ระบบคอมพิวเตอร์และสถาปัตยกรรม
(Computer System and Architecture)

บทที่ 9
สื่อจัดเก็บข้อมูล
(Mass Storage)

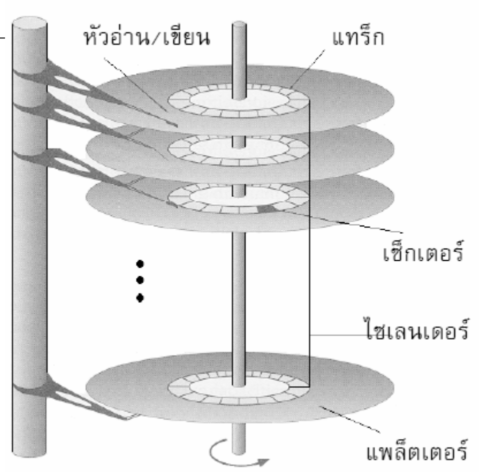
สื่อจัดเก็บข้อมูล

ปกติซีพียูจะโหลดข้อมูลที่ต้องการใช้งานมาไว้บนหน่วยความจำซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถสนับสนุนการทำงานของซีพียูได้ตลอดไปตราบใดที่ยังไม่ปิดเครื่อง เมื่อปิดเครื่องไปแล้วข้อมูลเหล่านี้จะหายไป ดังนั้นคุณจึงอาจจะได้พบเห็นเสมอว่าในขณะที่ทำงานอยู่นั้นเกิดปัญหาไฟดับ หรือปลั๊กไฟหลุดทำให้ข้อมูลที่ใช้งานอยู่สูญหายไปหมด การที่จะจัดเก็บข้อมูลไว้ใช้งานในภายหลังจะต้องมีสื่อที่ใช้ในการจัดเก็บ

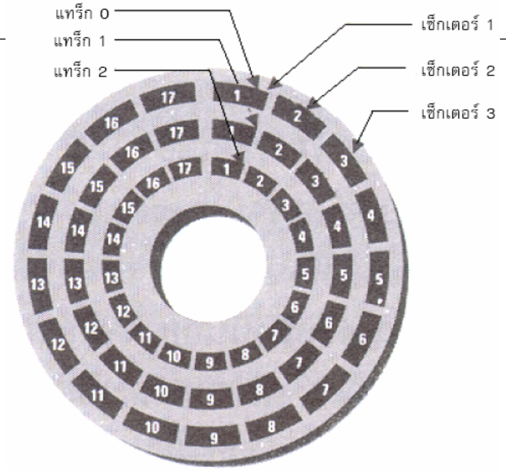
สื่อจัดเก็บข้อมูล

ประเภทสื่อ	เวลาเฉลี่ยในการ Access
Register(รีจิสเตอร์)	
Cache(หน่วยความจำแคช)	2-10 nsec
ROM(หน่วยความจำปกติ)	10-50 nsec
Extended(หน่วยความจำขยาย)	75-500 nsec
Fresh Memory(แฟลชเมมโมรี)	10.8 msec
Hard Disk(ฮาร์ดดิสก์)	10-50 msec
Floppy Disk(ฟล็อปปี้ดิสก์)	95 msec
CD-ROM (ซีดีรอม)	100-600 msec
TAPE (เทป)	0.5 sec หรือสูงกว่า

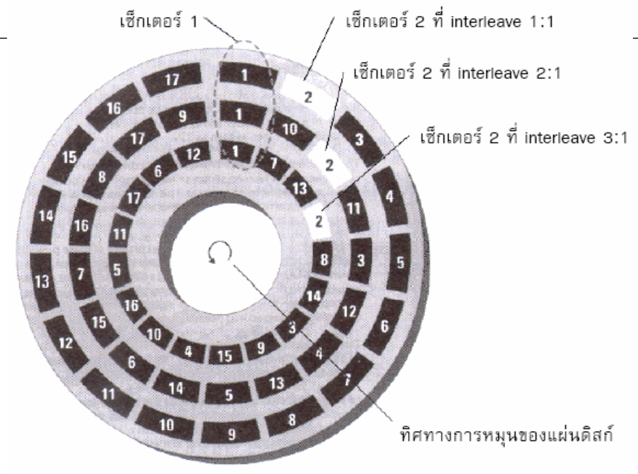
HARDDISK(ฮาร์ดดิสก์)



