

# AVL

## 구현내용

AVL의 각 노드를 표현하는 클래스 또는 구조체를 구현하시오.

- 각 노드는 다음 속성을 필수적으로 가지도록 한다.
  - key: 해당 노드가 가지는 키값
  - height: 해당 노드를 root로 하는 subtree의 높이
  - bf: 해당 노드가 가지는 balance factor

AVL의 삽입 알고리즘 insertAVL(T, newKey)을 구현하시오.

- 단 알고리즘은 다음 함수를 이용해 구현하시오.
- insertBST(T, newKey)
  - newKey의 삽입 위치를 검색하여 삽입 실행함.
- checkBalance(T, newKey, rotationType, p, q)
  - newKey부터 루트까지 BF를 다시 계산함.
  - 불균형이 발생하면, 발생한 노드 p와 그 노드의 부모 노드 q, 그리고 회전의 종류 rotationType을 리턴.
  - 불균형이 발생하지 않으면, rotationType은 "NO"로 하고, p와 q는 널값을 리턴.
- rotateTree(T, rotationType, p, q)
  - rotationType에 따라, p를 루트로 하는 서브트리를 회전함.
  - 회전에 의해 BF의 변경이 필요한 노드의 BF를 다시 계산함.

AVL의 삭제 알고리즘 deleteAVL(T, deleteKey)를 구현하시오.

- 단 알고리즘은 다음 함수를 이용해 구현하시오.
- deleteBST(T, deleteKey)
  - deleteKey의 위치를 검색하여 삭제 실행함.
- checkBalance(T, key, rotationType, p, q)
- rotateTree(T, rotationType, p, q)

출력을 위해 트리의 inorder 순회 알고리즘을 구현하시오

- inorderBST(T)를 그대로 이용.

## 입력

입력은 텍스트 파일을 통해 주어진다.

삽입 또는 삭제를 나타내는 문자와 삽입 또는 삭제 대상이 되는 키값이 공백을 사이에 두고 여러 줄에 걸쳐 주어진다. 즉, 입력 파일의 한 줄은 삽입/삭제를 나타내는 명령과 키값으로 구성된다. 이때 삽입 명령은 'i', 삭제 명령은 'd'로 주어진다.

## 출력

출력은 반드시 표준출력을 통해 이루어져야 한다.

다음 주어진 각 경우에 대해 반드시 주어진 형식에 맞추어 출력한다.

- 이미 존재하는 키값에 대한 삽입 명령이 주어진 경우
  - “i <key> : The key already exists”을 따옴표를 제외하고 한줄에 출력
  - <key>에는 입력으로 주어진 키값을 출력
- 없거나 이미 삭제된 키값에 대해 삭제 명령이 주어진 경우
  - “d <key> : The key does not exist”을 따옴표를 제외하고 한줄에 출력
  - <key>에는 입력으로 주어진 키값을 출력
- 각 삽입/삭제 명령에 대한 처리를 마친 뒤
  - 수행한 회전의 종류와 트리 순회 결과를 공백을 사이에 두고 한줄에 출력
  - 회전의 종류는 각 경우에 다음과 같은 값을 따옴표를 제외하고 출력
    - LL회전: “LL”
    - LR회전: “LR”
    - RR회전: “RR”
    - RL회전: “RL”
    - 회전 수행 안함: “NO”
  - 트리 순회 결과는 방문한 순서대로 키값과 bf값의 쌍인 “(키값, bf)”을 따옴표를 제외하고 공백을 사이에 두고 출력한다.

