

보조저장장치

컴퓨터구조론 6장

보조저장장치

- 자기디스크(magnetic disk)
- RAID(Redundant Array of Inexpensive Disks)
- 광기록장치(optical memory)

6.1 자기 디스크 (magnetic disk)

- 자기 디스크
 - 자화될 수 있는 물질로 코팅된 플라스틱이나 금속을 이용한 원형 평판으로 만들어진 저장장치
 - 하드 디스크(hard disk), 혹은 디스크(disk) 라고도 함
- 주요 구성 요소들
 - 원형 평판(circular platter) : 실제 정보가 저장되는 장소로서, 다수의 트랙(track)들로 구성
 - 헤드(head) : 전도성 코일을 통하여 표면을 자화(magnetize) 시킴으로써 데이터를 저장하고, 표면에 저장된 자장을 감지하여 데이터를 읽는 장치
 - 디스크 팔(disk arm) : 헤드를 이동시키는 장치
 - 구동장치(actuator) : 디스크 팔을 움직이는 모터(motor)

자기 디스크 (계속)

- 헤드의 수에 따른 디스크의 분류
 - 단일-헤드 디스크(single-head disk)
 - 다중-헤드 디스크(multiple-head disk)

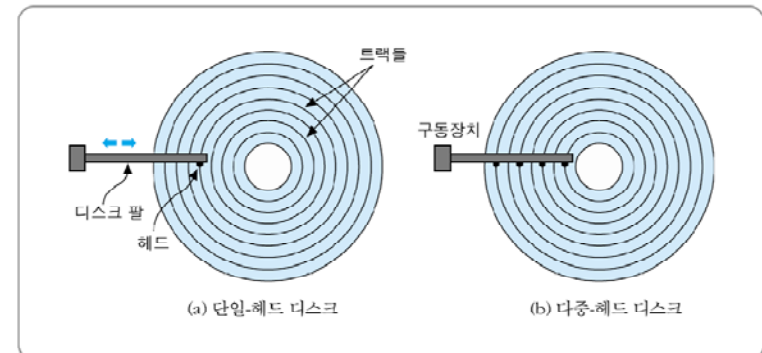
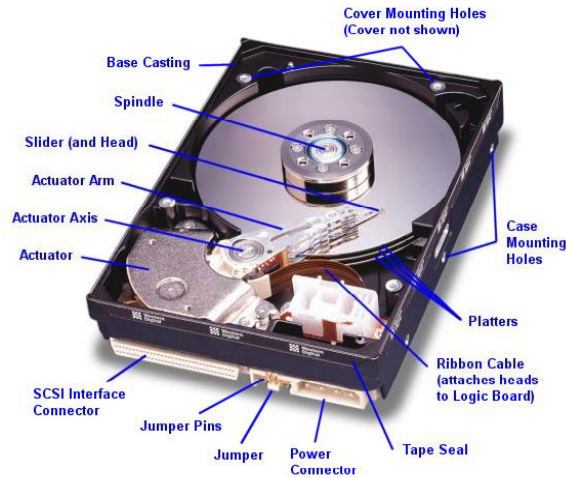


그림 6-1 디스크 표면과 헤드



컴퓨터시스템(보조저장장치)

자기 디스크 (계속)

■ 헤드의 이동성에 따른 분류

- 이동-헤드 디스크(movable-head disk)
 - 단일-헤드 디스크(single-head disk) : 헤드를 이동시키면서 디스크 표면의 데이터를 액세스
 - 다중-헤드 디스크(multiple-head disk) : 각 헤드에게 일정 트랙 그룹 할당 → 헤드 이동 거리 단축
- 고정-헤드 디스크(fixed-head disk)
 - 각 트랙 당 헤드를 한 개씩 설치
 - 탐색 시간 = 0
 - 제작 비용이 높아짐
 - 매우 빠른 디스크를 필요로 하는 특수한 시스템에서 사용

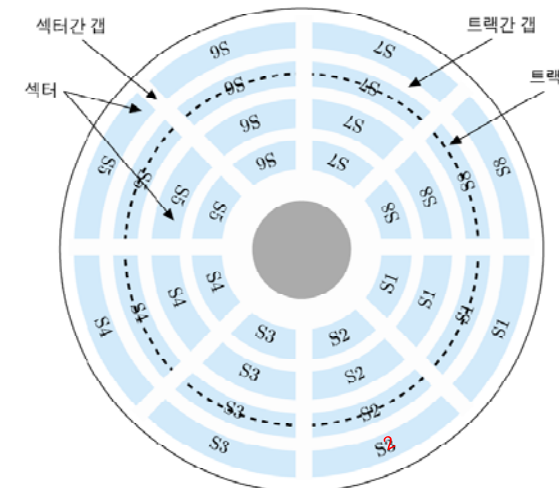
컴퓨터시스템(보조저장장치)

디스크의 구조

- 섹터(sector):
 - 디스크에 한 번에 쓰거나 읽는 데이터 크기의 최소 단위
- 섹터간 갭(inter-sector gap) :
 - 섹터들을 구분하기 위한 간격(gap)
- 트랙간 갭(inter-track gap) :
 - 헤드가 잘못 정렬되거나 자장의 간섭 때문에 발생하는 오류를 방지하기 위한 트랙들 사이의 간격
- 초기의 전형적인 디스크의 경우,
 - 표면당 트랙의 수 = 500 ~ 2000 개,
 - 트랙당 섹터의 수 = 32 개