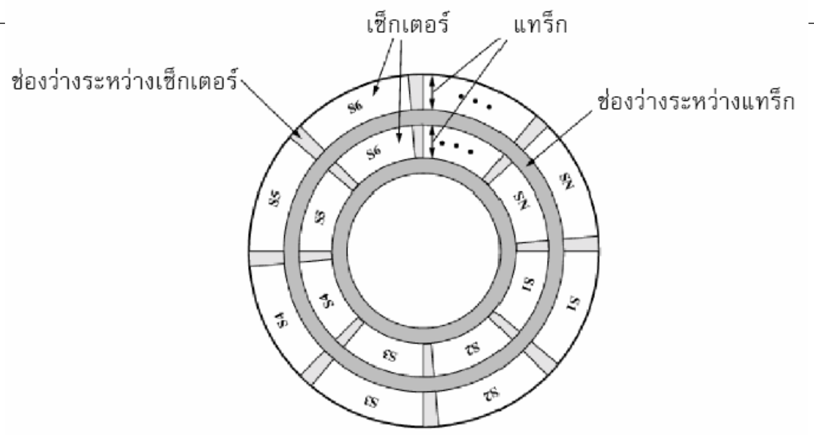
HARDDISK(ฮาร์ดดิสก์)



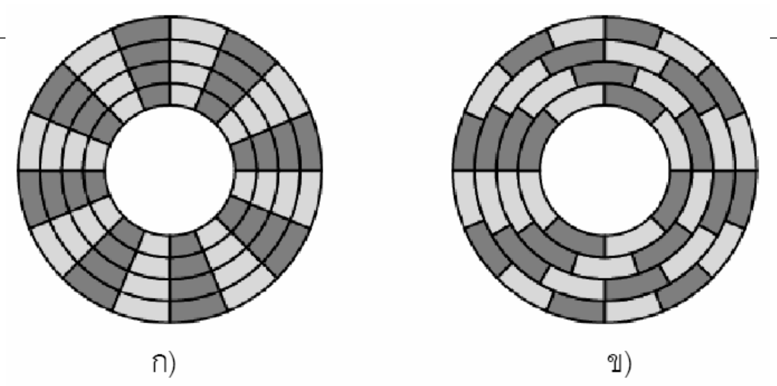
การจัดเรียง Sector (เซ็กเตอร์)



รูปแบบการบันทึกข้อมูลบนดิสก์



รูปแบบการบันทึกข้อมูลบนดิสก์



(ก) Constant Angular Velocity (ข) Multiple Zoned Recording

การตรวจสอบความผิดพลาดของดิสก์

- การตรวจสอบ Parity Bit
  - พาร์ริตี้คู่
  - พาร์ริตี้คี่
- การตรวจสอบแบบ CRC (Cyclic Redundancy Check)
- การตรวจสอบแบบ ECC (Error Correction Code)

แผ่น Floppy Disk (ฟล็อปปี้ดิสก์)

- จานหมุนจะทำมาจากพลาสติกสังเคราะห์ (mylar) ที่เคลือบสารแม่เหล็กไว้ ในดิสก์ 1 แผ่นจะมีเพียงจานเดียว
- หัวอ่านที่สัมผัสกับจานโดยตรงจะเคลื่อนเข้าไปอ่านทั้งสองด้านของแผ่นที่หมุน
- การเคลื่อนของหัวอ่านจะใช้ stepping motor เคลื่อนเข้าไปทีละ Track ที่เก็บข้อมูล
- รอจนกระทั่งถึง sector ที่ต้องการจึงเริ่มทำงาน
- ถ้าเป็นการอ่านเมื่อถึง sector ที่ต้องการก็เริ่มอ่านข้อมูลได้
- แต่ถ้าเป็นการเขียนข้อมูลแสดงว่ามีการป้อนสัญญาณแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงให้กับหัวอ่าน

