ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบปฏิบัติการ

(Overview of Operating Systems)

คอมพิวเตอร์คืออะไร

- คอมพิวเตอร์ คือ อุปกรณ์ที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถรับข้อมูลและชุดคำสั่ง (Program) ในรูปแบบที่เครื่องรับได้ แล้วนำมาประมวลผล (Process) ข้อมูลตามชุดคำสั่งเพื่อแก้ปัญหา หรือทำการคำนวณที่สลับซับซ้อนจนได้ผลลัพธ์ตามต้องการ และยังสามารถบันทึกหรือแสดงผลลัพธ์เหล่านั้นได้

1.1 ประเภทของคอมพิวเตอร์

ประเภทของคอมพิวเตอร์อาจแบ่งได้เป็น 7 ประเภท ดังนี้

1. ซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ (Supercomputer)
2. เมนเฟรม (Mainframe)
3. มินิคอมพิวเตอร์ (Minicomputer)
4. ไมโครคอมพิวเตอร์ (Microcomputer)หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer : PC)
5. คอมพิวเตอร์ขนาดสุดบันทึก หรือ หรือ โน้ตบุค (Notebook Computer)
6. พีดีเอ (PDA-Personal Digital Assistant)
7. คอมพิวเตอร์เครือข่าย (Network computers/NC)

1. ซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ (Supercomputer)

- คอมพิวเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ ทำงานรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพสูง แต่มีราคาแพงที่สุด
- ใช้งานที่มีการคำนวณซับซ้อน เช่น การคำนวณทางวิทยาศาสตร์ การบิน อุตสาหกรรมน้ำมัน การคำนวณอุตุนิยมวิทยา และห้องปฏิบัติการต่างๆ ในภาครัฐและเอกชน
- ใช้หลักการมัลติโปรเซสซิง (Multiprocessing) = การใช้หน่วยประมวลผลหลายตัว เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถทำงานหลายงานพร้อมๆ กันได้
- ความเร็วจะมีการวัดเป็นเป็นหน่วยนาโนวินาที (Nano Second) = เศษหนึ่งส่วนพันล้านวินาที และจิกะฟลอป = การคำนวณในหนึ่งพันล้านครั้งต่อวินาที

2. เมนเฟรม (Mainframe)

- เครื่องคอมพิวเตอร์ที่นิยมใช้ในองค์กรขนาดใหญ่
- สามารถประมวลคำสั่งได้นับร้อยล้านครั้งในหนึ่งวินาที
- ใช้ในงานด้าน ธนาคาร ธุรกิจการบิน บริษัท และมหาวิทยาลัยต่างๆ
- เครื่องคอมพิวเตอร์ที่สามารถเชื่อมโยงกับเครื่องปลายทาง (Terminal) ได้จำนวนมาก

  Terminal = อุปกรณ์พ่วงต่อที่ผู้ใช้แต่ละคนใช้ทำงานกับคอมพิวเตอร์ในเวลาเดียวกัน

3. มินิคอมพิวเตอร์ (Minicomputer)

- เครื่องคอมพิวเตอร์ที่นิยมใช้ในองค์กรเล็ก
- ราคาไม่สูงนัก
- เครื่องคอมพิวเตอร์ที่สามารถเชื่อมโยงกับเครื่องปลายทาง (Terminal) ได้
- ใช้ในหน่วยงานเฉพาะด้าน เช่น ประมวลผลงานบัญชี ฯลฯ

ข้อแตกต่างของ Mainframe กับ Minicomputer

: Mainframe Computer จะใช้ต่อกับเครื่อง terminal ได้มากกว่า 10,000 เครื่อง

4. ไมโครคอมพิวเตอร์ (Microcomputer)

- คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะที่นิยมมากที่สุด หาซื้อง่าย ราคาไม่แพง ประยุกต์ใช้ได้ในงานหลายประเภท

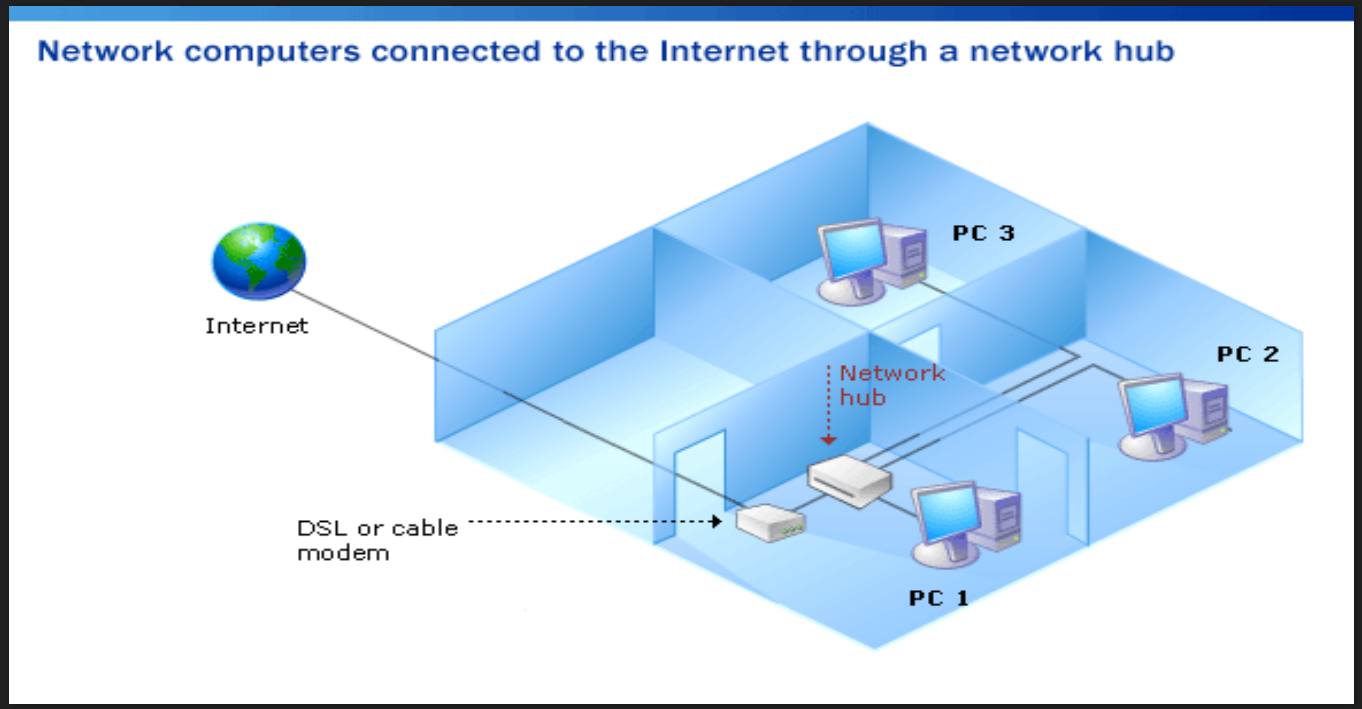
5. คอมพิวเตอร์ขนาดสมุดบันทึก (Notebook computer)

- คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่สามารถพกพาได้ ความสามารถเทียบเท่าคอมพิวเตอร์ PC

6. พีดีเอ (PDA-Personal Digital Assistant)

- คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถวางอยู่บนมือเดียว
- ใช้ปากกา Stylus เขียนข้อความบนหน้าจอเพื่อป้อนข้อมูลด้วยเทคโนโลยีการรับรู้ด้วยลายมือ (Hand writing recognition)
- พีดีเอที่นิยมใช้มี 2 แบบ คือ Palm และ Pocket PC

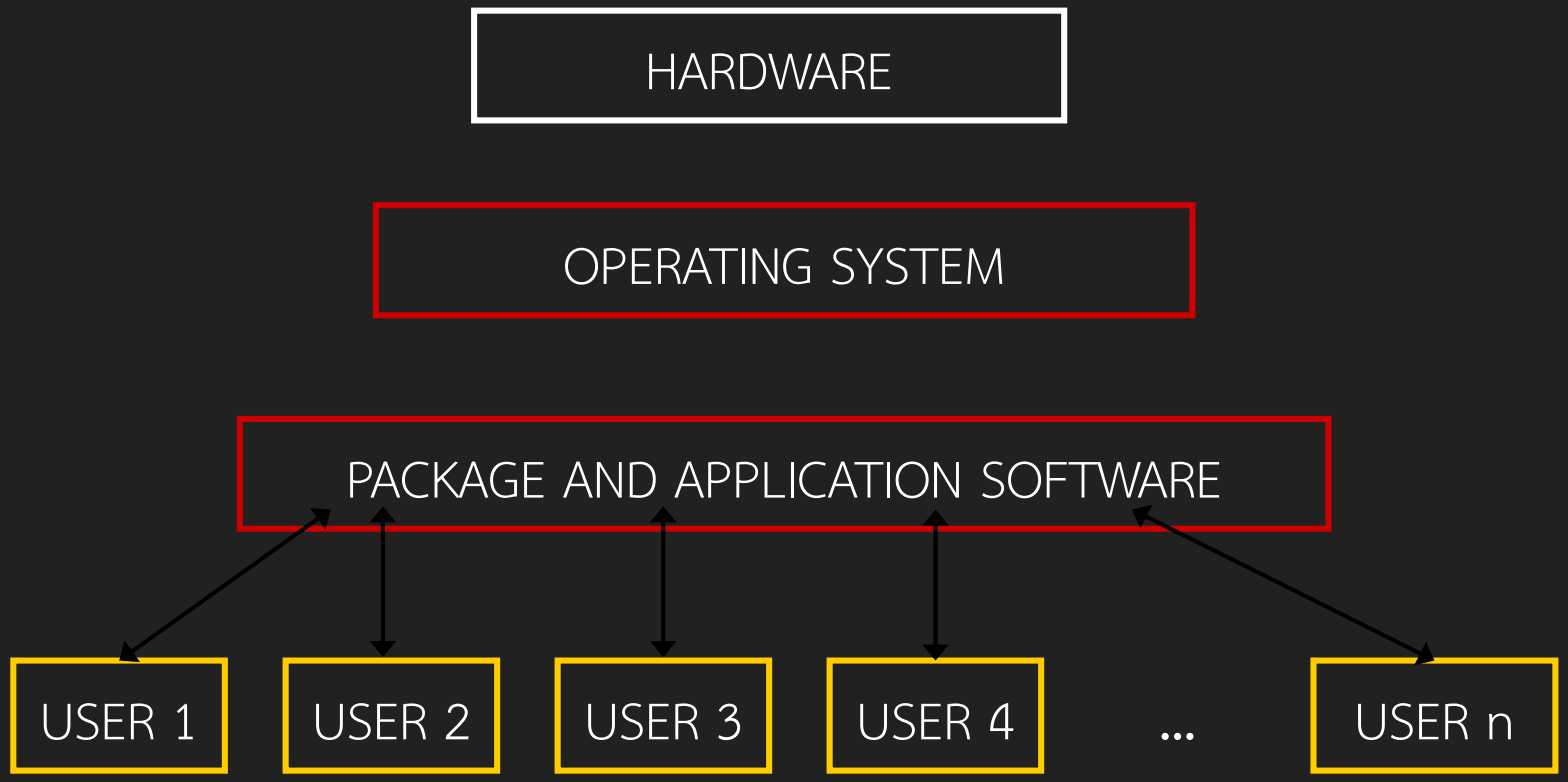
7. คอมพิวเตอร์เครือข่าย (Network computers/NC)

