DB 0407

인덱싱

검색키 + 포인터 어떻게 저장할까?

시간이 중요

B+-트리 => 트리 구조 => 시간 단축

서치키 개수 => 리프 노드의 개수

현재 노드가 가득 찬 경우 메모리에서 빈 노드를 불러온다.

P43

루프가 아닌 내부 노드는 **⌈ n/2 ⌉**개 이상, **n**개 이하의 자식 노드를 가짐

리프 노드는 검색 키 값을 **⌈ (n/2)/2 ⌉**개 이상, **n-1**개 이하를 가짐

P47

리프 노드는 검색 키 값을 **⌈ (4-1)/2 ⌉**개 이상, **4-1**개 이하 가짐

P50

리프 노드는 검색 키 값을 **⌈ (4-1)/2 ⌉**개 이상, **4-1**개 이하를 가짐

P51

루트가 아닌 내부 노드는 **⌈ 4/2 ⌉**개 이상, **4**개 이하의 자식 노드를 가짐

P53

리프 노드는 검색 키 값을 **⌈ (4-1)/2 ⌉**개 이상, **4-1**개 이하를 가짐

P54

루프가 아닌 내부 노드는 **⌈ 4-1)/2 ⌉**개 이상, **4**개 이하의 자식 노드를 가짐

해시 인덱스s

확장성 해시

Bio 00

CS 11

EE 01

Fi 10

His 11

﻿

**B+ 트리 삽입 과정**

1. 삽입할 노드의 위치를 찾는다.

2. 삽입될 노드가 가득 찬 경우, 빈 노드를 추가 생성한다.

3. 가득 찬 노드 기준의 절반을 분할한다.

4. 분할된 오른쪽 노드의 첫번째 노드를 부모 노드에 삽입한다.

5. 부모 노드가 가득 찬 경우 위에 내용을 반복한다.

**✅ B⁺ 트리 삽입 과정 정리**

1. **삽입할 노드(리프 노드) 구간을 찾는다.**  
   → 루트부터 내려가며 알맞은 위치 탐색.
2. **삽입할 리프 노드가 가득 찬 경우, 새로운 리프 노드를 하나 추가한다.**  
   → 오버플로우 발생 시 대응.
3. **기존 리프 노드와 삽입 키를 포함한 키들을 정렬하고, 절반으로 분할한다.**  
   → 예: [1, 4, 9, 13] → [1, 4] + [9, 13]
4. **오른쪽 리프 노드의 첫 번째 키를 부모 노드에 *삽입하거나 반영*한다.**  
   → 이 키는 **자식 노드들을 구분하는 기준값**이 되고,  
   → 부모 노드도 오버플로우 시 **재귀적으로 분할**이 발생할 수 있음.

**🧠 포인트**

1. ✅ 리프 노드에만 **실제 데이터 저장**
2. ✅ 모든 **리프 노드는 같은 깊이**
3. ✅ **삽입 시 재귀적 분할**이 발생할 수 있음
4. ✅ 내부 노드는 **탐색을 위한 경계 값**만 저장

B+ 노드 삭제 과정

1. 삭제할 노드를 찾는다.
2. 노드가 삭제된 리프 노드가 1개인 경우 형제 노드에서 노드 1개를 가져와서 최소 노드 위배를 피한다.
3. 삭제 시 첫번째의 노드가 변경되는 경우 부모 노드를 자식 노드 첫번째로 갱신해준다.
4. 만약 첫번째 노드가 변경되지 않는다면 부모 노드는 갱신되지 않는다.
5. 부모노드는 최소 노드 위배가 되지 않는다. (그 이유는 포인터가 연결되야하므로)

**✅ B⁺ 트리 삭제 과정 (정리 버전)**

1. **삭제할 키를 리프 노드에서 찾는다.**
2. **삭제 후 리프 노드의 키 개수가 최소 개수보다 작아진다면**  
   → \*\*형제 노드에서 키를 빌려오거나 병합(merge)\*\*을 수행하여 균형을 맞춘다.
3. **삭제로 인해 리프 노드의 첫 번째 키 값이 변경되면**,  
   → **부모 노드의 분기 키도 해당 값으로 갱신한다.**
4. **첫 번째 키가 변경되지 않았다면**,  
   → **부모 노드는 갱신되지 않는다.**
5. **일반적인 내부 노드는 최소 자식 수(포인터 수)를 만족해야 한다.**  
   → 자식이 1개만 남은 경우는 \*\*구조 재조정(노드 제거, 병합 등)\*\*이 필요하다.  
   (❗ 단, **루트 노드는 예외**적으로 자식이 1개일 수 있음)

| **항목** | **설명** |
| --- | --- |
| **최소 키 수** | 리프 노드: ⌈(n - 1)/2⌉, 내부 노드: ⌈n/2⌉ - 1 |
| **자식 수** | 내부 노드는 항상 키 수 + 1개의 자식 포인터를 가져야 함 |