Zip Drive (ซิปไดรฟ์)

- เป็นสื่อที่ใช้เทคโนโลยีเบอร์นูลีดิสก์ไดรฟ์เป็นการพัฒนาโดยข้อได้เปรียบของ Floppy Disk และ Hard Disk
- Platter (แพล็ตเตอร์)มีขนาด 3.5 นิ้วอยู่ในกรอบพลาสติกที่เคลื่อนย้ายได้
- ความเร็วของ Platter ประมาณ 3000 rpm
- มี layer ความดันต่ำอยู่ถัดจากพื้นผิวที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงบนสื่อที่เป็นของไหล (fluid) เมื่อพื้นผิวยิ่งเคลื่อนที่ความดันยิ่งต่ำ
- เมื่อยังไม่ได้ทำงานแผ่นจะเคลื่อนออกจากหัวอ่าน/เขียน
- เมื่อดิสก์หมุนจนถึงความเร็วและความดันที่เหมาะสม ทำให้ช่วยยกแผ่นจนกระทั่งแบนราบและอยู่ติดกับหัวอ่านจนพร้อมทำงาน

Zip Drive (ซิปไดรฟ์)

RAID

- เพิ่มประสิทธิภาพของดิสก์ เนื่องจากประสิทธิภาพของซีพียูและดิสก์มีเพิ่มขึ้นในอัตราที่แตกต่างกัน
- จากการที่มีการนำเอาวิธีการประมวลผลแบบขนาน (parallel processing) มาใช้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโปรเซสเซอร์
- เกิดแนวความคิดนี้นำมาใช้กับการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของดิสก์
- แนวความคิดของ RAID ก็คือการนำดิสก์ทั้งหมดมาบรรจุไว้ในกล่องเดียวกัน และติดตั้งกล่องดิสก์นี้ที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์ โดยมีตัวควบคุมการทำงานของดิสก์คือ RAID SCSI controller ซึ่งทำให้ระบบปฏิบัติการมองเห็นดิสก์หลาย ๆ

ระดับของ RAID

- Raid ระดับ 0

(ก) RAID ระดับ 0 : non-redundant stripping

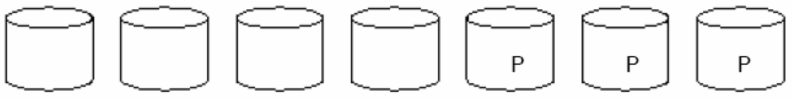
ระดับของ RAID

- Raid ระดับ 1

(ข) RAID ระดับ 1 :mirrored disks

ระดับของ RAID

- Raid ระดับ 2



(ค) RAID ระดับ 2 : memory-style error-correcting

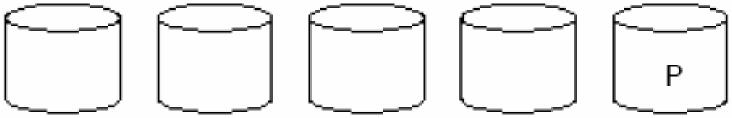
ระดับของ RAID

- Raid ระดับ 3

(ง) RAID ระดับ 3 : bit-interleaved parity

ระดับของ RAID

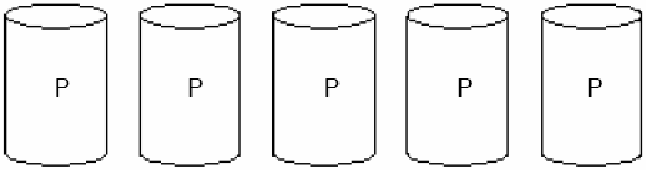
- Raid ระดับ 4



(จ) RAID ระดับ 4 : block-interleaved

ระดับของ RAID

- Raid ระดับ 5



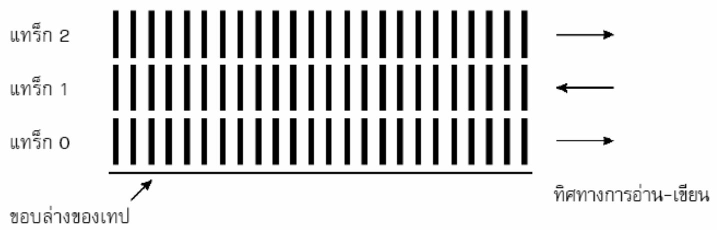
(ฉ) RAID ระดับ 5 : block-interleaved distributed parity

