제 6 장 물리적 데이터베이스 설계

6장. 물리적 데이터베이스 설계

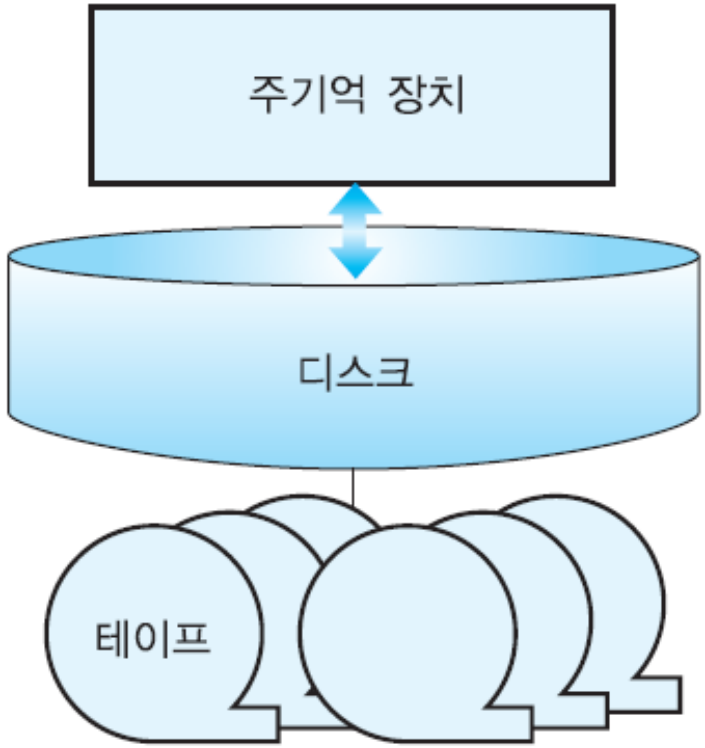
❑ 물리적 데이터베이스 설계

- ✓ 논리적인 설계의 데이터 구조를 보조 기억 장치상의 화일(물리적인 데이터 모델)로 사상함
- ✓ 예상 빈도를 포함하여 데이터베이스 질의와 트랜잭션들을 분석함
- ✓ 데이터에 대한 효율적인 접근을 제공하기 위하여 저장 구조와 접근 방법들을 다룸
- ✓ 특정 DBMS의 특성을 고려하여 진행됨
- ✓ 질의를 효율적으로 지원하기 위해서 인덱스 구조를 적절히 사용함

6.1 보조 기억 장치

- 보조 기억 장치
  - ✓ 사용자가 원하는 데이터를 검색하기 위해서 DBMS는 디스크 상의 데이터베이스로부터 사용자가 원하는 데이터를 포함하고 있는 블록을 읽어서 주기억 장치로 가져옴
  - ✓ 데이터가 변경된 경우에는 블록들을 디스크에 다시 기록함
  - ✓ 블록 크기는 512바이트부터 수 킬로바이트까지 다양함
  - ✓ 전형적인 블록 크기는 4,096바이트
  - ✓ 각 화일은 고정된 크기의 블록들로 나누어져서 저장됨
  - ✓ 디스크는 데이터베이스를 장기간 보관하는 주된 보조 기억 장치

6.1 보조 기억 장치(계속)



[그림 6.1] 저장 장치의 계층 구조

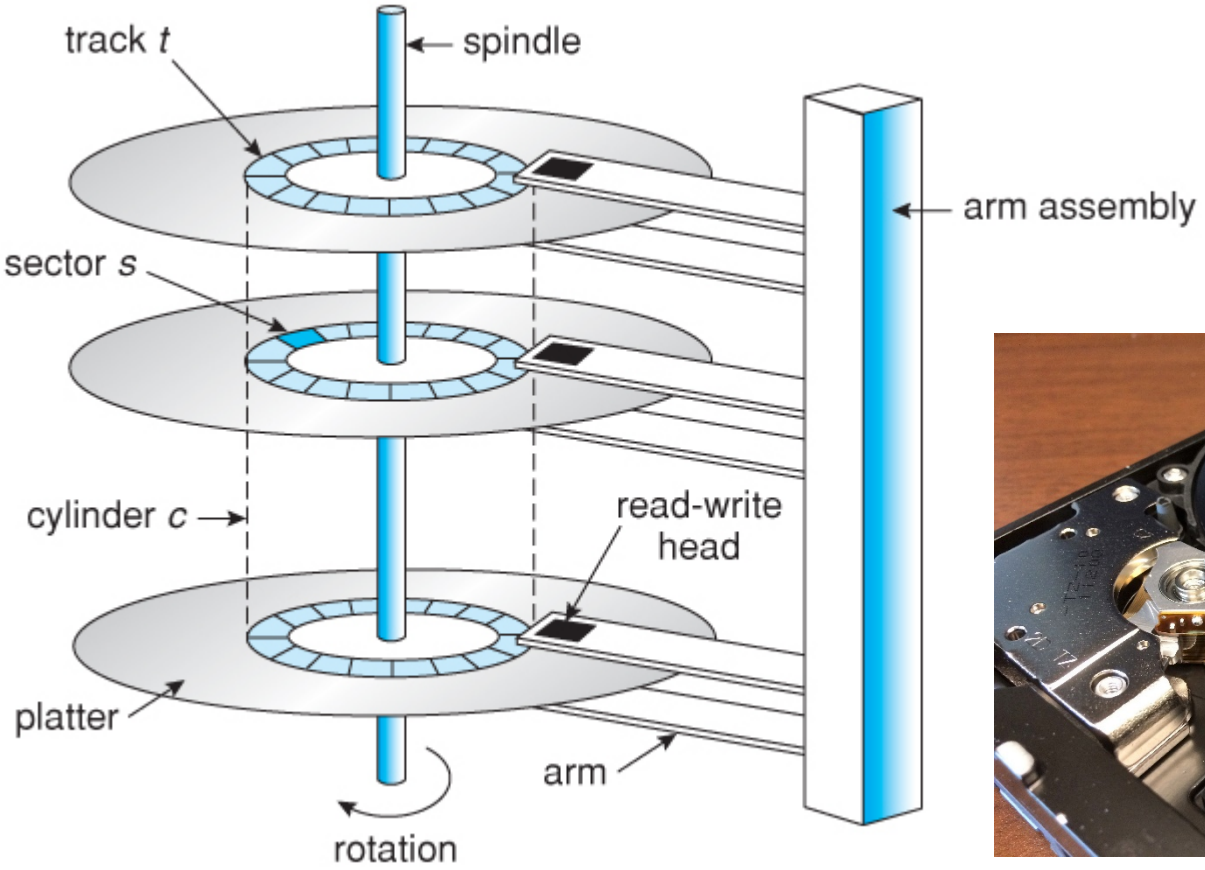
6.1 보조 기억 장치(계속)

❑ 자기 디스크

- ✓ 디스크는 자기 물질로 만들어진 여러 개의 판으로 이루어짐
- ✓ 각 면마다 디스크 헤드가 있음
- ✓ 각 판은 트랙과 섹터로 구분됨
- ✓ 정보는 디스크 표면 상의 동심원(트랙)을 따라 저장됨
- ✓ 여러 개의 디스크 면 중에서 같은 지름을 갖는 트랙들을 실린더라고 부름
- ✓ 블록은 한 개 이상의 섹터들로 이루어짐
- ✓ 디스크에서 임의의 블록을 읽어오거나 기록하는데 걸리는 시간은 탐구 시간(seek time), 회전 지연 시간(rotational delay), 전송 시간(transfer time)의 합

6.1 보조 기억 장치(계속)