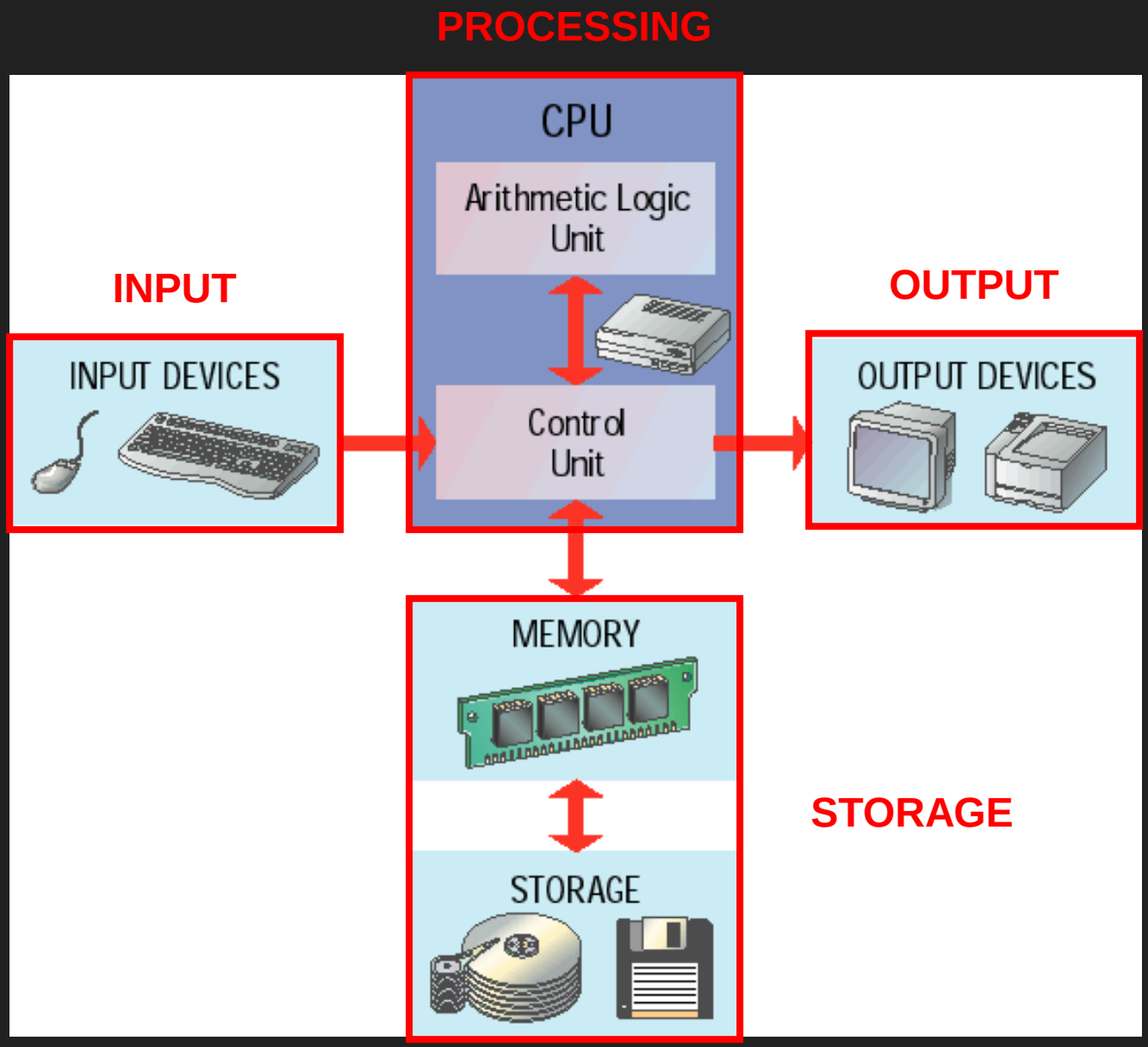


- เป็นคอมพิวเตอร์(อาจจะที่ไม่มีหน่วยเก็บข้อมูลสำรองในตัว) เป็นการประยุกต์ใช้เครื่อง PC ให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ ไม่ว่าจะเป็นใช้สายเชื่อมโดยตรงในอาคาร (LAN) หรือการเชื่อมระยะไกล (Internet)
- ราคาต่ำและค่าบำรุงรักษาน้อย

1.2 องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์

1. ฮาร์ดแวร์(Hardware)
2. ซอฟต์แวร์ (Software)
3. บุคลากร (Peopleware)
4. ข้อมูล (Data)
5. กระบวนการทำงาน (Procedure)


HARDWARE
OPERATING SYSTEM
PACKAGE AND APPLICATION SOFTWARE
USER 1
USER 2
USER 3
USER 4
...
USER n


PROCESSING
CPU
Arithmetic Logic Unit
INPUT
OUTPUT
INPUT DEVICES
Control Unit
OUTPUT DEVICES
MEMORY
STORAGE
STORAGE

ซอฟต์แวร์ (Software)

ซอฟต์แวร์สามารถแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1. ซอฟต์แวร์ระบบ (System Software) แบ่งเป็น
   - ระบบปฏิบัติการ (Operating System)
   - ตัวแปลภาษาคอมพิวเตอร์ (Translator)
   - โปรแกรมอรรถประโยชน์ (Utility Program)

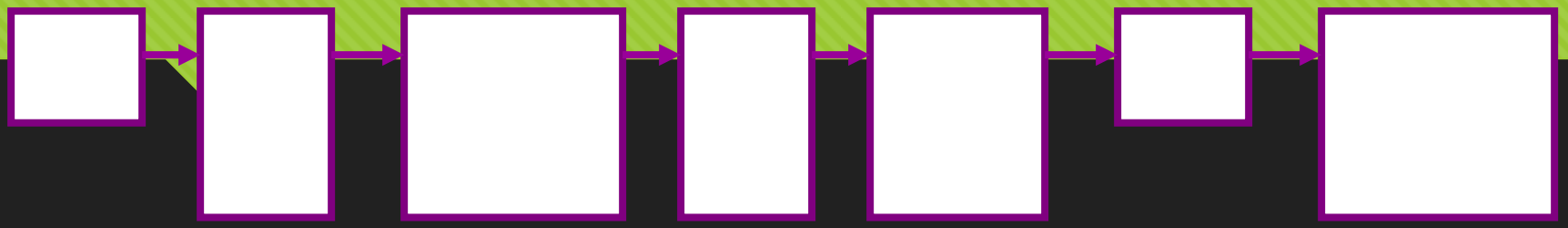
2. ซอฟต์แวร์ประยุกต์ (Application Software)แบ่งเป็น
   - ซอฟต์แวร์สำหรับงานเฉพาะด้าน (Special Purpose Software)
   - ซอฟต์แวร์สำหรับงานทั่วไป (General Purpose Software) / ซอฟต์แวร์สำเร็จรูป (Package Software)

บุคลากร (Peopleware)

สามารถแบ่งบุคลากรที่เกี่ยวข้องตาลักษณะงานได้ 6 ด้าน ดังนี้

1. ผู้ออกแบบและวิเคราะห์ระบบ (System Analysis and Design)
2. โปรแกรมเมอร์ (Programmer)
3. ผู้บริหารฐานข้อมูล (Database Administrator : DBA)
4. ผู้ปฏิบัติการ (Operator)
5. ผู้ใช้ (User)
6. ผู้บริหาร (Manager)

ข้อมูล (Data)



กระบวนการทำงาน (Procedure)

กระบวนการทำงาน (Procedure) = ขั้นตอนการทำงานที่ให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ อยู่ในรูปของ คู่มือผู้ใช้ (User Manual) และ คู่มือผู้ดูแลระบบ (Operation Manual)

1.3 ระบบปฏิบัติการ

- ระบบปฏิบัติการมีหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์และจัดสรรทรัพยากรเพื่อให้ระบบทำงานอย่างต่อเนื่อง
- ยุคแรกการใช้งานคอมพิวเตอร์เป็นเรื่องยุ่งยาก ผู้ใช้ต้องเรียนรู้ภาษาเครื่องเพื่อสั่งให้เครื่องทำงาน
- ตัวอย่าง ภาษาเครื่อง (Machine Language)

  111001 แทนการบวก

  100100 แทนการเก็บค่าลงในหน่วยความจำ

- ต่อมาเกิดรูปแบบภาษา Assembly เพื่อให้ใช้งานสะดวกยิ่งขึ้น

Assembly L.	Machine L.	ความหมาย
ADD	111001	การบวก
MOVE	010110	ย้ายค่า

- ปัจจุบันมีการพัฒนาภาษาระดับสูง (High Level Language) ทำให้ผู้เขียนโปรแกรมไม่จำเป็นต้องรู้โครงสร้างและการทำงานของเครื่อง