Magnetic Tape / เทปแม่เหล็ก

- รีลเทป (Reel tape)
- คาร์ทริดจ์เทป (Cartridge)

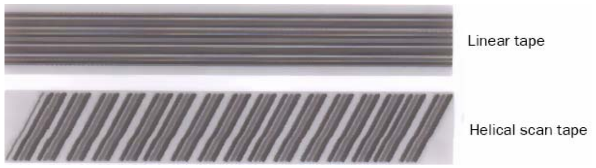
คาร์ทริดจ์เทป

- QIC (Quarter-inch Cartridge) เก็บข้อมูลแบบ Linear Recording Cartridge
  - แบ่งตามแนวความยาวเป็น track ซึ่งมีระหว่าง 20-448 Track กลไกการเขียนและอ่านของเทปเป็นไปตามความยาวของ Track ที่จุดจบของ Track เทปจะวนกลับ และจะเขียนหรืออ่าน Track ต่อไป



คาร์ทริดจ์เทป

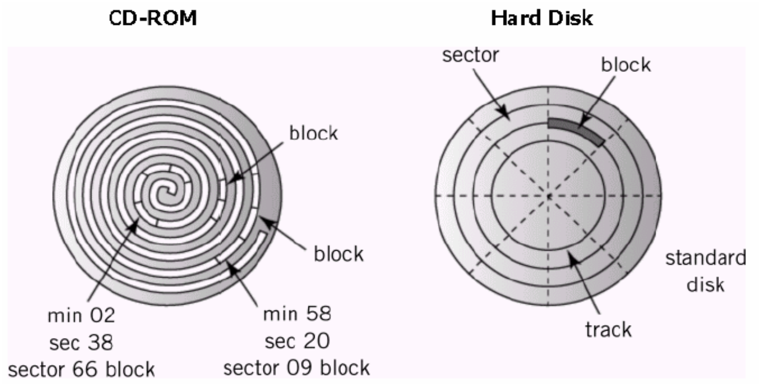
- Helical Scan Cartridges
  - เป็นคาร์ทริดจ์ที่ใช้สำหรับ DAT (Digital Audio Tape)
  - เป็นเทปที่มีความกว้าง 4 มิลลิเมตรความยาวระหว่าง 200-500 ฟุต
  - ยังมีรูปแบบคล้ายวิดีโอคลาสเซ็ตขนาด 8 มิลลิเมตรแต่ไม่ค่อยนิยมใช้
  - ข้อมูลบนรูปแบบนี้จัดเก็บค่อนข้างแน่น
  - การอ่าน/เขียนจะใช้หัวอ่านที่หมุนด้วยความเร็วสูงเพื่อให้ข้อมูลเก็บค่อนข้างแน่น



Optical Disk (อ็อพติคอลดิสก์)

ชื่อ	คำเต็ม	ความหมาย
CD	Compact Disk	ดิสก์ที่ไม่สามารถลบข้อมูลได้ ใช้เก็บข้อมูลเสียงแบบดิจิตอล ตามมาตรฐานจะเป็นดิสก์ที่มีขนาด 12 ซม. สามารถบันทึกเสียงเพลงได้ต่อเนื่องมากกว่า 60 นาที
CD-ROM	Compact Disk Read Only Memory	ดิสก์ที่ไม่สามารถลบข้อมูลได้ ใช้เก็บข้อมูลคอมพิวเตอร์ ตามมาตรฐานจะเป็นดิสก์ที่มีขนาด 12 ซม. สามารถเก็บข้อมูลได้มากกว่า 650 เมกะไบต์
CD-R	CD Recordable	เหมือนกับ CD-ROM ผู้ใช้งานสามารถเขียนดิสก์ได้ครั้งเดียว
CD-RW	CD Rewritable	เหมือนกับ CD-ROM ผู้ใช้งานสามารถลบและเขียนข้อมูลซ้ำ ๆ ได้หลายครั้ง
DVD	Digital Versatile Disk หรือ Digital Video Disk	เทคโนโลยีที่เก็บข้อมูลภาพเคลื่อนไหวขนาดใหญ่ มีทั้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 และ 12 ซม. ความจุแบบสองด้าน (double-side) มีมากถึง 17 กิกะไบต์พื้นฐานของ DVD คืออ่านอย่างเดียว (DVD-ROM)
DVD-R	DVD Recordable	เหมือนกับ DVD ผู้ใช้เขียนดิสก์เพียงครั้งเดียว และใช้ได้เพียงด้านเดียว
DVD-RW	DVD Rewritable	เหมือนกับ DVD ผู้ใช้สามารถลบและเขียนได้หลายครั้ง ใช้ได้เพียงด้านเดียว

