Data Structure

Array

배열 (Array)

- C++에서 사이즈 구하기

```
int arr[] = { 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 };
int n = sizeof(arr) / sizeof(arr[0]); // 7
```

1. 배열 회전 프로그램

위의 배열을 2 씩 회전하면 배열이됩니다.

전체 코드는 각 하이퍼링크를 눌러주시면 이동됩니다.

- 기본적인 회전 알고리즘 구현

> temp를 활용해서 첫번째 인덱스 값을 저장 후
> arr[0]~arr[n-1]을 각각 arr[1]~arr[n]의 값을 주고, arr[n]에 temp를 넣어준다.
>
> ```
> void leftRotatebyOne(int arr[], int n){
>     int temp = arr[0], i;
>     for(i = 0; i < n-1; i++){
>         arr[i] = arr[i+1];
>     }
>     arr[i] = temp;
> }
> ```
>
> 이 함수를 활용해 원하는 회전 수 만큼 for문을 돌려 구현이 가능

- 저글링 알고리즘 구현

> 최대공약수 gcd를 이용해 집합을 나누어 여러 요소를 한꺼번에 이동시키는 것
>
> 위 그림처럼 배열이 아래와 같다면
>
> arr[] = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12}
>
> 1,2,3을 뒤로 옮길 때, 인덱스를 3개씩 묶고 회전시키는 방법이다.
>
> a) arr [] -> { **4** 2 3 **7** 5 6 **10** 8 9 **1** 11 12}
>
> b) arr [] -> {4 **5** 3 7 **8** 6 10 **11** 9 1 **2** 12}
>
> c) arr [] -> {4 5 **6** 7 8 **9** 10 11 **12** 1 2 **3** }

- 역전 알고리즘 구현

> 회전시키는 수에 대해 구간을 나누어 reverse로 구현하는 방법
>
> d = 2이면
>
> 1,2 / 3,4,5,6,7로 구간을 나눈다.
>
> 첫번째 구간 reverse -> 2,1
>
> 두번째 구간 reverse -> 7,6,5,4,3
>
> 합치기 -> 2,1,7,6,5,4,3
>
> 합친 배열을 reverse -> **3,4,5,6,7,1,2**
>
> - swap을 통한 reverse
>
> ```
> void reverseArr(int arr[], int start, int end){
>
>     while (start < end){
>         int temp = arr[start];
>         arr[start] = arr[end];
> ```

```
        arr[end] = temp;

        start++;
        end--;
    }
}
```

- 구간을 d로 나누었을 때 역전 알고리즘 구현

```
void rotateLeft(int arr[], int d, int n){
    reverseArr(arr, 0, d-1);
    reverseArr(arr, d, n-1);
    reverseArr(arr, 0, n-1);
}
```

1. 배열의 특정 최대 합 구하기

예시) arr[i]가 있을 때, i*arr[i]의 Sum이 가장 클 때 그 값을 출력하기

(회전하면서 최대값을 찾아야한다.)

```
Input: arr[] = {1, 20, 2, 10}
Output: 72

2번 회전했을 때 아래와 같이 최대값이 나오게 된다.
{2, 10, 1, 20}
20*3 + 1*2 + 10*1 + 2*0 = 72

Input: arr[] = {10, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9};
Output: 330

9번 회전했을 때 아래와 같이 최대값이 나오게 된다.
{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10};
0*1 + 1*2 + 2*3 ... 9*10 = 330
```

접근 방법

arr[i]의 전체 합과 i*arr[i]의 전체 합을 저장할 변수 선언

최종 가장 큰 sum 값을 저장할 변수 선언

배열을 회전시키면서 i*arr[i]의 합의 값을 저장하고, 가장 큰 값을 저장해서 출력하면 된다.

해결법

```
회전 없이 i*arr[i]의 sum을 저장한 값
R0 = 0*arr[0] + 1*arr[1] +...+ (n-1)*arr[n-1]


1번 회전하고 i*arr[i]의 sum을 저장한 값
R1 = 0*arr[n-1] + 1*arr[0] +...+ (n-1)*arr[n-2]

이 두개를 빼면?
R1 - R0 = arr[0] + arr[1] + ... + arr[n-2] - (n-1)*arr[n-1]

2번 회전하고 i*arr[i]의 sum을 저장한 값
R2 = 0*arr[n-2] + 1*arr[n-1] +...+ (n?1)*arr[n-3]

1번 회전한 값과 빼면?
R2 - R1 = arr[0] + arr[1] + ... + arr[n-3] - (n-1)*arr[n-2] + arr[n-1]


여기서 규칙을 찾을 수 있음.

Rj - Rj-1 = arrSum - n * arr[n-j]

이를 활용해서 몇번 회전했을 때 최대값이 나오는 지 구할 수 있다.
```

구현 소스 코드 링크

1. 특정 배열을 arr[i] = i로 재배열 하기

예시) 주어진 배열에서 arr[i] = i이 가능한 것만 재배열 시키기

```
Input : arr = {-1, -1, 6, 1, 9, 3, 2, -1, 4, -1}
Output : [-1, 1, 2, 3, 4, -1, 6, -1, -1, 9]

Input : arr = {19, 7, 0, 3, 18, 15, 12, 6, 1, 8,
               11, 10, 9, 5, 13, 16, 2, 14, 17, 4}
Output : [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,
          11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]
```

arr[i] = i가 없으면 -1로 채운다.