컴퓨터시스템(보조저장장치)

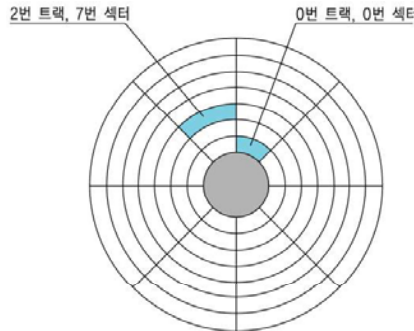
디스크 표면의 세부 구조



컴퓨터시스템(보조저장장치)

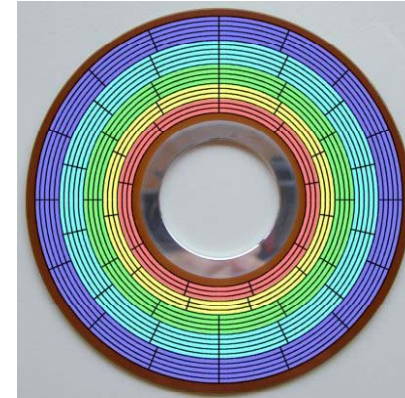
등각속도(Constant Angular Velocity, CAV)

- 디스크가 일정한 속도(등각속도)로 회전하는 상태에서 트랙의 위치에 상관없이 데이터를 동일한 비율로 액세스하는 방식
 - [장점] 디스크 읽기/쓰기 장치가 간단하다.
 - [단점] 저장 공간이 낭비된다 (바깥쪽 트랙이 안쪽 트랙보다 더 길지만, 저장하는 데이터 양은 같기 때문)



컴퓨터시스템(보조저장장치)

- Zone Bit Recording(ZBR) 또는 Zone Density Recording
 - 안쪽 트랙보다 바깥 트랙에 더 많은 섹터를 저장하는 방식



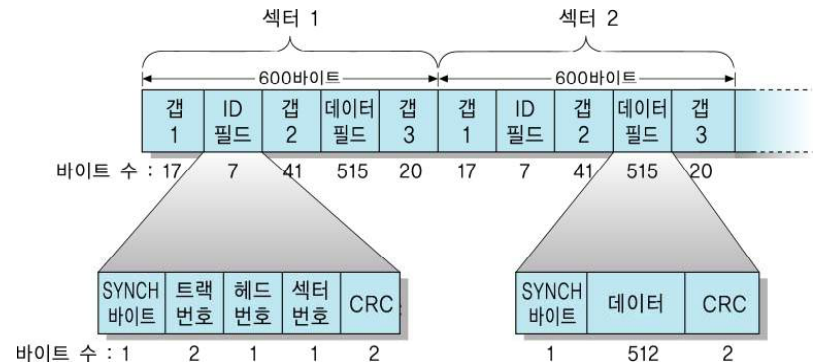
컴퓨터시스템(보조저장장치)

디스크 형식화 작업 (disk formatting)

- 디스크 형식화 작업(disk formatting)
 - 디스크의 구성을 검사하고, 그에 관한 정보와 트랙의 시작점, 섹터의 시작과 끝을 구분하기 위한 제어 정보 등을 디스크상의 특정 위치에 저장하는 과정
- 트랙 형식의 예
 - 섹터 크기 = 600 바이트 (512바이트 데이터 + 제어 정보)
 - 제어 정보(ID 필드): 섹터를 구분하는 데 필요한 식별자/주소
 - SYNCH(Synchronization) 바이트
 - 트랙 번호, 헤드 번호, 섹터 번호
 - 오류 검출 코드(CRC)

컴퓨터시스템(보조저장장치)

트랙 형식의 예



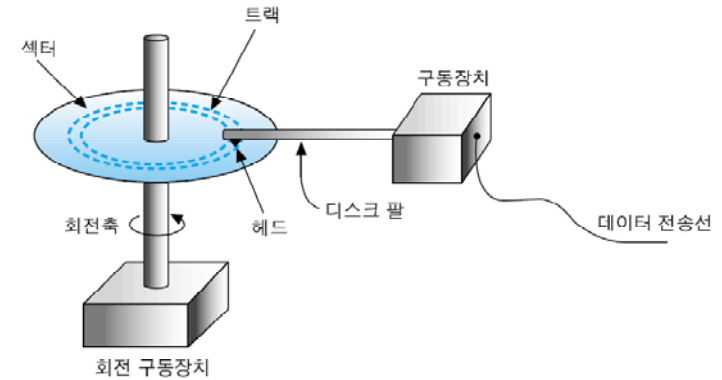
컴퓨터시스템(보조저장장치)

디스크 드라이브(disk drive)

- 디스크, 헤드가 부착된 디스크 팔, 구동장치, 디스크를 회전시키는 축(spindle), 데이터 전송을 위한 전자 회로 등을 포함한 전체 패키지
- 디스크 이동성에 따른 분류
 - 제거불가능 디스크(non-removable disk) : 디스크 드라이브 내에 고정시킨 디스크 → 하드 디스크
 - 제거가능 디스크(removable disk) : 디스크 드라이브로부터 꺼낼 수 있으며, 다른 디스크 드라이브에 삽입시켜 데이터를 읽거나 쓸 수 있는 디스크 → 플로피 디스크
- 디스크 면 수에 따른 분류 :
 - 양면 디스크(double-sided disk)
 - 단면 디스크(single-sided disk)
- 실린더(cylinder) :
 - 서로 다른 디스크 표면에 있지만 같은 반경(동심원)에 위치하고 있어서, 디스크 팔을 움직이지 않고도 동시에 액세스할 수 있는 트랙들의 집합

