลาที่โปรแกรมรอการทำงานของรูทีนด้านอินพุต-เอาต์พุต ซีพียูจะว่าง (Idle) ไม่ได้ทำงานใด ๆ ดังนั้นในช่วงเวลานี้ถ้าอนุญาตให้อาโปรแกรมอื่นมาใช้งานซีพียูได้ เราก็จะใช้ซีพียูได้คุ้มค่างับราคาที่แพงและความสามารถของมัน จากความคิดนี้จึงมีการสร้างคอมพิวเตอร์ที่สามารถรัน (Run) โปรแกรมได้หลาย ๆ โปรแกรมในเวลาเดียวกัน เราเรียกระบบการทำงานของคอมพิวเตอร์แบบนี้ว่า ระบบมัลติโปรแกรมมิ่ง หรือระบบหลายโปรแกรม

เมื่อคอมพิวเตอร์สามารถรันโปรแกรมได้หลายโปรแกรมพร้อม ๆ กัน จะมีความจำเป็นต้องมีการแบ่งหน่วยความจำออกเป็นส่วน ๆ สำหรับแต่ละโปรแกรมเพื่อไม่ให้ปะปนกัน และเพื่อให้รันโปรแกรมได้หลายโปรแกรม การทำงานของระบบปฏิบัติการจะมีความยุ่งยากซับซ้อนขึ้น นอกจากระบบปฏิบัติการจะต้องป้องกันพื้นที่หน่วยความจำของตัวเองจากโปรแกรมของผู้ใช้แล้ว มันยังต้องป้องกันพื้นที่หน่วยความจำของแต่ละโปรแกรมจากโปรแกรมอื่น ๆ ในระบบอีกด้วย

หลักการของระบบมัลติโปรแกรมมิ่งคือ การให้มีโปรแกรมอยู่ในหน่วยความจำหลักพร้อมที่จะถูกประมวลผลหลาย ๆ โปรแกรมระบบปฏิบัติการจะเลือกโปรแกรมมาหนึ่ง โปรแกรมให้หน่วยประมวลผลกลางทำการประมวลผลไปเรื่อย ๆ ในที่สุดโปรแกรมนั้นอาจจะต้องหยุดคอยอะไรสักสิ่งหนึ่ง เช่น รอให้พนักงานคุมเครื่องใส่เทปแม่เหล็กเข้าตู้เทป หรือรอให้อุปกรณ์อินพุตอ่านข้อมูลชุดถัดไปเข้ามา ซึ่งในลักษณะมัลติโปรแกรมมิ่งนี้ หน่วยประมวลผลกลางจะไม่อยู่เฉย โดยระบบปฏิบัติการจะเลือกงานอื่นที่พร้อมจะถูกนำมาให้หน่วยประมวลผลกลางทำการดำเนินการต่อได้ หน่วยประมวลผลกลางจะเปลี่ยนไปทำงานที่พร้อมจะให้ทำ ทำเช่นนี้เรื่อย ๆ ไป และในที่สุดงานแรกที่ค้างไว้จะกลับมาพร้อมให้ทำอีก เนื่องจากสิ่งที่รออยู่นั้นถูกดำเนินการผ่านไปแล้ว ซึ่งเมื่อหน่วยประมวลผลกลางว่าง ก็จะหันกลับมาทำงานแรกนั้นต่อไป

	Monitor
	Job 1
	Job 2
	Job 3
512 K	Job 4

รูปที่ 1.3 การจัดหน่วยความจำแบบมัลติโปรแกรมมิ่ง

ลักษณะของระบบมัลติโปรแกรมมิ่ง มีตัวอย่างเห็นได้ชัดเจนในการทำงาน โดยทั่วไป เช่น ผู้จัดการฝ่ายขายส่งพนักงานขายคนหนึ่งให้ติดต่อกับ ผู้จัดการของบริษัทคู่ค้าแห่งหนึ่ง ขณะที่พนักงานขายคนนั้นกำลังโทรศัพท์ติดต่อกับผู้จัดการของบริษัทคู่ค้านั้น ผู้จัดการฝ่ายขายผู้นั้นก็สามารถทำงานอื่น ๆ ก่อนได้ รอจนพนักงานขายติดต่อดีแล้ว จึงมาคุยโทรศัพท์กับผู้จัดการของบริษัทคู่ค้านั้น

