7 장 인덱스된 순차 파일

간단한 설명 : 순차 파일 + Index

INDEX : 임의 접근에 효율적

인터넷 검색? ----- 대부분이 Random Access

순차파일 vs 인덱스 파일

1. 순차파일
    - 순차 검색에 특화
2. 인덱스 파일 (AVL Tree, B-Tree)
    - 임의 검색에 특화
    - in-order 방식으로 순차 검색이 가능 but 키의 개수가 많아지면 Stack overflow 가 발생해 실질적인 순차 검색이 불가능하다.
3. 인덱스된 순차 파일
    - 순차 검색과 임의 검색 모두 효율적으로 가능

인덱스된 순차 화일의 구조

< 구조 = 순차구조 + 인덱스 >

- 순차 데이터 파일 : 전체 레코드를 순차 접근할 때
    - 데이터 블록으로 구성 ... 서로 Linked List 로 연결되어 있다.
    - 순차적으로 저장된 데이터 레코드와 자유공간이 존재함
    - 레코드의 추가를 위해 남겨둔 여분의 공간을 **자유 공간**이라고 한다.
    - **자유 공간**은 화일 생성시 각 블록에 만들어진다.
- 인덱스 파일 : 한 특정 레코드를 직접 접근할 때
    - 인덱스 블록으로 구성
    - 트리 구조
    - 최상위 레벨의 인덱스 블록을 **마스터 인덱스**라고 한다.

삽입 방법

1. 자유 공간에 우선 삽입한다.
2. 자유 공간이 꽉 찬 경우 다음과 같이 분할을 한다.
    1. 반은 그대로 두고, 반은 새로운 데이터 블록에 넣는다.

2. 기존 반을 가지고 있는 데이터 블록이 새로은 데이터 블록을 가르키게 한다.
3. 새로운 데이터 블록에서 가장 큰 키를 인덱스 블록에 추가한다.
4. 꽉 차면 상위 인덱스로 전파한다.

인덱스된 순차 파일의 문제점

- **데이터 파일**이 <u>순차적으로 정렬</u>되어 있어야 한다는 점이 <u>매우 큰 제약 사항</u>이다.
- 데이터 블록들이 정렬되어 연결되어 있어야 한다.

B+-Tree

B+-Tree 란?

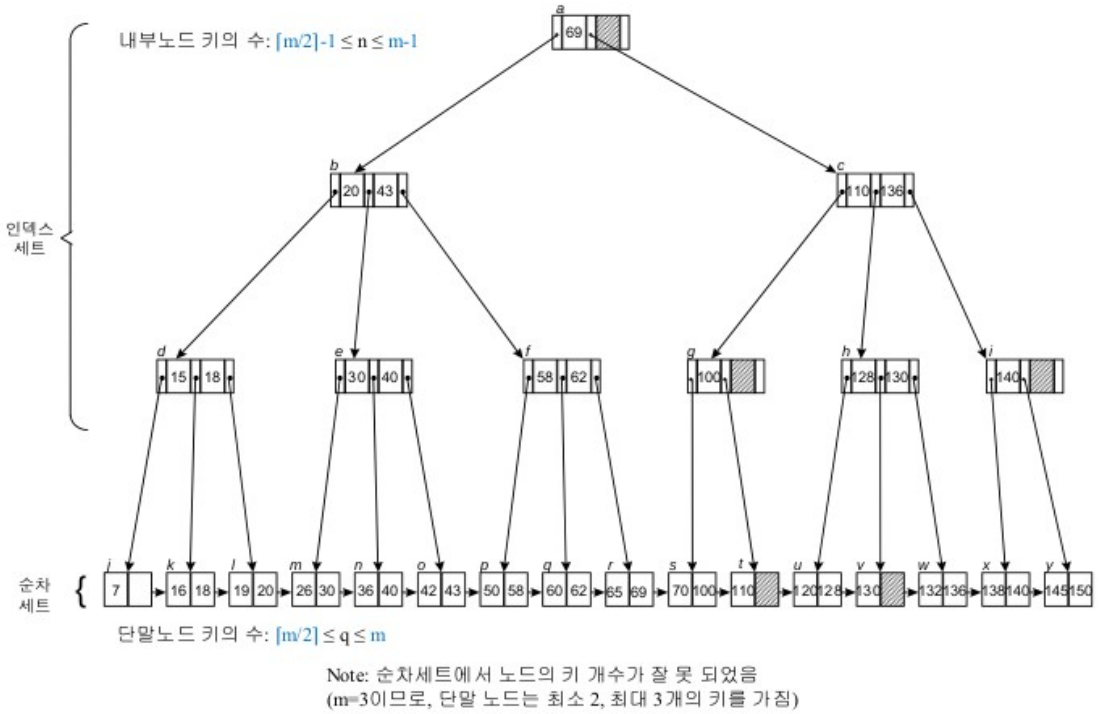
- 직접 접근 및 순차 접근 모두의 속도 향상을 위해 사용한다
  - 직접 접근 및순차 접근 모두가 필요한 응용에 적합하다.
- Knuth

B+-Tree 의 구조

인덱스된 순차파일의 **인덱스 파일**이두 부분으로 나뉜다.

- 인덱스 파일
  1. Index Set
     - Tree 의 내부 노드이다.
     - key 값만 존재한다.
     - Leaf 에 있는 key 들에 대한 경로 정보만 제공한다.
  2. Sequence Set
     - Tree 의 Leaf 노드이다.
     - Key 값과 Record Address 가 같이 존재한다.
     - Leaf Node 들은 순차적으로 연결되어있다.
- 데이터 파일
  - 정렬되어 연결되지 않음 (레코드가 랜덤하게 저장된다)

다음은 차수가 3 인 B+-Tree 이다.



