

บทที่ 5

หลักการเก็บข้อมูลและอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ (Storage concepts and Hardware)

โครงสร้างของบทนี้

- 5.1 **หลักการของอุปกรณ์เก็บข้อมูล (Storage Hardware Concept)**
 - 5.1.1 ภาพทั่วไปของสื่อเก็บข้อมูล (Overview of Storage Media)
 - 5.1.2 ส่วนเก็บข้อมูลของหน่วยประมวลกลาง (CPU Storage Area)
 - 5.1.3 การเข้าถึงข้อมูล แบบสุ่ม แบบโดยตรง และแบบลำดับ (Random, Direct and Sequential Access)
 - 5.1.4 หน่วยความจำเสมือน (Virtual Memory)
- 5.2 **ประเภทของอุปกรณ์เก็บข้อมูล (Types of Storage Hardware)**
 - 5.2.1 สื่อเก็บข้อมูลหลัก (Primary Storage Media)
 - 5.2.1.1 หน่วยเก็บข้อมูลเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor Storage)
 - 5.2.1.2 สื่อเก็บข้อมูลหลักประเภทอื่น ๆ (Other Primary Storage Media)
 - 5.2.2 สื่อเก็บข้อมูลรอง (Secondary Storage Media)
 - 5.2.2.1 จานแม่เหล็ก (Magnetic Disk)
 - 5.2.2.2 เทปแม่เหล็ก (Magnetic Tape)
 - 5.2.2.3 หน่วยเก็บข้อมูลรองประเภทอื่น ๆ (Other Secondary Storage Device)

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจเรื่องหลักการและอุปกรณ์ที่ทำหน้าเก็บข้อมูล พิจารณาจาก

1. หลักการที่สำคัญในเรื่องการเก็บข้อมูล
2. คุณสมบัติ การทำงาน ประโยชน์ และข้อจำกัดของตัวอุปกรณ์แบบต่าง ๆ
3. ประเภทของหน่วยความจำแบบต่าง ๆ

หลังที่ได้เรียนบทนี้แล้ว นักศึกษาสามารถเข้าใจ

1. หลักการเก็บข้อมูลดังนี้

- อุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูล ราคา ความเร็ว
- ส่วนที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลใน หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)
- Firmware, Software, และ Hardware
- การเข้าถึงหน่วยความจำแบบ สุ่ม (Random) โดยตรง (Direct) และแบบลำดับ (Sequence)
- หน่วยความจำเสมือน (Virtual Memory)

2. หน่วยความจำในแง่ของการทำงาน ข้อดีข้อเสียของหน่วยความจำแบบต่าง ๆ เช่น Semiconductor, Magnetic Disk, Magnetic Tape และสื่อเก็บข้อมูลแบบอื่น ๆ

3. สามารถแยกแยะอุปกรณ์เก็บข้อมูลประเภทต่าง ๆ เข้าใจลักษณะทางกายภาพและประสิทธิภาพของหน่วยเก็บข้อมูลแบบต่าง ๆ

5.1 หลักการของอุปกรณ์เก็บข้อมูล

(Storage Hardware Concept)

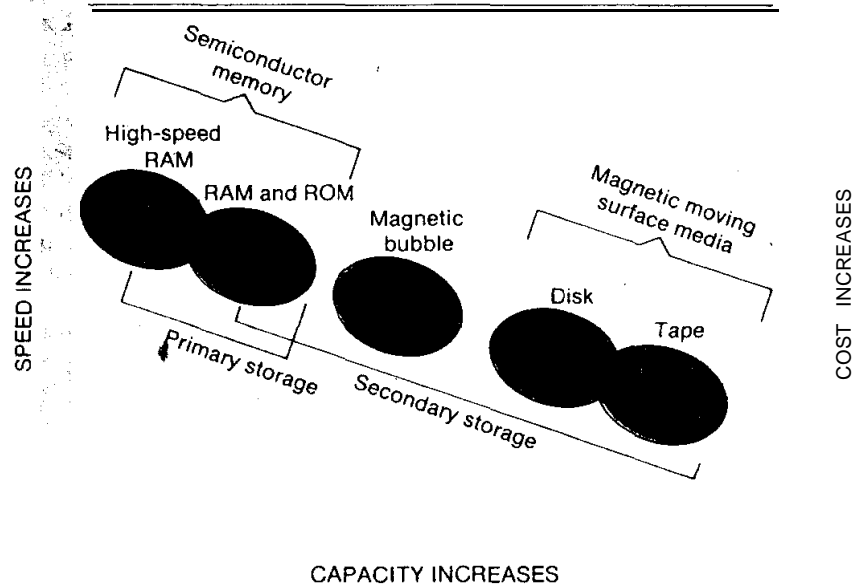
5.1.1 ภาพทั่วไปของสื่อเก็บข้อมูล (Overview of Storage Media)

ทราบแล้วว่า การเก็บข้อมูล (Storage) เป็นกระบวนการสำคัญที่ข้อมูลและสารสนเทศ จำเป็นต้องมีที่เก็บหลังจากมีการป้อนข้อมูลเข้า หรือภายหลังการประมวลผลของหน่วยประมวลผลกลาง หรือก่อนที่จะแสดงผล

จากความรู้ที่ว่า หน่วยเก็บข้อมูลหลัก (Primary Storage) และหน่วยเก็บข้อมูลรอง (Secondary Storage) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของคอมพิวเตอร์ จึงมีคำถามว่าจำเป็นอย่างไรจึงต้องมีหน่วยเก็บข้อมูลหลายแบบ หรือทำไมถึงต้องมีสื่อบันทึกข้อมูลหลายประเภท คำตอบสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 5.1

รูป 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว ความจุ และราคา ของสื่อบันทึกข้อมูล
แบบต่าง ๆ