Optical Disk (อ็อพติคอลดิสก์)



เปรียบเทียบ track บน magnetic Disk และร่องบันทึกข้อมูลบนสื่อจำพวก Optical Disk

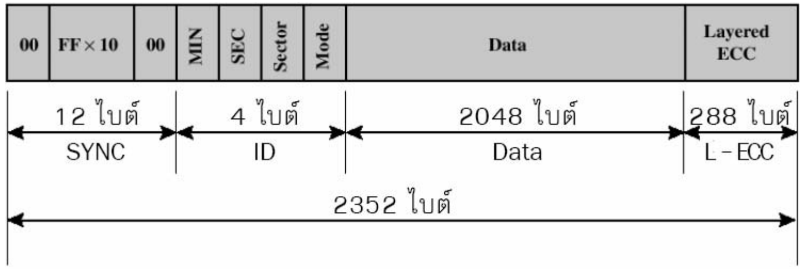
CD-ROM/ Compact Disc แผ่นซีดีรอม

- ดิสก์แม่เหล็ก
  - มี Track ขนาดต่างกันวางซ้อนกันอยู่ โดยมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุดศูนย์กลางของแผ่นดิสก์
  - การบันทึกข้อมูลแบบ CAV (Constant Angular Velocity) ทุก track มีความเร็วตามองศา (angular velocity) เท่ากันหมด
  - จำนวนบิตข้อมูลที่เก็บบนแผ่นดิสก์เท่ากันทุก track
  - ถ้าเป็นการบันทึกข้อมูลแบบ MZR (Multiple Zoned Recording) track ที่อยู่นอกสุดจะมีจำนวนบิตข้อมูลมากกว่า track ที่อยู่ด้านใน

CD-ROM/ Compact Disc แผ่นซีดีรอม

- แผ่นซีดี
  - โครงสร้างร่องบันทึกข้อมูลของแผ่นซีดีจะเป็นแบบก้นหอยที่หมุนจากจุดศูนย์กลางออกไปขอบด้านนอก
  - ขนาดของ sector ที่อยู่ใกล้จุดศูนย์กลางและขนาด sector ที่อยู่ด้านขอบจะเท่ากันทุกตำแหน่ง
  - ข้อมูลจึงถูกบีบอัดอยู่ทั่วทั้งแผ่นในขนาดที่เท่ากัน และถูกอ่านด้วยความเร็วเท่ากันทั้งหมด
  - อัตราการหมุนของแผ่นดิสก์ไม่เท่ากัน
  - ข้อมูลจะถูกอ่านด้วยความเร็วคงที่แบบ CLV (Constant Linear Velocity)
  - แผ่นดิสก์จะหมุนความเร็วสูงสุดเมื่ออ่านข้อมูลใกล้จุดศูนย์กลาง และความเร็วการหมุนจะค่อย ๆ ลดต่ำสุดเมื่ออ่านข้อมูลที่ขอบด้านนอก