컴퓨터시스템(보조저장장치)

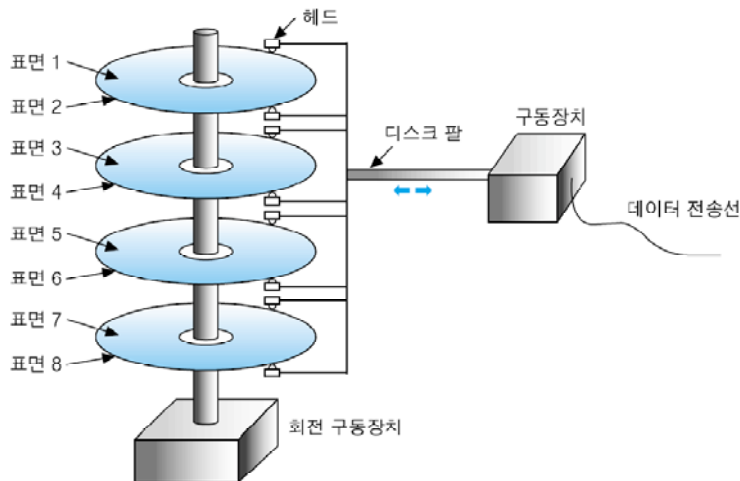
단일-평판 디스크 드라이브의 내부 구조



(a) 단일-평판 디스크 드라이브

컴퓨터시스템(보조저장장치)

다중-평판 디스크 드라이브의 내부 구조



(b) 다중-평판 디스크 드라이브

컴퓨터시스템(보조저장장치)

디스크 액세스 시간

- 디스크 액세스(읽기/쓰기) 동작의 순서
 1. 헤드를 해당 트랙으로 이동 → **탐색**
 2. 원하는 섹터가 헤드 아래로 회전되어 올 때까지 대기 → **회전지연**
 3. 데이터를 전송
- 디스크 액세스 시간(disk access time)
 - = **탐색 시간 + 회전 지연 시간 + 데이터 전송 시간**
 - 탐색 시간(seek time)
 - 회전 지연 시간(rotational latency time)
 - 데이터 전송 시간(data transfer time) :
 - = 3번에 걸리는 시간 + 디스크 제어기에서 소요되는 시간

컴퓨터시스템(보조저장장치)

회전지연시간

- 회전지연시간: 디스크의 회전속도에 따라 결정
- [예제] 회전축의 속도 = 7200rpm(rotations per minute)인 경우,
 - 7200회전/분 = 120 회전/초 → 한 바퀴 회전 시간: $T = 1/120 \text{ sec}$ (8.33ms)
 - 회전지연시간: 헤드가 해당 트랙에 도착한 순간의 헤드 위치에 따라 0 ~ 8.33ms
 - 평균 회전시간 = $T/2$ (1/2 바퀴 회전에 걸리는 시간) = 4.17ms
- 최근의 디스크 회전축 속도 :
 - 5400 rpm, 7200rpm
 - 10000rpm, 15000rpm, 20000rpm(개발 중)

예제 6-1

어떤 디스크의 탐색 시간이 8ms, 전송률이 100[MByte/s]이고, 회전축의 속도가 5400rpm, 그리고 제어기의 지연시간은 1ms라고 가정한다. 섹터의 크기가 512바이트인 경우에, 한 섹터를 읽거나 쓰는 데 걸리는 평균 액세스 시간(T_a)을 구하라.

[풀이]

평균 회전 지연시간 = $\{1/(5400/60)\} \times 0.5\text{바퀴} \approx 5.5\text{ms}$

$T_a = 8\text{ms} + 5.5\text{ms} + (0.5\text{KByte} / 100\text{MByte/s}) + 1\text{ms} \approx 14.5\text{ms}$

$(0.5 \times 10^3) / (100 \times 10^6) = 5 \times 10^{-6} \text{ sec}$ (무시)

최신 디스크들의 특성 및 성능 파라미터

[표 6-1] IBM 디스크들의 특성 및 성능 파라미터들의 비교 [HGS08]

파라미터	Travelstar 5K160	Deskstar E7K1000	Ultrastar 15K450
회전 속도	5400rpm	7200rpm	15000rpm
평균 회전지연	5.5ms	4.17ms	2.0ms
탐색시간(평균)	11ms	8.5ms	3.6ms
용량	160GBytes	1000GBytes	450GBytes
헤드 수	4	10	8
디스크 수	2	5	4
저장 밀도	131Gbits/in ²	270Gbits/in ²	183Gbits/in ²
데이터 전송률	100[MBytes/s]	300[MBytes/s]	300[MBytes/s]
디스크 크기	2.5"	3.5"	3.5"

6.2 RAID (Redundant Array of Inexpensive Disks)

RAID 출현의 배경

- 한 개의 대형 디스크를 사용하는 것보다, 크기가 작은 여러 개의 디스크들을 서로 연결하여 하나의 큰 용량을 가진 디스크 유니트로 구성하는 것이 더 저렴한 가격으로 더 큰 용량을 가진 디스크 서브시스템 구성 가능.