การเขียนโปรแกรมในอดีต

<u>ชุดคำสั่ง</u>

ประมวลลงทะเบียน และ การควบคุมเครื่อง

Programmer 1

โปรแกรม ลงทะเบียน

ระบบบริการการศึกษา

Programmer 2

โปรแกรม ตัดเกรด

<u>ชุดคำสั่ง</u>

ประมวลผลเกรด และ การควบคุมเครื่อง

การเขียนโปรแกรมในปัจจุบัน

Programmer 1

โปรแกรม ลงทะเบียน

ชุดคำสั่ง ประมวล ลงทะเบียน

ชุดคำสั่ง การควบคุมเครื่อง

OS

ระบบบริการการศึกษา

Programmer 2

โปรแกรม ตัดเกรด

ชุดคำสั่ง ประมวลผล

นิยามของระบบปฏิบัติการ

- ระบบปฏิบัติการ คือ โปรแกรมที่ช่วยในการจัดระเบียบในการอินเทอร์เฟซระหว่างผู้ใช้กับเครื่อง ตลอดจนการควบคุมอุปกรณ์ และจัดสรรทรัพยากรระบบให้ใช้งานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4 หน้าที่ของระบบปฏิบัติการ

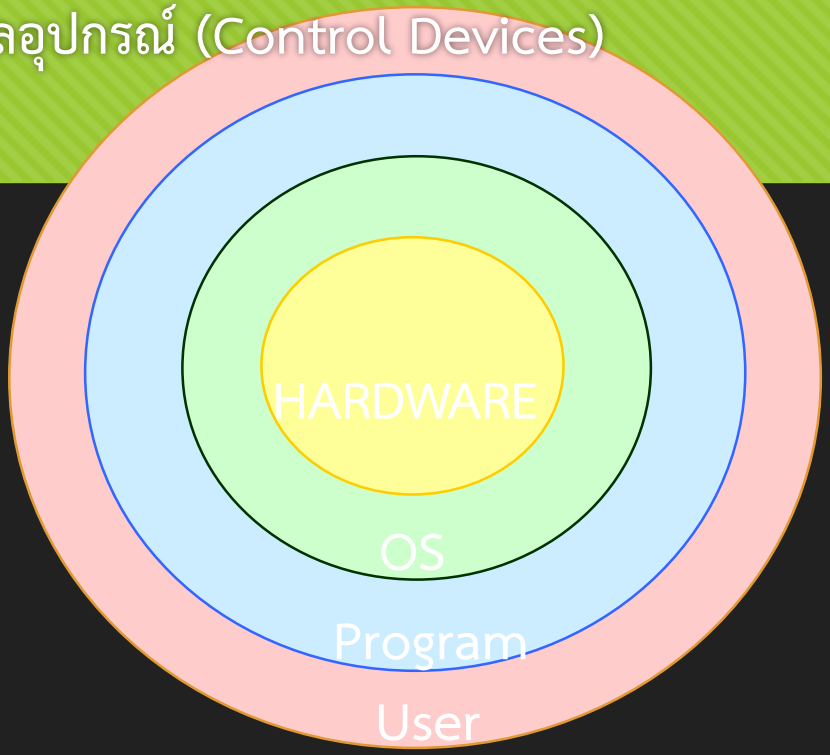
1. การติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface)
2. ควบคุมดูแลอุปกรณ์ (Control Devices)
3. จัดสรรทรัพยากรหรือรีซอร์สระบบ (Resources Management)

1. User Interface

- ติดต่อหรือสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานผ่าน
  - Keyboard ทาง Prompt ของระบบปฏิบัติการ DOS
  - Mouse ลากแล้วปล่อย ของระบบปฏิบัติการ Windows

- ระบบปฏิบัติการจะเป็นตัวกลาง เรียกใช้คำสั่งผ่าน System Call เพื่อให้ปฏิบัติสิ่งที่ต้องการ

2. ควบคุมดูแลอุปกรณ์ (Control Devices)



- ระบบปฏิบัติการ ทำหน้าที่ ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้ทำงานเป็นระบบ สอดคล้องกัน

- ระบบปฏิบัติการประกอบด้วยรูทีนย่อย/โปรแกรมย่อยที่ควบคุมอุปกรณ์แต่ละชนิด เราเรียกใช้รูทีนย่อยผ่าน System Call

3. จัดสรรทรัพยากร หรือ รีซอร์สระบบ (Resource Management)

- Resource คือสิ่งที่ถูกใช้ไปเพื่อให้โปรแกรมดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง
- ตัวอย่าง Resource เช่น CPU, Memory, Disk, I/O Device
- สาเหตุที่ต้องมีการจัดสรรทรัพยากร คือ
  1. ทรัพยากรระบบมีอย่างจำกัด
  2. ทรัพยากรมีหลายประเภท
- การจัดสรรทรัพยากรต้องจัดสรรที่มีอยู่อย่างจำกัดและหลายประเภทให้เกิดประโยชน์สูงสุด →ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว และได้งานเพิ่มขึ้น

1.5 วิวัฒนาการของระบบปฏิบัติการ

- ยุคแรก (ค.ศ.1945-1955) หลอดสุญญากาศ

  ไม่มีระบบปฏิบัติการ

- ยุคที่ 2 (ค.ศ.1955-1964) ทรานซิสเตอร์

  ระบบปฏิบัติการแบบ Batch Processing

- ยุคที่ 3 (ค.ศ.1965-1980) Integrated Circuit/IC

  ระบบปฏิบัติการแบบ Virtual Storage Single Mode

  ระบบปฏิบัติการ UNIX

- ยุคที่ 4 (ค.ศ.1980-ปัจจุบัน) VLSI

  ระบบปฏิบัติการแบบ Multi-mode ใช้คุณลักษณะ Virtual Machine

  ระบบปฏิบัติการมีให้เลือกใช้ได้มากขึ้น ตั้งแต่ UNIX LINUX DOS Windows 3.X Windows 95 Windows 98 Windows ME Windows NT Windows 2000 Windows XP

1.6 ระบบคอมพิวเตอร์

ระบบคอมพิวเตอร์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันสามารถแบ่งตามคุณสมบัติการทำงานได้ดังนี้

1. ระบบที่ไม่มีระบบปฏิบัติการ (Non Operating System)
2. ระบบงานแบบแบตช์ (Batch System)
3. ระบบงานแบบบัฟเฟอร์ (Buffer System)
4. ระบบงานแบบสพูลลิ่ง (Spooling System)
5. ระบบมัลติโปรแกรมมิ่ง (Multiprogramming)
6. ระบบแบ่งเวลา (Time-Sharing System)
7. ระบบเรียลไทม์ (Real-Time System)
8. ระบบคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer System)
9. ระบบเวอร์ชวลแมชีน (Virtual Machine)
10. ระบบมัลติโปรเซสเซอร์ (Multiprocessor System)
11. ระบบแบบกระจาย (Distributed System)
12. ระบบโต้ตอบฉับพลัน (Real-Time Systems)