Storage media cost,
speed, and capacity
trade-offs



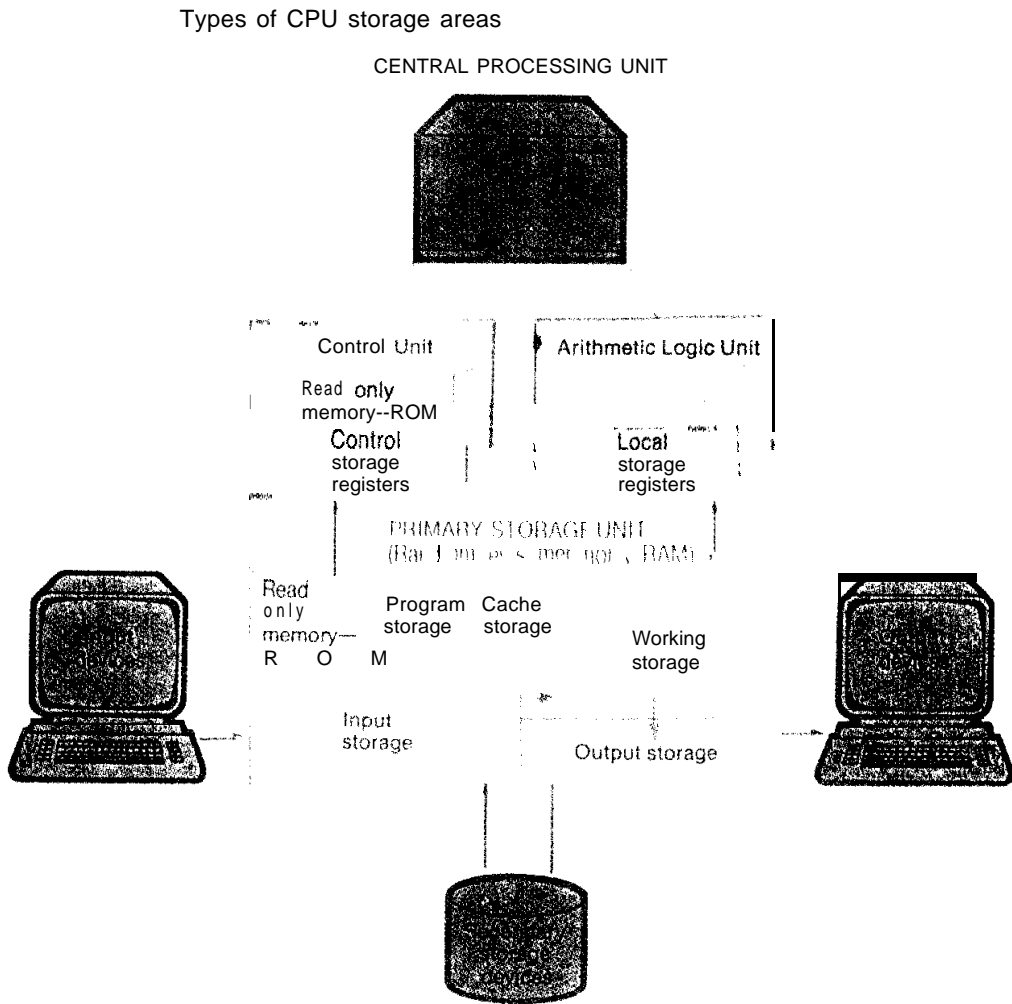
จากรูป 5.1 แสดงกราฟเปรียบเทียบในเชิงความเร็ว(Speed) ความจุ (Capacity) และราคา(Cost) ของสื่อเก็บข้อมูลแต่ละประเภท แบบ Primary และ Secondary Storage เช่น Semiconductor และ Moving Surface Magnetic Media ตามลำดับ

หน่วยความจำเซมิคอนดักเตอร์(Semiconductor) มักจะใช้เป็นแบบ Primary Storage Memory จากคุณสมบัติในเรื่องความเร็ว สำหรับหน่วยความจำประเภท Magnetic Bubble Memory ใช้เป็น Secondary Memory เช่นเดียวกับ Magnetic Disk และ Magnetic Tape จากคุณสมบัติในเรื่องความจุในการเก็บข้อมูล จากภาพจะเห็นว่า หน่วยความจำที่มีความเร็วสูง ราคาจะสูงไปด้วย

5.1.2 ส่วนเก็บข้อมูลของหน่วยประมวลกลาง (CPU Storage Area)

หน่วยเก็บข้อมูลภายในตัวประมวลกลาง มีหลายประเภท

รูป 5.2 ส่วนเก็บข้อมูลแบบต่าง ๆ ใน CPU



ตามรูปที่ 5.2 พื้นที่ต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลในหน่วยประมวลผลกลางมีดังนี้

- **พื้นที่หน่วยความจำหลัก (Primary Storage Area) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่**

1. เก็บข้อมูลที่มีการบันทึกเข้าสู่คอมพิวเตอร์ (Input Storage) จากอุปกรณ์รับข้อมูล (Input Device)
 2. เก็บข้อมูลที่จะส่งออก (Output Storage) ไปยังหน่วยแสดงผลข้อมูล (Output Device)
 3. เก็บโปรแกรมคำสั่ง (Program) หรือชุดคำสั่ง (Instruction Storage)
 4. พักข้อมูลชั่วคราว (Working storage) เพื่อส่งหรือรับมาจากหน่วยประมวลผล
- ยังมีหน่วยรับข้อมูลที่มีความจุไม่มาก แต่มีความเร็วสูง อีกประเภทหนึ่งที่เรียกว่า แคช (Cache Storage) มีหน้าที่ในการเก็บข้อมูลและคำสั่งเป็นการชั่วคราว (หรือเรียกว่า บัฟเฟอร์ Buffer)

- **พื้นที่ใช้เก็บข้อมูลของหน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์ ทางตรรกะ และหน่วยควบคุม (Arithmetic Logical and Control Storage Areas)**

เป็นหน่วยเก็บข้อมูลท้องถิ่น (Local Storage) ได้แก่ รีจิสเตอร์ (Registers) ใช้เก็บคำสั่งและข้อมูลเพื่อส่งให้/รับจาก หน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์ทางตรรกะ (Arithmetic and Logical Unit -ALU) และหน่วยควบคุม (Control Unit)

รีจิสเตอร์ก็มีอยู่หลายประเภท เช่น รีจิสเตอร์ที่ทำงานทั่วไป (General Purpose Registers) หรือประเภทใช้งานเฉพาะ (Special Purpose Register) ในขณะที่มีการทำงานตามคำสั่ง จะมี รีจิสเตอร์ที่ทำงานเกี่ยวข้องคือ

1. Storage Register: ทำหน้าที่เก็บข้อมูลและคำสั่งชั่วคราว หรือเพื่อส่งไปยังหน่วยความจำหลัก (Primary Storage)
2. Address Register: ทำหน้าที่ในการเก็บตำแหน่งข้อมูล
3. Instruction Register: ทำหน้าที่เก็บคำสั่งที่จะส่งให้ หน่วยควบคุม
4. Accumulator Register: ทำหน้าที่เก็บผลลัพธ์จากหน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์และทางตรรกะ

- หน่วยเก็บโปรแกรมแบบถาวร (Firmware Storage)

ในระบบคอมพิวเตอร์โดยทั่ว ๆ ไป จะมีชุดคำสั่งเพื่อควบคุมให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานในเริ่มแรก หรือให้ทำงานเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะ มีดังนี้