CD-ROM/ Compact Disc แผ่นซีดีรอม



โครงสร้าง Data Block on CD-ROM

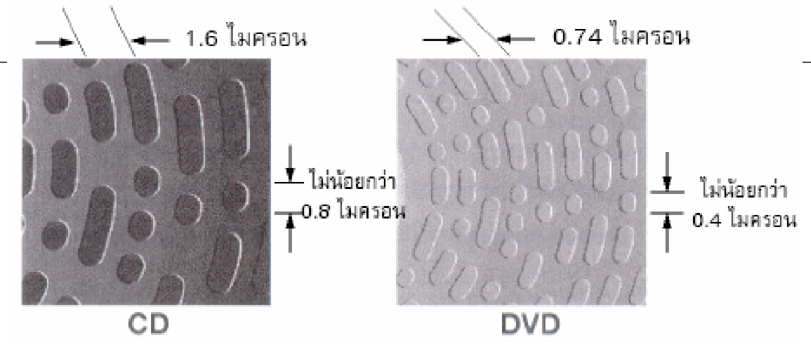
แผ่น CD-R และ CD-RW

- แผ่นซีดีรอมอ่านข้อมูลได้อย่างเดียว ไม่สามารถเขียนได้
- แผ่น CD-R และ CD-RW สามารถเขียนข้อมูลได้
  - แผ่น CD-R เขียนข้อมูลได้ครั้งเดียว ไม่สามารถลบได้ นอกจากจะเขียนต่อจนเต็มแผ่น
  - แผ่น CD-RW สามารถเขียนและลบข้อมูลในแผ่นได้หลายครั้ง
  - การเขียนข้อมูลแต่ละครั้งเรียกว่า "เซสชัน" (Session) การเขียนหลายครั้งเรียกว่า "มัลติเซสชัน" (Multi session)
  - การเขียนแต่ละ Session จะใช้เนื้อที่ในการเก็บข้อมูลแต่ละ Session ดังนั้นถ้าเขียนหลาย Session จะเปลืองเนื้อที่ส่วนนี้

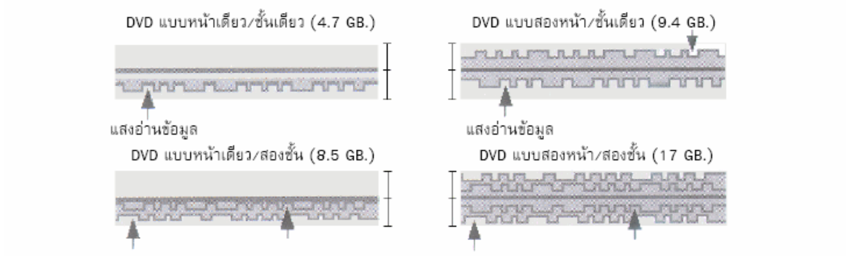
แผ่นดีวีดี (DVD)

- ดีวีดี ==> Digital Video Disc หรือ Digital Versatile Disk
- บันทึกข้อมูลได้ 2 ด้าน (side) แต่ละด้านยังมี 2 ชั้น (layer)
- เก็บข้อมูลได้ตั้งแต่ 4.7-17 กิกะไบต์
- มีทั้ง DVD-ROM และ DVD-RW
- ส่วนมากใช้เพื่อความบันเทิง

แผ่นซีดีรอม	แผ่นดีวีดี
1. บิตข้อมูลมีการบีบอัดให้มีความหนาแน่นน้อยกว่า	1. บิตข้อมูลมีการบีบอัดให้มีความหนาแน่นมากกว่า
2. ระยะห่างระหว่างร่องบันทึกข้อมูลในแต่ละรอบคือ 1.6 ไมโครเมตร	2. ระยะห่างระหว่างร่องบันทึกข้อมูลในแต่ละรอบคือ 0.74 ไมโครเมตร
3. ระยะห่างระหว่างพิตคือ 0.834 ไมโครเมตร	3. ระยะห่างระหว่างพิตคือ 0.4 ไมโครเมตร
4. ความจุข้อมูล 700 เมกะไบต์	4. ความจุข้อมูล 4.7 กิกะไบต์
5. มีพิตและแลนด์เพียงระดับเดียวทำให้เก็บข้อมูลได้ชั้นเดียว	5. มีพิตและแลนด์ 2 ระดับ โดยระดับที่สองอยู่ด้านบนของระดับแรก โดยสารที่เคลือบระดับบนจะมีคุณสมบัติกึ่งสะท้อนแสง (semi-reflective) ในขณะที่ระดับล่างจะมีคุณสมบัติสะท้อนแสง (reflective) ทำให้สามารถเขียนข้อมูลได้ทั้งสองระดับ ความจุข้อมูลเพิ่มเป็น 8.5 กิกะไบต์ ข้อมูลทั้งสองระดับสามารถอ่านได้โดยอาศัยเทคนิคการปรับโฟกัสของแสงเลเซอร์ที่ใช้อ่านข้อมูล
6. เขียนข้อมูลได้เพียงด้านเดียว	6. เขียนข้อมูลได้ทั้งสองด้านของแผ่น เมื่อรวมสองด้านด้านละสองระดับ ทำให้มีความจุเป็น 17 กิกะไบต์