접근 방법

arr[i]가 -1이 아니고, arr[i]이 i가 아닐 때가 우선 조건

해당 arr[i] 값을 저장(x)해두고, 이 값이 x일 때 arr[x]를 탐색

arr[x] 값을 저장(y)해두고, arr[x]가 -1이 아니면서 arr[x]가 x가 아닌 동안을 탐색

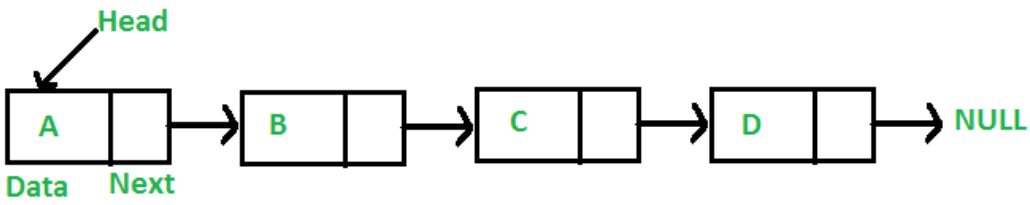
arr[x]를 x값으로 저장해주고, 기존의 x를 y로 수정

```
int fix(int A[], int len){

    for(int i = 0; i < len; i++) {


        if (A[i] != -1 && A[i] != i){ // A[i]가 -1이 아니고, i도 아닐 때

            int x = A[i]; // 해당 값을 x에 저장

            while(A[x] != -1 && A[x] != x){ // A[x]가 -1이 아니고, x도 아닐 때

                int y = A[x]; // 해당 값을 y에 저장
                A[x] = x;

                x = y;
            }

            A[x] = x;

            if (A[i] != i){
                A[i] = -1;
            }
        }
    }

}
```

구현 소스 코드 링크

Linked List

Linked List



연속적인 메모리 위치에 저장되지 않는 선형 데이터 구조

(포인터를 사용해서 연결된다)

각 노드는 **데이터 필드**와 **다음 노드에 대한 참조**를 포함하는 노드로 구성

왜 Linked List를 사용하나?

> 배열은 비슷한 유형의 선형 데이터를 저장하는데 사용할 수 있지만 제한 사항이 있음
>
> 1. 배열의 크기가 고정되어 있어 미리 요소의 수에 대해 할당을 받아야 함
> 2. 새로운 요소를 삽입하는 것은 비용이 많이 듬 (공간을 만들고, 기존 요소 전부 이동)

장점

> 동적 크기삽입/삭제 용이

단점

> 임의로 액세스를 허용할 수 없음. 즉, 첫 번째 노드부터 순차적으로 요소에 액세스 해야함 (이진 검색 수행 불가능)포인터의 여분의 메모리 공간이 목록의 각 요소에 필요

노드 구현은 아래와 같이 데이터와 다음 노드에 대한 참조로 나타낼 수 있다

```
// A linked list node
struct Node
{
  int data;
  struct Node *next;
};
```

Single Linked List

노드 3개를 잇는 코드를 만들어보자

```
  head         second         third
    |             |             |
    |             |             |
+---+---+     +---+---+     +----+----+
| 1  | o----->| 2 | o-----> |  3 |  # |
+---+---+     +---+---+     +----+----+
```

소스 코드

노드 추가

- 앞쪽에 노드 추가

```
void push(struct Node** head_ref, int new_data){
    struct Node* new_node = (struct Node*) malloc(sizeof(struct Node));

    new_node->data = new_data;

    new_node->next = (*head_ref);

    (*head_ref) = new_node;
}
```

- 특정 노드 다음에 추가

```
void insertAfter(struct Node* prev_node, int new_data){
    if (prev_node == NULL){
        printf("이전 노드가 NULL이 아니어야 합니다.");
        return;
    }

    struct Node* new_node = (struct Node*) malloc(sizeof(struct Node));

    new_node->data = new_data;
    new_node->next = prev_node->next;

    prev_node->next = new_node;

}
```