디스크 배열의 장점

- 데이터 분산 저장에 의한 동시 액세스(concurrent access) 가능
- 병렬 데이터 채널에 의한 데이터 전송 시간 단축

디스크 배열의 문제점

- 하나의 디스크만 고장이 나도 파일 전체를 사용할 수 없음 → 결합 허용도(fault tolerance) 저하

디스크 인터리빙 (disk interleaving)

- 디스크 인터리빙
 - 데이터 블록들을 여러 개의 디스크들로 이루어진 디스크 배열 (disk array)에 분산 저장하는 기술
 - 파일이 여러 개의 블록으로 구성될 때에 라운드-로빈(round-robin) 방식을 사용하여 균등 분산 저장함
 - 각 블록들을 병렬로 읽고 쓸 수 있는 장점이 있음



그림 6-6 디스크 인터리빙을 이용한 분산 저장

디스크 배열의 단점

- 디스크 배열의 주요 단점 : MTTF(Mean Time To Failure)의 저하

$$MTTF = \frac{\text{단일 디스크의 MTTF}}{\text{배열 내 디스크들의 수}}$$

- [예] MTTF = 30000 시간인 디스크 100 개를 이용한 디스크 배열의 MTTF는?
 - MTTF = 30000 / 100 = 300 시간

디스크와 디스크 배열의 특성 비교

[표 6-2] 대형 디스크, 소형 디스크 및 디스크 배열의 특성 비교²⁾ [CHE90]

특성	모델	IBM 3390(10.5 ")	IBM 0061(3.5 ")	디스크 배열 (IBM 0061 70개)
용량		23GByte	320MByte	23GByte
크기		97ft ³	0.1ft ³	11ft ³
전력 소모량		3KW	11W	1KW
데이터 전송률		15MB/sec	1.5MB/sec	120MB/sec
I/O 처리률		600IOs/sec	55IOs/sec	3900IOs/sec
가격		\$200,000	\$2,000	\$150,000
MTTF		250000시간	50000시간	?

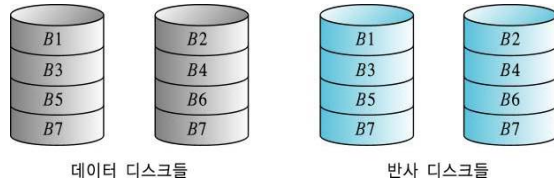
2) 이 표는 RAID를 처음 제안한 U.C. Berkeley 대학의 연구팀이 제시한 것으로서, 그 당시의 디스크들에 대한 규격 및 가격 등을 기준으로 작성되었음

RAID 제안

- 디스크 배열의 결함허용도(fault-tolerance)를 높이기 위하여 RAID가 제안됨
- 핵심 기술 :
 - 검사 디스크(check disk)들을 추가하여 오류 검출 및 복구 기능 추가
- 결함 발생시 복구 과정
 - 배열내의 한 디스크에 결함 발생
 - 해당 디스크 사용 중단
 - 검사 디스크에 저장된 정보를 이용하여 원래의 정보 재구성
 - 여분의 디스크에 복구
- RAID의 종류
 - RAID 종류는 데이터의 분산과 검사 디스크 구성방법의 조합에 따라서 여러 레벨로 구분됨

RAID-1

- **디스크 반사(disk mirroring) 방식 이용 :**
 - 데이터 디스크에 저장된 모든 데이터들은 짝(pair)을 이루고 있는 반사(mirror) 디스크의 같은 위치에 복사



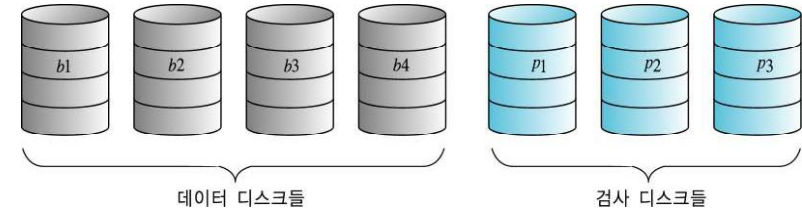
- **[장점]** 거의 완전한 결함허용도 제공
- **[단점]** 가격이 높다
- **주요 용도:** 높은 신뢰도를 요구하는 결함허용시스템에 주로 사용. 시스템 소프트웨어 혹은 중요한 데이터 파일 저장에 사용.

컴퓨터시스템(보조저장장치)

25

RAID-2

- **비트-단위 인터리빙 방식 사용 :**
 - 데이터를 각 디스크에 비트 단위로 분산 저장
- **해밍 코드(Hamming code)를 이용한 오류 검출 및 정정 방식 사용**
 - 해밍 코드는 ECC(Error Correcting Code)임



- **[단점]** 필요한 검사 디스크들의 수가 많아서 가격이 비싸다
- **주요용도:** 오류가 많이 발생하는 환경에서 사용

컴퓨터시스템(보조저장장치)

26

RAID-2 (계속)

- **검사 디스크들의 수:**
 - G : 데이터 디스크의 수
 - C : 필요한 검사 디스크들의 수
$$2^C - 1 \geq G + C$$

[예] G = 8 인 경우 : 검사디스크 C = 4, 오버헤드 = 50 %
G = 16 인 경우 : 검사디스크 C = 5, 오버헤드 = 31 %

컴퓨터시스템(보조저장장치)