❑ 자기 디스크

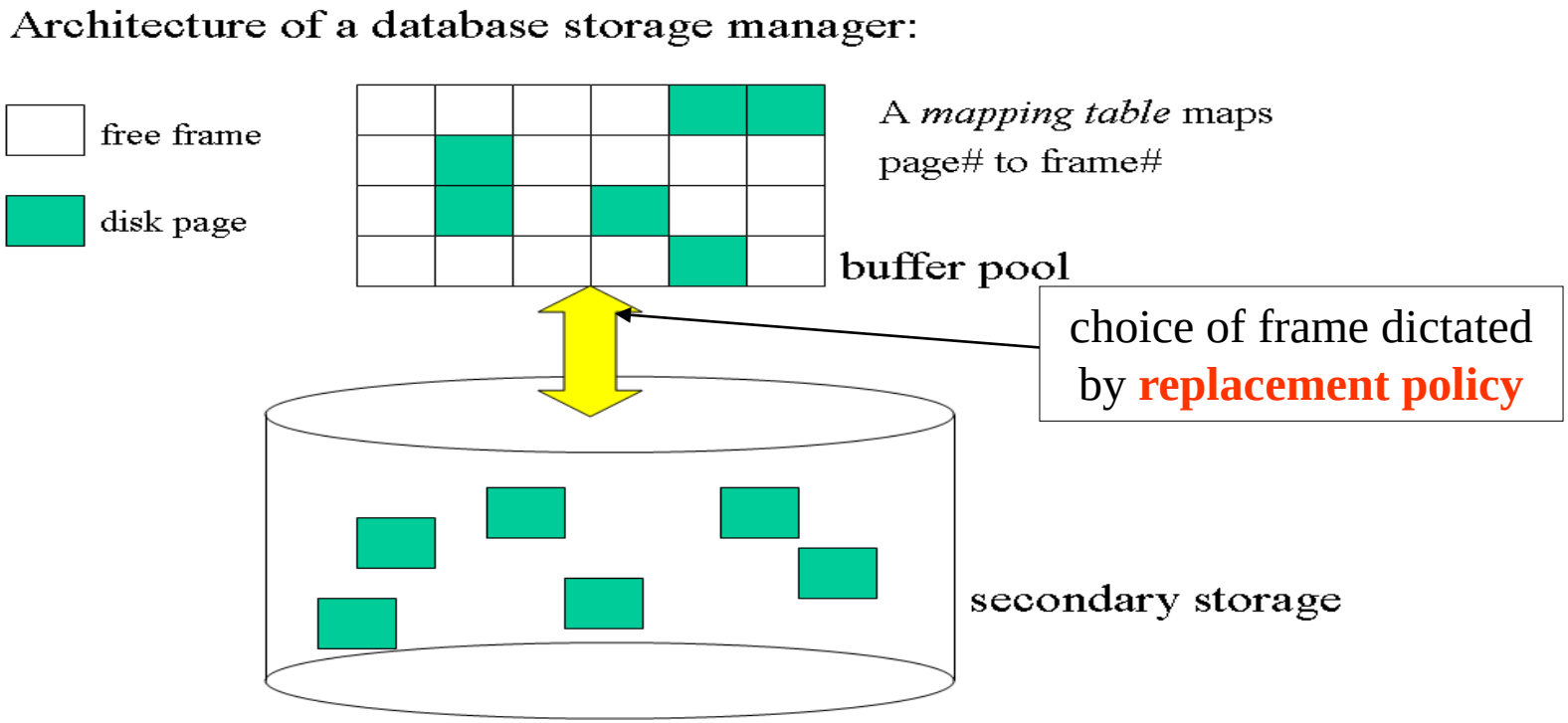


6.2 버퍼 관리와 운영 체제

❑ 버퍼 관리와 운영 체제

- ✓ 디스크 입출력은 컴퓨터 시스템에서 가장 속도가 느린 작업이므로 입출력 횟수를 줄이는 것이 DBMS의 성능을 향상하는데 매우 중요
- ✓ 가능하면 많은 블록들을 주기억 장치에 유지하거나, 자주 참조되는 블록들을 주기억 장치에 유지하면 블록 전송 횟수를 줄일 수 있음
- ✓ 버퍼는 디스크 블록들을 저장하는데 사용되는 주기억 장치 공간
- ✓ 버퍼 관리자는 운영 체제의 구성요소로서 주기억 장치 내에서 버퍼 공간을 할당하고 관리하는 일을 맡음
- ✓ 운영 체제에서 버퍼 관리를 위해 흔히 사용되는 LRU 알고리즘은 데이터베이스를 위해 항상 우수한 성능을 보이지는 않음

6.2 버퍼 관리와 운영 체제(계속)

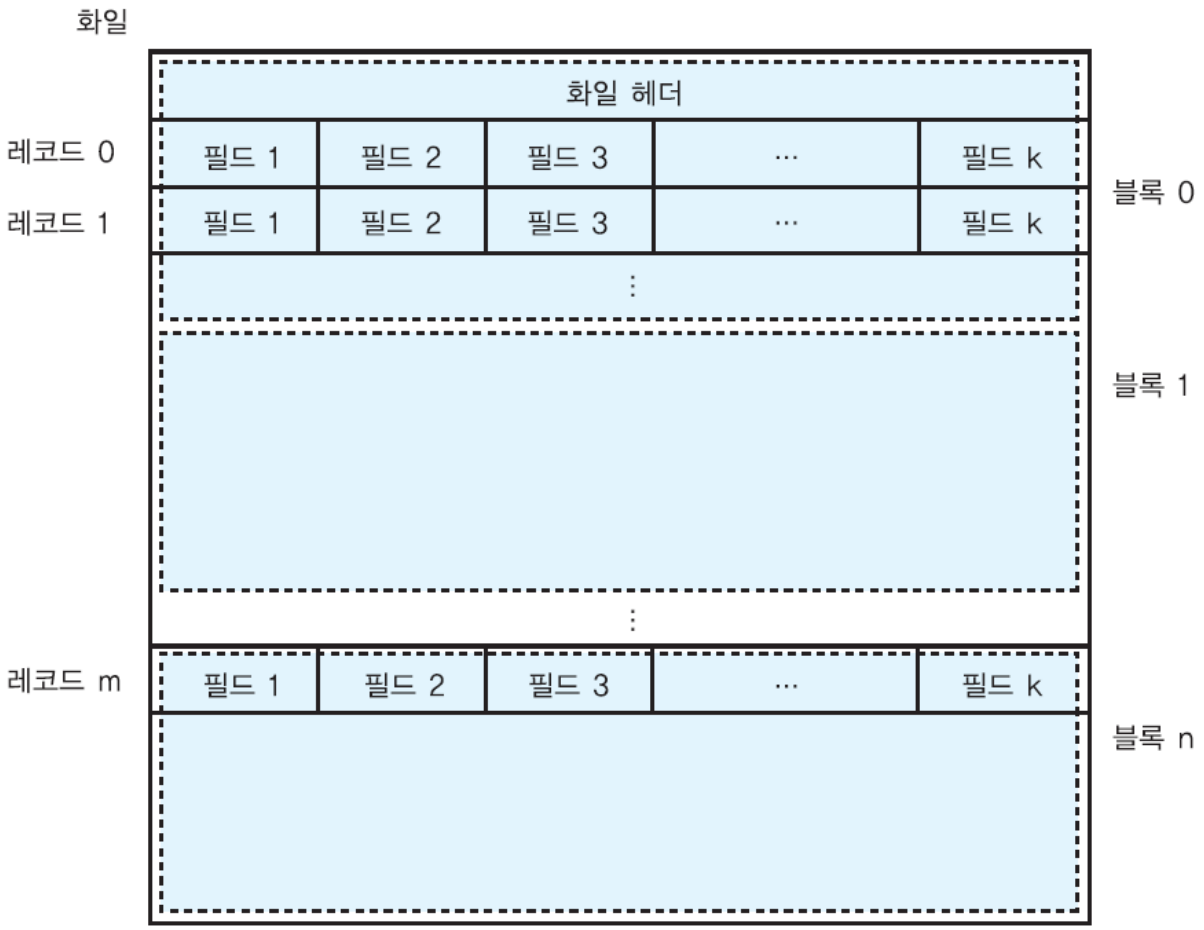


- *Data must be in RAM for DBMS to operate on it!*
- *Table of <frame#, pageid> pairs is maintained*

6.3 디스크 상에서 화일의 레코드 배치

- 디스크 상에서 화일의 레코드 배치
  - ✓ 릴레이션의 애트리뷰트는 고정 길이 또는 가변 길이의 필드로 표현됨
  - ✓ 연관된 필드들이 모여서 고정 길이 또는 가변 길이의 레코드가 됨
  - ✓ 한 릴레이션을 구성하는 레코드들의 모임이 화일이라고 부르는 블록들의 모임에 저장됨

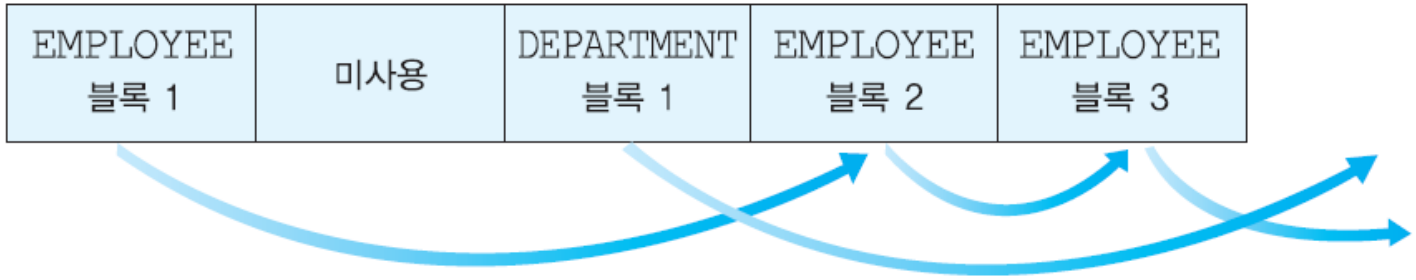
6.3 디스크 상에서 화일의 레코드 배치(계속)



[그림 6.4] 화일과 블록과 레코드

6.3 디스크 상에서 화일의 레코드 배치(계속)

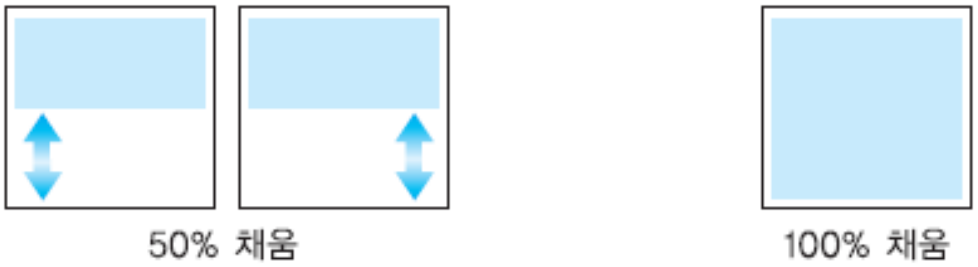
- 디스크 상에서 화일의 레코드 배치(계속)
  - ✓ 한 화일에 속하는 블록들이 반드시 인접해 있을 필요는 없음
  - ✓ 인접한 블록들을 읽는 경우에는 탐구 시간과 회전 지연 시간이 들지 않기 때문에 입출력 속도가 빠르므로 블록들이 인접하도록 한 화일의 블록들을 재조직할 수 있음



[그림 6.5] 디스크에서 블록들의 연결

6.3 디스크 상에서 화일의 레코드 배치(계속)

- BLOB(Binary Large Object)
  - ✓ 이미지(GIF, JPG), 동영상(MPEG, RM) 등 대규모 크기의 데이터를 저장하는데 사용됨
  - ✓ BLOB의 최대 크기는 오라클에서 8TB~128TB
- 채우기 인수
  - ✓ 각 블록에 레코드를 채우는 공간의 비율
  - ✓ 나중에 레코드가 삽입될 때 기존의 레코드들을 이동하는 가능성을 줄이기 위해서



[그림 6.6] 채우기 인수

6.3 디스크 상에서 화일의 레코드 배치(계속)

❑ 고정 길이 레코드

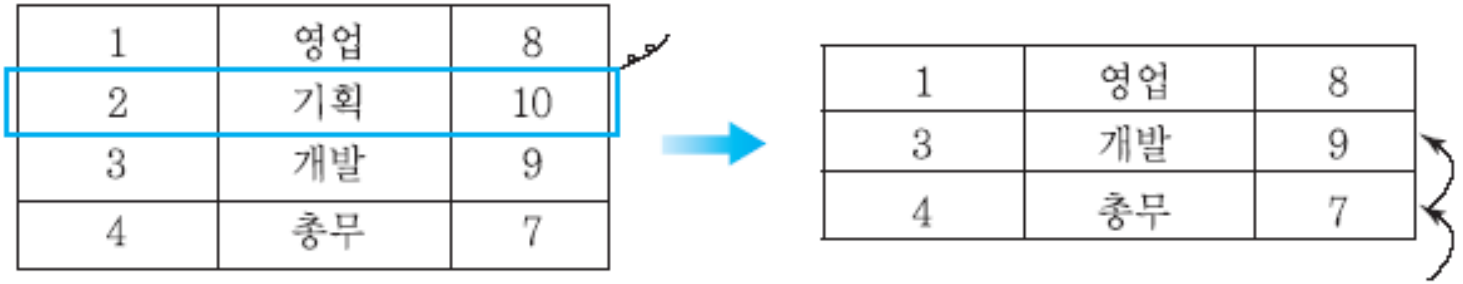
✓ 레코드 i를 접근하기 위해서는 n*(i-1)+1의 위치에서 레코드를 읽음