1. ชุดคำสั่งเหล่านี้จะถูกเก็บในหน่วยความจำแบบ รอม (ROM - Read Only Memory)
2. โปรแกรมเหล่านี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง และเพื่อป้องกันอุบัติเหตุในการที่จะทำให้โปรแกรมเสียหาย ข้อมูลเหล่านี้จะเก็บเป็นรหัสภาษาเครื่อง (Machine Language) หรือ ไมโครโค้ด (Microcode)
3. โปรแกรมและข้อมูลเหล่านี้ที่ถูกบันทึกแบบถาวร ถูกอ่านได้เพียงอย่างเดียว ไม่สามารถเขียนข้อมูลใหม่ทับข้อมูลเดิมได้

บางครั้งวงจรรีเลตทรอนิกส์ (Logical Circuitry) ที่ออกแบบมาสำหรับงานบางอย่าง เช่น ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์สามารถแทนได้ด้วย โปรแกรมจิ๋ว (Microprogram) ที่อยู่ในวงจรหน่วยความจำ (Memory Circuitry) โดยทั่วไปเรียก Firmware เป็น Solid State Software คอมพิวเตอร์ระดับไมโครคอมพิวเตอร์ จะเห็นว่า firmware หรือโปรแกรมที่อยู่ใน ROM จะประกอบด้วยโปรแกรมที่ทำหน้าที่ต่าง ๆ เช่น

- โปรแกรมระบบงาน (Operationg System)
- โปรแกรมแปลภาษา (Programming Language Translator)
- โปรแกรมใช้งานอื่น ๆ

ตัวอย่างเช่นในไมโครคอมพิวเตอร์ที่ผลิตโดยบริษัทต่าง ๆ ดังนี้

1. IBM มี ROM ขนาด 40 KB ประกอบด้วย
 - PC DOS ซึ่งเป็นโปรแกรมระบบงาน
 - BASIC Interpreter
2. Machintos มี ROM ขนาด 64 KB ประกอบด้วย
 - System 6 ซึ่งเป็นโปรแกรมระบบงาน
 - โปรแกรม Note Pad, Calender หรือ Calculator
3. Hewlette Packard HP110 มี ROM ขนาด 364 KB ประกอบด้วย

- โปรแกรมระบบงาน MSDOS

- LOTUS 123

โปรแกรมเหล่านี้จะบรรจุอยู่ใน ROM ซึ่งเป็นลักษณะ Firmware

- หน่วยเก็บข้อมูลแบบเฟิร์มแวร์ และแบบไมโครโปรแกรม

(Firmware and Microprogram Storage)

หน่วยควบคุม(Control Unit) มีลักษณะอ่านได้เพียงอย่างเดียว(ROM) ภายในจะเก็บ Micro-instruction หรือ Microcode และชุดของ Micro-instruction เราเรียกว่า Microprogram มีหน้าที่แปลโปรแกรมคอมพิวเตอร์(Computer Program) ในรูปของภาษาเครื่อง (Machine Language Instruction) ออกมาเป็นส่วนของ Micro instruction ที่จะถูก Execute โดยวงจรไฟฟ้า(Hardwire หรือ Hardware Logical Unit) เรียกว่า เฟิร์มแวร์ (Firmware)

Firmware และ Microprogram สามารถเพิ่มขีดความสามารถด้านอื่น ๆ ได้ เช่น สามารถทำให้คอมพิวเตอร์แบบหนึ่ง มีการทำงานเหมือนคอมพิวเตอร์อีกแบบหนึ่งได้ ทั้งที่มี ฮาร์ดแวร์ ต่างกัน เรียกว่า Virtual Machine

5.1.3 การเข้าถึงข้อมูล แบบสุ่ม แบบโดยตรง และแบบลำดับ

(Random, Direct and Sequential Access)

การเข้าถึงข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำนั้นมีอยู่หลายวิธี แต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน วิธีการเข้าถึงข้อมูลเหล่านั้นมีดังนี้

- การเข้าถึงข้อมูลแบบสุ่ม และโดยตรง (Random Access and Direct Access)

ทั้งสองแบบสามารถอธิบายด้วยหลักการเดียวกัน คือ ข้อมูลสามารถบันทึกได้โดยตรง(Directly Stored) และ ข้อมูลถูกอ่านโดยการสุ่ม(Randomly Selecting)

เช่นหน่วยความจำชนิดคอนดักเตอร์ แบบ RAM-Chip ข้อมูลถูกอ่าน(Sense) และถูกเขียน ณ ตำแหน่งใด ๆ ภายในหน่วยความจำ สามารถทำได้ด้วยเวลาเท่า ๆ กัน

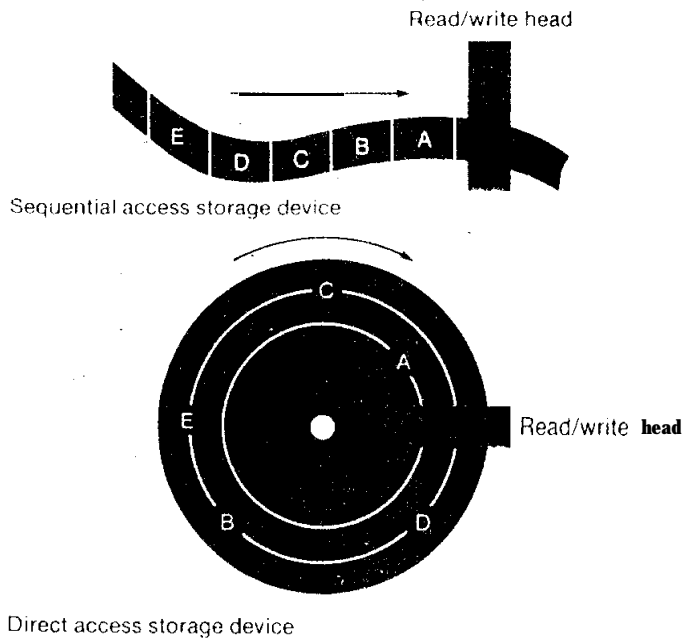
หน่วยเก็บข้อมูลรอง เช่น อุปกรณ์เก็บข้อมูลแบบจานแม่เหล็ก Direct Access Storage Device(DASD) เวลาที่ใช้ในการบันทึกและการอ่านข้อมูลก็ใกล้เคียงกัน การเข้าถึงแบบโดยตรงเทียบได้กับเวลาที่เราร่อนแผ่นเสียง เราสามารถเลือกเพลงที่เราต้องการฟังเพียงยกหัวเข็มอ่านไปยังตำแหน่งที่เราต้องการได้ทันที

