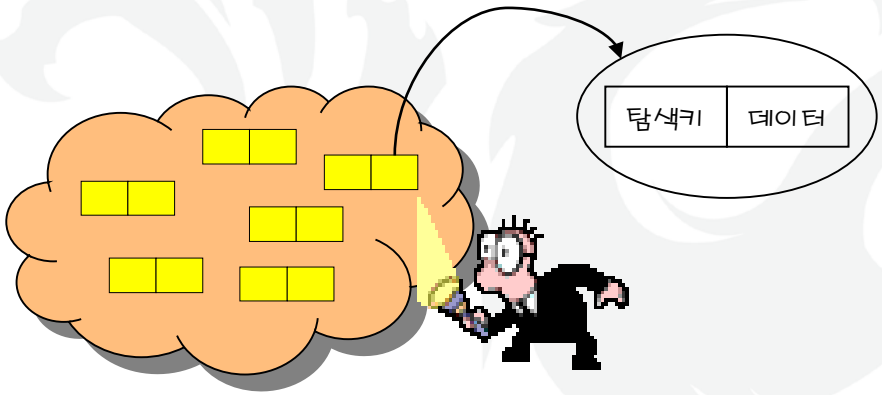
CSE2010 자료구조론

Week 15: Searching

ICT융합학부 조용우

탐색(Search)?

- 여러 개의 자료 중에서 원하는 자료를 찾는 작업
- 컴퓨터가 가장 많이 하는 작업 중의 하나
- 탐색을 효율적으로 수행하는 것은 매우 중요
- 탐색키(search key)
  - 항목과 항목을 구별해주는 키(key)
- 탐색을 위하여 사용되는 자료 구조
  - 배열, 연결 리스트, 트리, 그래프 등



순차 탐색(Sequential Search)

- 탐색 방법 중에서 가장 간단하고 직접적인 탐색 방법
- 정렬되지 않은 배열을 처음부터 마지막까지 하나씩 검사하는 방법
- 평균 비교 횟수
  - 탐색 성공: (n + 1)/2번 비교
  - 탐색 실패: n번 비교
- 시간 복잡도: O(n)

```
int seq_search(int key, int low, int high)
{
        int i;
        for(i=low; i<=high; i++)
            if(list[i]==key)
            return i; // 탐색 성공
        return -1;        // 탐색 실패
}
```

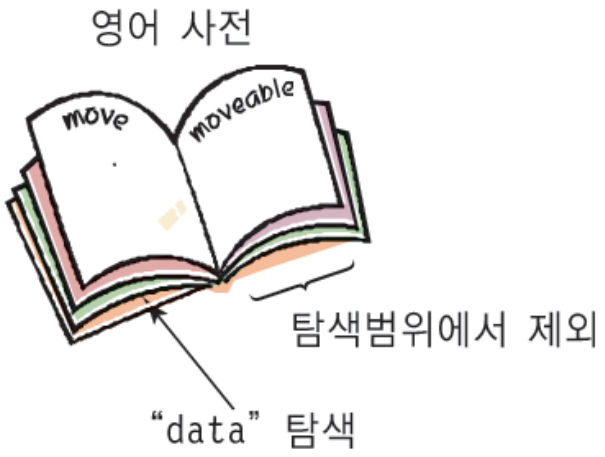
개선된 순차탐색

- 반복문의 리스트 끝 테스트 배제
  - 리스트 끝에 탐색 키 저장
  - 키 값을 찾을 때 반복문 탈출

```
int seq_search2(int key, int low, int high)
{
        int i;
        list[high+1] = key;  // 키 값을 찾으면 종료
        for(i=low; list[i] != key; i++);
        if(i==(high+1)) return -1;  // 탐색 실패
        else return i;              // 탐색 성공
}
```

이진탐색(Binary Search)

- 정렬된 배열의 탐색에 적합
  - 배열의 중앙에 있는 값을 조사하여 찾고자 하는 항목이 왼쪽 또는 오른쪽 부분 배열에 있는지를 알아내어 탐색의 범위를 반으로 줄여가며 탐색 진행
- 예: 10억 명중에서 특정한 이름 탐색
  - 이진탐색 : 단지 30번의 비교 필요
  - 순차 탐색 : 평균 5억 번의 비교 필요