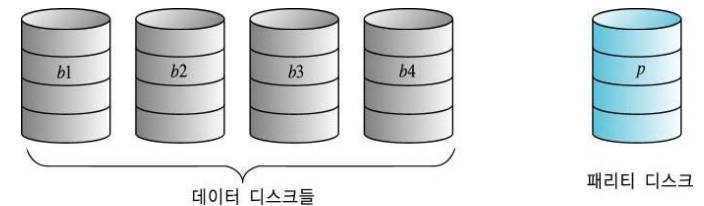
27

RAID-3

- **패리티 방식을 이용한 오류 검출 및 정정 방식 사용.**
- **패리티 비트를 패리티 디스크에 저장**

$$p = b1 \oplus b2 \oplus b3 \oplus b4$$
- **b2가 저장된 디스크에 결함이 발생한 경우의 데이터 복구**

$$b2 = p \oplus b1 \oplus b3 \oplus b4$$



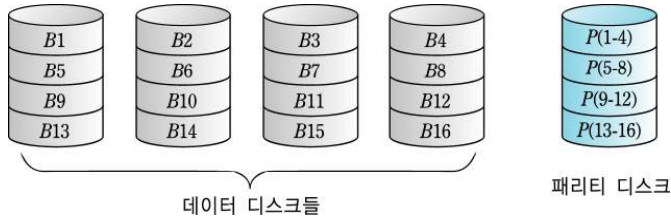
- [장점]** 병렬 데이터 읽기/쓰기 가능 → 디스크 액세스 속도 향상
- [단점]** 쓰기 동작 때마다 패리티 비트 갱신 필요 → 시간 지연 발생

컴퓨터시스템(보조저장장치)

28

RAID-4

- 블록-단위 인터리빙 방식을 사용
- 데이터 디스크들의 동일한 위치에 있는 블록들에 대한 패리티 블록을 패리티 디스크에 저장



- 블록이 한 디스크에 저장됨 → 각 액세스 요구에 서로 다른 디스크를 독립적으로 처리
- [문제점] 매 쓰기 동작을 위해 패리티 디스크를 두 번씩 액세스 → 병목 현상 발생

컴퓨터시스템(보조저장장치)

29

RAID-4 (계속)

- 데이터 블록의 쓰기(갱신) 과정
 - (예) 두 번째 디스크에 저장된 블록 B2를 B2'로 갱신하는 경우
 - 새로운 패리티 블록 $P' = B1 \oplus B2' \oplus B3 \oplus B4$
 - 세 번의 디스크 읽기(B1, B3 및 B4 읽기)와 두 번의 디스크 쓰기(새로운 B2' 데이터 및 패리티 P' 쓰기) 동작들이 필요 → Overhead (성능 저하)
 - 디스크 액세스 횟수의 최소화 방법

$$P' = B1 \oplus B2' \oplus B3 \oplus B4 \oplus (B2 \oplus B2)$$

$$= (B1 \oplus B2 \oplus B3 \oplus B4) \oplus B2 \oplus B2'$$

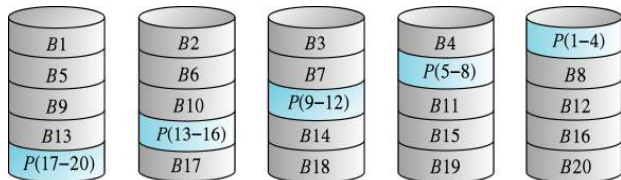
$$= P \oplus B2 \oplus B2'$$
 - 디스크 수에 상관없이, 한 블록 갱신에 네 번의 디스크 액세스만 필요
 - 원래 데이터(B2) 읽기, 원래 패리티(P) 읽기
 - 새로운 데이터(B2') 쓰기, 새로운 패리티(P') 쓰기

컴퓨터시스템(보조저장장치)

30

RAID-5

- RAID-4의 문제점을 보완하기 위하여 패리티 블록을 라운드-로빈 방식으로 분산 저장



- [장점]
 - 패리티 디스크에 대한 병목 현상 해소
 - 쓰기 동작들의 병렬 수행 가능
 - 데이터 디스크들의 수가 G 개일 때, 최대 $(G+1)/2$ 번의 쓰기 동작들이 병렬 수행 가능 → 여러 블록을 저장하는 큰 쓰기에 적합

컴퓨터시스템(보조저장장치)

31

RAID-5

- [문제점] 작은 쓰기 문제(small write problem)
 - 어느 한 블록만 갱신하는 '작은 쓰기(small write)'의 경우에 네 번의 디스크 액세스가 필요하기 때문에 성능이 저하됨.
- RAID-1과 RAID-5의 비교
 - RAID-1 : 읽기와 작은 쓰기가 많은 환경에 적합
 - RAID-5 : 용량과 비용을 중요시하는 응용이나 큰 쓰기 요구가 많은 환경에 적합
 - 가격 대 성능 비 측면에서 RAID-5가 더 우수

컴퓨터시스템(보조저장장치)

32

6.3 광 저장장치

- CD-ROM
- CD-R, CD-RW
- DVD
- BluRay Disk (BD)

CD-ROM (Compact Disk ROM)