อาจถือได้ว่า ระบบมัลติโปรแกรมมิ่ง เป็นต้นกำเนิดของศาสตร์ทางระบบปฏิบัติการก็ได้ เนื่องจากระบบมัลติโปรแกรมมิ่งไม่ว่าจะเป็นแบบใดจะซับซ้อนมาก การที่ทำงานหลาย ๆ งานพร้อม ๆ กัน ระบบปฏิบัติการต้องคอยควบคุมและจัดการทรัพยากรต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ เช่น การจัดสรรเนื้อที่ในหน่วยความจำหลักที่มีจำกัดให้แก่งานเหล่านั้น และต้องสลับหลักฐานต่าง ๆ เมื่อมีงานหลาย ๆ งาน พร้อมทั้งจะทำการประมวลผลและรวมถึงการจัดการอุปกรณ์รอบข้างให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานสูงสุด นอกจากนี้ความต้องการทรัพยากรของงานต่าง ๆ อาจเกิดความขัดแย้งและสับสนในลักษณะที่เรียกว่า ติดตาย (Deadlock) ซึ่งระบบปฏิบัติการจำเป็นต้องหาทางป้องกันหรือแก้ไข และเมื่อมีการทำงานพร้อม ๆ กันหลายงานก็ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของงานแต่ละงานเหล่านี้ เป็นต้น

วิธีการทำให้คอมพิวเตอร์สามารถทำโปรแกรมได้หลายโปรแกรมมีอยู่หลายแบบ เราจัดประเภทของการทำมัลติโปรแกรมมิ่งไว้ดังนี้

### 1. มัลติโปรแกรมมิ่งแบบแบ่งหน่วยความจำ (Partition Multiprogramming)

การทำระบบมัลติโปรแกรมมิ่งประเภทนี้ ในหน่วยความจำจะมีโปรแกรมหลายโปรแกรมอยู่พร้อมกันโดยแบ่งหน่วยความจำเป็นส่วน ๆ ในแต่ละส่วน จะมีโปรแกรมเพียงโปรแกรมเดียว โปรแกรมต่าง ๆ จะครอบครองหน่วยความจำแบบต่อเนื่องในส่วนที่มันครอบครอง ระบบนี้อาจแบ่งแยกต่อไปได้อีก 2 ประเภท

- การแบ่งหน่วยความจำขนาดคงที่
- การแบ่งหน่วยความจำขนาดไม่คงที่

### 2. มัลติโปรแกรมมิ่งแบบสลับหน่วยความจำ (Multiprogramming With Storage Swapping)

ในการทำมัลติโปรแกรมมิ่ง โปรแกรมของผู้ใช้จะอยู่ในหน่วยความจำจนกระทั่งโปรแกรมนั้นเสร็จสิ้นลง แต่วิธีสลับหน่วยความจำนี้จะมีลักษณะต่างกันไปคือ ในขณะเวลาใดเวลาหนึ่งจะมีโปรแกรมของผู้ใช้อยู่ในหน่วยความจำเพียงโปรแกรมเดียว โปรแกรมนี้จะทำงานและอยู่ในหน่วยความจำในระยะเวลาสั้น ๆ เท่านั้น จากนั้นระบบปฏิบัติการจะนำโปรแกรมออกไปจากหน่วยความจำ เรียกว่า สลับออก (Swapped Out) และนำโปรแกรมใหม่เข้ามาใช้หน่วยความจำและทำงานแทน เรียกว่า สลับเข้า (Swapped In) โปรแกรมใหม่จะอยู่ในหน่วยความจำเป็นระยะเวลา

สั้น ๆ เช่นกัน ระบบปฏิบัติการจะทำเช่นนี้กับโปรแกรมทุก ๆ โปรแกรมที่กำลังทำงานอยู่ในขณะนั้น ดังนั้นโปรแกรมต่าง ๆ จะวนกลับมาทำงานหลาย ๆ ครั้งจนกระทั่งโปรแกรมเสร็จสิ้นทำงาน