- การเข้าถึงข้อมูลตามลำดับ (Sequential Access)

หน่วยความจำรอง(Secondary Storage) เช่น เทปแม่เหล็ก(Magnetic Tape) หรือ บัตรเจาะรู(Punched Card) จากตำแหน่งของข้อมูล ไม่สามารถเข้าถึงทันที จำเป็นจะต้องอ่านตำแหน่งเริ่มต้นของเทปก่อน จนถึงตำแหน่งของข้อมูลที่ต้องการ จึงจะสามารถอ่านหรือเขียนข้อมูลทับได้ กระบวนการลักษณะนี้เป็นการดำเนินการตามลำดับ (Sequential/Sequential Process)

รูปที่ 5.3 ภาพหน่วยเก็บข้อมูลที่มีการเข้าถึงแบบลำดับ และแบบโดยตรง (Sequential and Direct Access Storage)

Sequential versus direct access storage

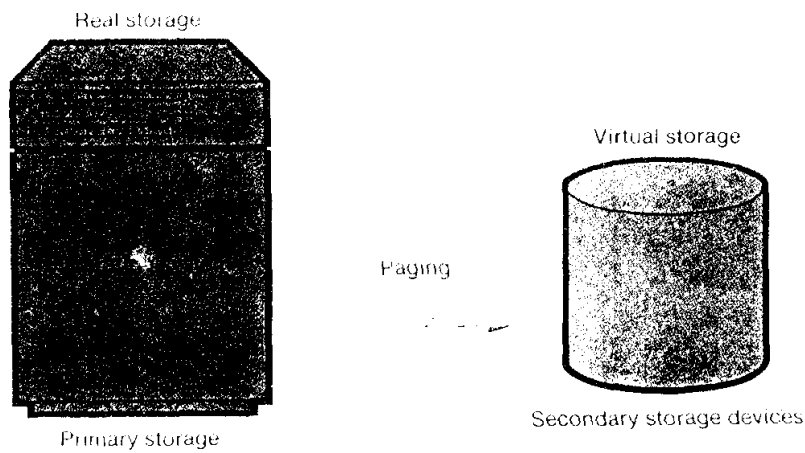


5.1.4 หน่วยความจำเสมือน (Virtual Memory)

เป็นความสามารถในการจัดการกับหน่วยความจำรอง(Secondary Storage) ให้เป็นเสมือนส่วนขยายของหน่วยความจำหลัก(Primary Storage) จึงดูเหมือนว่ามีหน่วยความจำหลักมากกว่าที่เป็นจริง และเป็นผลให้คอมพิวเตอร์สามารถทำงานได้กับโปรแกรมหรือข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ ๆ ได้

หลักการของหน่วยความจำเสมือนนั้นทำได้ด้วยการแบ่งข้อมูล หรือโปรแกรม ออกเป็นส่วน ๆ ที่เรียกว่า เพจ(Pages) โดยการจัดการของโปรแกรมระบบปฏิบัติการ (Operating System) แล้วทำการส่งข้อมูลสลับผ่านระหว่างหน่วยความจำหลัก และหน่วยความจำรอง ปกติใช้หน่วยเก็บข้อมูลประเภท Hard disk เช่น คอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำหลักเพียง 512 KB เมื่อทำเป็นหน่วยความจำเสมือน(Virtual Memory) แล้ว จะทำให้เสมือนว่ามีหน่วยความจำถึง 16 MB ได้ หน่วยความจำเสมือนดูได้จากรูปที่ 5.4

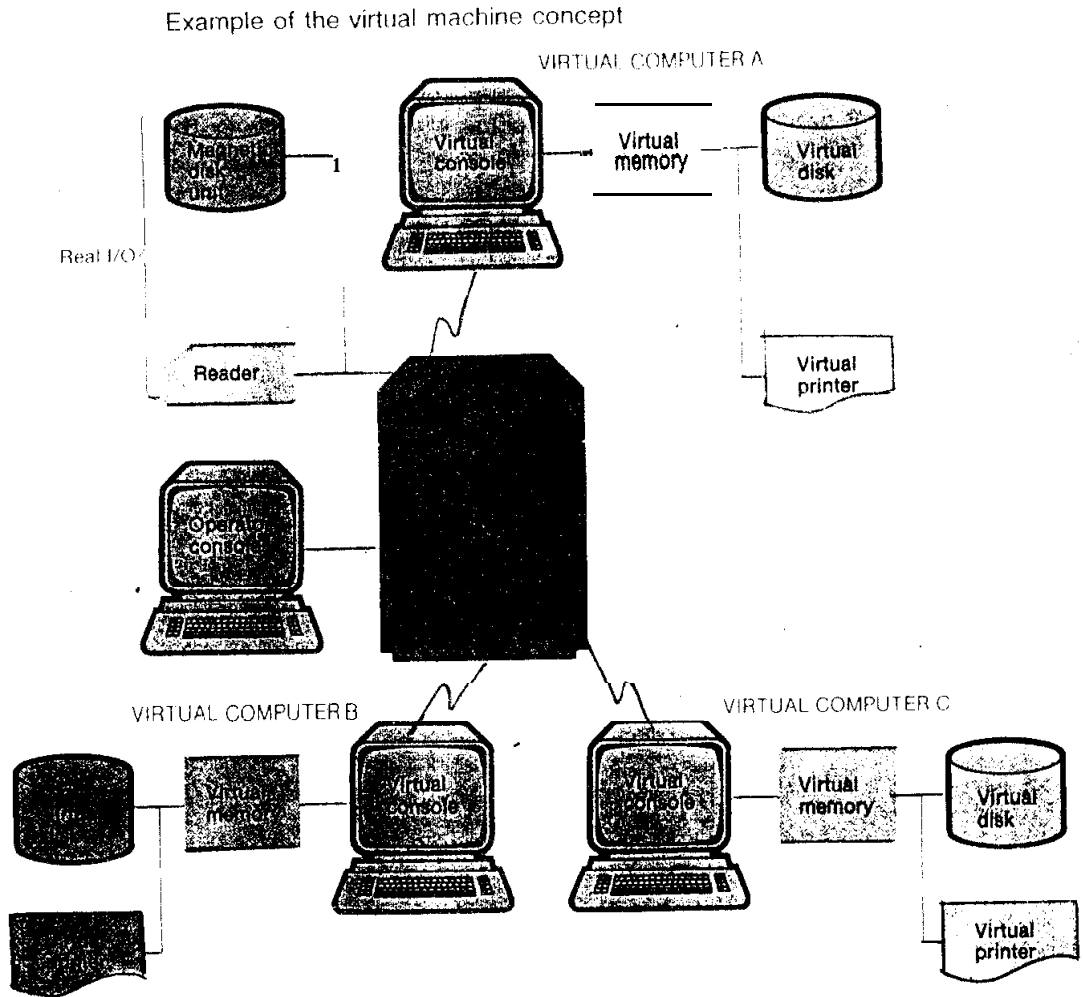
รูปที่ 5.4 ภาพแสดงการจัดการหน่วยความจำเสมือน(Virtual Memory Process)