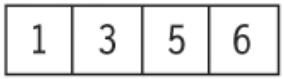


이진탐색 동작과정

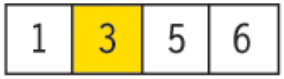
• 5를 탐색하는 경우

7과 비교

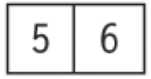
5<7이므로 앞부분만을 다시 탐색



5를 3과 비교



5>3이므로 뒷부분만을 다시 탐색



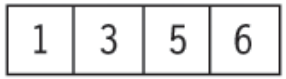
5==5이므로 탐색 성공

(a) 탐색이 성공하는 경우

• 2를 탐색하는 경우

7과 비교

2<7이므로 앞부분만을 다시 탐색



2를 3과 비교

2<3이므로 앞부분만을 다시 탐색

2>1이므로 뒷부분만을 다시 검색

더 이상 남은 항목이 없으므로 탐색 실패

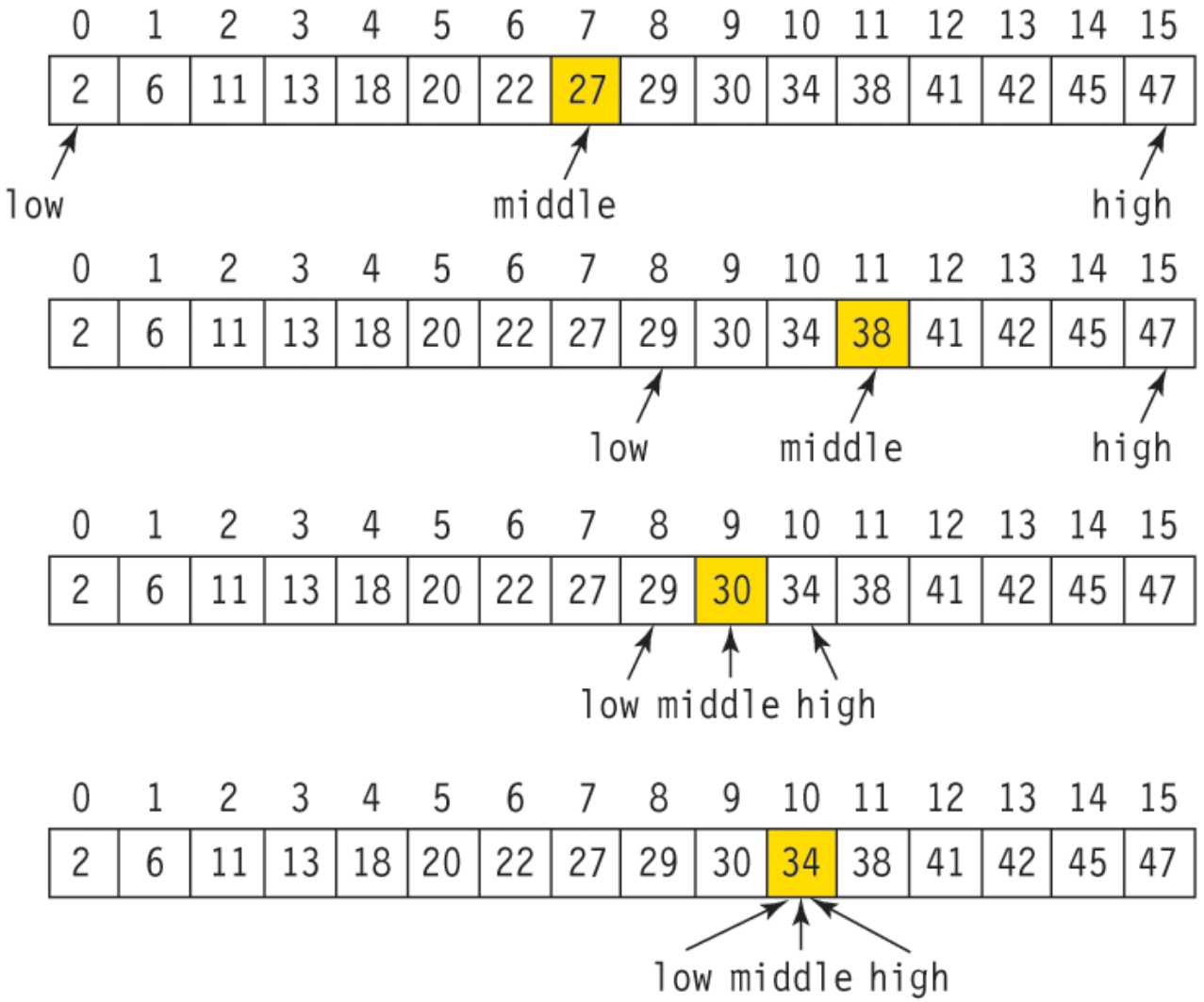
(b) 탐색이 실패하는 경우

이진탐색 알고리즘

```
search_binary(list, low, high)
        middle ← low에서 high사이의 중간 위치
        if( 탐색값 ≠ list[middle] ) return TRUE;
        else if (탐색값 < list[middle] )
                return list[0]부터 list[middle-1]에서의 탐색;
        else if (탐색값 > list[middle] )
                return list[middle+1]부터 list[high]에서의 탐색;
```

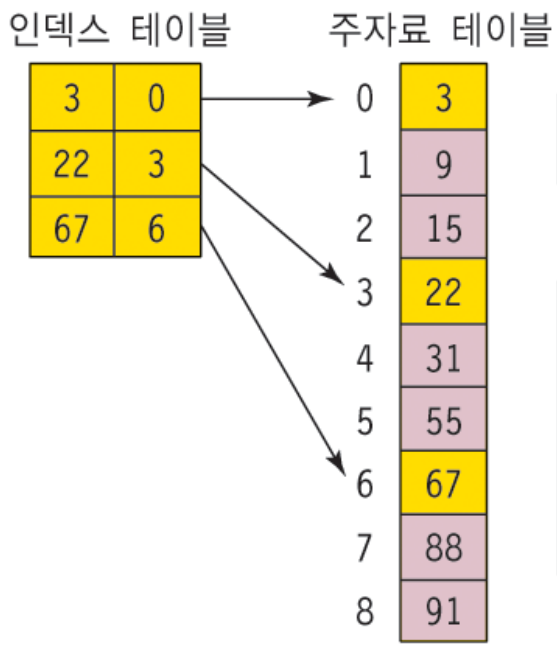
```
int search_binary2(int key, int low, int high)
{
        int middle;
        while( low <= high ){                       // 아직 숫자들이 남아 있으면
           middle = (low+high)/2;
           if( key == list[middle] ) return middle;     // 탐색 성공
           else if( key > list[middle] ) low = middle+1;    // 왼쪽 부분리스트 탐색
           else high = middle-1;                    // 오른쪽 부분리스트 탐색
        }
        return -1;                                  // 탐색 실패
}
```

이진탐색 예


0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
2 6 11 13 18 20 22 27 29 30 34 38 41 42 45 47
low
middle
high
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
2 6 11 13 18 20 22 27 29 30 34 38 41 42 45 47
low
middle
high
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
2 6 11 13 18 20 22 27 29 30 34 38 41 42 45 47
low middle high
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
2 6 11 13 18 20 22 27 29 30 34 38 41 42 45 47
low middle high

색인 순차탐색(Indexed Sequential Search)

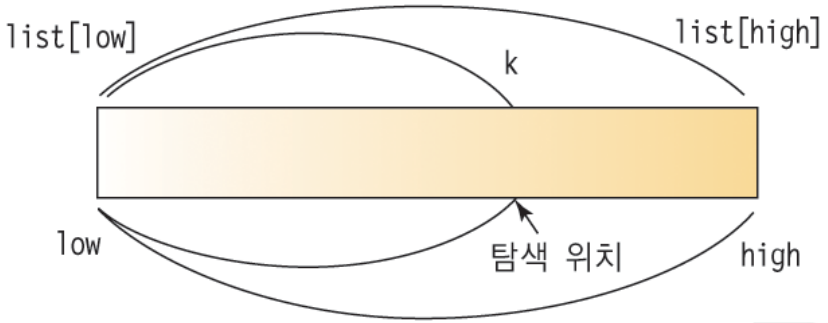
- 인덱스(index) 테이블을 사용하여 탐색의 효율 증대
  - 주 자료 리스트에서 일정 간격으로 발췌한 자료 저장
- 주 자료 리스트와 인덱스 테이블은 모두 정렬되어 있어야 함
- 복잡도: O(m+n/m)
  - 인덱스 테이블의 크기=m, 주자료 리스트의 크기=n



보간탐색(Interpolation Search)

- 사전이나 전화번호부를 탐색하는 방법
  - 'ㅎ'으로 시작하는 단어는 사전의 뒷부분에서 찾음
  - 'ㄱ'으로 시작하는 단어는 앞부분에서 찾음
- 탐색키가 존재할 위치를 예측하여 탐색하는 방법: O(log(n))
- 보간 탐색은 이진 탐색과 유사하나 리스트를 불균등 분할하여 탐색

$$(list[high] - list[low]) : (k - list[low]) = (high - lc\ w) : \text{탐색 위치} - low$$



$$\text{탐색 위치} = \frac{(k - list[low])}{list[high] - list[low]} * (high - low) + low$$