### ระบบการแบ่งเวลา

เป็นระบบการประมวลผลข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำให้ผู้ใช้หลาย ๆ คนสามารถทำงานด้วยการแบ่งเวลาการใช้ซีพียูโดยการทำงานผ่านทางเทอร์มินัล (Terminal) ซึ่งเป็นสถานีรับส่งข้อมูลที่ใช้ในการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับคอมพิวเตอร์ และระบบสามารถจัดสรรหน่วยความจำให้ผู้ใช้แต่ละคนตามความต้องการของแต่ละงาน

ลักษณะการทำงานแบบแบ่งเวลานี้ จะมีเทอร์มินัลหลาย ๆ ตัว ซึ่งอาจเป็นแบบจอทีวีหรือแบบเป็นพิมพ์ก็ได้ ซึ่งผู้ใช้หลาย ๆ คนสามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์พร้อมกันได้ โดยที่ส่วนของหน่วยความจำในคอมพิวเตอร์จะถูกแบ่งไว้เป็นส่วน ๆ ทำหน้าที่บริการผู้ใช้เทอร์มินัล ตามความเป็นจริงแล้ว คอมพิวเตอร์ไม่สามารถทำงานพร้อม ๆ กันได้ คือคอมพิวเตอร์จะทำที่ละงานของแต่ละผู้ใช้ โดยแบ่งเวลาการใช้ ซีพียูให้กับผู้ใช้คนละช่วงเวลาสั้น ๆ ซึ่งการใช้ระบบแบ่งเวลานี้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถแบ่งเวลาให้กับผู้ใช้แต่ละเทอร์มินัล โดยที่เครื่องทำงานเพียง 1/20 วินาที ต่อผู้ใช้ 1 คน ดังนั้นผู้ใช้จึงรู้สึกว่าได้รอคอยการทำงานของคอมพิวเตอร์ เหมือนกับได้ใช้คอมพิวเตอร์พร้อม ๆ กันในเวลาเดียวกัน

ระบบการประมวลผลแบบแบ่งเวลา โดยคอมพิวเตอร์จะต้องจัดการสื่อสารแบบออนไลน์ (On-Line) ระหว่างผู้ใช้กับระบบ ผู้ใช้ป้อนคำสั่งหรือโปรแกรมเข้าไปในระบบโดยตรงผ่านทางเทอร์มินัล และระบบจะทำการประมวลผลและตอบสนองทันที โดยปกติคีย์บอร์ดถูกใช้ในการป้อนข้อมูล เครื่องพิมพ์หรือจอภาพใช้ในการแสดงผลลัพท์ เมื่อประมวลผลคำสั่งเสร็จหนึ่งคำสั่งมันจะค้นหาคำสั่งควบคุมจากผู้ใช้คีย์บอร์ดซึ่งเป็นผู้ป้อนคำสั่งและรอการตอบสนองและตัดสินใจทำคำสั่งถัดไป ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ ระบบส่วนใหญ่จะมีการตอบสนองแบบโต้ตอบทันทีกับการสร้างเอกสาร (Interactive Text Editor) สำหรับโปรแกรม และมีการตอบสนองแบบโต้ตอบทันทีกับการแก้ไข (Interactive Debugger) ข้อมูลหรือโปรแกรม

ระบบการแบ่งเวลาจะอนุญาตให้หลาย ๆ ผู้ใช้สามารถใช้คอมพิวเตอร์ตัวเดียวกัน เพราะแต่ละกิจกรรมหรือคำสั่งในระบบประมวลผลแบบแบ่งเวลาจะสั้น และใช้เวลาในการประมวลผลสำหรับแต่ละผู้ใช้น้อย เพราะมีการสลับการทำงานอย่างรวดเร็วของคอมพิวเตอร์ ทำให้ผู้ใช้รู้สึกเหมือนกับใช้คอมพิวเตอร์เพียงคนเดียวในขณะที่คอมพิวเตอร์กำลังถูกใช้งานโดยผู้ใช้อื่น ๆ อีกหลายคน