1	영업	8
2	기획	10
3	개발	9
4	총무	7

[그림 6.7] 고정 길이 레코드 읽기

6.3 디스크 상에서 화일의 레코드 배치(계속)

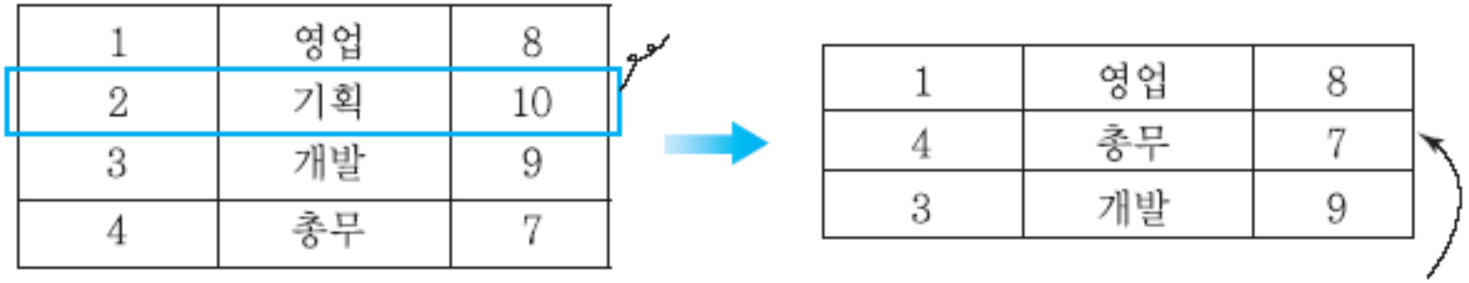
❑ 고정 길이 레코드(계속)



1	영업	8
2	기획	10
3	개발	9
4	총무	7

1	영업	8
3	개발	9
4	총무	7

[그림 6.8] 고정 길이 레코드 삭제시 여러 개의 레코드를 이동



1	영업	8
2	기획	10
3	개발	9
4	총무	7

1	영업	8
4	총무	7
3	개발	9

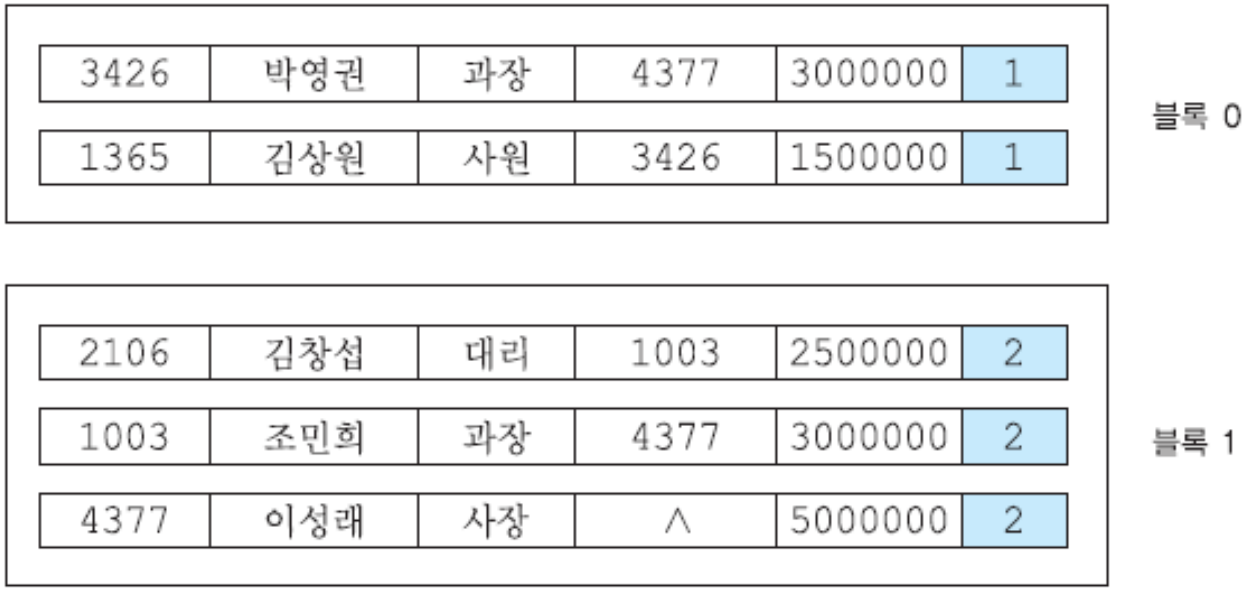
[그림 6.9] 고정 길이 레코드 삭제시 한 개의 레코드를 이동

* 지연 관리 방법 (이동 필요 없음): 삭제된 공간을 관리하기 위해 free list를 관리

6.3 디스크 상에서 화일의 레코드 배치(계속)

❑ 화일 내의 클러스터링(intra-file clustering)

✓ 한 화일 내에서 함께 검색될 가능성이 높은 레코드들을 디스크 상에서 물리적으로 가까운 곳에 모아두는 것

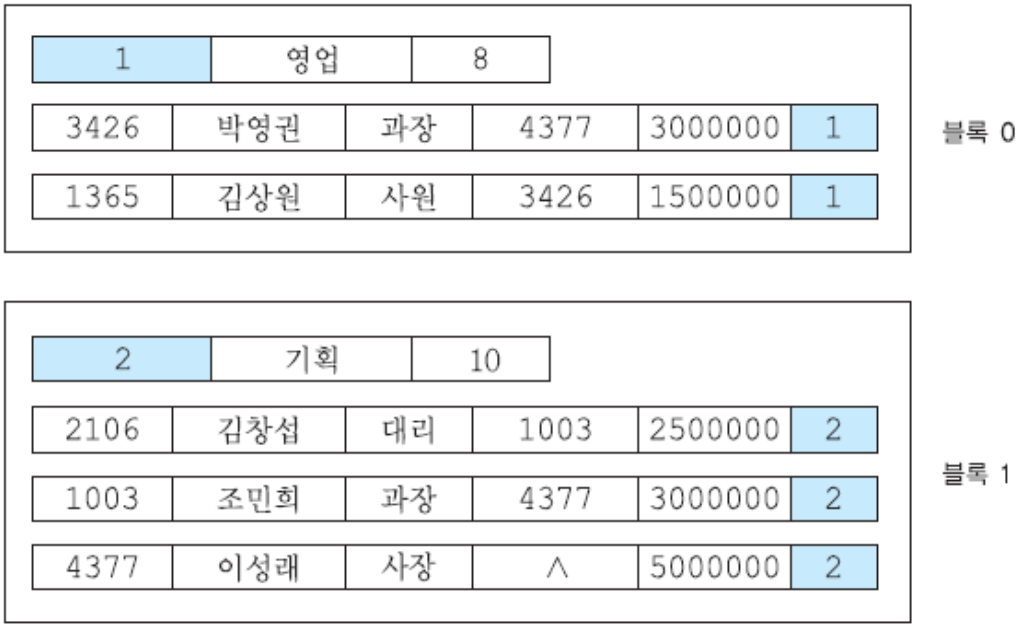


[그림 6.10] 화일 내의 클러스터링

6.3 디스크 상에서 화일의 레코드 배치(계속)

❑ 화일 간의 클러스터링(inter-file clustering)

✓ 논리적으로 연관되어 함께 검색될 가능성이 높은 두 개 이상의 화일에 속한 레코드들을 디스크 상에서 물리적으로 가까운 곳에 저장하는 것



[그림 6.11] 화일 간의 클러스터링

6.4 화일 조직

❑ 화일 조직의 유형

- ✓ 히프 화일(heap file)
- ✓ 순차 화일(sequential file)
- ✓ 인덱스된 순차 화일(indexed sequential file)
- ✓ 직접 화일(hash file)

6.4 화일 조직(계속)

❑ 히프 파일(비순서 화일)

- ✓ 가장 단순한 화일 조직
- ✓ 일반적으로 레코드들이 삽입된 순서대로 화일에 저장됨
- ✓ 삽입: 새로 삽입되는 레코드는 화일의 가장 끝에 첨부됨
- ✓ 검색: 원하는 레코드를 찾기 위해서는 모든 레코드들을 순차적으로 접근해야 함
- ✓ 삭제: 원하는 레코드를 찾은 후에 그 레코드를 삭제하고, 삭제된 레코드가 차지하던 공간을 재사용하지 않음
- ✓ 좋은 성능을 유지하기 위해서 히프 화일을 주기적으로 재조직할 필요가 있음

6.4 화일 조직(계속)

블록 0

2106	김창섭	대리	1003	2500000	2
3426	박영권	과장	4377	3000000	1
3011	이수민	부장	4377	4000000	3

블록 1

1003	조민희	과장	4377	3000000	2
3427	최종철	사원	3011	1500000	3
1365	김상원	사원	3426	1500000	1

블록 2

4377	이성래	사장	∧	5000000	2

[그림 6.12] EMPLOYEE 화일을 히프 화일로 저장

6.4 화일 조직(계속)

❑ 히프 화일의 성능

✓ 히프 화일은 질의에서 모든 레코드들을 참조하고, 레코드들을 접근하는 순서는 중요하지 않을 때

```
SELECT      *
FROM        EMPLOYEE;
```

✓ 특정 레코드를 검색하는 경우에는 히프 화일이 비효율적

- 히프 화일에 b개의 블록이 있다고 가정하자. 원하는 블록을 찾기 위해서 평균적으로 b/2개의 블록을 읽어야 함

```
SELECT      TITLE
FROM        EMPLOYEE
WHERE       EMPNO = 1365;
```

6.4 화일 조직(계속)

예 :

화일에 레코드가 10,000,000개 있고, 각 레코드의 길이가 200바이트이고, 블록 크기가 4,096바이트이면 블록킹 인수는 ⌊4,096/200⌋ = 20인 화일을 가정하자. 블록킹 인수(blocking factor)는 한 블록에 포함되는 레코드 수를 의미한다. 블록킹 인수는 레코드의 크기에 따라 달라진다. 이 화일을 위해 필요한 총 블록 수는 ⌈10,000,000/20⌉ = 500,000이다.