ในหน่วยความจำเสมือน มีข้อจำกัด เช่น เวลาที่ใช้ในการทำงานจะช้ากว่าปกติ ปัญหา แทรชซิง(Trashing) เป็นปัญหาที่เกิดจากการเคลื่อนย้าย เพจ (Pages) ระหว่างหน่วยความจำหลัก กับหน่วยความจำรอง

หลักการของ Virtual Memory ได้ถูกนำไปใช้ในระบบคอมพิวเตอร์เสมือน (Virtual Computer System หรือ Virtual Machine) ตามรูปที่ 5.5

รูปที่ 5.5 เป็นภาพตัวอย่างของหลักการคอมพิวเตอร์เสมือน (Virtual Machine Concept)



5.2 ประเภทของอุปกรณ์เก็บข้อมูล

(Types of Storage Hardware)

5.2.1 สื่อเก็บข้อมูลหลัก (Primary Storage Media) มีหลายประเภทดังนี้

5.2.1.1 หน่วยเก็บข้อมูลแบบเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor Storage) เป็นสื่อเก็บข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ ทำจากสารเซมิคอนดักเตอร์ ข้อมูลเล็กสุดที่เก็บเรียกว่า บิต (Bit - Binary Digit) กลุ่ม 8 บิต เรียกว่า ไบท์(Byte) และชิ้นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลเรียกว่า ชิพหน่วยความจำ(Memory Chip) โครงสร้างภายในเป็นวงจรแบบ LSI (Large Scale Integrating Circuit) ข้อมูลที่อยู่ภายในจะเข้าถึงได้โดยอาศัยการระบุตำแหน่ง (Address) ของข้อมูลนั้น ๆ เป็นองค์ประกอบ ขนาดข้อมูลในหน่วยความจำประเภทนี้ มีแตกต่างกันไป เช่น

ขนาด	64 Kilo Bits	=	8,192 x 8 Bits	=	8 Kilo Bytes
	256 Kilo Bits	=	(32 x 1,024) x 8 Bits	=	32 Kilo Bytes
	512 Kilo Bits	=	(64 x 1,024) x 8 Bits	=	64 Kilo Bytes
	1 Mega Bits	=	(128 x 1,024) x 8 Bits	=	128 Kilo Bytes

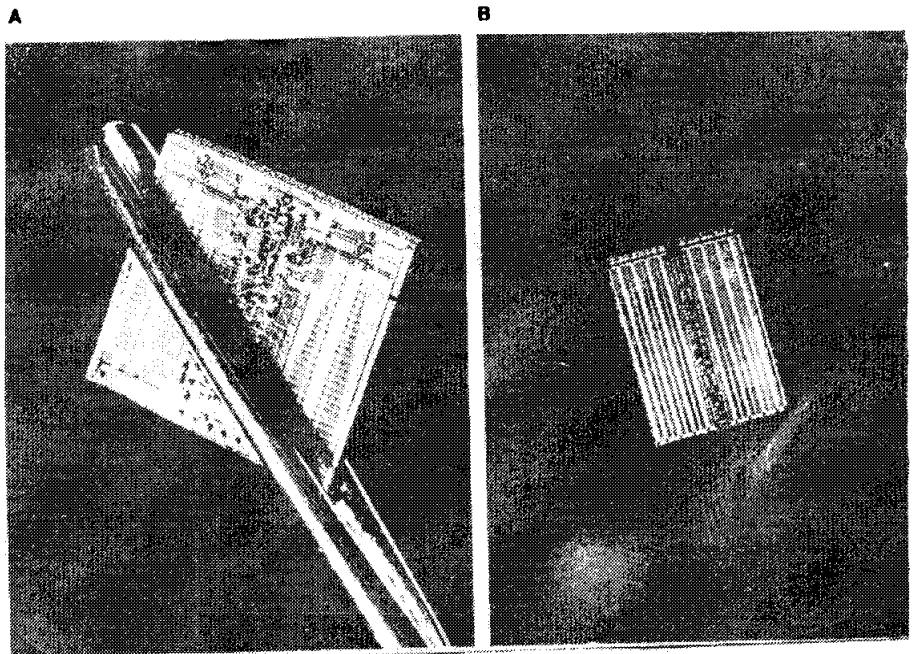
รูปที่ 5.6 เป็นภาพชิพหน่วยความจำเซมิคอนดักเตอร์(Semiconductor Memory)