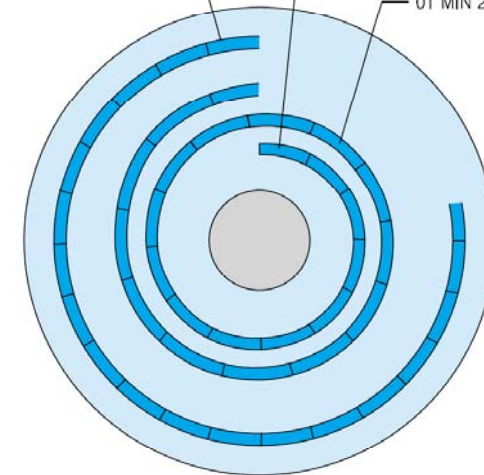
- 제조 방법
 - 폴리카보네이트(polycarbonate) 평판 상부를 알루미늄 코팅
- 정보 저장 :
 - 고강도(high-intensity) 레이저를 이용하여 표면상의 미세 피트(microscopic pit)들에 정보를 기록
- 정보 검색 :
 - 저전력 레이저를 이용하여 미세 피트들로부터 반사되는 빛의 강도에 의해 검색 (0과 1 구분)
- 구조적 특징 :
 - 전체 평면상에 하나의 트랙이 나선형으로 연결되어 있고, 이 트랙은 같은 크기의 섹터들로 분할
 - (cf) 디스크는 분리된 다수의 동심원 트랙들로 구성

CD-ROM (계속)

- 등선속도(Constant Linear Velocity, CLV) 방식 이용:
액세스할 섹터의 위치에 따라 디스크의 회전 속도가 달라지는 방식
 - 섹터의 위치에 상관없이 표면을 지나가는 헤드의 속도가 항상 일정
 - 트랙 전체의 저장 밀도가 균일
→ 바깥쪽 트랙 부분의 저장 공간의 낭비가 없음
- 저장 방식 : 트랙을 따라 순차적으로 저장
- 액세스 방식 : 임의 액세스 방식
- 데이터가 저장된 섹터를 찾아가는 과정
 1. 헤드를 액세스할 섹터 근처의 영역으로 이동
 2. 회전 속도를 조정하여, 섹터의 주소 검사
 3. 미세 조정을 통하여, 원하는 특정 섹터를 검색
 4. 데이터를 읽고, 전송

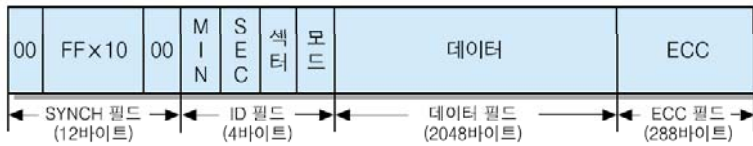
등선속도를 이용하는 CD-ROM의 트랙과 섹터

60 MIN 03 SEC 74 SECTOR — 00 MIN 00 SEC 00 SECTOR — 01 MIN 23 SEC 62 SECTOR



CD-ROM 데이터 블록의 형식

- 데이터 블록의 형식
 - SYNC 필드 : 블록의 시작 표시
 - ID 필드 : 블록 주소와 모드(mode) 바이트 포함
 - 데이터 필드 : 2048 바이트
 - ECC 필드 : 오류 정정 코드(288 바이트)



CD-ROM의 장단점

- 자기 디스크와 비교한 상대적 장점
 - 대용량
 - 저렴한 가격으로 대량 복제 가능
 - [비교] 자기 디스크의 경우에는 두 개의 디스크 드라이브들을 사용하여 한 번에 한 개씩만 복사 가능
- 단점
 - 읽기만 가능하고, 내용 변경 불가능
 - 액세스 시간이 자기 디스크 보다 훨씬 길다 (대략 0.5 초 정도)

CD-R (CD-Recordable)

- WORM(Write-Once Read-Many CD)이라고도 부름
- 사용자가 데이터를 한 번은 기록할 수 있는 CD-ROM
- CD-R의 디스크 표면 제조 기술
 - 트랙에 해당하는 부분을 따라, 열을 가하면 태워져 없어지는 성질을 가진 물질을 이용하여 유기 광전도성 염료층(organic photoconductive dye layer)을 구성
 - 염료층에서 한 번 태워진 부분은 복구 불가능 → 한 번의 기록만 가능

CD-R에서의 데이터 쓰기 / 읽기 과정

- 데이터 쓰기 : 저장될 데이터(1 혹은 0)에 따라 레이저로 열을 발생시켜 염료층의 해당 피트(pit)부분들을 용해
- 데이터 읽기 : 강도가 낮은 레이저 빛을 이용하여 반사 명암에 따라 데이터 검출