특정 레코드를 찾기 위해서는 평균적으로 500,000/2 = 250,000개의 디스크 블록을 읽어야 한다. 한 블록을 읽는데 10ms가 걸린다고 가정하면 250,000×10ms = 2,500,000ms = 2,500초 ≒ 42분이 소요된다.

6.4 화일 조직(계속)

- 히프 화일의 성능(계속)
  - ✓ 몇 개의 레코드들을 검색하는 경우에도 비효율적
  - ✓ 조건에 맞는 레코드를 이미 한 개 이상 검색했더라도 화일의 마지막 블록까지 읽어서 원하는 레코드가 존재하는가를 확인해야 하기 때문에 b개의 블록을 모두 읽어야 함

```
SELECT EMPNAME, TITLE
FROM   EMPLOYEE
WHERE  DNO = 2;
```

  - ✓ 급여의 범위를 만족하는 레코드들을 모두 검색하는 아래의 질의도 EMPLOYEE 릴레이션의 모든 레코드들을 접근해야 함

```
SELECT EMPNAME, TITLE
FROM   EMPLOYEE
WHERE  SALARY >= 3000000
       AND SALARY <= 4000000;
```

6.4 화일 조직(계속)

〈표 6.1〉 연산의 유형과 소요 시간

연산의 유형	시간
삽입	효율적
삭제	시간이 많이 소요
탐색	시간이 많이 소요
순서대로 검색	시간이 많이 소요
특정 레코드 검색	시간이 많이 소요

6.4 화일 조직(계속)

❑ 순차 화일

- ✓ 레코드들이 하나 이상의 필드 값에 따라 순서대로 저장된 화일
- ✓ 레코드들이 일반적으로 레코드의 탐색 키(search key) 값의 순서에 따라 저장됨
- ✓ 탐색 키는 순차 화일을 정렬하는데 사용되는 필드를 의미
- ✓ 삽입 연산은 삽입하려는 레코드의 순서를 고려해야 하기 때문에 시간이 많이 걸릴 수 있음
- ✓ 삭제 연산은 삭제된 레코드가 사용하던 공간을 빈 공간으로 남기기 때문에 히프 화일의 경우와 마찬가지로 주기적으로 순차 화일을 재조직해야 함
- ✓ 기본 인덱스가 순차 화일에 정의되지 않는 한 순차 화일은 데이터베이스 응용을 위해 거의 사용되지 않음

6.4 화일 조직(계속)

블록 0

1003	조민희	과장	4377	3000000	2
1365	김상원	사원	3426	1500000	1
2106	김창섭	대리	1003	2500000	2

블록 1

3011	이수민	부장	4377	4000000	3
3426	박영권	과장	4377	3000000	1
3427	최종철	사원	3011	1500000	3

블록 2

4377	이성래	사장	∧	5000000	2

[그림 6.13] EMPLOYEE 화일을 순차 화일로 저장

6.4 화일 조직(계속)

❑ 순차 화일의 성능

✓ EMPLOYEE 화일이 EMPNO의 순서대로 저장되어 있을 때 첫 번째 SELECT문은 이진 탐색을 이용할 수 있고, 두 번째 SELECT문의 WHERE절에 사용된 SALARY는 저장 순서와 무관하기 때문에 화일 전체를 탐색해야 함

```
SELECT  TITLE
FROM    EMPLOYEE
WHERE   EMPNO = 1365;

SELECT  EMPNAME, TITLE
FROM    EMPLOYEE
WHERE   SALARY >= 3000000 AND SALARY <= 4000000;
```

6.4 화일 조직(계속)

〈표 6.2〉 연산의 유형과 소요 시간

연산의 유형	시간
삽입	시간이 많이 소요
삭제	시간이 많이 소요
탐색 키를 기반으로 탐색	효율적
탐색 키가 아닌 필드를 사용하여 탐색	시간이 많이 소요

6.4 화일 조직(계속)

예 : 순차 화일

6.4.1절의 히프 화일에서 예로 든 매개변수들의 값을 계속 사용하자. 이진 탐색을 한다면 $\lceil \log_2 500{,}000 \rceil$ = 19개의 블록을 읽어야 하고, 이에 필요한 시간은 19×10ms = 190ms이다. 히프 화일에서 소요된 시간 2,500,000ms과 비교해서 1/13,158밖에 안 걸린다.

이 레코드 이후의 레코드들을 차례대로 검색하는 경우에는 연속된 레코드들이 동일한 블록이나 인접한 블록에 있을 가능성이 높다. 순서대로 레코드들이 저장된 블록들을 물리적으로 인접한 블록들에 저장함으로써 탐구 시간을 최소화할 수 있다.

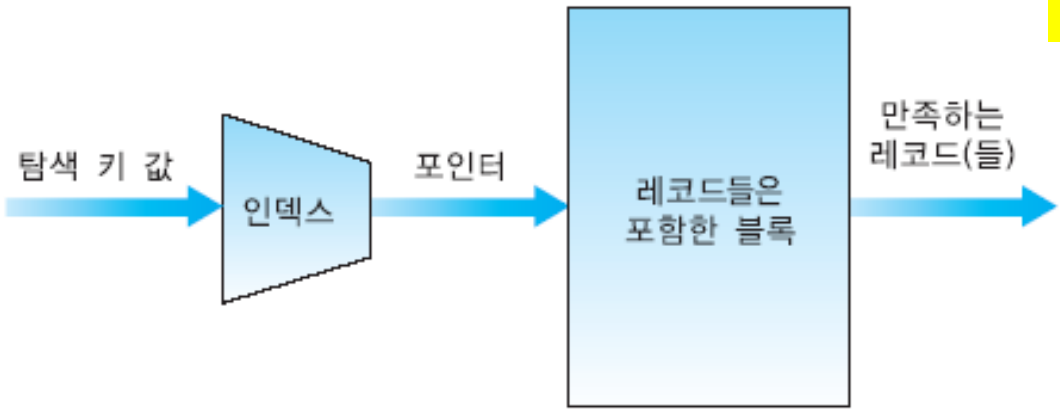
6.5 단일 단계 인덱스

❑ 단일 단계 인덱스

- ✓ 인덱스된 순차 화일은 인덱스를 통해서 임의의 레코드를 접근할 수 있는 화일
- ✓ 단일 단계 인덱스의 각 엔트리는
  <탐색 키, 레코드에 대한 포인터>
- ✓ 엔트리들은 탐색 키 값의 오름차순으로 정렬됨

인덱스

탐색 키를 가진 레코드의 빠른 검색을 위해 <탐색 키, 레코드 포인터>의 쌍을 관리하는 구조



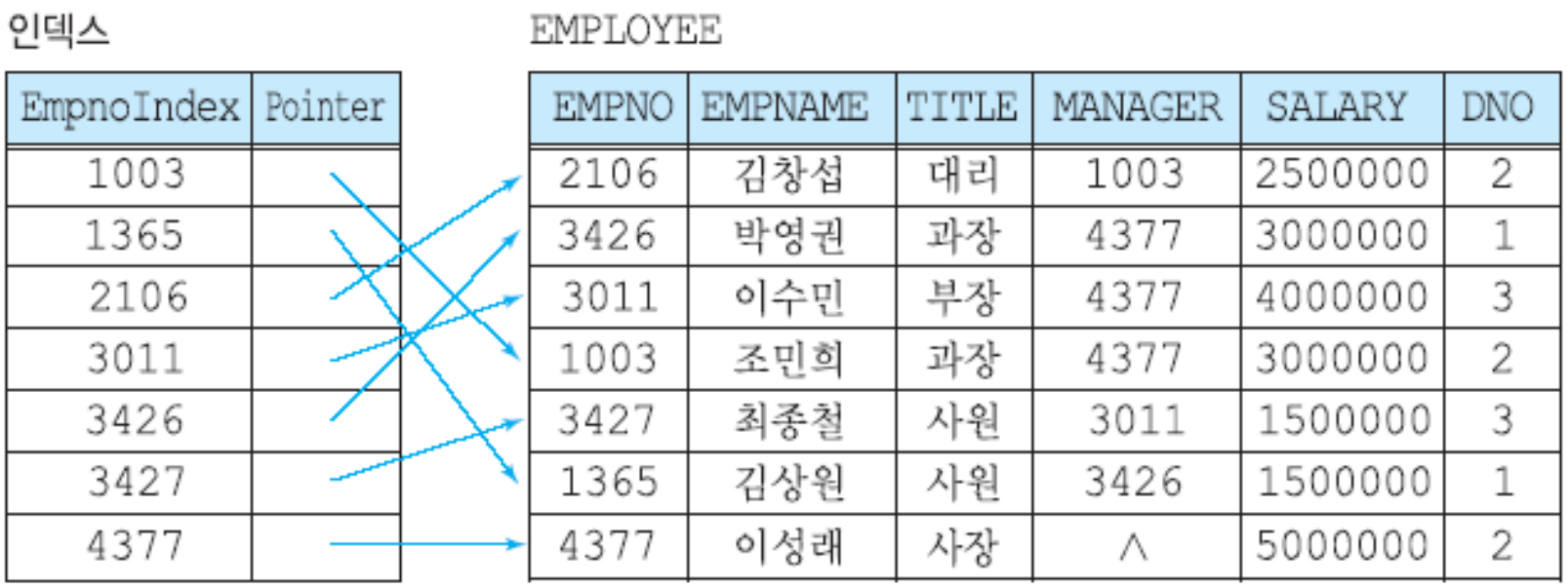
[그림 6.14] 인덱스를 통한 레코드 검색

6.5 단일 단계 인덱스(계속)

❑ 단일 단계 인덱스(계속)

- ✓ 인덱스는 데이터 화일과는 별도의 화일에 저장됨
- ✓ 인덱스의 크기는 데이터 화일의 크기에 비해 훨씬 작음
- ✓ 하나의 화일에 여러 개의 인덱스들을 정의할 수 있음

6.5 단일 단계 인덱스(계속)



EmpnoIndex	Pointer
1003	
1365	
2106	
3011	
3426	
3427	
4377	

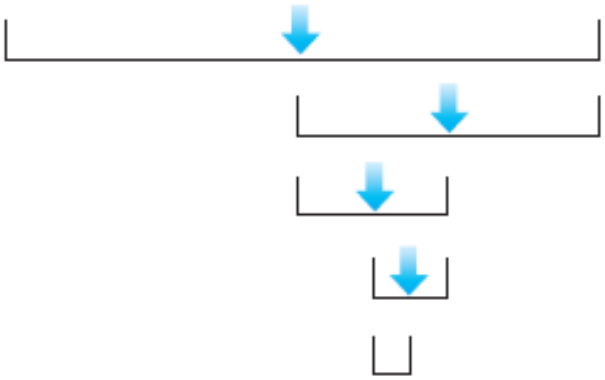
EMPNO	EMPNAME	TITLE	MANAGER	SALARY	DNO
2106	김창섭	대리	1003	2500000	2
3426	박영권	과장	4377	3000000	1
3011	이수민	부장	4377	4000000	3
1003	조민희	과장	4377	3000000	2
3427	최종철	사원	3011	1500000	3
1365	김상원	사원	3426	1500000	1
4377	이성래	사장	∧	5000000	2