รูป A

chip 64 K-bits

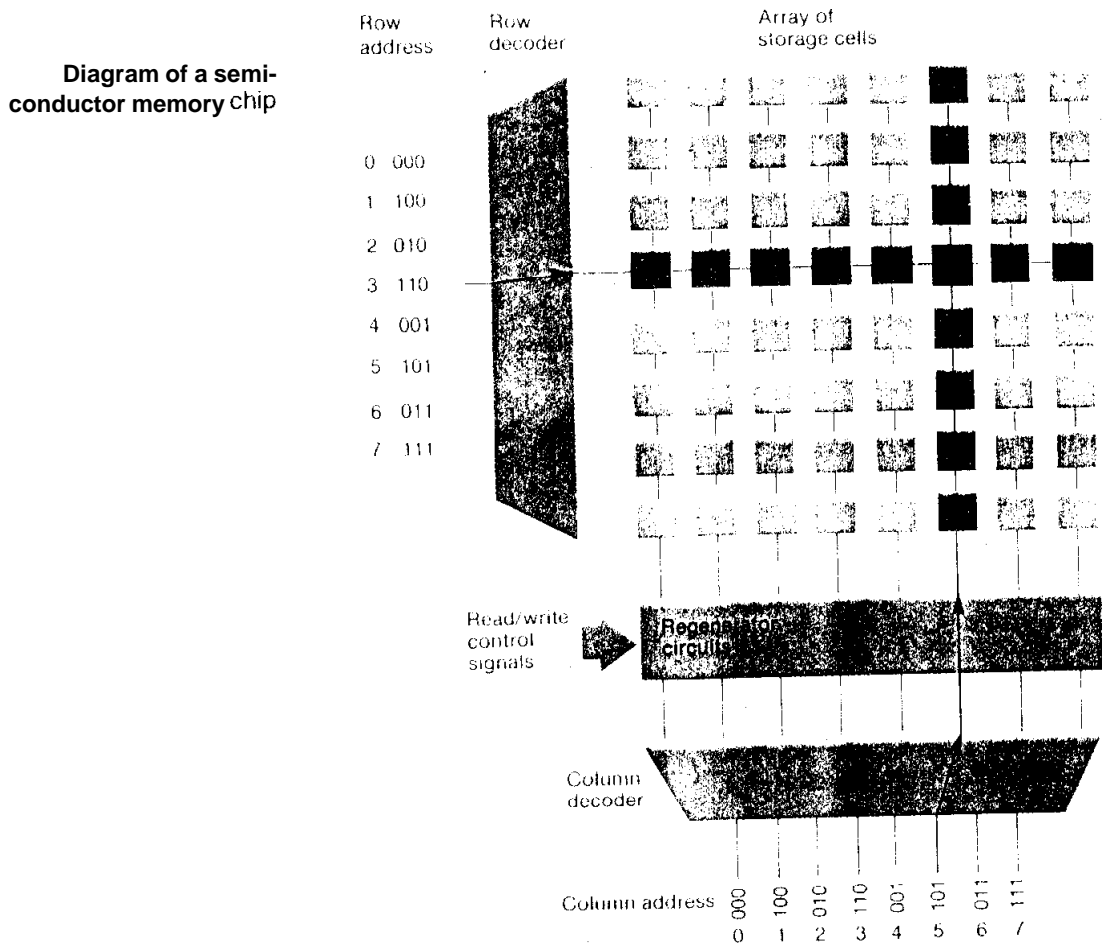
รูป B

chip 1 M-bits



วงจรหน่วยความจำหลัก (Main Memory) มีลักษณะเป็นวงจรแบบ Flip-Flop เมื่อมีไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปจะทำให้เกิดสถานะเปิด(On) หรือ ปิด(Off) เทียบได้กับข้อมูล 1 และ 0 ตามลำดับ การที่เราเรียกหน่วยความจำ แรม (RAM-Random Access Memory) เพราะว่า ข้อมูลที่อยู่ ณ ตำแหน่งใดภายในหน่วยความจำประเภทจะถูกอ่านและเขียนในเวลาเท่า ๆ กัน

รูป 5.7 เป็นโครงสร้างหน่วยความจำเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor) ขนาด 64 บิต



จากรูป 5.7 เป็นโครงสร้างภายในขนาด 64 บิต การกำหนดตำแหน่งข้อมูลที่ 53 ค่าของตำแหน่งแต่ละหลัก จะถูกแปลงเป็น Column Address (5 ฐานสิบ เท่ากับ 101 ฐานสอง) และ Row Address (3 ฐานสิบ เท่ากับ 011 ฐานสอง หรือ 110 เมื่อมองมุมกลับ) แล้วไปชี้ตำแหน่งของข้อมูล 1 บิต ภาย ชีพข้อมูลขนาด 64 บิต

โดยทั่วไป หน่วยความจำเซมิคอนดักเตอร์ มีอยู่ 2 แบบ คือ แบบไบโพลาร์ (Bipolar) และ แบบโลหะออกไซด์ (Metal Oxide - MOS) ซึ่งมีเทคนิคในการผลิตที่ต่างกัน ข้อแตกต่างอื่นคือ แบบไบโพลาร์ ทำงานได้เร็วกว่า แต่ราคาแพง มักจะถูกนำไปใช้เป็นหน่วยเก็บข้อมูลชั่วคราวความเร็วสูง (High Speed Buffer/Cache) และโดยทั่วไปเวลาที่ใช้ในการเข้าถึง (Access Time) ของหน่วยความจำหลัก (Main Memory) อยู่ในช่วงน้อยกว่า 20 นาโนวินาที (ns - nano second) จนถึงหน่วยเป็น พิโควินาที (ps - pico second) การพัฒนาหน่วยความจำแบบ Complementary MOS - CMOS ทำให้มันมีขนาดเล็กลง และความเร็วสูงขึ้น เป็นผลให้ราคาลดลง

ข้อสำคัญของหน่วยความจำแบบเซมิคอนดักเตอร์ คือมีขนาดเล็ก ความเร็วสูง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมีผลกระทบน้อย และราคาต่ำ ข้อเสียของหน่วยความจำประเภทนี้ คือข้อมูลจะหายไปเมื่อสัญญาณไฟเลี้ยงไม่มี เราเรียกหน่วยความจำประเภทนี้ว่า โวลาทิล (Volatile Memory) แต่ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้แบตเตอรี่สำรองพิเศษ (Battery Packs) ใช้เป็นไฟเลี้ยงสำรอง การพัฒนาหน่วยความจำเซมิคอนดักเตอร์ได้ 2 แบบ คือ Random Access Memory และ Read Only Memory เพื่อใช้เก็บข้อมูลและคำสั่ง (Data and Instruction)

- RAM : Random Access Memory

ใช้เป็นหน่วยความจำหลัก ในการเก็บข้อมูลชั่วคราว ในขณะที่คอมพิวเตอร์มีการประมวลผล สามารถบันทึก และเรียกใช้ข้อมูลได้ และเป็นความจำแบบ Volatile

- ROM : Read Only Memory

เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูล และโปรแกรม แบบถาวร เรียกว่า Non Volatile Memory ข้อมูลและโปรแกรมยังคงอยู่ ถึงแม้ไม่มีไฟเลี้ยง มักใช้เก็บชุดคำสั่งควบคุม (Control Instruction) โปรแกรมตัวแปลภาษา (Translator) ประเภทของ ROM แบ่งเป็น

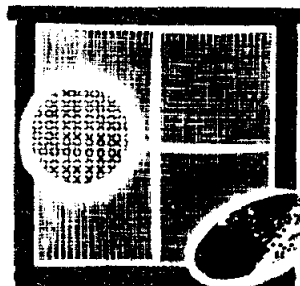
PROM : Programmable ROM เป็นหน่วยความจำ ROM ที่ผู้ใช้สามารถโปรแกรมเองได้ ต่างจากชนิดที่โปรแกรมโดยตรงจากโรงงาน (Masked ROM) ทำให้เกิดความหลากหลายของโปรแกรมมากขึ้น และเป็นจุดหนึ่งในการพัฒนาด้านซอฟต์แวร์ระบบ