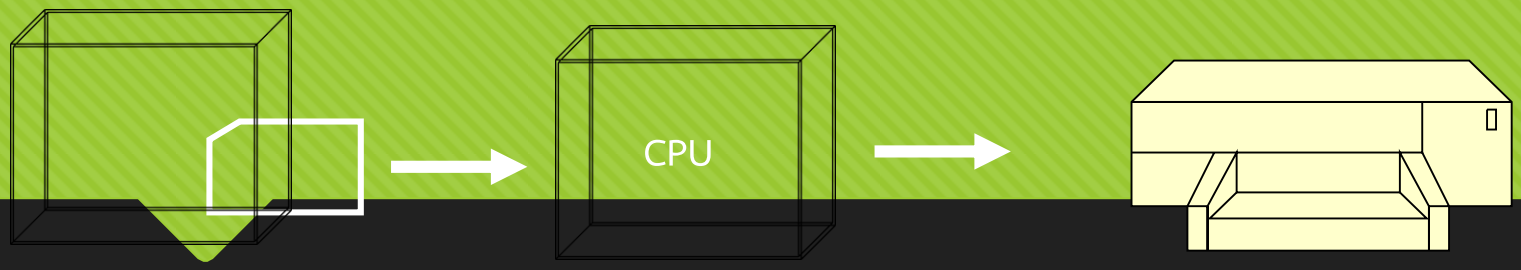
1. ระบบที่ไม่มีระบบปฏิบัติการ

ผู้ใช้ต้องเขียนโปรแกรมทั้งหมด

- เขียนการควบคุมเครื่อง เตรียมข้อมูล ทำงานตามโปรแกรม & ทำการตรวจสอบข้อผิดพลาด

2. ระบบงานแบบแบตช์ (Batch System)

- พัฒนา device นำข้อมูลเข้า (การ์ดเจาะรู, เทป) และ device นำข้อมูลออก (เครื่องพิมพ์,เทป,การ์ดเจาะรู)
- ผู้ใช้เตรียมข้อมูล + โปรแกรม (เขียนด้วยภาษา JCL) ที่เจาะลงการ์ด → ส่งต่อให้ Operator นำเข้าระบบ
- Operator ส่งข้อมูลเข้าระบบเป็นกลุ่มงาน (Batch)



<u>จุดด้อยของระบบ</u>

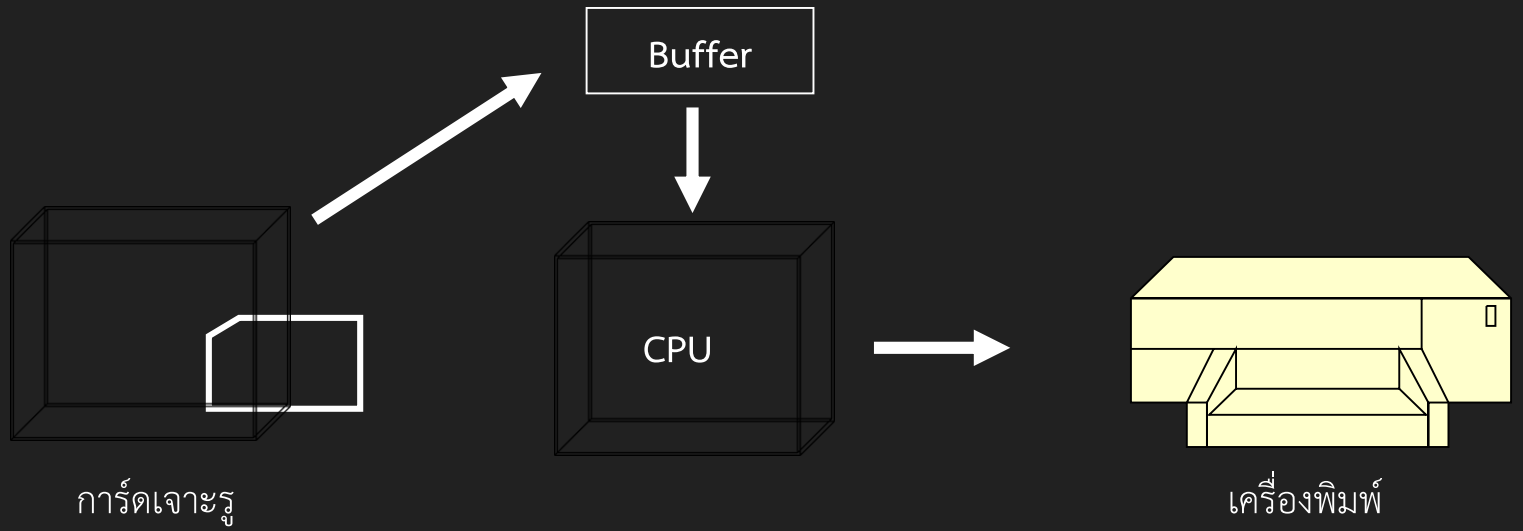
- ความเร็วของอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล (I/O Device =เครื่องกล) และ CPU (อิเล็กทรอนิกส์) แตกต่างกันมาก CPU ทำงานเร็วกว่า อุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล ทำให้ CPUต้องรออุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูลอ่านข้อมูลจนเสร็จ ทำให้ใช้ประโยชน์ CPU ได้ต่ำมาก

3. ระบบงานแบบบัฟเฟอร์ (Buffer System)

- พัฒนาหน่วยรับ-แสดงผลทำงานไปพร้อมๆ กับการทำงานของ CPU

<u>หลักการ</u>

- ขณะที่ CPU ประมวลผลคำสั่ง จะมีการ Load ข้อมูลมาไว้ที่หน่วยความจำ (buffer) ก่อน เมื่อถึงเวลาประมวลผล CPU จะ Load ข้อมูลเข้ามาประมวลผลต่อได้ทันที



- เป็นการทำให้เวลาในการประมวลผลและ Load ข้อมูลเข้ามาเท่ากัน มีการใช้ CPU ได้เต็มประสิทธิภาพ