[그림 6.15] EMPLOYEE 화일의 EMPNO에 정의된 인덱스

6.5 단일 단계 인덱스(계속)

❑ 단일 단계 인덱스(계속)

- ✓ 인덱스가 정의된 필드를 탐색 키라고 부름
- ✓ 탐색 키의 값들은 후보 키처럼 각 투플마다 반드시 고유하지는 않음
- ✓ 키를 구성하는 애트리뷰트뿐만 아니라 어떤 애트리뷰트도 탐색 키로 사용될 수 있음
- ✓ 인덱스의 엔트리들은 탐색 키 값의 오름차순으로 저장되어 있으므로 이진 탐색을 이용할 수도 있음

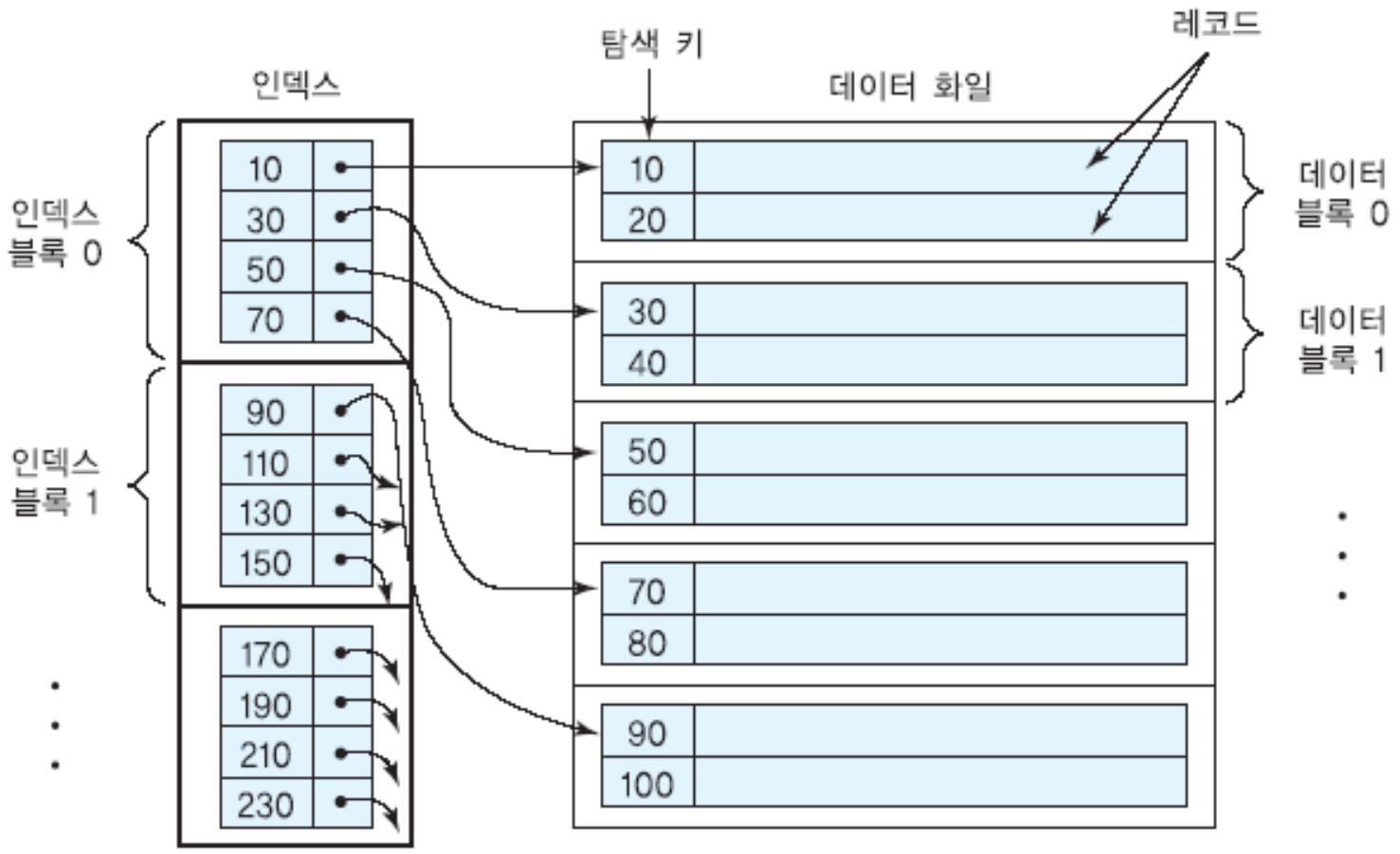


[그림 6.16] 이진 탐색

6.5 단일 단계 인덱스(계속)

- 기본 인덱스(primary index)
  - ✓ 탐색 키가 데이터 화일의 기본 키인 인덱스를 기본 인덱스라고 부름
  - ✓ 기본 인덱스는 기본 키의 값에 따라 정렬된 데이터 화일에 대해 정의됨
  - ✓ 기본 인덱스는 흔히 희소 인덱스로 유지할 수 있음
  - ✓ 각 릴레이션마다 최대한 한 개의 기본 인덱스를 가질 수 있음

6.5 단일 단계 인덱스(계속)



[그림 6.17] 데이터 화일에 대한 기본(또는 희소) 인덱스

6.5 단일 단계 인덱스(계속)

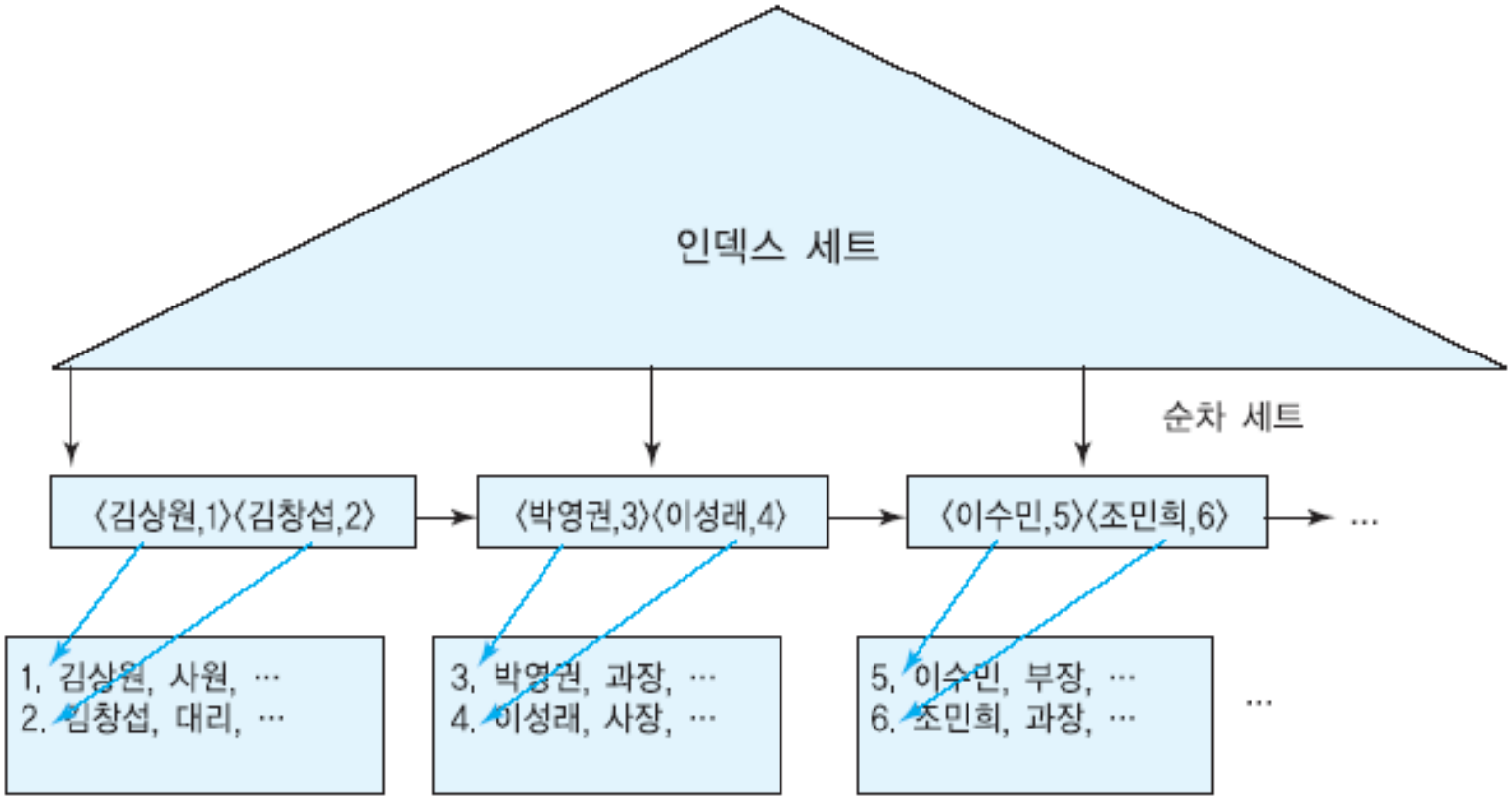
예 : 기본 인덱스

6.4.1절의 히프 화일에서 예로 든 매개변수들의 값을 계속 사용하자. 데이터 화일의 각 블록마다 하나의 인덱스 엔트리가 인덱스에 들어 있다. 블록 포인터는 4바이트이고 키 필드의 길이는 20바이트라고 가정하면, 한 인덱스 엔트리의 길이는 24바이트이다. 인덱스 블록킹 인수는 $\lfloor 4,096/24 \rfloor = 170$이므로 인덱스 블록당 170개의 인덱스 엔트리가 들어간다. 데이터 블록의 개수가 500,000이므로 인덱스의 크기는 $\lceil 500,000/170 \rceil = 2,942$블록이다. 인덱스에서 이진 탐색을 이용하여 하나의 레코드를 찾는데 필요한 블록 접근 횟수는 $\lceil \log_2 2942 \rceil + 1 = 13$이다. 여기서 1은 레코드가 들어 있는 데이터 블록을 접근하는 횟수이다. 따라서 레코드를 탐색하는데 걸리는 시간은 13×10ms = 130ms이다. 순차 화일에서 소요된 시간 190ms와 비교하면 32%만큼 검색 속도가 향상되었다. 다단계 인덱스를 통해서 이 시간을 더 크게 줄일 수 있다.