차수가 m 인 B+-Tree 의 노드 구조

B+-Tree 의 노드 구조는 B-Tree 의 노드 구조와비슷하다.

- 내부 노드 구조
  - 내부 노드 내의 키 값의 수 n : [m/2]-1 <u><<</u> n <u><<</u> m-1
  - 키 값 : Ki (1 <u><<</u> i <u><<</u> n)
  - 서브트리에 대한 포인터 : Pi (0 <u><<</u> i <u><<</u> n)
- 리프 노드 구조
  - 리프 노드 내의 키 값의 수 q : [m/2] <u><<</u> q <u><<</u> m
  - 키 값 : Ki (1 <u><<</u> i <u><<</u> q)
  - 키 값으로 Ki 를 가진 레코드에 대한 포인터 : Ai (1 <u><<</u> i <u><<</u> q)
  - Pnext : 순차 set 의 다음 블록에 대한 포인터
- B-Tree 와의 구조 차이?
  - 인덱스 세트와 순차 세트의 구분이 있다
    - 인덱스 세트는 키 값만 저장한다. // 데이터를 찾는 경로로 사용
    - 순차 세트는 키 값과 레코드 포인터를 저장한다. // 실제 데이터를 접근하는데 사용
  - Pnext 는 순차 세트에만 있다.
    - 모든 순차 세트의 노두가 Linked List 로 연결되어 있어, 효율적인 순차 접근이 가능하다.

    - Pi 는 인덱스 세트에만 있다.
        - 분기를 위한 포인터이다.

B+-Tree 연산

- 검색
    - Random Access
        - Index Set 검색 ... MST Search Algorithm
    - Sequential Access
        - Sequential Set (Leaf) 검색
- 삽입
    - B-Tree 와 유사
    - 오버플로우(분할) -> 부모 노드, 분열노드 모두 키값이 존재한다.
    - 리프 노드 분할 시
        - 중간 키 값의 **복사본**이 부모(Index Node)로 올라가 삽입된다.
    - 인덱스 노드 분할 시
        - B-Tree 와 똑같은 알고리즘을 수행하고, 중간 키는 부모 노드로 올라간다.
- 삭제
    - Underflow 가 발생하지 않는 경우
        - Leaf 에서만 삭제
    - Underflow 가 발생하는 경우
        - 재분배를 해야함
            - Index 의 키값도 삭제한다
    - B-Tree 와 유사하나, 키 값의 삭제는 <u>리프 노드에서만 수행</u>한다.
    - 인덱스 세트의 키 값을 굳이 삭제할 필요가 없다.
        - 삭제하지 않고, 분리자(seperator)를 이용하여 다른 키 값을 탐색하는데이용한다.
    - Underflow 가 되는 키 개수의 기준
        - 내부노드 : [m/2]-1 <u><</u> n <u><</u> m-1
        - 리프노드 : [m/2] <u><</u> q <u><</u> m

Range Search (범위 검색)

- 범위 검색 = 임의 검색 + 순차검색

B+-Tree 의 성능

- 특정 키 값의 검색
  - 단점 : 검색이 항상 리프 노드까지 내려가야 종료된다.
    - 검색하고자 하는 값이 인덱스 세트에서 발견되더라도 리프 노드까지 내려가야 실제 레코드의 포인터를 알 수 있다.
  - 장점 :인덱스 세트 노드는 포인터를 저장하지 않으므로, 트리 공간이 절약된다.
- 순차 검색
  - 연결 리스트를 순회한다 ... 효율적이다
- 그런 의미에서 직접 처리와 순차 처리를 모두 필요로 하는 응용에서 효율적이다.

이쯤에서 살펴보는 각 트리의 특징

▶ 차수가 m인 B+-트리의 특성

<MST의 특성>

① 한 노드 안에 있는 키 값들은 오름차순으로 정렬 ($1 \le i \le n-1$에 대해 $K_i < K_{i+1}$)

② P_i, $(0 \le i \le n-1)$가 지시하는 서브트리에 있는 노드들의 모든 키 값들은 키 값 K_{i+1}보다 작거나 같음.

③ P_n이 지시하는 서브트리에 있는 노드들의 모든 키 값은 키 값 K_n보다 큼.

<B-트리의 특성>

④ 루트는 "0" 또는 "2에서 m개 사이"의 서브트리를 가짐

⑤ 루트와 리프를 제외한 모든 내부 노드는 "최소 $\lceil m/2 \rceil$개", "최대 m개"의 서브트리를 가짐.

⑥ 리프가 아닌 노드에 있는 키 값의 수는 그 노드의 서브트리 수보다 하나 적음.

⑦ 모든 리프 노드는 같은 레벨

<B+-트리의 특성>

⑧ 리프 노드는 화일 레코드들의 순차 세트를 나타내며 모두 링크로 연결되어 있음

⑨ 리프 노드의 키값의 수는 최대 m 개임.

B 트리에서 Key 는 디스크에 대한 포인터 역할을 했다.

B+트리에서 Key 는 단순하게 교통 신호 역할을 한다.

▶ Note : 비교

- **인덱스 화일 (B-트리)**
  - 인덱스
    - 내부 노드와 단말 노드이 구조가 같음
  - 데이터 파일 : 랜덤 (정렬이 필요없음)

- **인덱스된 순차 화일**
  - 인덱스
  - 데이터 파일: 정렬되어 있음

- **B+-트리**
  - 인덱스
    - 내부 노드(인덱스 셑)와 단말 노드(순차 셑)의 구조가 다름
  - 데이터 파일 : 랜덤 (정렬이 필요없음)

  ⇨ 인덱스 파일이면서, 인덱스된 순차 파일의 기능을 제공.