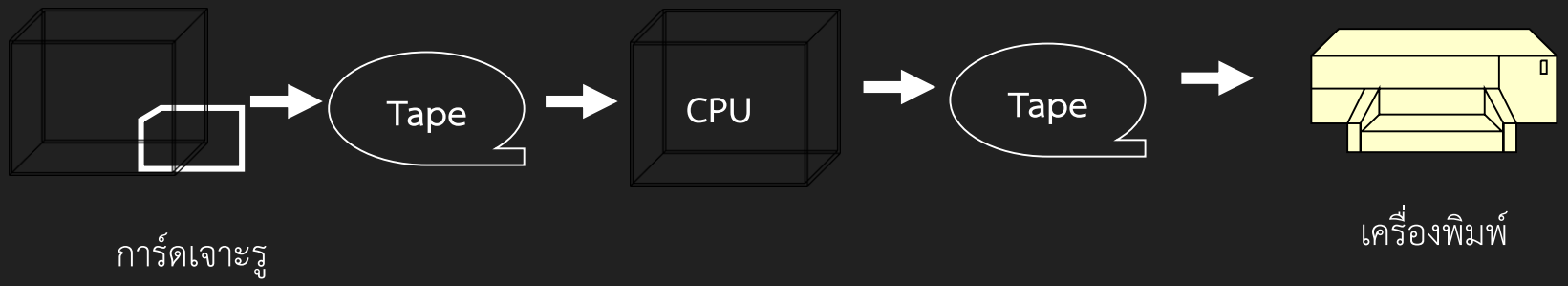
<u>จุดด้อยของระบบ</u>

- ขนาดบัฟเฟอร์ไม่เพียงพอ
- ความเร็วของอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล (I/O Device =เครื่องกล) และ CPU (อิเล็กทรอนิกส์) ไม่สัมพันธ์กัน เนื่องจาก ❶ CPU ทำงานเร็วกว่า อุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล ทำให้ CPUต้องรออุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูลอ่านข้อมูลจนเสร็จ ❷ ถ้างานที่ต้องใช้ CPU มาก ใช้อุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูลน้อย อุปกรณ์ต้องหยุดรอ CPU

4. ระบบงานแบบสพูลลิ่ง (Spooling System)

4.1 การพัฒนา Tape แม่เหล็ก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ CPU

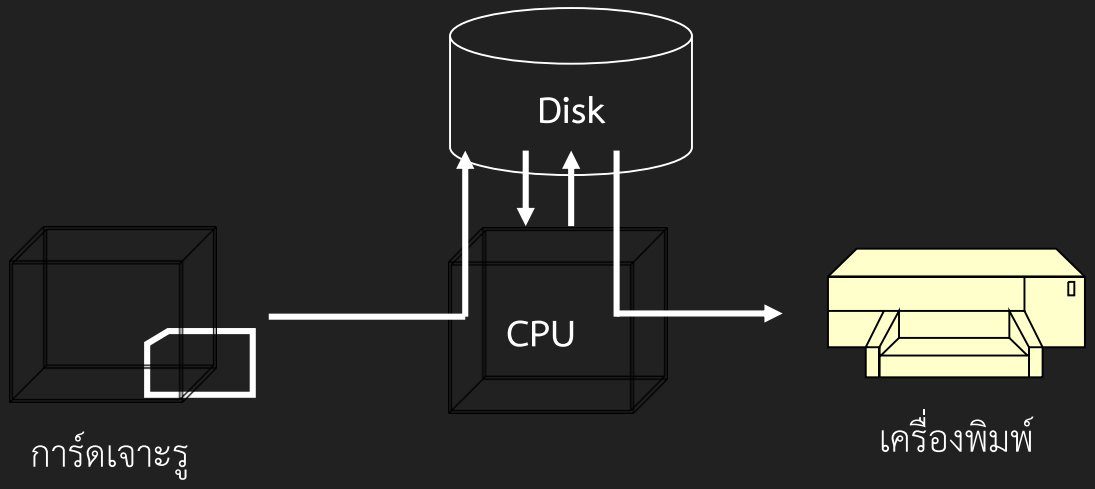
หลักการ



จุดด้อยของระบบ

- โปรแกรมทำงานผ่านขั้นตอนมากขึ้น
- ถ้าใช้ Tape ประมวลผล จะมีการ Load ข้อมูลจากเครื่องอ่านบัตรลงเทปไม่ได้
- การ access ข้อมูลใน Tape จะเป็นแบบ Sequential ซึ่งจะช้า

4.2 การพัฒนา Disk แม่เหล็กแทน Tape ซึ่ง Disk จะaccess ข้อมูลได้โดยตรงและทำงานได้ทันที<u>หลักการ</u>



- ดิสก์กับอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูลทำงานคู่ขนาน/Multiprogramming
- การทำงานของโปรแกรม 2 โปรแกรมพร้อมๆ กัน (Buffer เป็นการทำงานของโปรแกรมเดียวแต่ทำงานระหว่างประมวลผลและรับ-ส่งข้อมูลพร้อมๆ กัน)
- การ access ข้อมูลใน Disk จะเป็นแบบ Direct ซึ่งระบบจะเลือกงานเข้ามาทำตามความสำคัญ (Priority)

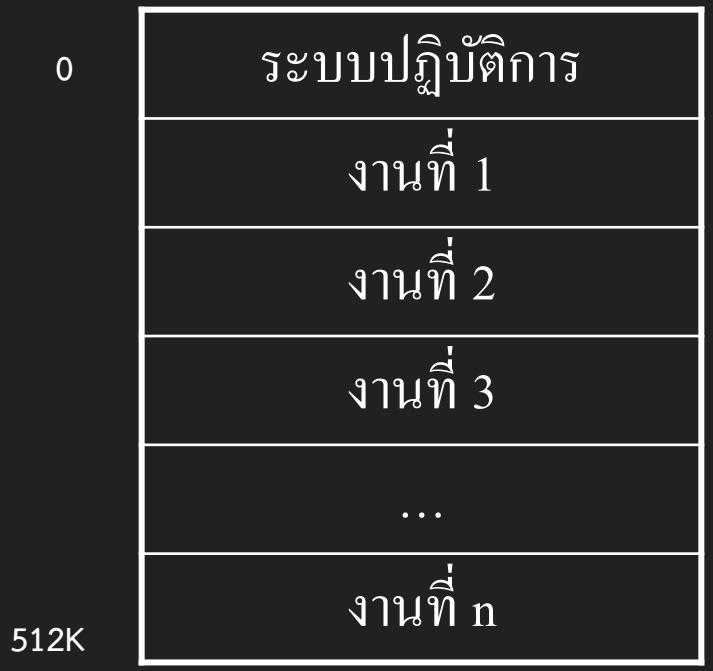
จุดด้อย

- การทำงาน 2 โปรแกรมพร้อมๆ กัน ถ้ามีการดึงข้อมูลจากการ์ด ก็ต้องมีการหยุดรอ เนื่องจากทำงานแบบ First-Come, First-Serve

5. ระบบมัลติโปรแกรมมิ่ง (Multiprogramming System)

หลักการ

- การ Load Program ไว้ในหน่วยความจำหลักได้ครั้งละหลายโปรแกรม พร้อมประมวลผลได้ทันที
- OS จะเลือกงานเข้าไปประมวลผลเรื่องๆ จนกว่าจะหยุดคอยงานบางอย่าง