## 예제 입출력

### 예제입력

```
i 25
i 500
i 25
i 33
i 49
i 17
i 403
i 29
i 105
i 39
i 66
i 305
i 44
i 19
i 441
```

```

i 390
i 12
i 81
i 50
i 100
i 999
d 25
d 500
d 25
d 33
d 49
d 17
d 403
d 29
d 105
d 39
d 66
d 305
d 44
d 19
d 441
d 390
d 12
d 81
d 50
d 100
d 999

```

## 예제출력

```

NO (25, 0)
NO (25, -1) (500, 0)
i 25 : The key already exists
(25, -1) (500, 0)
RL (25, 0) (33, 0) (500, 0)
NO (25, 0) (33, -1) (49, 0) (500, 1)
NO (17, 0) (25, 1) (33, 0) (49, 0) (500, 1)
LR (17, 0) (25, 1) (33, 0) (49, 0) (403, 0) (500, 0)
NO (17, 0) (25, 0) (29, 0) (33, 0) (49, 0) (403, 0) (500, 0)
NO (17, 0) (25, 0) (29, 0) (33, -1) (49, -1) (105, 0) (403, 1) (500, 0)
NO (17, 0) (25, 0) (29, 0) (33, -1) (39, 0) (49, 0) (105, 0) (403, 1) (500, 0)
LR (17, 0) (25, 0) (29, 0) (33, -1) (39, 0) (49, 0) (66, 0) (105, 0) (403, -1)
(500, 0)
NO (17, 0) (25, 0) (29, 0) (33, -1) (39, 0) (49, 0) (66, 0) (105, 0) (305, 0)
(403, 0) (500, 0)
RL (17, 0) (25, 0) (29, 0) (33, 0) (39, -1) (44, 0) (49, 0) (66, 0) (105, -1)
(305, 0) (403, 0) (500, 0)

```

```

NO (17, -1) (19, 0) (25, 1) (29, 0) (33, 1) (39, -1) (44, 0) (49, 1) (66, 0)
(105, -1) (305, 0) (403, 0) (500, 0)
RR (17, -1) (19, 0) (25, 1) (29, 0) (33, 1) (39, -1) (44, 0) (49, 1) (66, 0)
(105, 0) (305, 0) (403, 0) (441, 0) (500, 1)
NO (17, -1) (19, 0) (25, 1) (29, 0) (33, 1) (39, -1) (44, 0) (49, 0) (66, 0)
(105, -1) (305, -1) (390, 0) (403, 1) (441, 0) (500, 1)
NO (12, 0) (17, 0) (19, 0) (25, 1) (29, 0) (33, 1) (39, -1) (44, 0) (49, 0) (66,
0) (105, -1) (305, -1) (390, 0) (403, 1) (441, 0) (500, 1)
NO (12, 0) (17, 0) (19, 0) (25, 1) (29, 0) (33, 1) (39, -1) (44, 0) (49, 0) (66,
-1) (81, 0) (105, 0) (305, -1) (390, 0) (403, 1) (441, 0) (500, 1)
NO (12, 0) (17, 0) (19, 0) (25, 1) (29, 0) (33, 1) (39, -1) (44, 0) (49, 0) (50,
0) (66, 0) (81, 0) (105, 0) (305, -1) (390, 0) (403, 1) (441, 0) (500, 1)
LL (12, 0) (17, 0) (19, 0) (25, 1) (29, 0) (33, 1) (39, -1) (44, 0) (49, 0) (50,
0) (66, -1) (81, -1) (100, 0) (105, 0) (305, -1) (390, 0) (403, 0) (441, 0)
(500, 1)
NO (12, 0) (17, 0) (19, 0) (25, 1) (29, 0) (33, 1) (39, -1) (44, 0) (49, 0) (50,
0) (66, -1) (81, -1) (100, 0) (105, 0) (305, -1) (390, 0) (403, 0) (441, 0)
(500, 0) (999, 0)
NO (12, 0) (17, 1) (19, 1) (29, 0) (33, 1) (39, -1) (44, 0) (49, 0) (50, 0) (66,
-1) (81, -1) (100, 0) (105, 0) (305, -1) (390, 0) (403, 0) (441, 0) (500, 0)
(999, 0)
NO (12, 0) (17, 1) (19, 1) (29, 0) (33, 1) (39, -1) (44, 0) (49, 0) (50, 0) (66,
-1) (81, -1) (100, 0) (105, 0) (305, -1) (390, 0) (403, 0) (441, 0) (999, 1)
d 25 : The key does not exist
(12, 0) (17, 1) (19, 1) (29, 0) (33, 1) (39, -1) (44, 0) (49, 0) (50, 0) (66,
-1) (81, -1) (100, 0) (105, 0) (305, -1) (390, 0) (403, 0) (441, 0) (999, 1)
LL (12, 0) (17, 0) (19, 0) (29, 0) (39, -1) (44, 0) (49, -1) (50, 0) (66, -1)
(81, -1) (100, 0) (105, 0) (305, -1) (390, 0) (403, 0) (441, 0) (999, 1)
RR (12, 0) (17, 0) (19, 0) (29, 0) (39, -1) (44, 0) (50, -1) (66, 0) (81, 0)
(100, 0) (105, -1) (305, -1) (390, 0) (403, 0) (441, 0) (999, 1)
NO (12, 0) (19, 1) (29, 0) (39, -1) (44, 0) (50, -1) (66, 0) (81, 0) (100, 0)
(105, -1) (305, -1) (390, 0) (403, 0) (441, 0) (999, 1)
NO (12, 0) (19, 1) (29, 0) (39, -1) (44, 0) (50, -1) (66, 0) (81, 0) (100, 0)
(105, -1) (305, -1) (390, 0) (441, 1) (999, 0)
NO (12, 0) (19, 1) (39, 1) (44, 0) (50, -1) (66, 0) (81, 0) (100, 0) (105, -1)
(305, -1) (390, 0) (441, 1) (999, 0)
NO (12, 0) (19, 1) (39, 1) (44, 0) (50, 0) (66, 0) (81, 0) (100, 0) (305, 0)
(390, 0) (441, 0) (999, 0)
NO (12, 0) (19, 0) (44, 0) (50, -1) (66, 0) (81, 0) (100, 0) (305, 0) (390, 0)
(441, 0) (999, 0)
NO (12, 0) (19, 0) (44, 0) (50, -1) (81, -1) (100, 0) (305, 0) (390, 0) (441, 0)
(999, 0)
NO (12, 0) (19, 0) (44, 0) (50, -1) (81, -1) (100, 0) (390, 0) (441, -1) (999,
0)
NO (12, 0) (19, 1) (50, -1) (81, -1) (100, 0) (390, 0) (441, -1) (999, 0)
RR (12, 0) (50, -1) (81, -1) (100, 0) (390, 1) (441, -1) (999, 0)
LR (12, 0) (50, 1) (81, 0) (100, 0) (390, 0) (999, 0)