ความคิดเกี่ยวกับระบบการประมวลผลแบบแบ่งเวลาเริ่มขึ้นในต้นปี 1960 แต่ในขณะนั้นระบบการประมวลผลแบบแบ่งเวลายังเป็นระบบที่ยากและต้นทุนในการสร้างแพง จึงไม่เป็นที่นิยมใช้ จนกระทั่งต้นปี 1970 ระบบการประมวลผลแบบแบ่งเวลาเริ่มเป็นที่นิยม กลุ่มนักวิจัยจึงพยายามที่จะรวมแบทไฟล์กับระบบแบ่งเวลาเข้าด้วยกัน ระบบคอมพิวเตอร์ที่ถูกรวบรวมเป็นแบทไฟล์ในช่วงเริ่มต้นถูกแก้ไขให้เป็นแบบระบบย่อยของแบบแบ่งเวลา ในขณะเดียวกัน ระบบแบ่งเวลายังถูกรวมเข้ากับระบบย่อยของแบทไฟล์ ปัจจุบันระบบส่วนใหญ่ถูกประมวลผลทั้งแบบแบทไฟล์และแบบแบ่งเวลา ถึงแม้ว่าโดยพื้นฐานแล้วจะถูกออกแบบสำหรับผู้ใช้คนเดียวหรือผู้ใช้หลายคน

การปฏิบัติงานอันชาญฉลาดแบบแบ่งเวลา เป็นการทำงานแบบขนานของโปรแกรมหลาย ๆ โปรแกรมในระบบคอมพิวเตอร์ รวมถึงการทำงานแบบมัลติโปรแกรมมิ่ง โดยทั่วไปงานจะเก็บไว้ในหน่วยความจำแห่งเดียว ซึ่งต้องอาศัยการจัดการป้องกันหน่วยความจำ และการจัดตารางเวลาการทำงานของซีพียูเป็นอย่างดี ดังนั้นเราจึงสามารถประหยัดเวลาสำหรับงานที่สลับเข้าออกระหว่างหน่วยความจำหลักกับหน่วยความจำสำรองซึ่งจะเป็นการช่วยรักษาข้อมูลและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของหน่วยความจำหลัก ดังนั้นระบบการทำงานแบบมัลติโปรแกรมมิ่งและระบบแบ่งเวลายังเป็นหัวใจสำคัญของการประมวลผลของระบบคอมพิวเตอร์ทำในยุคต่อ ๆ มา

### ระบบตอบสนองฉับพลัน

ในงานประมวลผลบางประเภทมีความต้องการในอัตราตอบสนองสูงมาก นั่นคือเมื่อมีข้อมูลเข้าสู่ระบบเครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องประมวลผลให้เสร็จสิ้นและส่งผลลัพธ์ออกไปให้รวดเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพราะงานที่ใช้ระบบประเภทนี้เป็นงานที่วิกฤตในด้านการตอบสนองอย่างเร่งด่วน ซึ่งโดยปกติจะมักจะใช้เป็นการควบคุมเครื่องจักรกล เพราะการควบคุมประเภทนี้ต้องกระทำให้ทันกับสภาพที่แปรผันไปในระบบงาน มิเช่นนั้นงานจะเสียหายได้ ตัวอย่างง่าย ๆ เช่น การควบคุมน้ำเข้าถัง จะเก็บข้อมูลที่เข้ามาจะเป็นสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจสอบระดับน้ำ (เช่น ลูกลอย) ซึ่งหากน้ำเต็มถึงเครื่องคอมพิวเตอร์ต้องประมวลผลออกเป็นผลลัพธ์ในลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าไปควบคุมให้เครื่องสูบน้ำเข้าถังหยุดทำงาน