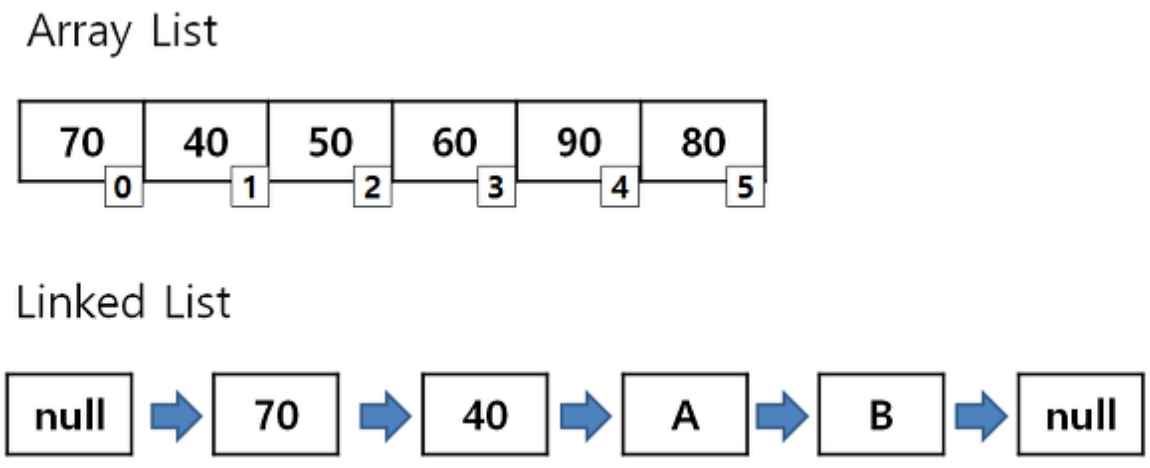
- 끝쪽에 노드 추가

```
void append(struct Node** head_ref, int new_data){
    struct Node* new_node = (struct Node*)malloc(sizeof(struct Node));

    struct Node *last = *head_ref;

    new_node->data = new_data;

    new_node->next = NULL;

    if (*head_ref == NULL){
        *head_ref = new_node;
        return;
    }

    while(last->next != NULL){
        last = last->next;
    }

    last->next = new_node;
    return;

}
```

Array vs ArrayList vs LinkedList

Array vs ArrayList vs LinkedList

세 자료구조를 한 문장으로 정의하면 아래와 같이 말할 수 있다.



- **Array**는 index로 빠르게 값을 찾는 것이 가능함
- **LinkedList**는 데이터의 삽입 및 삭제가 빠름
- **ArrayList**는 데이터를 찾는데 빠르지만, 삽입 및 삭제가 느림

좀 더 자세히 비교하면?

우선 배열(Array)는 **선언할 때 크기와 데이터 타입을 지정**해야 한다.

```
int arr[10];
String arr[5];
```

이처럼, **array**은 메모리 공간에 할당할 사이즈를 미리 정해놓고 사용하는 자료구조다.

따라서 계속 데이터가 늘어날 때, 최대 사이즈를 알 수 없을 때는 사용하기에 부적합하다.

또한 중간에 데이터를 삽입하거나 삭제할 때도 매우 비효율적이다.

4번째 index 값에 새로운 값을 넣어야 한다면? 원래값을 뒤로 밀어내고 해당 index에 덮어씌워야 한다. 기본적으로 사이즈를 정해놓은 배열에서는 해결하기엔 부적합한 점이 많다.

대신, 배열을 사용하면 index가 존재하기 때문에 위치를 바로 알 수 있어 검색에 편한 장점이 있다.

이를 해결하기 위해 나온 것이 **List**다.

List는 array처럼 **크기를 정해주지 않아도 된다**. 대신 array에서 index가 중요했다면, List에서는 순서가 중요하다.

크기가 정해져있지 않기 때문에, 중간에 데이터를 추가하거나 삭제하더라도 array에서 갖고 있던 문제점을 해결 가능하다. index를 가지고 있으므로 검색도 빠르다.

하지만, 중간에 데이터를 추가 및 삭제할 때 시간이 오래걸리는 단점이 존재한다. (더하거나 뺄때마다 줄줄이 당겨지거나 밀려날 때 진행되는 연산이 추가, 메모리도 낭비..)

그렇다면 **LinkedList**는?

연결리스트에는 단일, 다중 등 여러가지가 존재한다.

종류가 무엇이든, **한 노드에 연결될 노드의 포인터 위치를 가리키는 방식**으로 되어있다.

> 단일은 뒤에 노드만 가리키고, 다중은 앞뒤 노드를 모두 가리키는 차이

이런 방식을 활용하면서, 데이터의 중간에 삽입 및 삭제를 하더라도 전체를 돌지 않아도 이전 값과 다음값이 가르켰던 주소값만 수정하여 연결시켜주면 되기 때문에 빠르게 진행할 수 있다.

이렇게만 보면 가장 좋은 방법 같아보이지만, `List의 k번째 값을 찾아라`에서는 비효율적이다.

array나 arrayList에서 index를 갖고 있기 때문에 검색이 빠르지만, LinkedList는 처음부터 살펴봐야하므로(순차) 검색에 있어서는 시간이 더 걸린다는 단점이 존재한다.

따라서 상황에 맞게 자료구조를 잘 선택해서 사용하는 것이 중요하다.

Stack & Queue

스택(Stack)

입력과 출력이 한 곳(방향)으로 제한

LIFO (Last In First Out, 후입선출) : 가장 나중에 들어온 것이 가장 먼저 나옴

언제 사용?