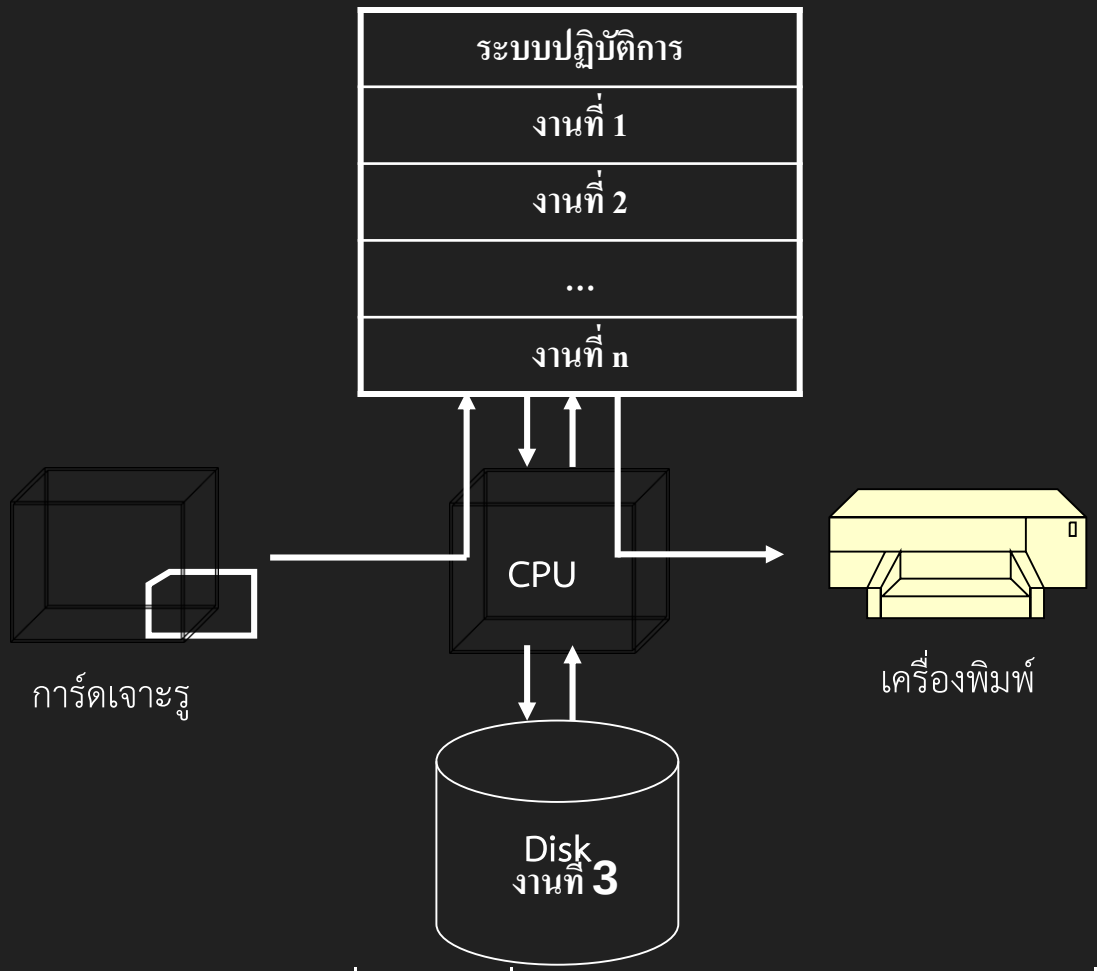
หลักการ(ต่อ)

- ช่วงหยุดรอ OS จะเลือกงานเข้าไปประมวลผลต่อทันที ทำเช่นนี้จนกว่าทุกงานจะเรียบร้อย
- ถ้าไม่ใช่ระบบมัลติโปรแกรมมิ่ง CPU ต้องหยุดรอ
- ระบบมัลติโปรแกรมมิ่งเป็นจุดกำเนิดศาสตร์ด้านระบบปฏิบัติการ
- ระบบมัลติโปรแกรมมิ่งจะต้องมีการควบคุมและจัดการองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ การจัดเวลา CPU การจัดการหน่วยความจำ การจัดการอุปกรณ์ รวมถึงการจัดการทรัพยากรกรณีที่เกิด deadlock การป้องกันระบบ และการรักษาความปลอดภัย

6. ระบบแบ่งเวลา (Time-Sharing System)

- พัฒนาเทคนิคการแบ่งเวลา (Time-Sharing)/Multitasking

  หลักการ
- ระบบที่สามารถทำงานได้หลายๆ งานในเวลาเดียวกัน
- CPU สับเปลี่ยนการทำงานไปมา แต่สับเปลี่ยนด้วนความเร็วสูง ผู้ใช้รู้สึกเหมือน interactive โดยตรงกับโปรแกรมตนเอง
- มีการจัดเวลา CPU และมัลติโปรแกรมมิ่งส่วนย่อยเพื่อติดต่อกับโปรแกรมที่ Load บนหน่วยความจำ
- ขณะที่ CPU ติดต่ออุปกรณ์ภายนอก แทนที่ CPU ต้องหยุดรอ OS จะสับให้ CPU ทำโปรแกรมส่วนอื่น



- มีการนำโปรแกรมเก็บบน disk เพิ่มเติม เพื่อให้เวลาตอบสนองอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม → การจัดการหน่วย ความจำเสมือน (Virtual Memory) เป็นเทคนิคที่ทำให้การประมวลผลดำเนินไปได้แม้มีหน่วยความจำไม่พอ

7. ระบบเรียลไทม์ (Real-Time System)

หลักการ

- ระบบที่สามารถตอบสนองได้ทันทีเมื่อได้รับอินพุตเข้าไป
- ระบบไม่เสียเวลาในการประมวลผล/เวลาในการประมวลผล = 0
- ในทางปฏิบัติ ทำได้แค่การลดเวลาการประมวลผลให้น้อยที่สุด/เวลาในการตอบสนองน้อยที่สุด
- ใช้กับระบบควบคุมกระบวนการทางอุตสาหกรรม

8. ระบบคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer System)