보간탐색 예

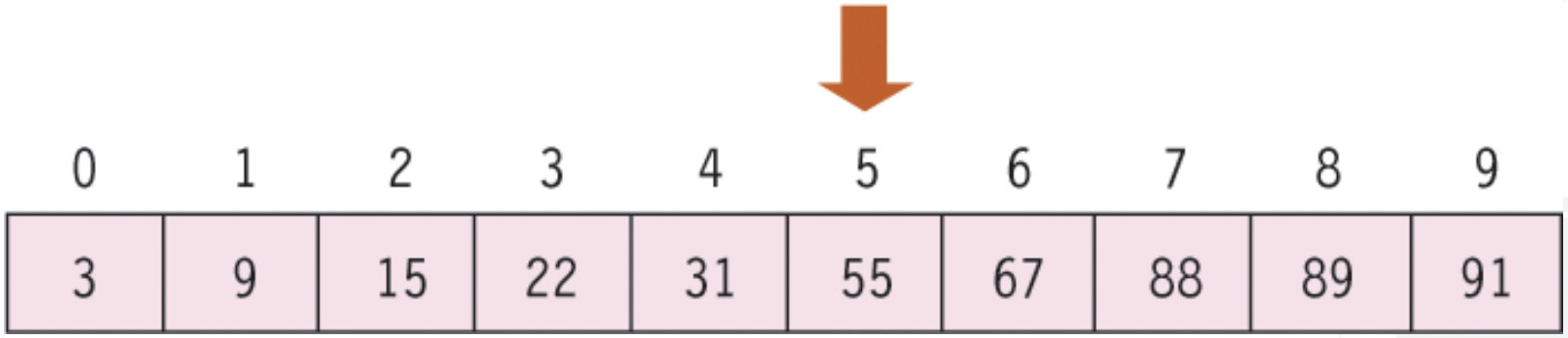
$$\text{탐색 위치} = \frac{(k - list[low])}{list[high] - list[low]} * (high - low) + low$$

$$= \frac{(55 - 3)}{(91 - 3)} * (9 - 0) + 0$$

$$= 5.31$$

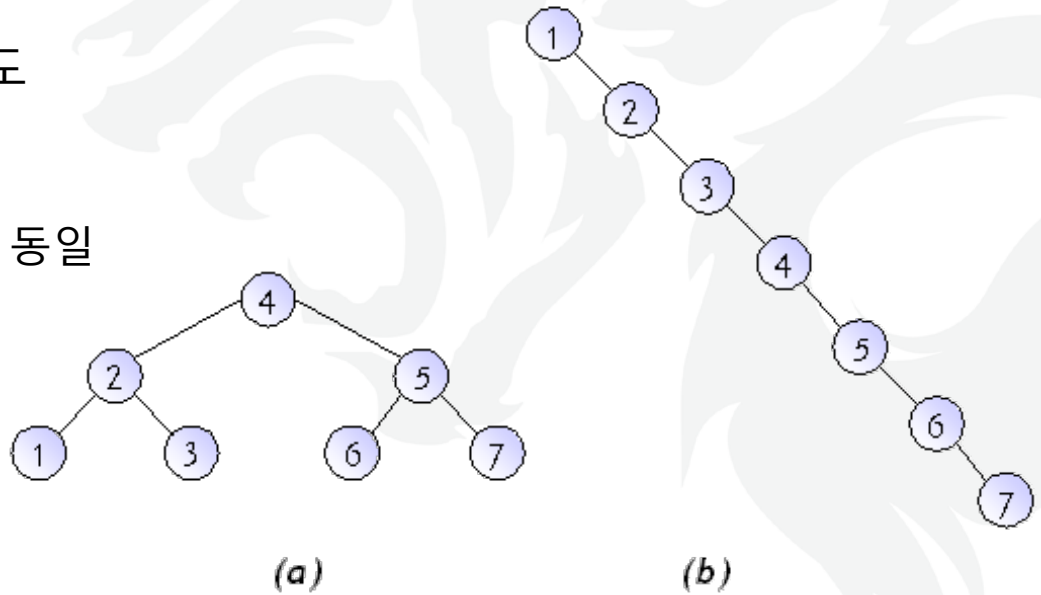
$$\approx 5$$

탐색 위치 = (55-3)/(91-3)*(9-0) + 0 = 5.31 ≒ 5



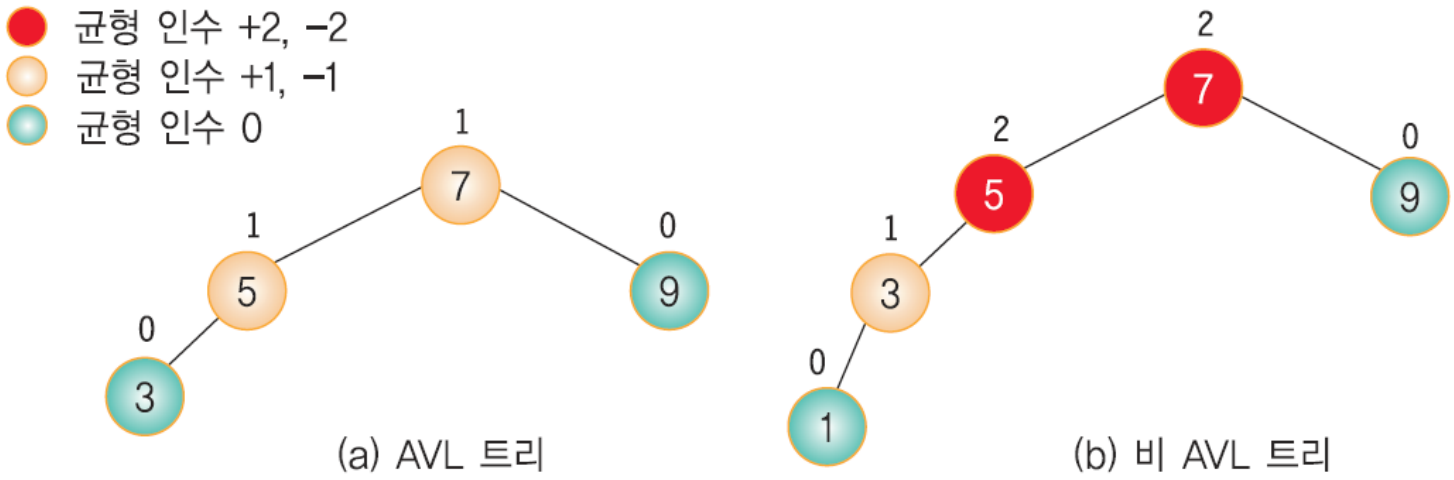
균형 이진탐색트리

- 이진 탐색(binary search)과 이진 탐색 트리(binary search tree)의 차이점
  - 이진 탐색과 이진 탐색 트리는 근본적으로 같은 원리에 의한 탐색 구조
  - 이진 탐색은 자료들이 배열에 저장되어 있으므로 삽입/삭제가 매우 비효율
    - 자료의 삽입/삭제 시 원소들을 모두 이동시켜야 함
  - 이진 탐색 트리는 매우 빠르게 삽입/삭제 수행
  - 삽입, 삭제가 빈번히 이루어진다면 이진탐색트리가 유리함
- 이진탐색트리에서의 시간복잡도
  - 균형트리: O(log(n))
  - 불균형트리: O(n), 순차탐색과 동일