함수의 콜스택, 문자열 역순 출력, 연산자 후위표기법

데이터 넣음 : push()

데이터 최상위 값 뺌 : pop()

비어있는 지 확인 : isEmpty()

꽉차있는 지 확인 : isFull()

+SP

push와 pop할 때는 해당 위치를 알고 있어야 하므로 기억하고 있는 '스택 포인터(SP)'가 필요함

스택 포인터는 다음 값이 들어갈 위치를 가리키고 있음 (처음 기본값은 -1)

```
private int sp = -1;
```

push

```
public void push(Object o) {
    if(isFull(o)) {
        return;
    }

    stack[++sp] = o;
}
```

스택 포인터가 최대 크기와 같으면 return

아니면 스택의 최상위 위치에 값을 넣음

pop

```
public Object pop() {

    if(isEmpty(sp)) {
        return null;
    }

    Object o = stack[sp--];
    return o;

}
```

스택 포인터가 0이 되면 null로 return;

아니면 스택의 최상위 위치 값을 꺼내옴

isEmpty

```
private boolean isEmpty(int cnt) {
    return sp == -1 ? true : false;
}
```

입력 값이 최초 값과 같다면 true, 아니면 false

isFull

```
private boolean isFull(int cnt) {
    return sp + 1 == MAX_SIZE ? true : false;
}
```

스택 포인터 값+1이 MAX_SIZE와 같으면 true, 아니면 false

동적 배열 스택

위처럼 구현하면 스택에는 MAX_SIZE라는 최대 크기가 존재해야 한다

(스택 포인터와 MAX_SIZE를 비교해서 isFull 메소드로 비교해야되기 때문!)

최대 크기가 없는 스택을 만드려면?

> arraycopy를 활용한 동적배열 사용

```
public void push(Object o) {

    if(isFull(sp)) {

        Object[] arr = new Object[MAX_SIZE * 2];
        System.arraycopy(stack, 0, arr, 0, MAX_SIZE);
        stack = arr;
        MAX_SIZE *= 2; // 2배로 증가
    }

    stack[sp++] = o;
}
```

기존 스택의 2배 크기만큼 임시 배열(arr)을 만들고

arraycopy를 통해 stack의 인덱스 0부터 MAX_SIZE만큼을 arr 배열의 0번째부터 복사한다

복사 후에 arr의 참조값을 stack에 덮어씌운다

마지막으로 MAX_SIZE의 값을 2배로 증가시켜주면 된다.

이러면, 스택이 가득찼을 때 자동으로 확장되는 스택을 구현할 수 있음

스택을 연결리스트로 구현해도 해결 가능

```
public class Node {

    public int data;
    public Node next;

    public Node() {
    }

    public Node(int data) {
        this.data = data;
        this.next = null;
    }
}
```

```
public class Stack {
    private Node head;
    private Node top;

    public Stack() {
        head = top = null;
    }

    private Node createNode(int data) {
        return new Node(data);
    }

    private boolean isEmpty() {
        return top == null ? true : false;
    }

    public void push(int data) {
        if (isEmpty()) { // 스택이 비어있다면
            head = createNode(data);
            top = head;
        }
        else { //스택이 비어있지 않다면 마지막 위치를 찾아 새 노드를 연결시킨다.
            Node pointer = head;
```

```
            while (pointer.next != null)
                pointer = pointer.next;

            pointer.next = createNode(data);
            top = pointer.next;
        }
    }

    public int pop() {
        int popData;
        if (!isEmpty()) { // 스택이 비어있지 않다면!! => 데이터가 있다면!!
            popData = top.data; // pop될 데이터를 미리 받아놓는다.
            Node pointer = head; // 현재 위치를 확인할 임시 노드 포인터

            if (head == top) // 데이터가 하나라면
                head = top = null;
            else { // 데이터가 2개 이상이라면
                while (pointer.next != top) // top을 가리키는 노드를 찾는다.
                    pointer = pointer.next;

                pointer.next = null; // 마지막 노드의 연결을 끊는다.
                top = pointer; // top을 이동시킨다.
            }
            return popData;
        }
        return -1; // -1은 데이터가 없다는 의미로 지정해둠.

    }

}
```

큐(Queue)

입력과 출력을 한 쪽 끝(front, rear)으로 제한

FIFO (First In First Out, 선입선출) : 가장 먼저 들어온 것이 가장 먼저 나옴

언제 사용?

버퍼, 마구 입력된 것을 처리하지 못하고 있는 상황, BFS

큐의 가장 첫 원소를 front, 끝 원소를 rear라고 부름

큐는 **들어올 때 rear로 들어오지만, 나올 때는 front부터 빠지는 특성**을 가짐

접근방법은 가장 첫 원소와 끝 원소로만 가능

데이터 넣음 : enQueue()

데이터 뺌 : deQueue()

비어있는 지 확인 : isEmpty()

꽉차있는 지 확인 : isFull()

데이터를 넣고 뺄 때 해당 값의 위치를 기억해야 함. (스택에서 스택 포인터와 같은 역할)