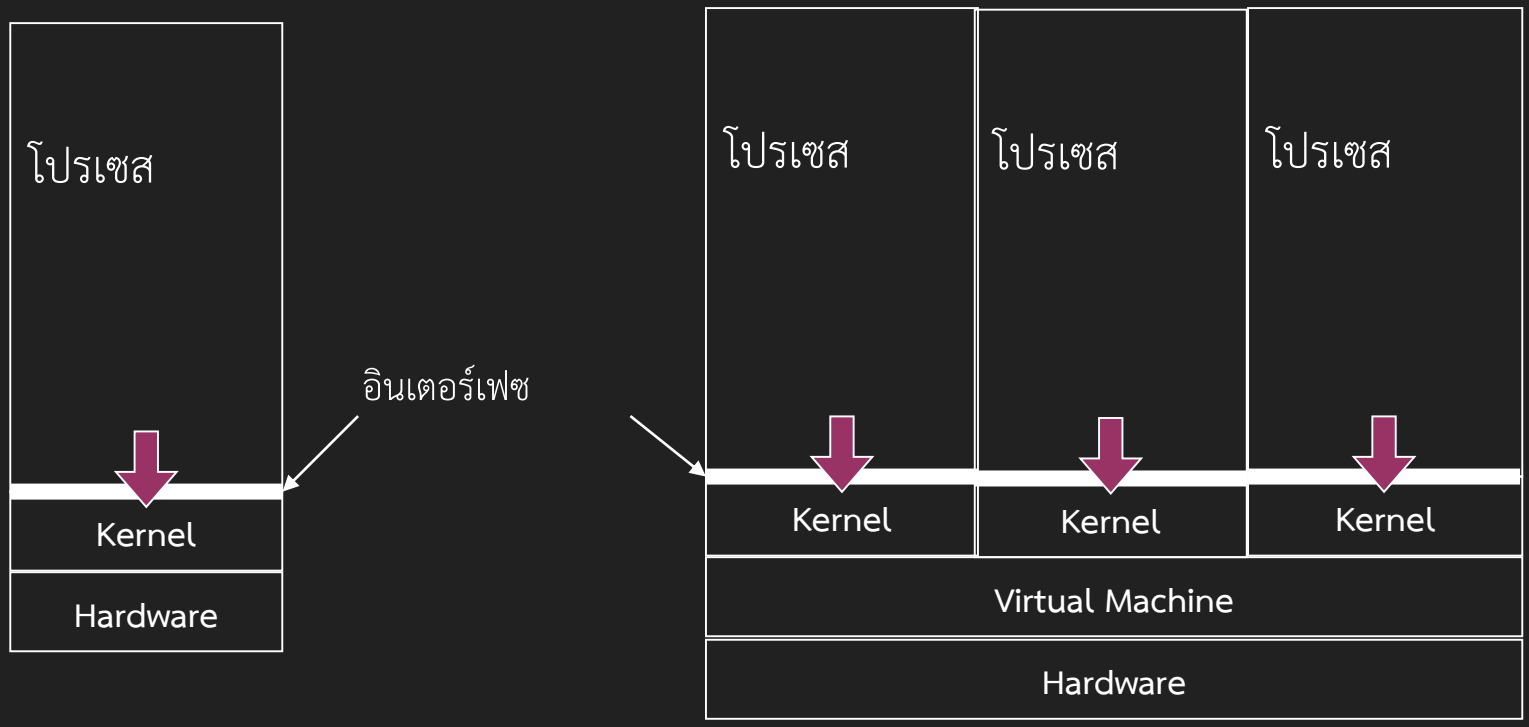
<u>หลักการ</u>

- ระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานคนเดียว
- ใช้ keyboard, เม้าส์ เป็นอุปกรณ์นำข้อมูลเข้า
- ใช้เครื่องพิมพ์ขนาดเล็ก, จอภาพ เป็นอุปกรณ์นำข้อมูลออก
- OS : CP/M → DOS → Windows 3.x → Windows 95 → Windows 98 → Windows ME → Windows NT → Windows 2000 → Windows XP

9. ระบบเวอร์ชวลแมชีน (Virtual Machine)

หลักการ

- ระบบที่ทำให้ผู้ใช้หลายคนทำงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องเดียว แต่ผู้ใช้คิดว่าทำงานกับคอมพิวเตอร์หลายเครื่อง ex.ระบบเมนเฟรมที่ทำให้ผู้ใช้ที่ terminal ของตนคิดว่าเป็นเจ้าของแต่เพียงลำพัง
- ใช้เทคนิคการจัดเวลา CPU และความจำเสมือน
- คอมพิวเตอร์ทำงานหลายโปรเซสพร้อมกัน แต่ละโปรเซสสามารถ execute ได้ด้วยโปรเซสเซอร์และหน่วยความจำเสมือนของตนเอง
- มีการแชร์ resource การแชร์ CPU



ไม่ใช่ Virtual machine

Virtual machine

10. ระบบมัลติโปรเซสเซอร์ (Multiproceesor System)

หลักการ

- ระบบเดียวที่มี CPU มากกว่า 1 ตัว
- ใช้การสื่อสารระยะใกล้ ใช้บัส สัญญาณนาฬิกา หน่วยความจำ และ แชร์ device ร่วมกัน
- เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของ Output → ได้ Output เร็วขึ้น ใช้เวลาน้อยลง
- ประหยัดค่าใช้จ่ายเมื่อเปรียบเทียบกับระบบโปรเซสเซอร์เดี่ยวหลายระบบ → เก็บข้อมูลชุดเดียวกันบน disk ตัวเดียวเพื่อแชร์ข้อมูลจะดีกว่า

หลักการ(ต่อ)

- เพิ่มความน่าเชื่อถือให้ระบบ (reliability) ถ้ามี processor ตัวใดตัวหนึ่งทำงานผิดพลาด โปรเซสเซอร์ตัวอื่นทำงานทดแทนได้ทันที =Graceful Degradation) เรียกระบบนี้ว่า Fault-Tolerant

โมเดลระบบมัลติโปรเซสเซอร์มี 2 แบบ

1. Symmetric-Multiprocessing = มัลติโปรเซสเซอร์แบบสมมาตร
2. Asymmetric-Multiprocessing = มัลติโปรเซสเซอร์แบบไม่สมมาตร

   Master Processor ควบคุมระบบและกำหนดงานให้กับ Processor ตัวอื่น (Slave Processor)

11. ระบบแบบกระจาย (Distributed System)

หลักการ

- ระบบที่แยกเป็นระบบย่อย แต่ละระบบมี CPU 1 ตัว และมี device หรืออุปกรณ์อื่นๆ เป็นของตัวเอง มีหน่วยความจำเป็นของตัวเอง
- การติดต่อสื่อสารระหว่างระบบใช้ Bus สายโทรศัพท์ สาย UTP
- มีขนาดและฟังก์ชันของโปรเซสเซอร์ต่างกัน

ประโยชน์

- การแชร์ทรัพยากร
- เพิ่มความเร็วในการคำนวณ
- ความน่าเชื่อถือของระบบ
- ใช้ประโยชน์ของการติดต่อสื่อสารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของงาน

12. ระบบโต้ตอบฉับพลัน (Real-Time Systems)

- นิยมใช้กับงานทดลองวิทยาศาสตร์ ระบบภาพทางการแพทย์ งานควบคุมอุตสาหกรรม
- Real- Time มี 2 ระบบ ดังนี้

1. Hard real-time system (ทำงานได้เสร็จตรงตามเวลา)

   ไม่มี/มี Disk ขนาดเล็ก เก็บข้อมูลใน ROM

2. Short real-time system (ขาด Deadline)

   - มีประโยชน์กับการประยุกต์ใช้ใน Multimedia Virtual Reality และการสำรวจดาวเคราะห์

ระบบ Real-Time systems มีเวลาในการทำงานจำกัด ถ้าระบบไม่ให้ผลลัพธ์ ระบบจะล้มเหลว