AVL 트리

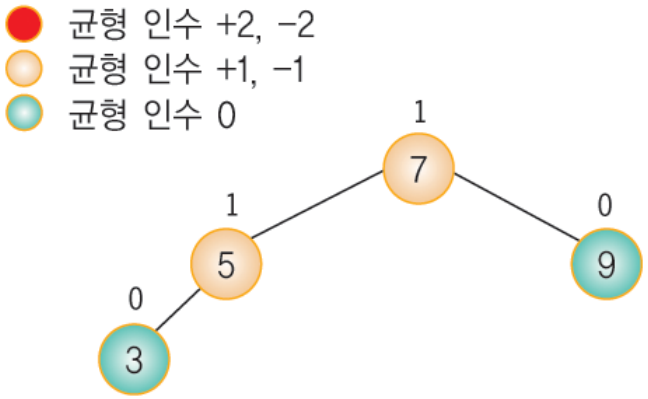
- Adelson-Velskii와 Landis에 의해 1962년에 제안된 트리
- 모든 노드의 왼쪽과 오른쪽 서브트리의 높이 차가 1이하인 이진 탐색트리
- 트리가 비 균형 상태로 되면 스스로 노드들을 재배치하여 균형 상태 유지
- 평균, 최선, 최악 시간적복잡도: O(log(n))
- 균형 인수(balance factor) =(왼쪽 서브 트리의 높이 - 오른쪽 서브 트리의 높이)
- 모든 노드의 균형 인수가 ±1 이하이면 AVL 트리



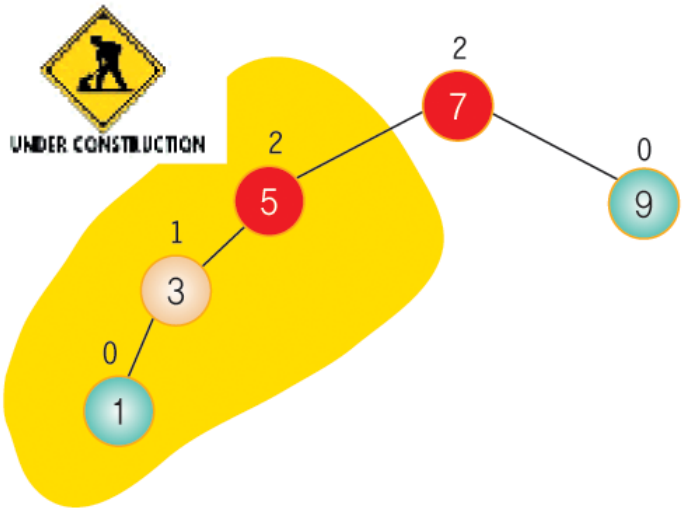
AVL 트리의 연산

- 탐색연산: 이진탐색트리와 동일
- 삽입 연산과 삭제 연산 시 균형 상태가 깨질 수 있음
- 삽입 연산
  - 삽입 위치에서 루트까지의 경로에 있는 조상 노드들의 균형 인수 영향
  - 삽입 후에 불균형 상태로 변한 가장 가까운 조상 노드(균형 인수가 ±2가 된 가장 가까운 조상 노드)의 서브 트리들에 대하여 다시 재균형
  - 삽입 노드부터 균형 인수가 ±2가 된 가장 가까운 조상 노드까지 회전

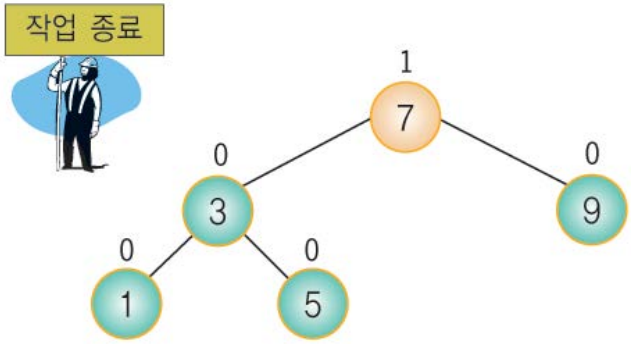
AVL 트리의 삽입 연산(1)



(a) 삽입 연산 전의 AVL 트리



(b) 삽입 연산 후의 AVL 트리

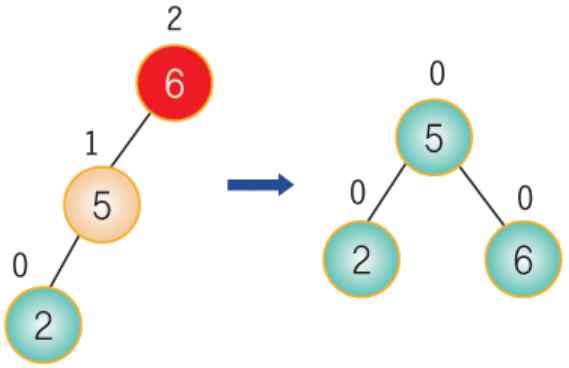


AVL 트리의 삽입 연산(2)

- AVL 트리의 균형이 깨지는 4가지 경우(삽입된 노드 N으로부터 가장 가까우면서 균형 인수가 ±2가 된 조상 노드가 A라면)
  - LL 타입: N이 A의 왼쪽 서브 트리의 왼쪽 서브 트리에 삽입
  - LR 타입: N이 A의 왼쪽 서브 트리의 오른쪽 서브 트리에 삽입
  - RR 타입: N이 A의 오른쪽 서브 트리의 오른쪽 서브 트리에 삽입
  - RL 타입: N이 A의 오른쪽 서브 트리의 왼쪽 서브 트리에 삽입

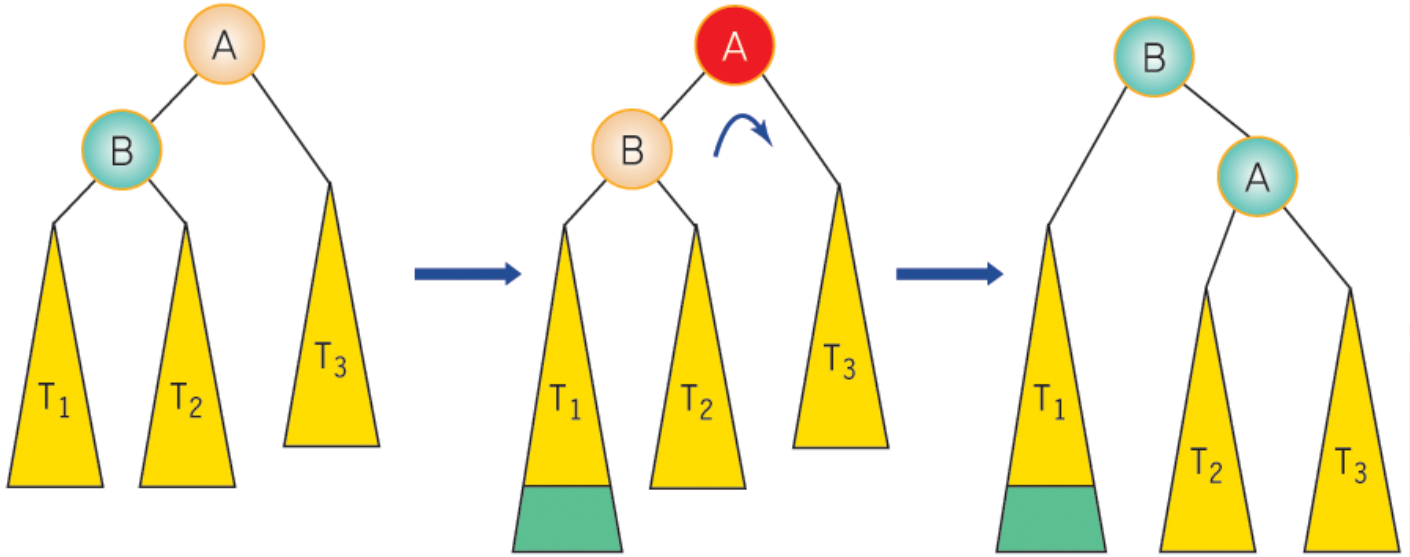
- 각 타입별 재균형 방법
  - LL 회전: A부터 N까지의 경로상 노드의 오른쪽 회전
  - LR 회전: A부터 N까지의 경로상 노드의 왼쪽-오른쪽 회전
  - RR 회전: A부터 N까지의 경로상 노드의 왼쪽 회전
  - RL 회전: A부터 N까지의 경로상 노드의 오른쪽-왼쪽 회전