이 위치를 기억하고 있는 게 front와 rear

front : deQueue 할 위치 기억

rear : enQueue 할 위치 기억

기본값

```
private int size = 0;
private int rear = -1;
private int front = -1;

Queue(int size) {
    this.size = size;
    this.queue = new Object[size];
}
```

enQueue

```
public void enQueue(Object o) {

    if(isFull()) {
        return;
    }

    queue[++rear] = o;
}
```

enQueue 시, 가득 찼다면 꽉 차 있는 상태에서 enQueue를 했기 때문에 overflow

아니면 rear에 값 넣고 1 증가

deQueue

```
public Object deQueue(Object o) {

    if(isEmpty()) {
        return null;
    }

    Object o = queue[front];
    queue[front++] = null;
    return o;
}
```

deQueue를 할 때 공백이면 underflow

front에 위치한 값을 object에 꺼낸 후, 꺼낸 위치는 null로 채워줌

isEmpty

```
public boolean isEmpty() {
    return front == rear;
}
```

front와 rear가 같아지면 비어진 것

isFull

```
public boolean isFull() {
    return (rear == queueSize-1);
}
```

rear가 사이즈-1과 같아지면 가득찬 것

일반 큐의 단점 : 큐에 빈 메모리가 남아 있어도, 꽉 차있는것으로 판단할 수도 있음

(rear가 끝에 도달했을 때)

이를 개선한 것이 **'원형 큐'**

논리적으로 배열의 처음과 끝이 연결되어 있는 것으로 간주함!

원형 큐는 초기 공백 상태일 때 front와 rear가 0

공백, 포화 상태를 쉽게 구분하기 위해 **자리 하나를 항상 비워둠**

```
(index + 1) % size로 순환시킨다
```

기본값

```
private int size = 0;
private int rear = 0;
private int front = 0;

Queue(int size) {
    this.size = size;
    this.queue = new Object[size];
}
```

enQueue

```
public void enQueue(Object o) {

    if(isFull()) {
        return;
    }

    rear = (++rear) % size;
    queue[rear] = o;
}
```

enQueue 시, 가득 찼다면 꽉 차 있는 상태에서 enQueue를 했기 때문에 overflow

deQueue

```
public Object deQueue(Object o) {

    if(isEmpty()) {
        return null;
    }

    front = (++front) % size;
    Object o = queue[front];
    return o;
}
```

deQueue를 할 때 공백이면 underflow

isEmpty

```
public boolean isEmpty() {
    return front == rear;
}
```

front와 rear가 같아지면 비어진 것

isFull

```
public boolean isFull() {
    return ((rear+1) % size == front);
}
```

rear+1%size가 front와 같으면 가득찬 것

원형 큐의 단점 : 메모리 공간은 잘 활용하지만, 배열로 구현되어 있기 때문에 큐의 크기가 제한

이를 개선한 것이 '연결리스트 큐'

연결리스트 큐는 크기가 제한이 없고 삽입, 삭제가 편리

enqueue 구현

```
public void enqueue(E item) {
    Node oldlast = tail; // 기존의 tail 임시 저장
    tail = new Node; // 새로운 tail 생성
    tail.item = item;
    tail.next = null;
    if(isEmpty()) head = tail; // 큐가 비어있으면 head와 tail 모두 같은 노드 가리킴
    else oldlast.next = tail; // 비어있지 않으면 기존 tail의 next = 새로운 tail로 설정
}
```

> 데이터 추가는 끝 부분인 tail에 한다.기존의 tail는 보관하고, 새로운 tail 생성큐가 비었으면 head = tail를 통해 둘이 같은 노드를 가리키도록 한다.큐가 비어있지 않으면, 기존 tail의 next에 새로만든 tail를 설정해준다.

dequeue 구현

```
public T dequeue() {
    // 비어있으면
    if(isEmpty()) {
        tail = head;
        return null;
    }
    // 비어있지 않으면
    else {
        T item = head.item; // 빼낼 현재 front 값 저장
        head = head.next; // front를 다음 노드로 설정
        return item;
    }
}
```

> 데이터는 head로부터 꺼낸다. (가장 먼저 들어온 것부터 빼야하므로)head의 데이터를 미리 저장해둔다.기존의 head를 그 다음 노드의 head로 설정한다.저장해둔 데이터를 return 해서 값을 빼온다.

이처럼 삽입은 tail, 제거는 head로 하면서 삽입/삭제를 스택처럼 O(1)에 가능하도록 구현이 가능하다.

Heap

[자료구조] 힙(Heap)

알아야할 것

> 1.힙의 개념
>
> 2.힙의 삽입 및 삭제

힙은, 우선순위 큐를 위해 만들어진 자료구조다.

먼저 **우선순위 큐**에 대해서 간략히 알아보자

우선순위 큐 : 우선순위의 개념을 큐에 도입한 자료구조

> 데이터들이 우선순위를 가지고 있음. 우선순위가 높은 데이터가 먼저 나감

스택은 LIFO, 큐는 FIFO

언제 사용?

> 시뮬레이션 시스템, 작업 스케줄링, 수치해석 계산

우선순위 큐는 배열, 연결리스트, 힙으로 구현 (힙으로 구현이 가장 효율적!)