งานประเภทระบบตอบสนองฉับพลัน (Real-Time System) นี้คำนึงถึงอัตราตอบสนองเหนือสิ่งอื่นใด ลักษณะการใช้หน่วยประมวลผลกลางจึงมักจะมีประสิทธิภาพต่ำมาก เพราะหน่วยประมวลผลกลางต้องว่างตลอดเวลา เพื่อที่จะได้ประมวลงานได้ทันทีเมื่อมีข้อมูลเข้ามา ในลักษณะนี้หน่วยงานที่ควบคุม จะกำหนดให้งานประเภทที่มีความสำคัญสูงสุดมีสิทธิ์เข้าใช้คอมพิวเตอร์ก่อนงานประมวลผลอื่น ๆ ตัวอย่างของงานประเภทนี้ได้แก่ การบันทึกข้อมูลสำหรับการทดสอบทางวิทยาศาสตร์ การตรวจสอบดูแลคนไข้ การควบคุมระบบโรงงาน เป็นต้น

## ระบบกระจาย

ระบบกระจาย เป็นการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ที่มีการกระจายการประมวลผลระหว่างโปรเซสเซอร์ (Processors) หลาย ๆ ตัว มีหลักสำหรับการสร้างระบบบนพื้นฐานที่สำคัญ 2 ประการคือ

1. ระบบคู่ขนานสัมพันธ์แบบแน่น (Tightly Coupled System) คือระบบการประมวลผลที่มีหลายโปรเซสเซอร์โดยที่แต่ละโปรเซสเซอร์มีการใช้ทรัพยากรหลัก ๆ ร่วมกัน เช่น หน่วยความจำและสัญญาณสำหรับควบคุมการทำงานต่าง ๆ ของคอมพิวเตอร์แต่ละตัว รวมทั้งการติดต่อสื่อสารภายในของระบบ

2. ระบบคู่ขนานสัมพันธ์แบบอิสระ (Loosely Coupled System) คือระบบการประมวลผลที่มีหลายโปรเซสเซอร์โดยที่แต่ละโปรเซสเซอร์มีการใช้ทรัพยากรหลัก ๆ ของตัวเองอย่างเป็นอิสระ คือโปรเซสเซอร์ไม่ได้แบ่งหน่วยความจำหรือสัญญาณสำหรับควบคุมการทำงานต่าง ๆ ของคอมพิวเตอร์ร่วมกัน ทุกโปรเซสเซอร์ มีการติดต่อสื่อสารซึ่งกันและกันโดยการสื่อสารทางสายสัญญาณต่าง ๆ เช่น สายความเร็วสูงหรือสายโทรศัพท์ หรือระบบเชื่อมต่อแบบไร้สาย ระบบนี้มักจะใช้เป็นพื้นฐานระบบกระจาย

โปรเซสเซอร์ในระบบกระจายแต่ละโปรเซสเซอร์ อาจมีคุณสมบัติแตกต่างกันทั้งขนาดและหน้าที่การทำงานของโปรเซสเซอร์ อาจรวมถึงไมโครโปรเซสเซอร์ขนาดเล็ก เวิร์กสเตชัน มินิคอมพิวเตอร์ และระบบคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ทั่วไป

เหตุผลสำหรับการสร้างระบบกระจาย ประกอบด้วย

1. การใช้ทรัพยากรร่วมกัน (Resource Sharing) ในระบบกระจายที่มีสถานปฏิบัติการณ์หรือเรียกว่าโหนดเชื่อมต่อกันหลาย ๆ โหนด ผู้ใช้ในแต่ละโหนดสามารถที่จะใช้ทรัพยากรร่วมกันจากโหนดอื่น ๆ ได้ ตัวอย่างเช่น ผู้ใช้ที่อยู่โหนด A สามารถที่จะใช้เครื่องพิมพ์จากโหนด B ได้ ในขณะเดียวกัน ผู้ใช้ที่อยู่โหนด B สามารถที่จะเข้าถึงไฟล์จากโหนด A ได้ โดยทั่วไปแล้วการใช้ทรัพยากรร่วมกันในระบบกระจาย ระบบปฏิบัติการจะต้องมีกลไกสำหรับการแบ่งปันการใช้ทรัพยากรร่วมกันจากโหนดระยะไกล เช่นการใช้ไฟล์ การประมวลผลข้อมูลในฐานข้อมูลแบบกระจาย การพิมพ์เอกสารจากโหนดระยะไกล การเรียกใช้ฮาร์ดแวร์จากระยะไกล และการใช้คำสั่งปฏิบัติการอื่น ๆ