LL 회전방법

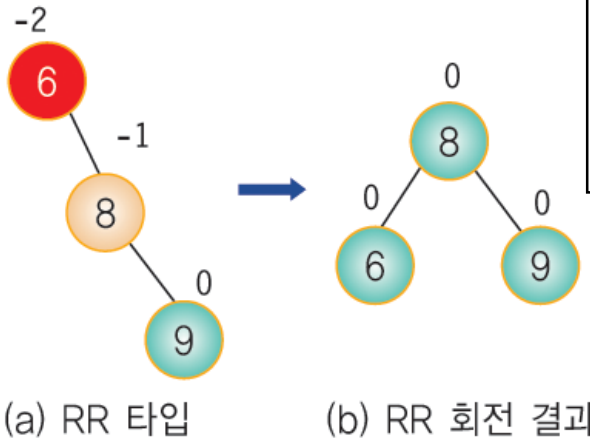


(a) LL 타입 (b) LL 회전 결과

rotate_LL(A)
B의 오른쪽 자식을 A의 왼쪽 자식으로 만든다
A를 B의 오른쪽 자식 노드로 만든다.

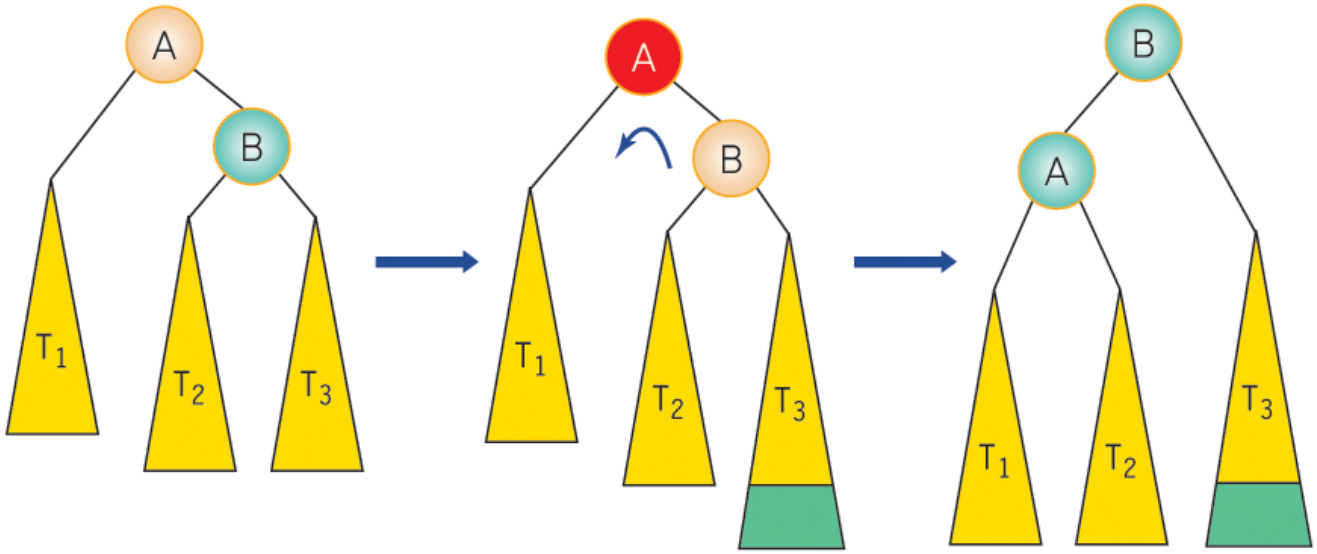


RR 회전방법



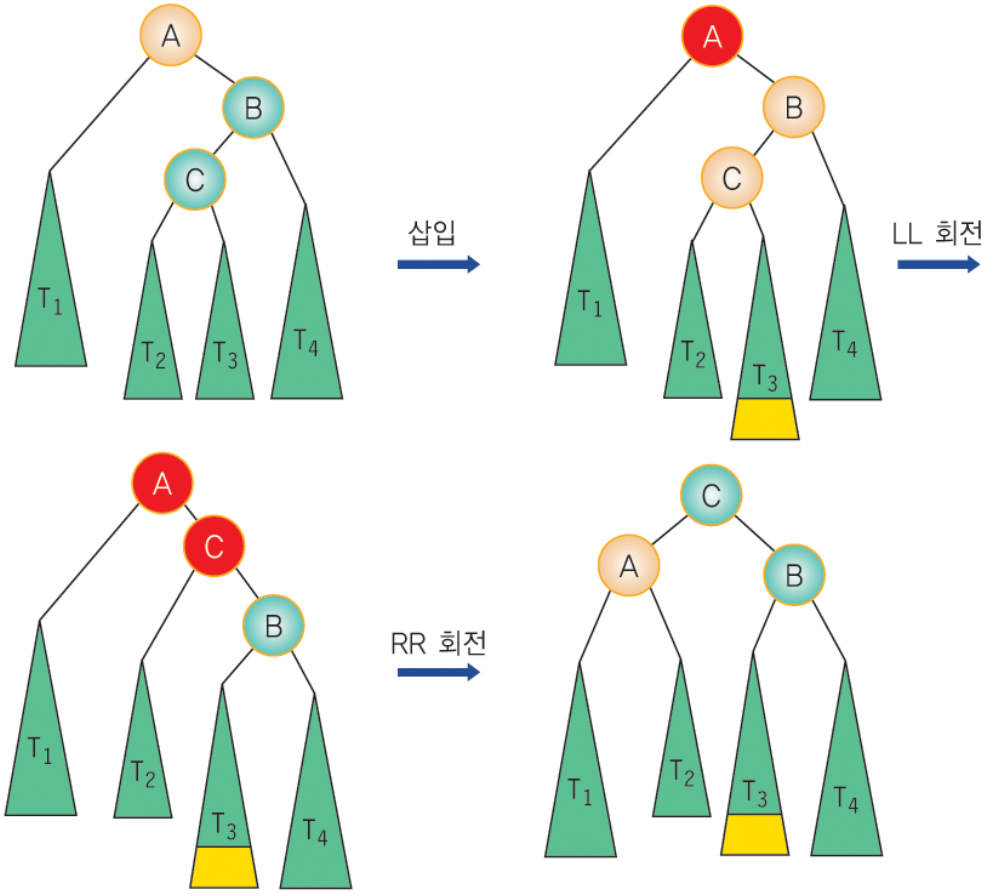
(a) RR 타입 (b) RR 회전 결과

rotate_RR(A)
B의 왼쪽 자식을 A의 오른쪽 자식으로 만든다
A를 B의 왼쪽 자식 노드로 만든다.