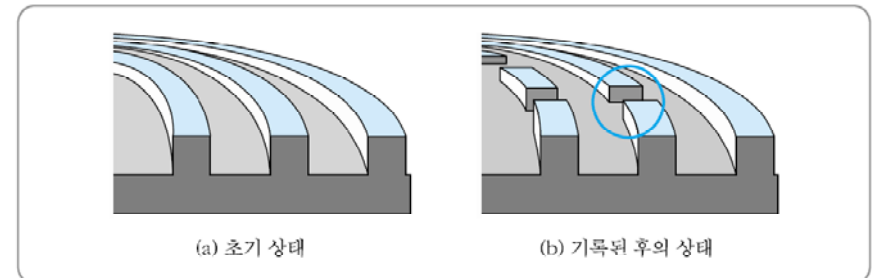
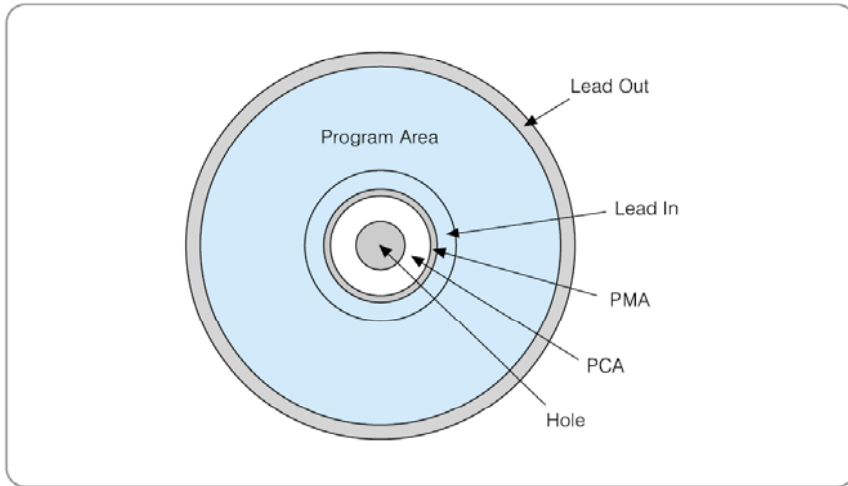


그림 6-14 CD-R의 디스크 표면 상태

CD-R 표면의 구조(layout)



컴퓨터시스템(보조저장장치)

CD-R 표면의 구조

- PCA(Power Calibration Area) : 디스크 전체에 대한 기록을 시작하기 전에 해당디스크에 가장 적절한 레이저 강도를 찾아내기 위하여 시험적으로 쓰기를 해보는 부분
- PMA(Programmable Memory Area) : 기록 동작이 진행되는 동안에 저장되는 데이터들에 대한 각종 정보의 집합인 TOC(Table Of Contents)를 임시로 저장해두는 부분
 - 기록이 모두 종료된 후에는 그 내용을 Lead In 영역으로 이동 → 영구 저장
- Program Area : 실제 데이터가 저장되는 영역
- Lead Out : 데이터의 끝을 알리는 영역 (Prog. Area 내의 데이터 끝 지점에 위치)

컴퓨터시스템(보조저장장치)

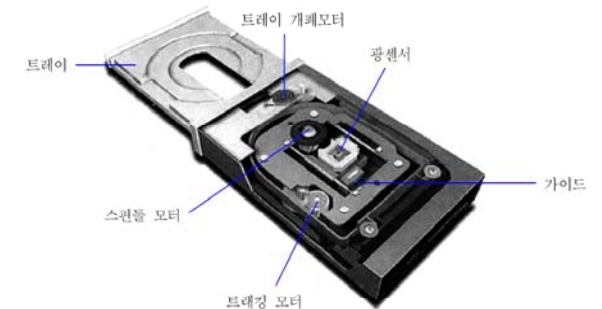
CD-RW (CD-ReWritable)

- 여러 번 쓰기가 가능한 콤팩트 디스크
 - 일반적으로 1000번 정도 재기록 가능
- 기본적인 구조는 CD-R과 동일
- 기록층(recording later): 염료층(dye layer)으로 제조
 - 상태 변화(phase change)를 통하여 정보의 반복 저장이 가능한 물질로 구성
 - silver, indium, antimony, tellurium의 혼합물 → 가열하면 액체로 변환
 - 결정 상태(crystal phase) : '1'
 - 쓰기 : 가열 후 서서히 냉각 → 원자들이 규칙적으로 배열
 - 읽기 : 입사 되는 빛에 대하여 일정한 각도로 반사
 - 비정질 상태 (amorphous phase) : '0'
 - 쓰기 : 가열 후 급속 냉각 → 원자들이 무질서하게 배열
 - 읽기 : 입사 되는 빛에 대하여 불규칙 난반사

컴퓨터시스템(보조저장장치)

DVD (Digital Video Disc)


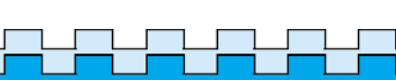
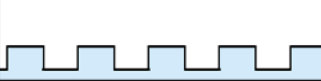
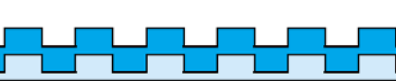
- 디지털 다기능 디스크 (Digital Versatile Disc)
- DVD 원판의 모습은 CD와 동일
 - [차이점] 0.6mm 원판을 두 개 겹쳐져 있음
- 등선속도(CLV) 방식 이용
 - 저장 용량 증가
 - 속도 제어 복잡
- 동영상 저장용



컴퓨터시스템(보조저장장치)

DVD의 데이터 저장 방식

- 단층(single layer) 혹은 복층(double layer)
- 양면(double side) : 재생 중에 뒤집어야 하는 불편 있음

단면 단층		단면 복층	
(mm)			
0.6			
0.6	4.7GB	8.5GB	
양면 단층		양면 복층	
0.6			
0.6	9.4GB	17GB	

컴퓨터시스템(보조저장장치)

45

블루-레이 디스크(Blu-ray Disk)