ชื่อฟอร์แมต	โครงสร้างการบันทึก	ด้านที่บันทึก	ความจุรวม	เทียบกับซีดี
DVD-5	1 ชั้น	1 ด้าน	4.7 กิกะไบต์	6.87 แผ่น
DVD-9	2 ชั้น	1 ด้าน	8.5 กิกะไบต์	12.43 แผ่น
DVD-10	1 ชั้น	2 ด้าน	9.4 กิกะไบต์	13.75 แผ่น
DVD-18	2 ชั้น	2 ด้าน	17 กิกะไบต์	24.86 แผ่น



Flash Memory

- CompactFlash
  - มี 2 มาตรฐานคือ Type I และ Type II
  - ความหนา Type I = 3.3 มิลลิเมตร ในขณะที่ Type II = 5.5 มิลลิเมตร
  - รองรับความดันไฟฟ้า 3.3 และ 5 โวลต์
  - มีอัตราการเขียนข้อมูลสูงสุด 1.5 เมกะบิตต่อวินาที
  - นิยมนำมาใช้งานกับกล้องดิจิตอล
  - ความจุสูงสุดถึง 4 กิกะไบต์ (GB)

Flash Memory

- SmartMedia
  - ขนาด 37x45 มิลลิเมตร
  - มีความหนาเพียง 0.76 มิลลิเมตร
  - รองรับระดับแรงดันไฟฟ้า 3.3 และ 5 โวลต์
  - ขนาดความจุถึง 1 กิกะไบต์
  - การอ่านและเขียนข้อมูลเป็นบล็อก บล็อกละ 256 หรือ 512 ไบต์
  - มีสวิตช์สำหรับการป้องกันการเขียนทับ (write protect)

Flash Memory

- Memory Stick
  - ขนาด 21.5x50 มิลลิเมตร หนา 2.8 มิลลิเมตร ใช้หน้าสัมผัส 10 พิน
  - ภายในมีหน่วยความจำและตัวควบคุมการทำงาน
  - มีอัตราการอ่านข้อมูล 2.45 เมกะไบต์ต่อวินาที และเขียน 1.8 เมกะไบต์ต่อวินาที
  - การอ่าน/เขียนจะเป็นบล็อกขนาด 512 ไบต์
  - ปัจจุบันมีขนาดความจุ 16 GB
  - มีกลไกสำหรับการเก็บข้อมูลที่มีลิขสิทธิ์ที่เรียกว่า

Flash Memory

- MultiMedia Card หรือ MMC
  - ขนาด 24x32 มิลลิเมตร มีความหนา 1.4 มิลลิเมตร
  - จุข้อมูลได้ถึง 64 เมกะไบต์
  - รองรับแรงดันไฟฟ้า 2.7-3.6 โวลต์
  - นิยมเก็บข้อมูลประเภทเสียงสำหรับเครื่องเล่น MP3
  - และนำมาใช้เป็นหน่วยความจำเสริมสำหรับ คอมพิวเตอร์พกพาขนาดกระเป๋า
  - ปัจจุบันมีขนาดความจุ 16 GB

Flash Memory

- Secure Digital Card หรือ SD Card
  - ความหนา 2.1 มิลลิเมตร
  - สามารถเข้ารหัสข้อมูลก่อนบันทึกลงไป
  - อัตราการส่งข้อมูลอยู่ที่ 12 เมกะบิตต่อวินาที
  - มีขนาดความจุมากถึง 16 กิกะไบต์และมีขนาดที่เล็กกระทัดรัด