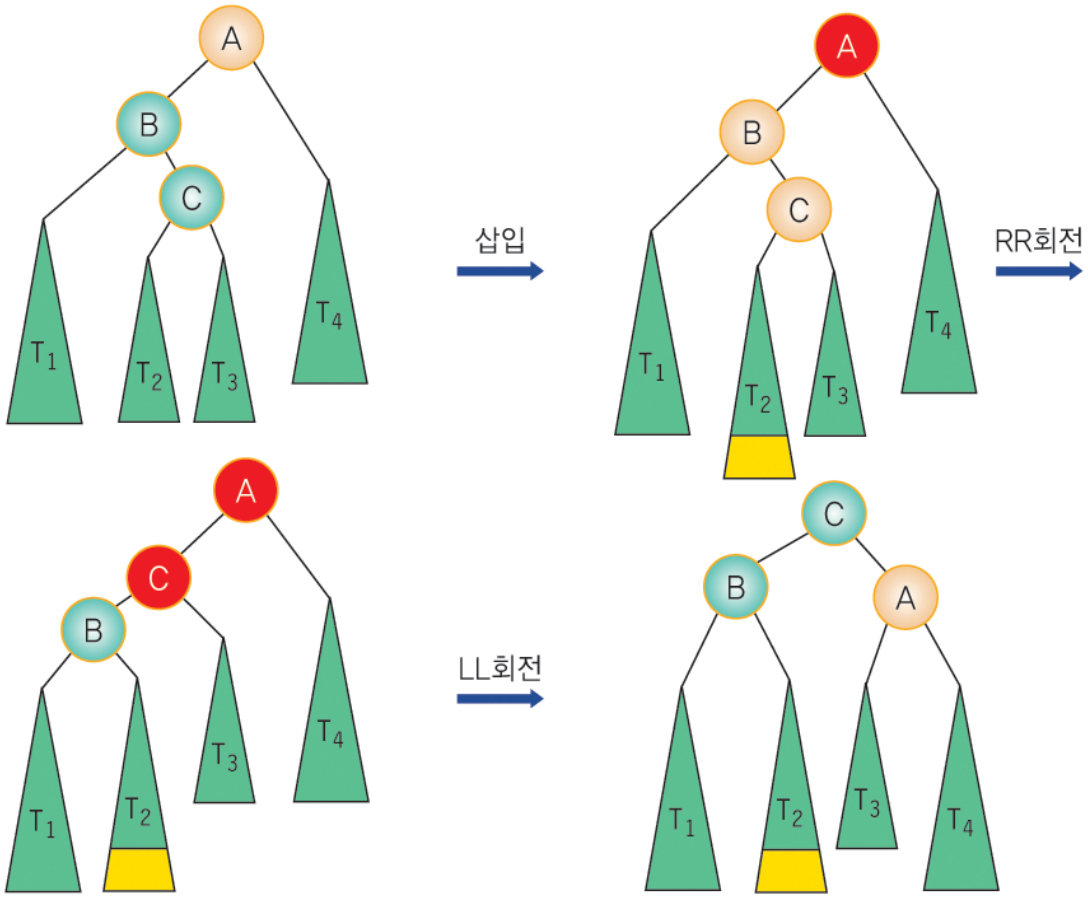
RL 회전방법

rotate_RL(A)
    rotate_LL(B)가 반환하는 노드를 A의 오른쪽 자식으로 만든다
    rotate_RR(A)

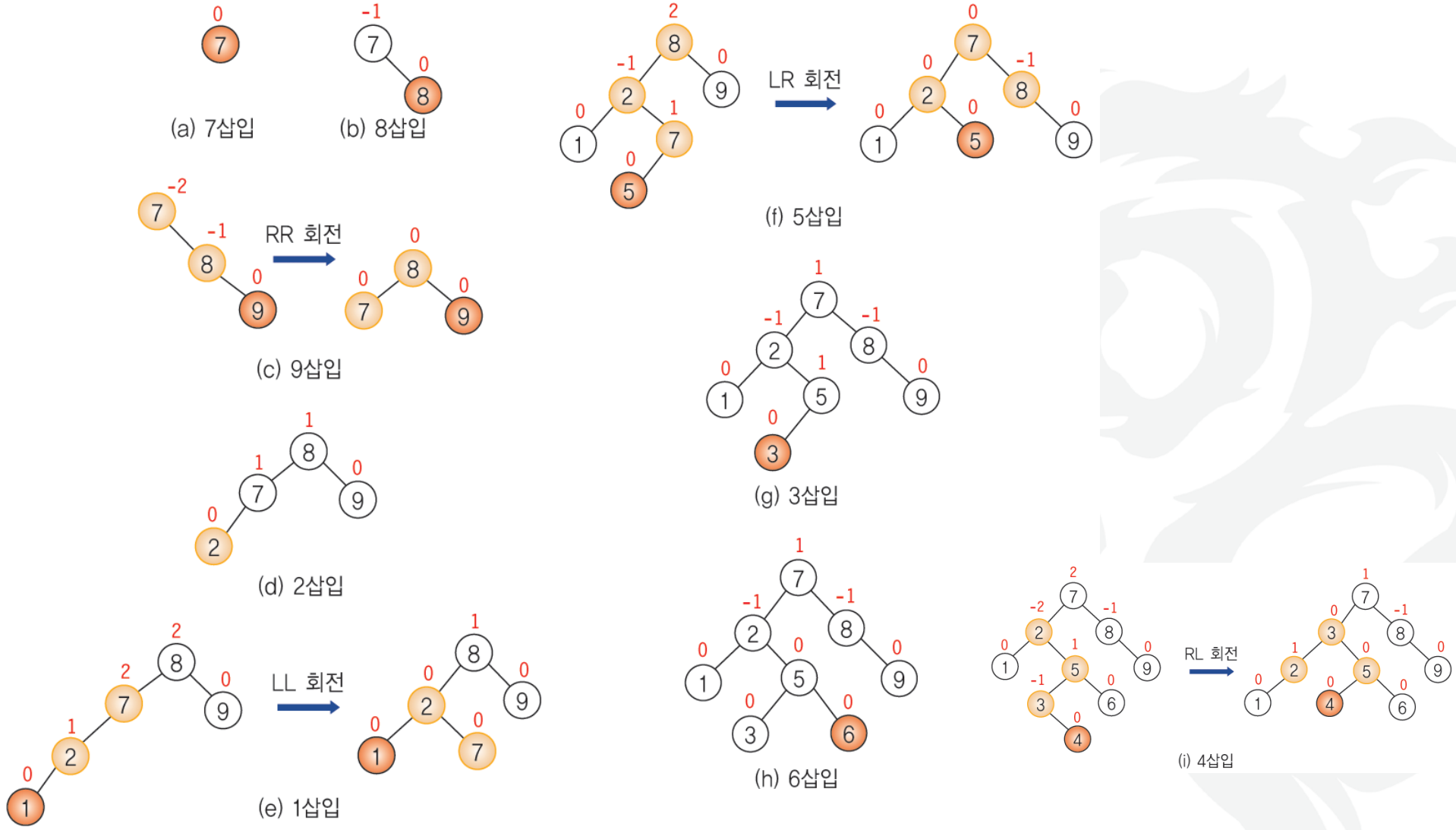


LR 회전방법

rotate_LR(A)
    rotate_RR(B)가 반환하는 노드를 A의 왼쪽 자식으로 만든다
    rotate_LL(A)