2. การเพิ่มความเร็วในการประมวลผล (Computation Speedup) ในระบบการประมวลผลทั่ว ๆ ไป นั้นสามารถแบ่งส่วนการทำงานของหน่วยประมวลผลออกเป็นพาร์ติชันหลาย ๆ พาร์ติชันแล้วให้แต่ละพาร์ติชันทำการประมวลผลคู่ขนานไปพร้อม ๆ กัน แต่ในระบบแบบกระจายสามารถที่จะใช้วิธีการกระจายการประมวลผลไปยังโหนดต่าง ๆ แต่ละโหนด โดยให้ทุกโหนดสามารถทำ

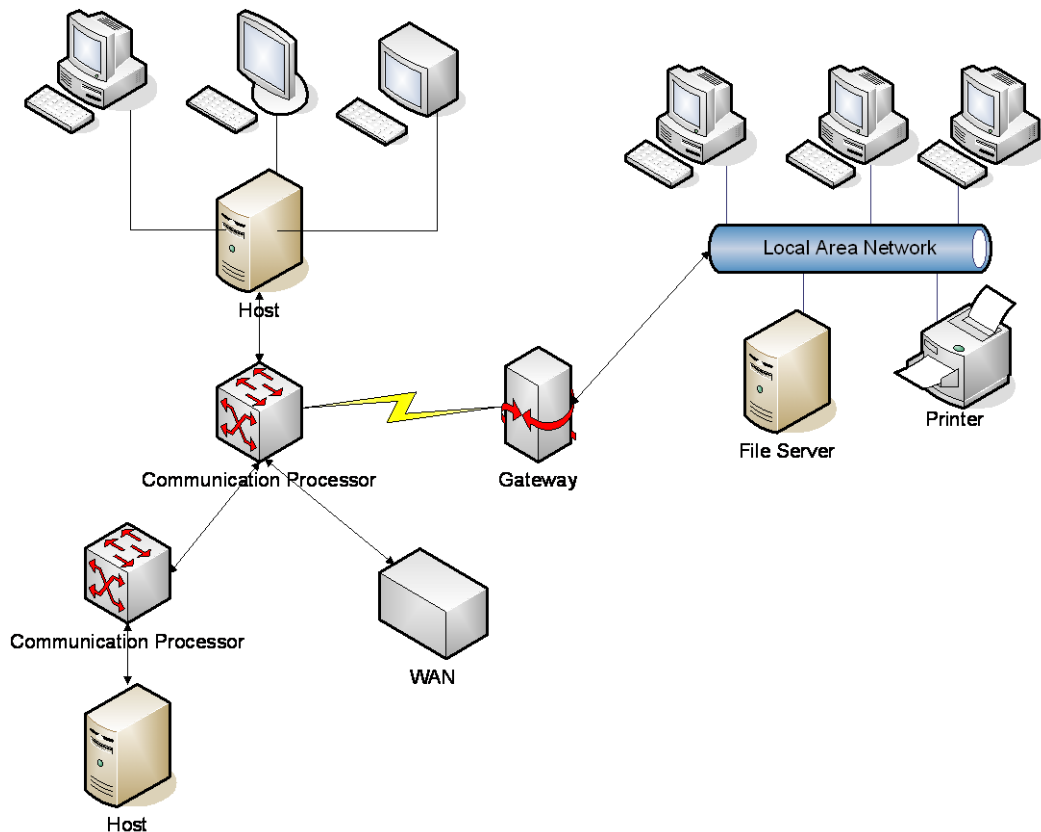
การประมวลผลงานไปพร้อม ๆ กันได้ และยังสามารถสร้างความสมดุลในการทำงาน คือถ้าโหนดใดมีงานที่ต้องประมวลผลมากเกินไป งานที่รอการประมวลผลอยู่นั้นสามารถที่จะย้ายไปประมวลผลที่โหนดอื่น ๆ ได้เพื่อให้การทำงานเสร็จเร็วขึ้น