- 고선명(High Definition: HD) 영상 데이터 저장용 디스크
- 용량: HD급 동영상 2시간 분량 저장 가능 (25GByte)
[비교] DVD: 일반 동영상 2시간 분량 저장 (4.7GByte)
- 단파장(405nm)의 청자색 레이저(blue-violet laser) 사용
[비교] CD-ROM: 720nm 적외선, DVD: 650nm 적색 레이저 사용
- 짧은 파장의 레이저 사용
→ 피트(pit)의 크기와 트랙의 폭 축소
→ 저장 용량 증가
- 상표 등록을 위하여 명칭을 'e'를 제외한 'Blu-ray'로 함

컴퓨터시스템(보조저장장치)

46

블루-레이 디스크(계속)

- BD의 종류
 - BD-ROM : 제조 과정에서만 기록 가능
 - BD-R : 한 번의 기록 가능
 - BD-RE : 여러 번의 재기록 가능(rewritable)
- 디스크 평판의 크기 : 120mm
- 디스크 평판의 두께 : 1.2mm
- 대용량 저장을 위한 핵심 기술 :
 - 레이저 광의 파장 및 보호층(cover layer) 두께의 조정
- 디스크 단면 구조 :
 - 기판(substrate), 기록층(record layer), 보호층(cover layer)으로 구성

컴퓨터시스템(보조저장장치)

47

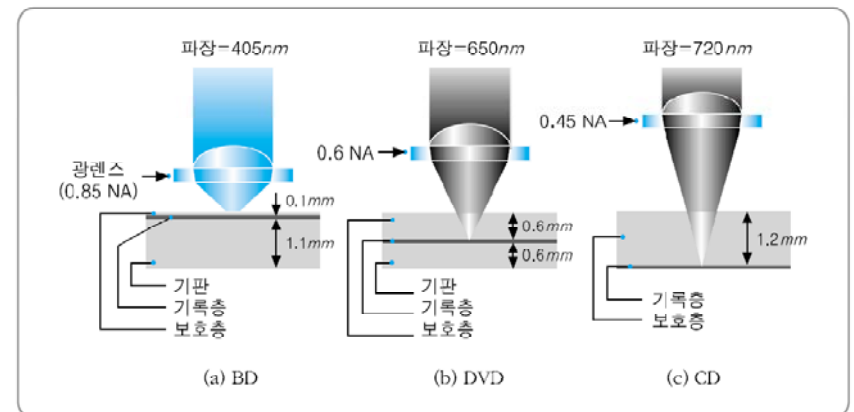


그림 6-18 광 저장장치들이 디스크 표면 구조와 레이저 빔의 모습

컴퓨터시스템(보조저장장치)

48

블루-레이 디스크(계속)

- 저장 용량 증가(DVD의 5배) 방법
 - 단파장(405nm) 사용 → 데이터 저장에 필요한 공간 감소
 - 보호층 두께 축소(0.1mm) → 광렌즈의 NA(numerical aperture)를 0.85로 향상 → 집광을 위한 레이저 빔의 지름 축소
 - 데이터 저장을 위한 피트의 최소 길이와 트랙의 폭을 각각 0.15 μm 및 0.32 μm 로 대폭 축소
- [참조] NA가 커질수록, 작은 지름의 빔으로도 데이터 인식에 필요한 빛의 양을 충분히 받아들이는 것이 가능해짐

블루-레이 디스크(계속)

- BD 표면에서 검게 보이는 부분 : '0' 저장을 위하여 높은 강도의 레이저로 피트를 흠집 낸 상태
 [비교] DVD의 피트에 비하여 훨씬 더 작음

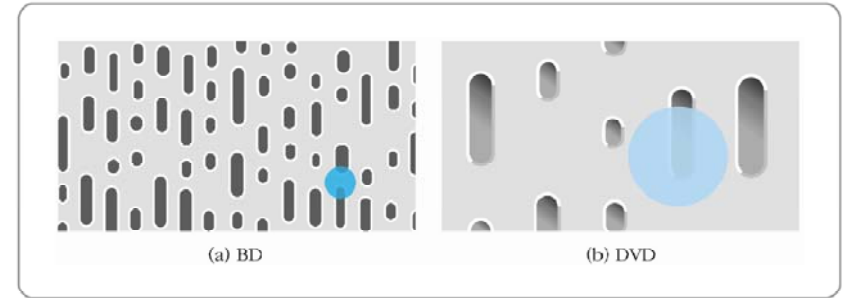


그림 6-19 BD와 DVD의 피트 및 트랙 크기에 따른 저장 밀도의 비교

비교

[표 6-3] CD-ROM, DVD 및 BD의 주요 특징들의 비교

구분	CD-ROM	DVD	BD
디스크 지름	120mm	120mm	120mm
디스크 두께	1.2mm	1.2mm	1.2mm
디스크 구조	단층	2층(0.6mm×2)	2층(0.6mm×2)
레이저 파장	720nm (Infrared)	650nm (Red)	405nm (blue)
피트 길이(최소)	0.8 μm	0.4 μm	0.15 μm
트랙 폭	1.6 μm	0.74 μm	0.32 μm
저장 밀도	0.41Gbits/inch ²	2.77Gbits/inch ²	14.73Gbits/inch ²
데이터 층(layer)	한 개	한 개 혹은 두 개	한 개 혹은 두 개
데이터 용량	680MByte	단층 : 4.7GByte 복층 : 8.5GByte	단층 : 25GByte 복층 : 50GByte
데이터 전송률 [KBytes/sec]	153.6~176.4	1,103	4,608