6.5 단일 단계 인덱스(계속)

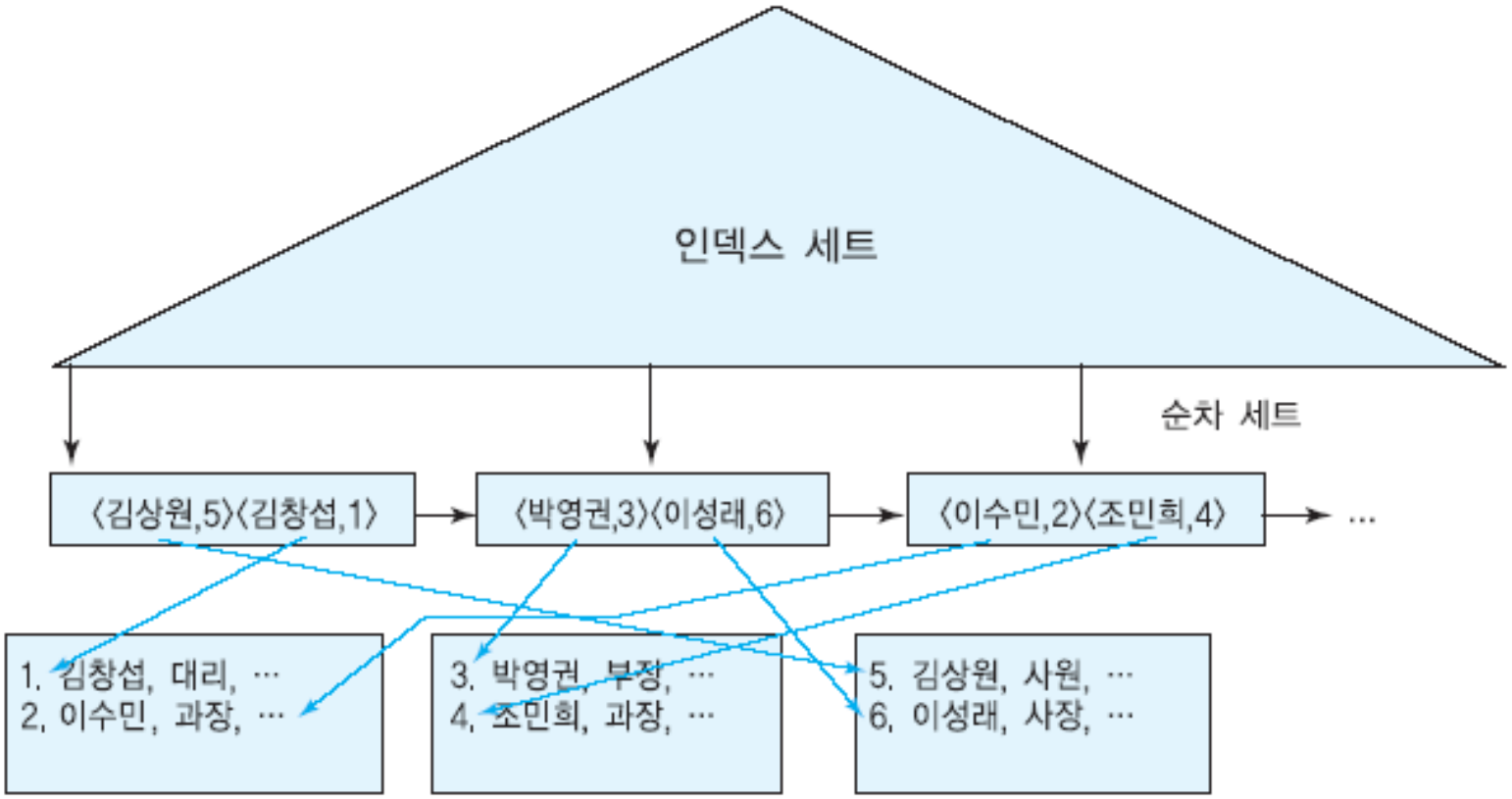
- 클러스터링 인덱스(clustering index)
  - ✓ 탐색 키 값에 따라 정렬된 데이터 화일에 대해 정의됨
  - ✓ 각각의 상이한 키 값마다 하나의 인덱스 엔트리가 인덱스에 포함됨
  - ✓ 범위 질의에 유용
  - ✓ 범위의 시작 값에 해당하는 인덱스 엔트리를 먼저 찾고, 범위에 속하는 인덱스 엔트리들을 따라가면서 레코드들을 검색할 때 디스크에서 읽어오는 블록 수가 최소화됨
  - ✓ 어떤 인덱스 엔트리에서 참조되는 데이터 블록을 읽어오면 그 데이터 블록에 들어 있는 대부분의 레코드들은 범위를 만족함

6.5 단일 단계 인덱스(계속)



[그림 6.18] 클러스터링 인덱스

6.5 단일 단계 인덱스(계속)



[그림 6.19] 비 클러스터링 인덱스

6.5 단일 단계 인덱스(계속)

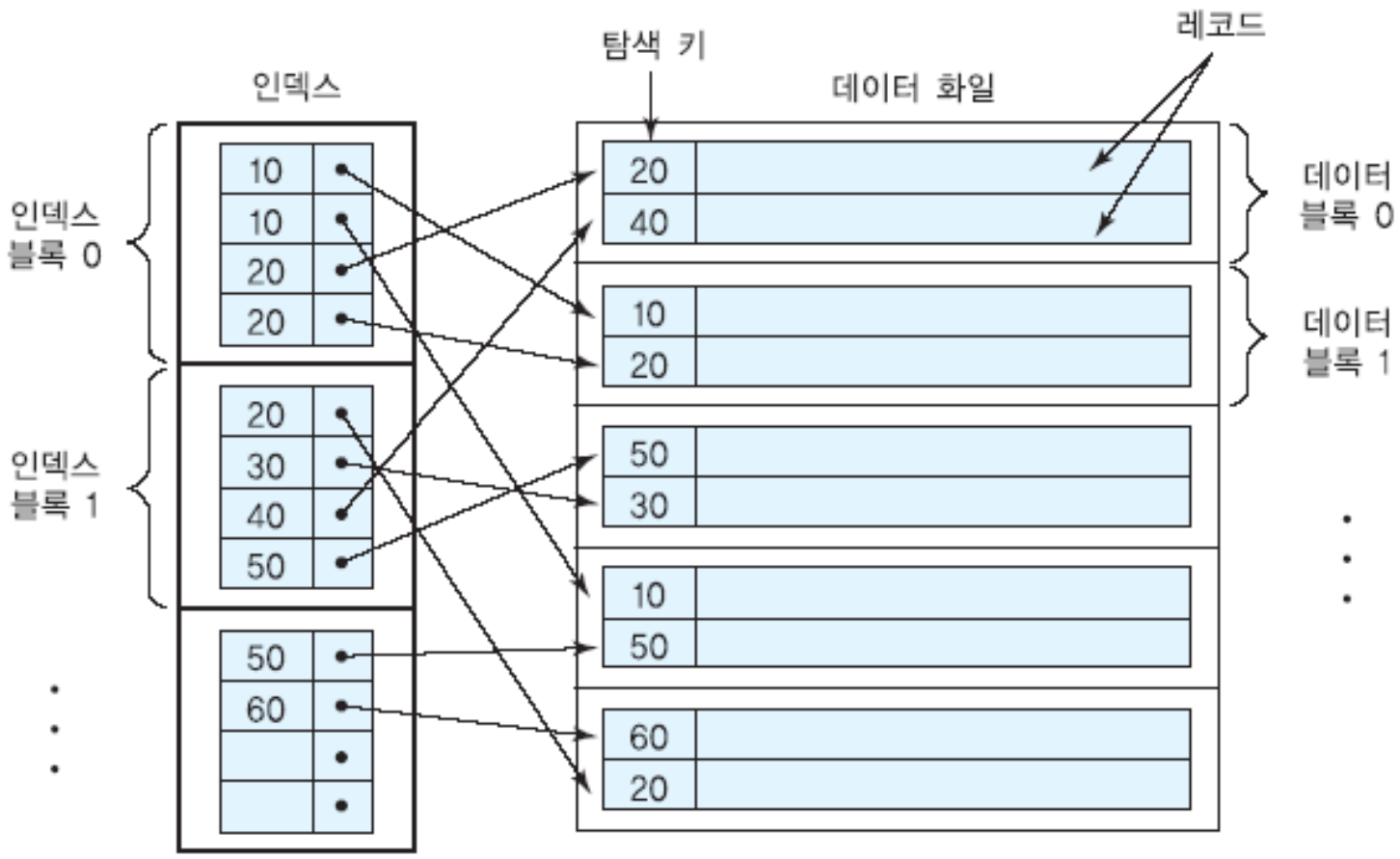
예 : 클러스터링 인덱스

6.4.1절의 히프 화일에서 예로 든 매개변수들의 값을 계속 사용하자. 키가 아닌 탐색 키 필드에 인덱스가 정의된다. 총 10,000,000개의 레코드들에 대해 800,000개의 서로 상이한 탐색 키 값들이 있다고 가정하자. 또한 인덱스가 정의되는 필드의 길이가 20바이트라고 가정하자. 블록당 인덱스 엔트리 수는 $\lfloor 4,096/24 \rfloor = 170$이다. 인덱스의 크기는 $\lceil 800,000/170 \rceil = 4,706$블록이다. 인덱스에서 어떤 키값을 만족하는 첫 번째 레코드를 탐색하는데 필요한 블록 접근 횟수는 $\lceil \log_2 4706 \rceil + 1 = 14$이다. 여기서 1은 레코드가 들어 있는 데이터 블록을 접근하는 횟수이다. 따라서 레코드를 탐색하는데 걸리는 시간은 $14 \times 10ms = 140ms$이다.