3. ความน่าเชื่อถือ (Reliability) ในการทำงานของระบบแบบกระจาย ถ้าโหนดใดโหนดหนึ่งไม่สามารถทำงานได้ โหนดอื่นที่เหลือนั้นยังสามารถที่จะทำงานต่อไปได้ นั่นคือถ้าโหนดใดโหนดหนึ่งมีการหยุดทำงานด้วยเหตุผลใดก็ตาม จะต้องไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของโหนดอื่น ๆ ที่เหลือ ซึ่งระบบจะต้องมีกลไกในการตรวจหาโหนดที่หยุดการทำงานนั้น ๆ และจะต้องมีการดำเนินการแก้ไขให้โหนดที่หยุดทำงานนั้นสามารถทำงานได้ต่อไป

4. การติดต่อสื่อสาร (Communication) เมื่อหลาย ๆ โหนดมีการเชื่อมต่อกัน โดยผ่านเครือข่ายการติดต่อสื่อสาร ทำให้ผู้ใช้ที่อยู่แต่ละโหนดสามารถที่จะแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารกันได้ เช่น การส่งเมล การโอนถ่ายไฟล์และข้อมูล การเรียกใช้งานจากระยะไกล ซึ่งระบบแบบกระจายมีข้อดีคือช่วยให้ผู้ใช้สามารถส่งผ่านข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ในระยะห่างไกลได้ และช่วยลดข้อจำกัดของการทำงานในระยะไกล นอกจากนี้ยังมีผลต่อการทำงานในองค์กรในลักษณะของการลดขนาด (Downsizing) อีกด้วย

เครือข่ายการติดต่อสื่อสาร ในการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกัน จึงต้องมีการติดต่อสื่อสาร กันระหว่างระบบคอมพิวเตอร์โดยใช้เครือข่ายการสื่อสาร ตัวอย่างเช่นการติดต่อสื่อสารบนหน้าต่างหรือวินโดว์ (Windows) หนึ่ง มีการดำเนินการตั้งแต่แบ่งความถี่ข้อมูลหรือการถ่ายโอนข้อมูลระหว่าง วินโดว์ จะมีจำนวนสถานีที่มีการติดต่อซึ่งกันและกัน โดยระบบเครือข่ายของการติดต่อสื่อสาร จะมีกระบวนการที่แตกต่างกัน แต่ละสถานีมีโอกาที่จะเปลี่ยนข้อมูล ผู้ใช้อาจจะเริ่มจากการโอนถ่ายเพิ่มข้อมูลหรือติดต่อซึ่งกันและกันทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Mail) ผู้ใช้สามารถส่งจดหมาย ถึงผู้ใช้คนอื่นที่สถานีเดียวกัน หรือต่างสถานีกัน ในการติดต่อสื่อสารจะต้องมีการควบคุมโดยระบบปฏิบัติการ หรือกล่าวได้ว่า ระบบการกระจาย เป็นระบบที่ประกอบด้วยสถานีปฏิบัติการหรือโหนด ตั้งแต่ 2 โหนดขึ้นไป แต่ละโหนดเป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำ เป็นของตัวเอง มีฮาร์ดแวร์สำหรับการติดต่อสื่อสารและมีความสามารถในการควบคุม หน้าที่การทำงานบางส่วนของระบบปฏิบัติการเพื่อควบคุมระบบการติดต่อสื่อสารได้ ในแต่ละโหนดอาจจะมีบางโหนดที่มีระบบปฏิบัติการของมันเองและอาจวางระบบให้สามารถควบคุมระบบปฏิบัติการใหญ่ของระบบได้ สำหรับการติดต่อสื่อสาร แสดงให้เห็นตัวอย่างดังรูปที่ 1.4 โดยแสดงให้เห็นแผนผังของการติดต่อสื่อสารของระบบกระจาย ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มของระบบคอมพิวเตอร์หลายงานหลายขนาด ที่ทำการเชื่อมต่อกันระบบเครือข่ายการสื่อสารรวมกัน ระบบคอมพิวเตอร์ที่เป็นสถานีควบคุมการประมวลผลเรียกว่า