```

```

NO (12, 0) (50, 1) (81, 0) (100, 0) (999, 1)
NO (50, 0) (81, -1) (100, 0) (999, 1)
NO (50, 0) (100, 0) (999, 0)
NO (100, -1) (999, 0)
NO (999, 0)
NO

```

## 채점 방식

### 정확성 채점

정확성 채점은 여러 테스트 케이스에 대해 수행되며, 각 테스트 케이스에 대한 inorder 출력값과 예러 메시지 출력값을 이용한다. 이때 inorder 출력의 경우, 내부에서 생성한 트리 구조를 파악하기 위해 키값 뿐만 아니라 탐색 순서까지 출력하도록 코드가 수정된다. 출력값을 바탕으로 채점기가 트리를 생성하고, 삽입/삭제가 완료되는 시점 (inorder를 출력하는 시점)에 자료구조의 성질을 만족하는지 확인하는 방식으로 이루어진다. 따라서 출력을 주어진 형식과 조건에 맞추어야 제대로된 채점을 받을 수 있다.

### 효율성 채점

효율성 채점은 여러 테스트 케이스에 대해 수행되며, 각 테스트 케이스에 대해 출력을 하지 않도록 코드를 변경했을 때의 실행 시간을 측정하여 자료구조가 의도한 성능을 내는지 여부를 채점한다.

## 제출물

- Source code
  - 각 함수에 대한 설명을 주석으로 작성 (필수)
  - 함수 뿐만 아니라 소스 코드에도 충분한 주석을 달 것
- 실행환경에 대한 설명