6.5 단일 단계 인덱스(계속)

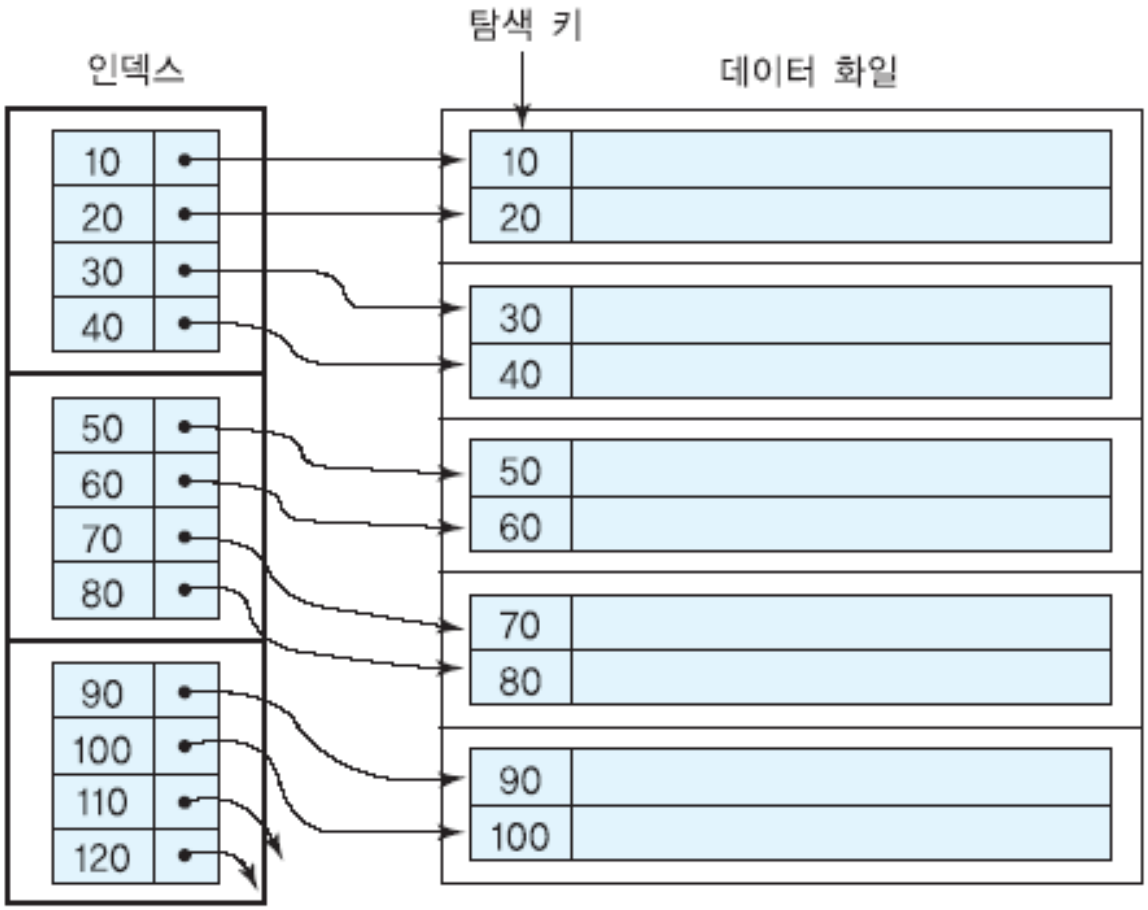
- 보조 인덱스(secondary index)
  - ✓ 한 화일은 기껏해야 한 가지 필드들의 조합에 대해서만 정렬될 수 있음
  - ✓ 보조 인덱스는 탐색 키 값에 따라 정렬되지 않은 데이터 화일에 대해 정의됨
  - ✓ 보조 인덱스는 일반적으로 밀집 인덱스이므로 같은 수의 레코드들을 접근할 때 보조 인덱스를 통하면 기본 인덱스를 통하는 경우보다 디스크 접근 횟수가 증가할 수 있음

6.5 단일 단계 인덱스(계속)



[그림 6.20] 보조(밀집) 인덱스

6.5 단일 단계 인덱스(계속)



[그림 6.21] 데이터 화일에 대한 밀집 인덱스

6.5 단일 단계 인덱스(계속)

예 : 밀집 인덱스

6.4.1절의 히프 화일에서 예로 든 매개변수들의 값을 계속 사용하자. 데이터 화일의 각 레코드마다 하나의 인덱스 엔트리가 인덱스에 들어 있다. 블록 포인터는 4바이트이고 키 필드의 길이는 20바이트라고 가정한다. 한 인덱스 엔트리의 길이는 24바이트이다. 인덱스 블록킹 인수는 $\lfloor 4,096/24 \rfloor = 170$이므로 인덱스 블록당 170개의 인덱스 엔트리가 들어간다. 레코드의 개수가 10,000,000이므로 인덱스의 크기는 $\lceil 10,000,000/170 \rceil = 58,824$블록이다. 인덱스에서 이진 탐색을 이용하여 하나의 레코드를 찾는데 필요한 블록 접근 횟수는 $\lceil \log_2 58824 \rceil + 1 = 17$이다. 여기서 1은 레코드가 들어 있는 데이터 블록을 접근하는 횟수이다. 따라서 레코드를 탐색하는데 걸리는 시간은 $17 \times 10ms = 170ms$이다.

6.5 단일 단계 인덱스(계속)

❑ 희소 인덱스와 밀집 인덱스의 비교

- ✓ 희소 인덱스는 각 데이터 블록마다 한 개의 엔트리를 갖고, 밀집 인덱스는 각 레코드마다 한 개의 엔트리를 가짐
- ✓ 레코드의 길이가 블록 크기보다 훨씬 작은 일반적인 경우에는 희소 인덱스의 엔트리 수가 밀집 인덱스의 엔트리 수보다 훨씬 적음
- ✓ 희소 인덱스는 일반적으로 밀집 인덱스에 비해 인덱스 단계 수가 1정도 적으므로 인덱스 탐색시 디스크 접근 수가 1만큼 적을 수 있음

6.5 단일 단계 인덱스(계속)

❑ 희소 인덱스와 밀집 인덱스의 비교(계속)

- ✓ 희소 인덱스는 밀집 인덱스에 비해 모든 갱신과 대부분의 질의에 대해 더 효율적
- ✓ 그러나 질의에서 인덱스가 정의된 애트리뷰트만 검색(예를 들어, COUNT 질의)하는 경우에는 데이터 화일을 접근할 필요 없이 인덱스만 접근해서 질의를 수행할 수 있으므로 밀집 인덱스가 희소 인덱스보다 유리
- ✓ 한 화일은 한 개의 희소 인덱스와 다수의 밀집 인덱스를 가질 수 있음

6.5 단일 단계 인덱스(계속)

❑ 클러스터링 인덱스와 보조 인덱스의 비교

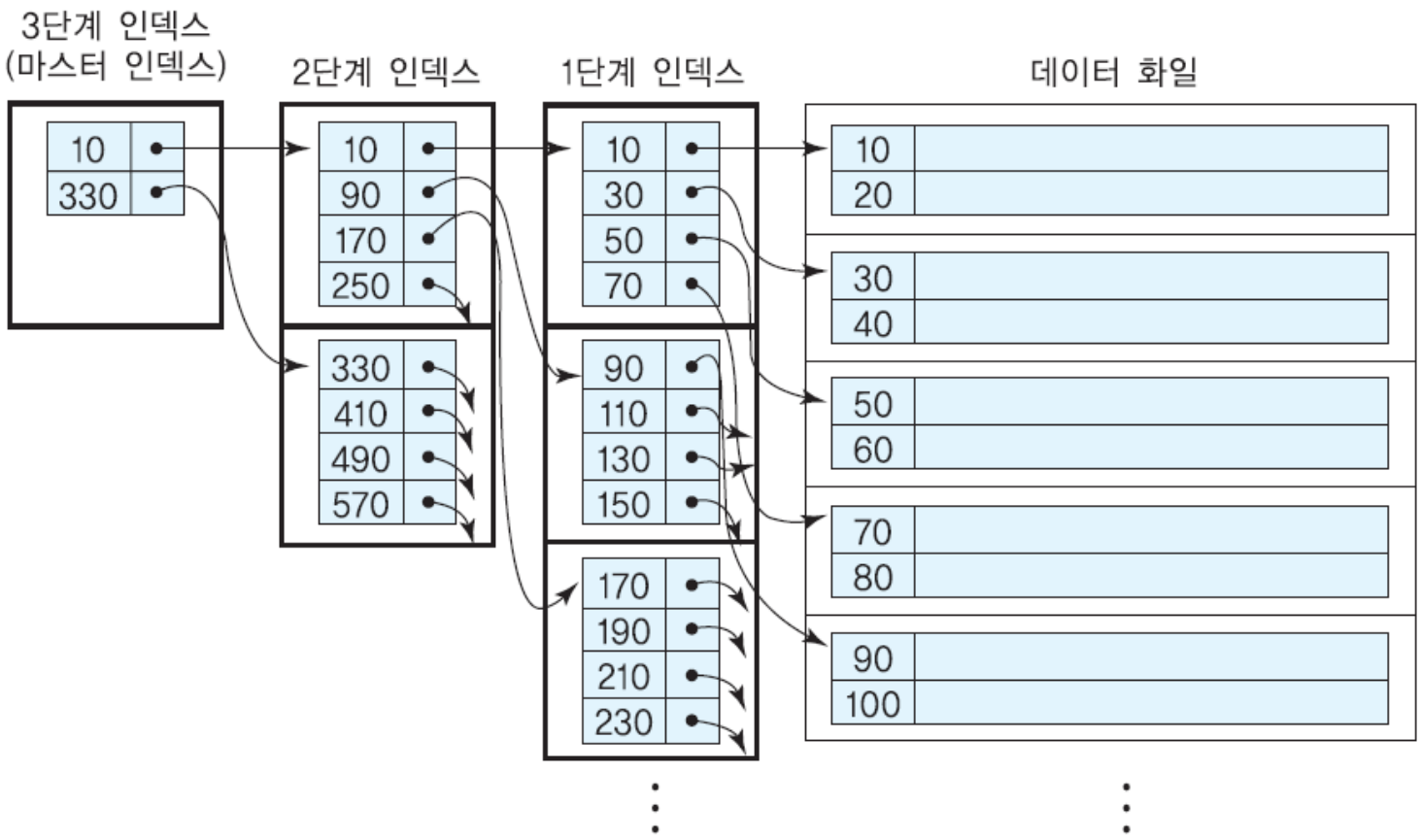
- ✓ 클러스터링 인덱스는 희소 인덱스일 경우가 많으며 범위 질의 등에 좋음
- ✓ 보조 인덱스는 밀집 인덱스이므로 일부 질의에 대해서는 화일을 접근할 필요 없이 처리할 수 있음

6.6 다단계 인덱스

❑ 다단계 인덱스

- ✓ 인덱스 자체가 클 경우에는 인덱스를 탐색하는 시간도 오래 걸릴 수 있음
- ✓ 인덱스 엔트리를 탐색하는 시간을 줄이기 위해서 단일 단계 인덱스를 디스크 상의 하나의 순서 화일로 간주하고, 단일 단계 인덱스에 대해서 다시 인덱스를 정의할 수 있음
- ✓ 다단계 인덱스는 가장 상위 단계의 모든 인덱스 엔트리들이 한 블록에 들어갈 수 있을 때까지 이런 과정을 반복함
- ✓ 가장 상위 단계 인덱스를 마스터 인덱스(master index)라고 부름
- ✓ 마스터 인덱스는 한 블록으로 이루어지기 때문에 주기억 장치에 상주할 수 있음
- ✓ 대부분의 다단계 인덱스는 B^+-트리를 사용

6.6 다단계 인덱스(계속)



[그림 6.22] 다단계 인덱스

6.6 다단계 인덱스(계속)

예 : 기본 키에 대한 다단계 인덱스

6.4.1절의 히프 화일과 기본 인덱스에서 예로 든 매개변수들의 값을 계속 사용하자.