EPROM : Erasable Programmable ROM เป็นหน่วยความจำ ROM ที่มีข้อพิเศษคือ ข้อมูลและคำสั่งเดิมสามารถลบ (โดยวิธีต่าง ๆ) และสามารถเขียนข้อมูลใหม่ลงไปได้ วิธีการพิเศษที่เช่น ใช้แสง UV (Ultra violet Light) หรือใช้กระแสไฟฟ้าที่สูงใช้ในการลบข้อมูล หน่วยความจำนี้เรียกว่า UV-EPROM (UV light Erasible PROM) และ EEPROM (Electrically Erasible PROM) ตามลำดับ

5.2.1.2 สื่อเก็บข้อมูลหลักประเภทอื่น ๆ (Other Primary Storage Media)

- หน่วยความจำวงแหวนแม่เหล็ก (Magnetic Core Memory) เป็นหน่วยความจำที่อาศัยคุณสมบัติแม่เหล็ก โดยใช้กระแสไฟฟ้าผ่านวงแหวนแม่เหล็กที่มีรูปร่างเหมือนขนนกโดนนัท ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก (Magnetic Flux) ที่มีค่าเป็นบวกหรือลบ ขึ้นอยู่กับทิศทางของกระแสไฟฟ้า แผ่นหน่วยความจำแบบวงแหวนแม่เหล็ก ดูได้จากรูป 5.8

รูป 5.8 Magnetic Core Plane



ข้อมูลจะถูกบันทึกในรูปของสนามแม่เหล็ก และจะถูกอ่านในรูปของกระแสไฟฟ้า หน่วยความจำแบบวงแหวนแม่เหล็ก มีความเร็วสูง โดยมีหน่วยเป็น นาโนวินาที (ns)

- หน่วยเก็บข้อมูลแบบไครโออิเล็กทรอนิกส์ (Cryoelectronic Storage)

เป็นการพัฒนาจากหน่วยความจำแบบเซมิคอนดักเตอร์ โดยมีขนาดเล็กและความเร็วสูงกว่า โดยใช้เทคโนโลยีทางด้านซูเปอร์คอนดักเตอร์ (Superconductor Technology) ทำงานที่อุณหภูมิต่ำมาก หน่วยความจำประเภทนี้ที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์แบบ Supercomputer เรียกว่า Josephson Junctions ความเร็วที่ทดลองใช้ประมาณ 10 พิโควินาที (ps-pico second)

- หน่วยเก็บข้อมูลแบบเลเซอร์ (Laser Storage)

อาศัยเทคโนโลยีของแสงเลเซอร์ การบันทึกข้อมูลทำได้โดยให้เกิดการเปลี่ยนแปลง โพลาริซเซชัน (Polarization) บนสื่อที่ใช้บันทึกประเภทสารผลึก (Crystalline Material) ด้วยแสงเลเซอร์ (Laser) และการอ่านข้อมูลโดยใช้วงจรโฟโตนิก (Photonic Circuit) ในการอ่านค่าโพลาริซเซชัน จะเห็นว่าในการบันทึกและการอ่านใช้หลักการของแสง ดังนั้นความเร็วจึงมีความเร็วเทียบเท่าความเร็วแสง

5.2.2 สื่อเก็บข้อมูลรอง (Secondary Storage Media)

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับหน่วยความจำหลัก คือความจุของข้อมูลมีขนาดจำกัด ในการเก็บข้อมูลหรือโปรแกรมที่มีขนาดใหญ่ ๆ ไม่สามารถกระทำได้นั้นเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้หน่วยเก็บข้อมูลรอง (Secondary Storage) เข้ามามีบทบาท หน่วยเก็บข้อมูลประเภทนี้จะใช้สื่อในการบันทึกและอุปกรณ์ (Media and Devices) หลากรูปแบบ อย่างไรก็ตามเมื่อคอมพิวเตอร์เริ่มทำงานมันจะอาศัยหน่วยความจำหลักเป็นสำคัญ จากตารางในรูปที่ 5.9 เปรียบเทียบให้เห็นข้อดีข้อเสีย และคุณสมบัติของหน่วยเก็บข้อมูลรองแบบต่าง ๆ

รูป 5.9 ตารางแสดงคุณสมบัติหน่วยเก็บข้อมูลรองประเภทต่าง ๆ

Overview of characteristics: Secondary storage peripherals and media

Peripheral Equipment	Media	Primary Functions	Typical I/O Speed Range	Typical storage capacity	Major Advantages and/or Disadvantages
Magnetic disk drive	Magnetic disk Disk pack Disk cartridge Fixed disk	Secondary storage (direct access) and input/output	Data transfer: 100,000–3,000,000 bytes per second Access time: 15–200 microseconds	Over 300 million characters per disk pack and a billion characters per drive	Large capacity, fast direct access storage device (DASD), but expensive
Floppy disk drive	Magnetic diskette 8, 5%, 3%, and 3¼ inch diameters	Secondary storage (direct access) and input/output	10,000–20,000 bytes per second Access time 100–300 milliseconds	150,000 to 3,500,000 characters/disk	Small, inexpensive and convenient, but slower and smaller capacity than other DASDs
Magnetic tape drive	Magnetic tape reel	Secondary storage (sequential access) and input/output	15,000–1,250,000 bytes per second	Up to 180 million characters per tape reel	Inexpensive with a fast transfer rate, but only sequential access
Magnetic tape cartridge and cassette drives	Magnetic tape cartridge and cassette	Secondary storage (sequential access) and disk backup	3,000–85,000 bytes per second	1–20 million characters per cassette 10–200 million characters per cartridge	Small, inexpensive and convenient, but only sequential access
Magnetic strip storage unit	Magnetic strip cartridge	Mass secondary storage (direct/sequential access)	Data transfer: 25,000–55,000 bytes per second Access time: up to several seconds	Up to 500 billion bytes per unit	Relatively inexpensive, large capacity, but slow access time