힙 → 삽입 : O(logn) , 삭제 : O(logn)

힙(Heap)

완전 이진 트리의 일종

> 여러 값 중, 최대값과 최소값을 빠르게 찾아내도록 만들어진 자료구조

반정렬 상태

힙 트리는 중복된 값 허용 (이진 탐색 트리는 중복값 허용X)

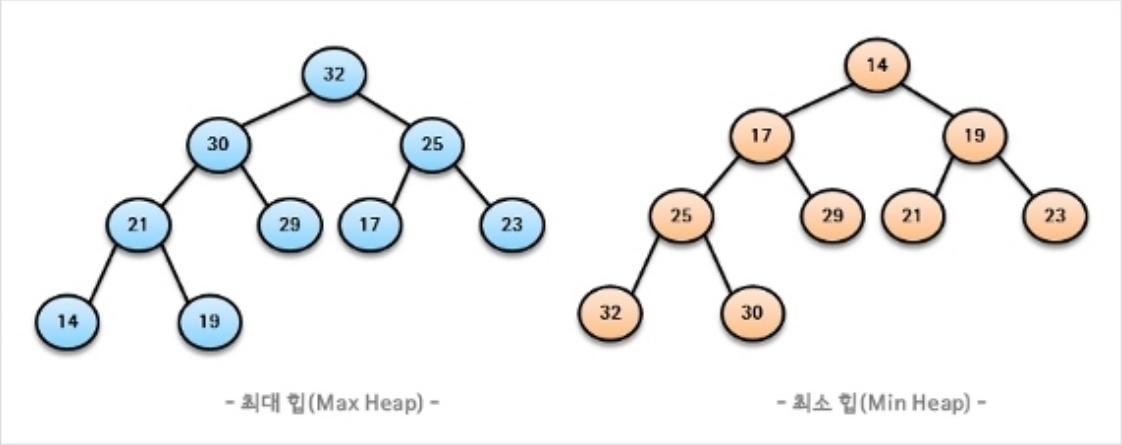
힙 종류

최대 힙(max heap)

부모 노드의 키 값이 자식 노드의 키 값보다 크거나 같은 완전 이진 트리

최소 힙(min heap)

부모 노드의 키 값이 자식 노드의 키 값보다 작거나 같은 완전 이진 트리



구현

힙을 저장하는 표준적인 자료구조는 `배열`

구현을 쉽게 하기 위해 배열의 첫번째 인덱스인 0은 사용되지 않음

특정 위치의 노드 번호는 새로운 노드가 추가되어도 변하지 않음

(ex. 루트 노드(1)의 오른쪽 노드 번호는 항상 3)

부모 노드와 자식 노드 관계

```
왼쪽 자식 index = (부모 index) * 2

오른쪽 자식 index = (부모 index) * 2 + 1

부모 index = (자식 index) / 2
```

힙의 삽입

1.힙에 새로운 요소가 들어오면, 일단 새로운 노드를 힙의 마지막 노드에 삽입

2.새로운 노드를 부모 노드들과 교환

최대 힙 삽입 구현

```
void insert_max_heap(int x) {

    maxHeap[++heapSize] = x;
    // 힙 크기를 하나 증가하고, 마지막 노드에 x를 넣음

    for( int i = heapSize; i > 1; i /= 2) {

        // 마지막 노드가 자신의 부모 노드보다 크면 swap
        if(maxHeap[i/2] < maxHeap[i]) {
            swap(i/2, i);
        } else {
            break;
        }

    }
}
```

부모 노드는 자신의 인덱스의 /2 이므로, 비교하고 자신이 더 크면 swap하는 방식

힙의 삭제

1.최대 힙에서 최대값은 루트 노드이므로 루트 노드가 삭제됨
(최대 힙에서 삭제 연산은 최대값 요소를 삭제하는 것)