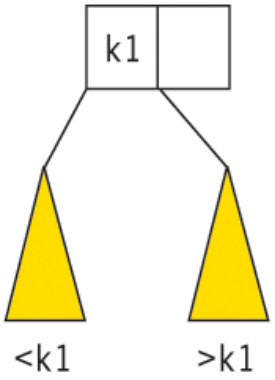
AVL 트리의 삽입연산


(a) 7삽입
(b) 8삽입
LR 회전
(f) 5삽입
RR 회전
(c) 9삽입
(g) 3삽입
(d) 2삽입
LL 회전
(e) 1삽입
(h) 6삽입
RL 회전
(i) 4삽입

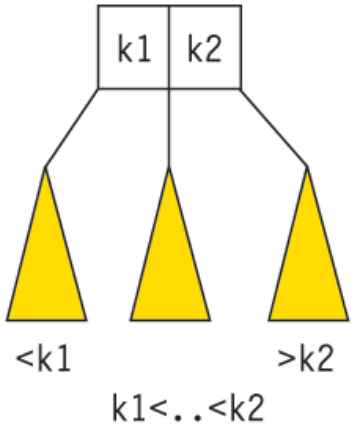
2-3 트리

- 차수가 2 또는 3인 노드를 가지는 트리
- 2-노드
  - 이진탐색트리 처럼 하나의 데이터 k1와 두 개의 자식 노드를 가짐
- 3-노드
  - 2개의 데이터 k1, k2와 3개의 자식노드를 가짐
- 왼쪽 서브 트리에 있는 데이터들은 모두 k1보다 작은 값
- 중간 서브 트리에 있는 값들은 모두 k1보다 크고 k2보다 작음
- 오른쪽에 있는 데이터들은 모두 k2보다 큼