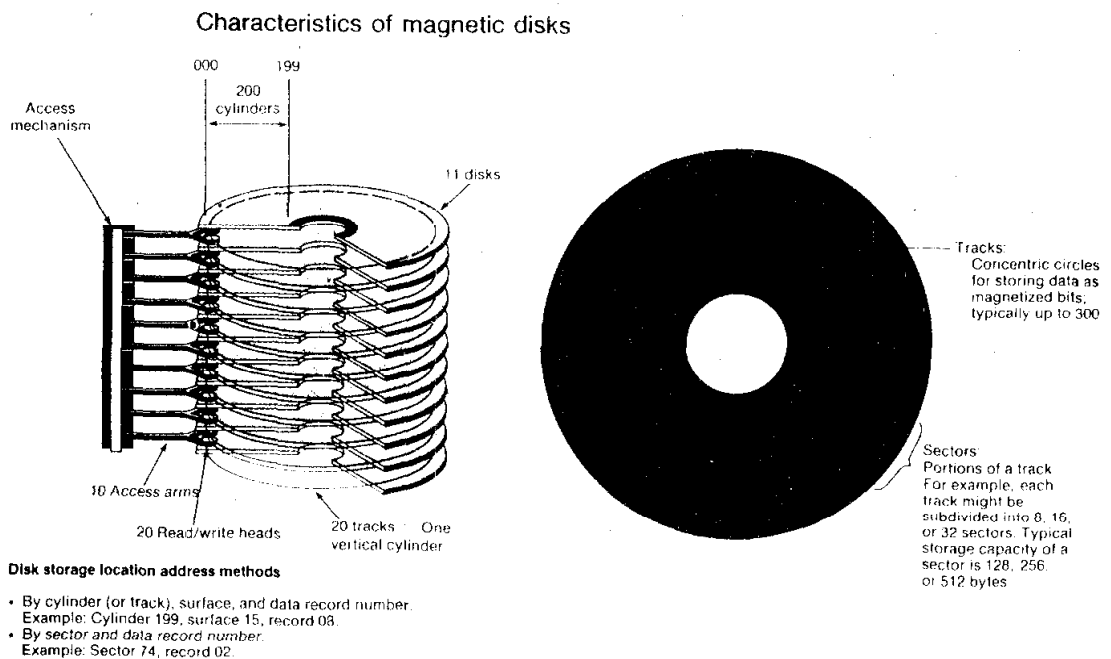
สื่อเก็บข้อมูลรอง แบบต่าง ๆ มีดังนี้

5.2.2.1 จานแม่เหล็ก (Magnetic Disk)

เป็นสื่อประเภทแม่เหล็ก ได้มีใช้กันแพร่หลายทั้งในคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กและใหญ่ สื่อที่ใช้ในการเก็บมี 2 ชนิด ชนิดแรกเป็นแบบจานแผ่นแข็ง (Hard Disk) อีกชนิดเป็นแบบจานแผ่นอ่อน (Floppy Disk) อุปกรณ์ที่ใช้อ่าน เขียน ประกอบด้วยหัวเขียนอ่าน ยึดติดอยู่บนแขน (Arm) ซึ่งเลื่อนเข้าออกได้ หรือเป็นแบบเลื่อนไม่ได้ (Fixed Arm) อุปกรณ์นี้เรียกว่า Direct Access Storage Device (DASD)

ลักษณะของจานแม่เหล็ก (Characteristic of Magnetic Disk) เป็นแผ่นโลหะบางหรือเป็นแผ่นพลาสติก (Plastic) ผิวเคลือบด้วย เหล็กออกไซด์ (Iron Oxide) บางชนิดแผ่นงานจะซ้อน ๆ กันหลายแผ่น บนแกนร่วมเดียวกัน ตามรูป 5.10

รูป 5.10 ลักษณะจานแม่เหล็ก



ปกติความเร็วแผ่นจานหมุนอยู่ในช่วง 2,400 - 3,600 รอบต่อนาที(rpm-round per minute) มีหัวอ่าน-เขียน(Read/Write Head) เลื่อนเข้า-ออก ตามตำแหน่งของ แทร็ก (Track) ซึ่งมีลักษณะเป็นวงซ้อน ๆ เป็นชั้น ๆ บนแผ่นจานแม่เหล็ก ซึ่งมีหลายร้อยวง (Track) จากรูป 5.10 เป็นแบบจานแม่เหล็ก 11 แผ่น มี หัวอ่าน/เขียนเป็นแบบเคลื่อนที่ได้มี 10 หัว จึงอ่านและเขียนได้ 10 หน้า(Surfaces) ผิวด้านนอกของแผ่นบนสุด และล่างสุดจะไม่ถูกใช้

มีหัวอ่าน/เขียนประเภทนี้คืออยู่กับที่ เคลื่อนที่ไม่ได้ แต่ละ แทร็ก (Tracks) จะมีหัวอ่านเฉพาะ สามารถอ่านและบันทึกข้อมูลได้เร็วกว่าแบบแรก แผ่นจานแม่เหล็กที่ซ้อนกันอยู่ และมีตำแหน่งของหมายเลข Track เหมือนกัน ทำให้ดูเหมือนเป็นรูปทรงกระบอก ซึ่งเรามักจะเรียกว่า Cylinder เช่นหากแผ่นจานแม่เหล็กมี 200 Tracks จำนวน Cylinder จะเท่ากับ 200 เช่นกัน

สำหรับสื่อเก็บข้อมูลแม่เหล็กประเภทแผ่นอ่อน (Floppy Disk) ก็จะมีการแบ่งพื้นผิวเป็นวงกลมที่เรียกว่า แทร็ก (Track) และจะแบ่งพื้นผิวในลักษณะเป็นส่วนเท่า ๆ กัน จากแนวศูนย์กลาง คล้ายตัดขนมเค้กเป็นชิ้นสามเหลี่ยมเล็ก ๆ เราเรียกว่า เซ็คเตอร์ (Sector) ปกติจะมีขนาดต่าง ๆ กัน เช่น 8, 16, 22 Sectors เป็นต้น โดยแต่ละ Sector จะมีจำนวนข้อมูลเท่ากัน เช่น 128, 256 หรือ 512 Bytes/Sector ตำแหน่งของข้อมูลใช้ระบุด้วยหมายเลขเซ็คเตอร์ (Sector No.) และหมายเลขระเบียบ (Data Record No.) เป็นหลัก

ประเภทของจานแม่เหล็ก (Type of Magnetic Disk)

ลักษณะของจานแม่เหล็ก มีทั้งแบบเคลื่อนย้ายได้(Removable Disk) และแบบเคลื่อนย้ายไม่ได้(Fixed Disk) แบบแรกจะนิยมใช้กันมาก เพราะเราสามารถนำข้อมูลไปใช้ กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ต่างสถานที่ได้ เรียกเป็นแบบ Off-line หรือใช้เก็บข้อมูลสำรองได้(Data Backup) ตามรูป 5.11

รูป 5.11 สื่อเก็บข้อมูลแบบจานแม่เหล็กและอุปกรณ์ (Magnetic Disk Media & Devices)

Magnetic disk media and devices

A Left to right: 60 MB backup magnetic tape cartridge, half-height 10 ME hard disk drive, half-height 2.8 MB floppy disk drive, and full height 33 MB Winchester hard disk drive.

B Magnetic disk cartridges, disk packs, and floppy disks (8 inch and 5¼ inch)