Flash Memory

- Microdrive
  - เป็นสื่อสำหรับเก็บข้อมูลที่พัฒนาโดย IBM
  - เป็นสื่อที่จัดอยู่ในกลุ่มฮาร์ดดิสก์ เนื่องจากมีมอเตอร์ขนาดจิ๋ว
  - ใช้เทคโนโลยี CompcatFlash Type II
  - สามารถใช้กับอุปกรณ์ที่รองรับ CompactFlash ได้ทันที
  - มีความจำสูงถึง 300 กิกะไบต์
  - มีอัตราถ่ายโอนข้อมูลสูงถึง

Flash Memory

- Flash Drive, JumpDrive, ThumbDrive, PocketDrive etc
  - เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต USB
  - ทำหน้าที่เหมือนฮาร์ดดิสก์ขนาดเล็ก ทำให้คุณสามารถเคลื่อนย้ายข้อมูลในปริมาณมากได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว
  - ขนาดไม่เหมือนกันแล้วแต่บริษัทที่ผลิตขึ้นมา
  - ความจุมีหลายขนาด ตั้งแต่ 16, 32, 64, 128, 256 และ 512 เมกะไบต์ 1 ,2 ,4,8,16 GB
  - ความเร็วในการอ่าน/เขียนก็แตกต่างกันไป

Flash Memory

- xD-Picture Card
  - เป็นหน่วยความจำแฟลชที่พัฒนาออกมาล่าสุด โดยความร่วมมือระหว่าง SanDisk และ Olympus เพื่อใช้ในกล้องดิจิตอล
  - เป็นหน่วยความจำขนาดเล็กแต่มีอัตราการถ่ายโอนข้อมูลด้วยความเร็วสูง
  - การ์ดประเภทนี้สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ xD devices
  - ปัจจุบันมีขนาดความจุสูงถึง 512 เมกะไบต์ , 1 GB,2 GB

Flash Memory

- เครื่องอ่าน และ PCMCIA

สื่อบันทึกข้อมูลในอนาคต

- Holographic storage
  - ใช้แสงเลเซอร์เป็นตัวบันทึกข้อมูลในลักษณะที่เป็นรูปภาพแบบ holographic
  - บันทึกลงบนสื่อชนิดพิเศษ การทำงานนั้นให้นึกถึงรูปสีขาวดำที่มีลักษณะเป็นภาพ 2 มิติ แต่ละจุดบนภาพนั้นจะแทน 1 บิต สีดำมีค่าเป็น 0 สีขาวมีค่าเป็น 1
  - ถ้าภาพมีความคมชัดสูงก็จะยิ่งมีจำนวนบิตของข้อมูลเป็นล้าน ๆ บิต
  - ความเร็วในการแปลงจุดทั้งหมดที่อยู่ใน hologram ให้เป็นข้อมูลนั้นจะมีความเร็วเท่ากับความเร็วแสง
  - อัตราการแปลงข้อมูลจะมีความเร็วสูงมาก

สื่อบันทึกข้อมูลในอนาคต

- MEMS (Micro Electronic Mechanical Systems)
  - การทำงานของสื่อชนิดนี้จะใช้ชุดของหัวอ่านดิสก์ขนาดเล็กจำนวน 10,000 หัวอ่าน
  - ใช้สื่อบันทึกข้อมูลที่ทำมาจากแม่เหล็กขนาด 1 ตารางเซนติเมตรอยู่ด้านบนของชุดของหัวอ่าน
  - เมื่อจานแม่เหล็กหมุนหรือเคลื่อนที่ หัวอ่านแต่ละอันก็จะทำหน้าที่อ่านข้อมูลบนแต่ละ track จานแม่เหล็กสามารถที่จะเลื่อนมาด้านข้างเพียงเล็กน้อยเพื่อให้หัวอ่านแต่ละอันสามารถเคลื่อนที่เข้าไปอ่านข้อมูลใน track ถัดไปได้