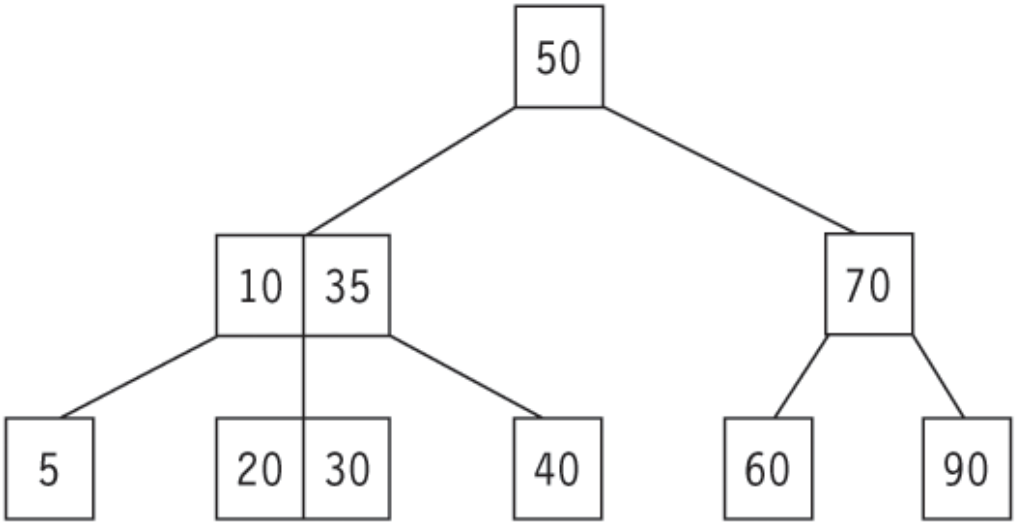
2-3 트리 예



(a) 2 – 노드



(b) 3 – 노드

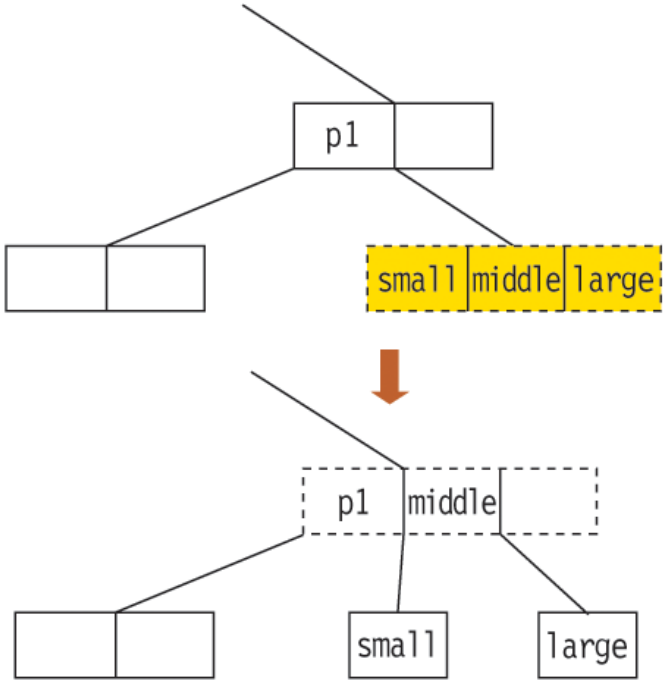


2-3 트리 삽입

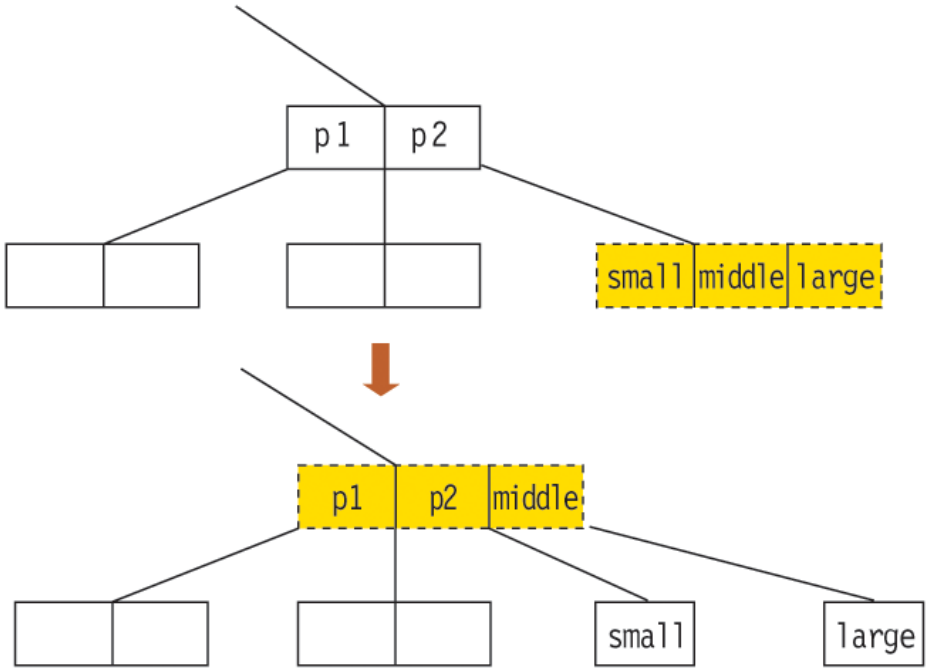
2-3 트리 탐색 코드

```
tree23_search(Tree23Node *root, int key)
{
        if( root == NULL )                  // 트리가 비어 있으면
            return FALSE;
        else if( key == root->key1 )        // 루트의 키==탐색 키
            return TRUE;
        else if( root->type == TWO_NODE ) {                 // 2-노드
            if( key < root->key1 )
              return tree23_search(root->left, key)
            else
              return tree23_search(root->right, key)
        }
        else {                                              // 3-노드
            if( key < root->key1 )
              return tree23_search(root->left, key)
            else if( key > root->key2 )
              return tree23_search(root->right, key)
            else
              return tree23_search(root->middle, key)
        }
}
```

2-3 트리 단말노드 분리

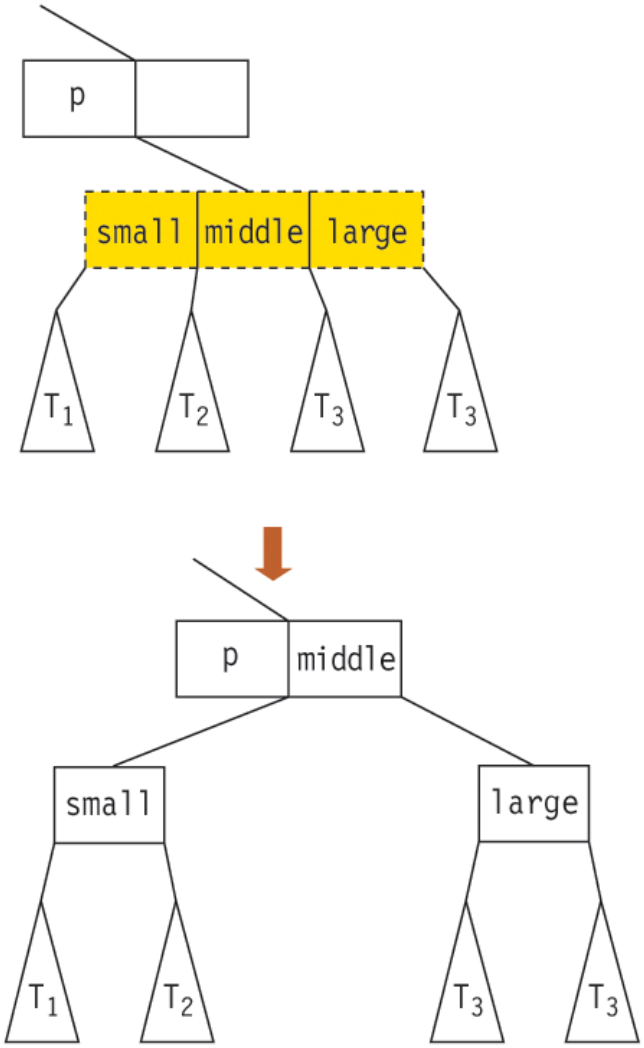


(a) 부모 노드가 2-노드인 경우

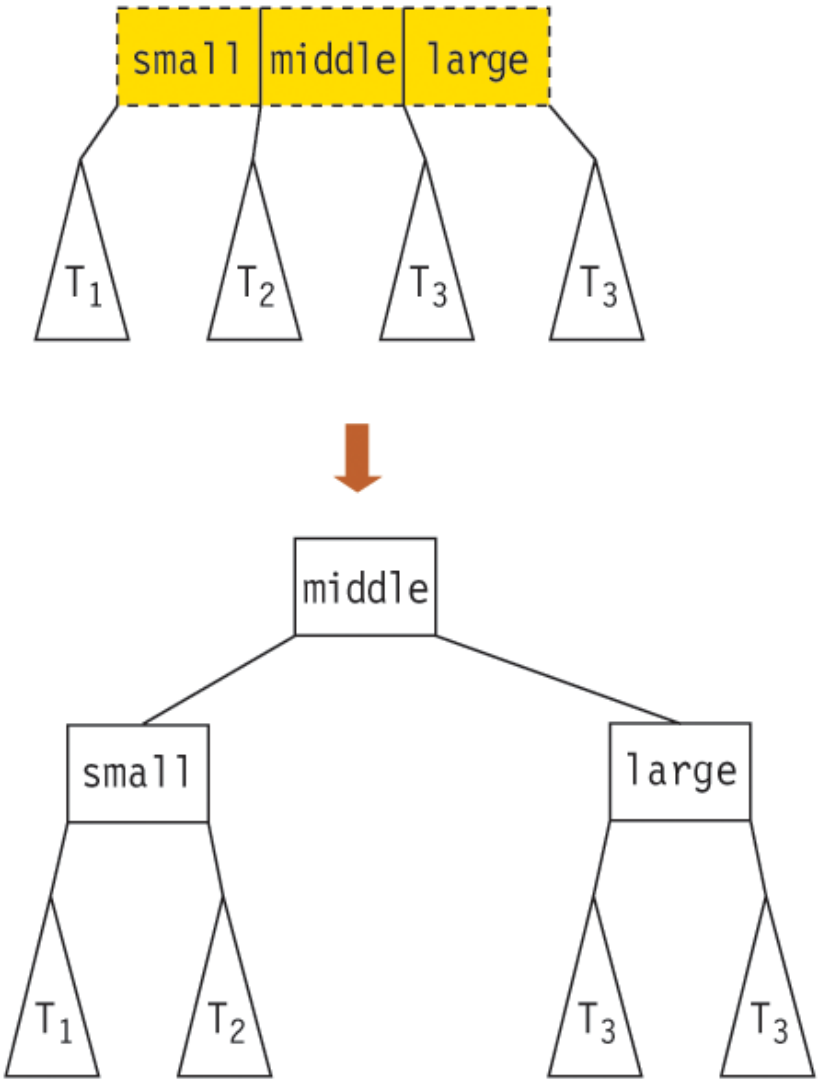


(b) 부모 노드가 3-노드인 경우

2-3 트리 비단말노드 분리



2-3 트리 루트노드 분리



Week 15: Searching