2.삭제된 루트 노드에는 힙의 마지막 노드를 가져옴

3.힙을 재구성

최대 힙 삭제 구현

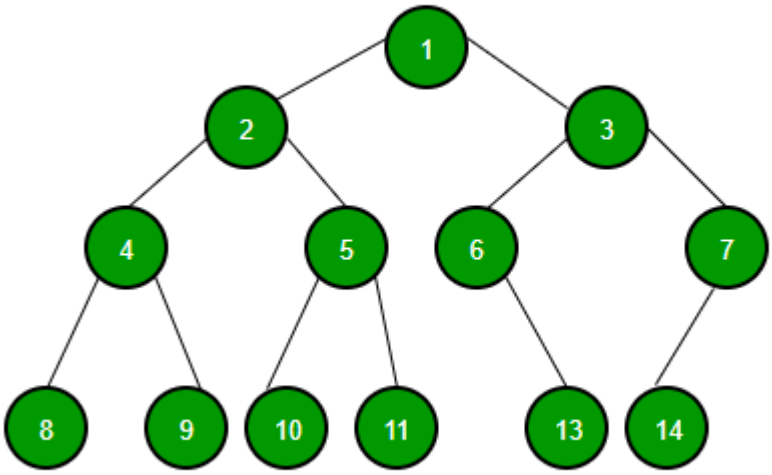
```
int delete_max_heap() {

    if(heapSize == 0) // 배열이 비어있으면 리턴
        return 0;

    int item = maxHeap[1]; // 루트 노드의 값을 저장
    maxHeap[1] = maxHeap[heapSize]; // 마지막 노드 값을 루트로 이동
    maxHeap[heapSize--] = 0; // 힙 크기를 하나 줄이고 마지막 노드 0 초기화

    for(int i = 1; i*2 <= heapSize;) {

        // 마지막 노드가 왼쪽 노드와 오른쪽 노드보다 크면 끝
        if(maxHeap[i] > maxHeap[i*2] && maxHeap[i] > maxHeap[i*2+1]) {
            break;
        }

        // 왼쪽 노드가 더 큰 경우, swap
        else if (maxHeap[i*2] > maxHeap[i*2+1]) {
            swap(i, i*2);
            i = i*2;
        }

        // 오른쪽 노드가 더 큰 경우
        else {
            swap(i, i*2+1);
            i = i*2+1;
        }
    }

    return item;

}
```

[참고 자료] 링크

트리

Tree

```
Node와 Edge로 이루어진 자료구조
Tree의 특성을 이해하자
```

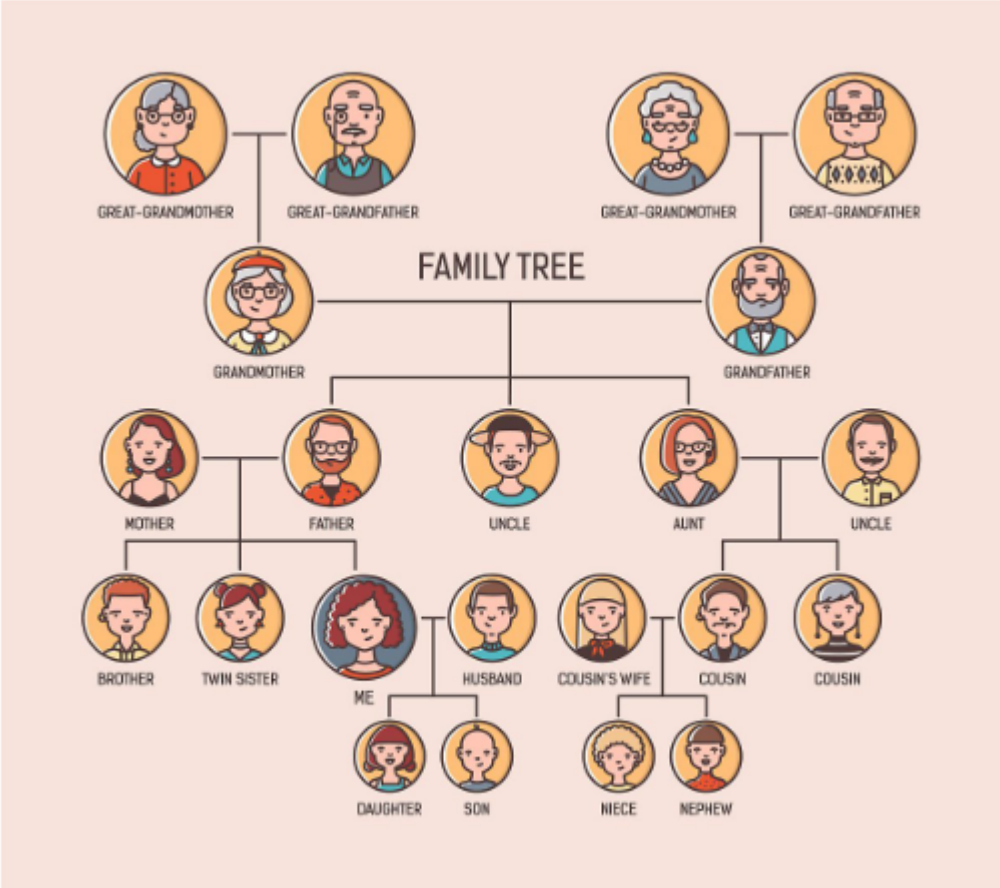


트리는 값을 가진 `노드(Node)`와 이 노드들을 연결해주는 `간선(Edge)`으로 이루어져있다.

그림 상 데이터 1을 가진 노드가 `루트(Root) 노드`다.

모든 노드들은 0개 이상의 자식(Child) 노드를 갖고 있으며 보통 부모-자식 관계로 부른다.

아래처럼 가족 관계도를 그릴 때 트리 형식으로 나타내는 경우도 많이 봤을 것이다. 자료구조의 트리도 이 방식을 그대로 구현한 것이다.