โฮสต์ (Host) และมีเครือข่ายย่อยเรียกว่าเครือข่ายท้องถิ่น (Local Area Network : LAN) ซึ่งประกอบด้วย เครื่องแม่ข่าย (File Server) และเครื่องลูกข่าย (Workstation) ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่เดียวกัน มีการเชื่อมโยงในเครือข่ายในระยะทางที่ไม่ไกลมากนัก เช่นระยะไม่เกิน 100 เมตร สำหรับเครือข่ายระยะไกลหรือเรียกว่า “WAN” (Wide Area Network : WAN) เป็นการเชื่อมโยงระบบเครือข่ายท้องถิ่นหรือโฮสต์หลาย ๆ ส่วนจากต่างสถานที่เข้าด้วยกัน โดยมีเกตเวย์ (Gateway) เป็นตัวจัดการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายท้องถิ่นกับเครือข่ายระยะไกล ซึ่งต้องมีโหนดที่ทำหน้าที่ในการสื่อสารที่เรียกว่า โปรเซสเซอร์ควบคุมการติดต่อสื่อสาร (Communication Processor : CP) เป็นตัวจัดการส่งถ่ายข้อมูลระหว่างกัน



รูปที่ 1.4 การเชื่อมต่อระบบคอมพิวเตอร์แบบระบบกระจาย

## ปฏิบัติการบทที่ 1

1. ให้นักศึกษาช่วยกันแสดงความคิดเห็นเสนอระบบปฏิบัติการที่นิยมใช้ในปัจจุบัน รวมถึงระบบปฏิบัติการดอส จากนั้นเลือกมา 6-8 เรื่องที่จะนำมาศึกษาเรียนรู้ เช่น ระบบปฏิบัติการWindows Mac Linux Android เป็นต้น
2. แบ่งกลุ่มนักศึกษา ออกเป็น 6-8 กลุ่มละ 4-5 คน กลุ่มละเท่า ๆ กัน ซึ่งการแบ่งกลุ่มนี้ให้ใช้ปฏิบัติการร่วมกันตลอดภาคการศึกษา
3. แต่ละกลุ่มทำการศึกษาระบบปฏิบัติการที่เลือกไว้กลุ่มละ 1 เรื่อง ที่ไม่ซ้ำกัน และให้มี 1 กลุ่มศึกษาระบบปฏิบัติการดอส
4. สืบค้นพื้นฐานการทำงานของระบบปฏิบัติการของแต่ละกลุ่มที่เลือกจากทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
5. แต่ละกลุ่มนำเสนอและแสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนความรู้เกี่ยวกับหน้าที่ของระบบปฏิบัติการแต่ละชนิด มีจุดเด่น จุดด้อย เหมือนกันและต่างกันอย่างไร

### คำถามท้ายบท

1. อธิบายความหมายและหน้าที่ ที่สำคัญของระบบปฏิบัติการ
2. ถ้าไม่มีระบบปฏิบัติการจะพบปัญหาการใช้งานคอมพิวเตอร์อย่างไรบ้าง
3. อธิบายการทำงานของระบบปฏิบัติการ ระบบประมวลผลแบบกระจาย
4. อธิบายการทำงานแบบ ออฟ-ไลน์ พร้อมยกตัวอย่าง
5. บัฟเฟอร์คืออะไร มีประโยชน์ในการทำงานในระบบคอมพิวเตอร์อย่างไรบ้าง
6. อธิบายการทำงานแบบมัลติโปรแกรมมิ่ง มีข้อดีมีอย่างไร
7. อธิบายการจัดการหน่วยความจำแบบมัลติโปรแกรมมิ่ง
8. อธิบายวิธีการของระบบแบ่งเวลา มีข้อดีมีอย่างไร
9. อธิบายข้อดีของระบบกระจาย
10. แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบปฏิบัติการที่นิยมใช้ในปัจจุบัน 3 ชนิด แต่ละชนิดมีจุดเด่น จุดด้อยอย่างไรบ้าง