- 1단계 인덱스의 블록 수는 2,942
- 2단계 인덱스의 블록 수는 ⌈2,942/170⌉ = 18
- 3단계 인덱스의 블록 수는 ⌈18/170⌉ = 1 ⇒ 주기억 장치에 상주할 수 있음

원하는 레코드를 탐색할 때, 3단계 인덱스는 주기억 장치에 상주하므로 디스크 접근이 필요 없고, 2단계 인덱스를 구성하는 18개의 블록 중에서 한 블록, 2,942개의 1단계 인덱스 블록 중에서 한 블록, 데이터 화일의 500,000개의 블록 중에서 한 블록 등 총 세 번의 디스크 접근만 하면 된다. 따라서 탐색 시간은 3×10ms = 30ms이다. 기본 인덱스를 단일 단계 인덱스로 구성한 경우의 130ms와 비교하면 인덱스를 탐색하는 시간이 1/4.3 정도밖에 안 걸린다.

6.6 다단계 인덱스(계속)

- SQL의 인덱스 정의문
  - ✓ SQL의 CREATE TABLE문에서 PRIMARY KEY절로 명시한 애트리뷰트에 대해서는 DBMS가 자동적으로 기본 인덱스를 생성
  - ✓ UNIQUE로 명시한 애트리뷰트에 대해서는 DBMS가 자동적으로 보조 인덱스를 생성
  - ✓ SQL2는 인덱스 정의 및 제거에 관한 표준 SQL문을 제공하지 않음
  - ✓ 다른 애트리뷰트에 추가로 인덱스를 정의하기 위해서는 DBMS마다 다소 구문이 다른 CREATE INDEX문을 사용해야 함

6.6 다단계 인덱스(계속)

- 다수의 애트리뷰트를 사용한 인덱스 정의
  - ✓ 한 릴레이션에 속하는 두 개 이상의 애트리뷰트들의 조합에 대하여 하나의 인덱스를 정의할 수 있음
  - ✓ 예:

```
CREATE INDEX EmpIndex ON EMPLOYEE (DNO, SALARY);
```

  - ✓ 이 인덱스는 아래의 질의에 활용될 수 있음

```
SELECT      *
FROM EMPLOYEE
WHERE       DNO=3 AND SALARY = 4000000;
```

6.6 다단계 인덱스(계속)

❑ 다수의 애트리뷰트를 사용한 인덱스 정의(계속)

✓ 이 인덱스는 아래의 질의에도 활용될 수 있음

```
SELECT      *
FROM        EMPLOYEE
WHERE       DNO>=2 AND DNO <=3 AND SALARY >= 3000000
            AND SALARY <= 4000000;
```

✓ 이 인덱스는 아래의 질의에도 활용될 수 있음

```
SELECT      *
FROM        EMPLOYEE
WHERE       DNO = 2;        (또는 DNO에 대한 범위 질의)
```

✓ 이 인덱스는 아래의 질의에는 활용될 수 없음

```
SELECT      *
FROM        EMPLOYEE
WHERE       SALARY  >= 3000000
            AND SALARY <= 4000000;
```

(또는 SALARY에 대한 동등 조건)

6.6 다단계 인덱스(계속)

❑ 인덱스의 장점과 단점

- ✓ 인덱스는 검색 속도를 향상시키지만 인덱스를 저장하기 위한 공간이 추가로 필요하고 삽입, 삭제, 수정 연산의 속도는 저하시킴
- ✓ 소수의 레코드들을 수정하거나 삭제하는 연산의 속도는 향상됨
- ✓ 릴레이션이 매우 크고, 질의에서 릴레이션의 투플들 중에 일부(예, 2%~4%)를 검색하고, WHERE절이 잘 표현되었을 때 특히 성능에 도움이 됨

6.7 인덱스 선정 지침과 데이터베이스 튜닝

❑ 인덱스 선정 지침과 데이터베이스 튜닝

- ✓ 가장 중요한 질의들과 이들의 수행 빈도, 가장 중요한 갱신들과 이들의 수행 빈도, 이와 같은 질의와 갱신들에 대한 바람직한 성능들을 고려하여 인덱스를 선정함
- ✓ 워크로드 내의 각 질의에 대해 이 질의가 어떤 릴레이션들을 접근하는가, 어떤 애트리뷰트들을 검색하는가, WHERE절의 선택/조인 조건에 어떤 애트리뷰트들이 포함되는가, 이 조건들의 선별력은 얼마인가 등을 고려함
- ✓ 워크로드 내의 각 갱신에 대해 이 갱신이 어떤 릴레이션들을 접근하는가, WHERE절의 선택/조인 조건에 어떤 애트리뷰트들이 포함되는가, 이 조건들의 선별력은 얼마인가, 갱신의 유형(INSERT/DELETE/UPDATE), 갱신의 영향을 받는 애트리뷰트 등을 고려함

6.7 인덱스 선정 지침과 데이터베이스 튜닝(계속)

❑ 인덱스 선정 지침과 데이터베이스 튜닝(계속)

- ✓ 어떤 릴레이션에 인덱스를 생성해야 하는가, 어떤 애트리뷰트를 탐색 키로 선정해야 하는가, 몇 개의 인덱스를 생성해야 하는가, 각 인덱스에 대해 클러스터링 인덱스, 밀집 인덱스/희소 인덱스 중 어느 유형을 선택할 것인가 등을 고려함
- ✓ 인덱스를 선정하는 한 가지 방법은 가장 중요한 질의들을 차례로 고려해보고, 현재의 인덱스가 최적의 계획에 적합한지 고려해보고, 인덱스를 추가하면 더 좋은 계획이 가능한지 알아봄
- ✓ 물리적 데이터베이스 설계는 끊임없이 이루어지는 작업

6.7 인덱스 선정 지침과 데이터베이스 튜닝(계속)

- 인덱스를 결정하는데 도움이 되는 몇 가지 지침
  - ✓ 지침 1: 기본 키는 클러스터링 인덱스를 정의할 훌륭한 후보
  - ✓ 지침 2: 외래 키도 인덱스를 정의할 중요한 후보
  - ✓ 지침 3: 한 애트리뷰트에 들어 있는 상이한 값들의 개수가 거의 전체 레코드 수와 비슷하고, 그 애트리뷰트가 동등 조건에 사용된다면 비 클러스터링 인덱스를 생성하는 것이 좋음
  - ✓ 지침 4: 투플이 많이 들어 있는 릴레이션에서 대부분의 질의가 검색하는 투플이 2% ~ 4% 미만인 경우에는 인덱스를 생성
  - ✓ 지침 5: 자주 갱신되는 애트리뷰트에는 인덱스를 정의하지 않는 것이 좋음
  - ✓ 지침 6: 갱신이 빈번하게 이루어지는 릴레이션에는 인덱스를 많이 만드는 것을 피함

6.7 인덱스 선정 지침과 데이터베이스 튜닝(계속)

- 인덱스를 결정하는데 도움이 되는 몇 가지 지침(계속)
  - ✓ 지침 7: 후보 키는 기본 키가 갖는 모든 특성을 마찬가지로 갖기 때문에 인덱스를 생성할 후보
  - ✓ 지침 8: 인덱스는 화일의 레코드들을 충분히 분할할 수 있어야 함
  - ✓ 지침 9: 정수형 애트리뷰트에 인덱스를 생성
  - ✓ 지침 10: VARCHAR 애트리뷰트에는 인덱스를 만들지 않음
  - ✓ 지침 11: 작은 화일에는 인덱스를 만들 필요가 없음
  - ✓ 지침 12: 대량의 데이터를 삽입할 때는 모든 인덱스를 제거하고, 데이터 삽입이 끝난 후에 인덱스들을 다시 생성하는 것이 좋음

6.7 인덱스 선정 지침과 데이터베이스 튜닝(계속)

❑ 언제 인덱스가 사용되지 않는가?

- ✓ 시스템 카탈로그가 오래 전의 데이터베이스 상태를 나타냄
- ✓ DBMS의 질의 최적화 모듈이 릴레이션의 크기가 작아서 인덱스가 도움이 되지 않는다고 판단함
- ✓ 인덱스가 정의된 애트리뷰트에 산술 연산자가 사용됨

```
SELECT      *
FROM        EMPLOYEE
WHERE       SALARY * 12 > 40000000;
```

- ✓ DBMS가 제공하는 내장 함수가 집단 함수 대신에 사용됨

```
SELECT      *
FROM        EMPLOYEE
WHERE       SUBSTR(EMPNAME, 1, 1) = '김';
```

6.7 인덱스 선정 지침과 데이터베이스 튜닝(계속)

- 언제 인덱스가 사용되지 않는가?(계속)
  - ✓ 널값에 대해서는 일반적으로 인덱스가 사용되지 않음

```
SELECT  *
FROM    EMPLOYEE
WHERE   MANAGER IS NULL;
```

6.7 인덱스 선정 지침과 데이터베이스 튜닝(계속)

- 질의 튜닝을 위한 추가 지침
  - ✓ DISTINCT절의 사용을 최소화하라
  - ✓ GROUP BY절과 HAVING절의 사용을 최소화하라
  - ✓ 임시 릴레이션의 사용을 피하라
  - ✓ SELECT * 대신에 SELECT절에 애트리뷰트 이름들을 구체적으로 명시하라