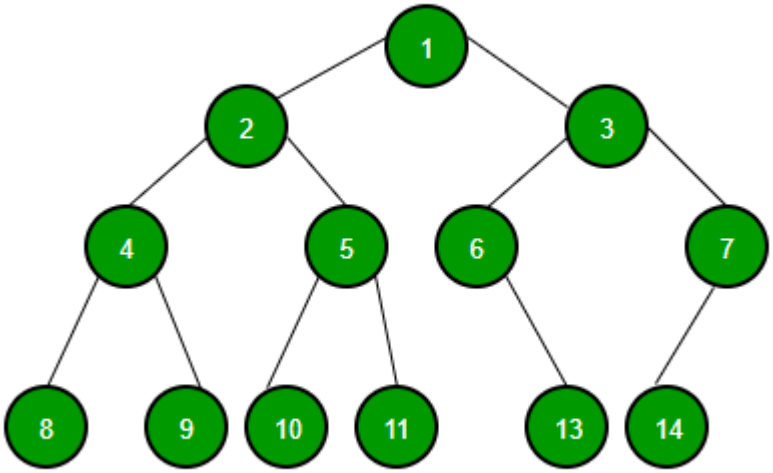
트리는 몇 가지 특징이 있다.

- 트리에는 사이클이 존재할 수 없다. (만약 사이클이 만들어진다면, 그것은 트리가 아니고 그래프다)
- 모든 노드는 자료형으로 표현이 가능하다.
- 루트에서 한 노드로 가는 경로는 유일한 경로 뿐이다.
- 노드의 개수가 N개면, 간선은 N-1개를 가진다.

가장 중요한 것은, `그래프`와 `트리`의 차이가 무엇인가인데, 이는 사이클의 유무로 설명할 수 있다.

트리 순회 방식

트리를 순회하는 방식은 총 4가지가 있다. 위의 그림을 예시로 진행해보자



1. 전위 순회(pre-order)

   각 루트(Root)를 순차적으로 먼저 방문하는 방식이다.

   (Root → 왼쪽 자식 → 오른쪽 자식)

   > 1 → 2 → 4 → 8 → 9 → 5 → 10 → 11 → 3 → 6 → 13 → 7 → 14

2. 중위 순회(in-order)

   왼쪽 하위 트리를 방문 후 루트(Root)를 방문하는 방식이다.

   (왼쪽 자식 → Root → 오른쪽 자식)

   > 8 → 4 → 9 → 2 → 10 → 5 → 11 → 1 → 6 → 13 → 3 →14 → 7

3. 후위 순회(post-order)

   왼쪽 하위 트리부터 하위를 모두 방문 후 루트(Root)를 방문하는 방식이다.

   (왼쪽 자식 → 오른쪽 자식 → Root)

> 8 → 9 → 4 → 10 → 11 → 5 → 2 → 13 → 6 → 14 → 7 → 3 → 1

4. 레벨 순회(level-order)

   루트(Root)부터 계층 별로 방문하는 방식이다.

> 1 → 2 → 3 → 4 → 5 → 6 → 7 → 8 → 9 → 10 → 11 → 13 → 14

Code

```
public class Tree<T> {
    private Node<T> root;

    public Tree(T rootData) {
        root = new Node<T>();
        root.data = rootData;
        root.children = new ArrayList<Node<T>>();
    }

    public static class Node<T> {
        private T data;
        private Node<T> parent;
        private List<Node<T>> children;
    }
}
```

[참고 자료]

- 링크

이진 탐색 트리

[자료구조] 이진탐색트리 (Binary Search Tree)

이진탐색트리의 목적은?

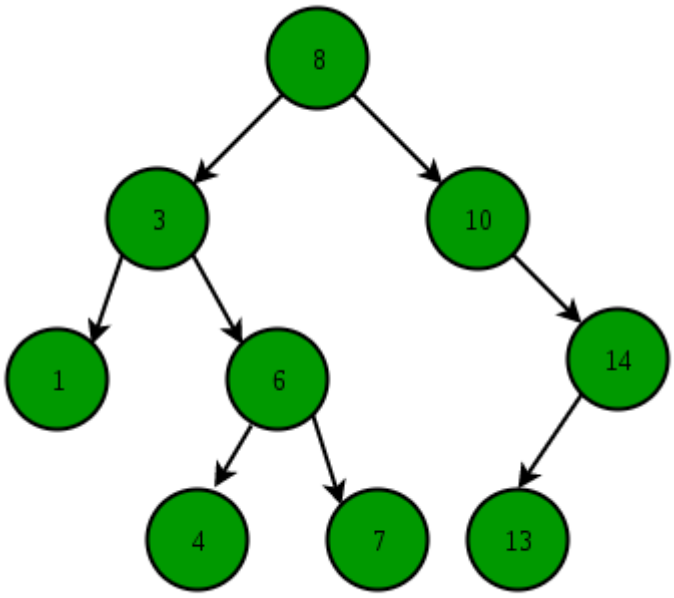
> 이진탐색 + 연결리스트

이진탐색 : **탐색에 소요되는 시간복잡도는 O(logN)**, but 삽입,삭제가 불가능

연결리스트 : **삽입, 삭제의 시간복잡도는 O(1)**, but 탐색하는 시간복잡도가 O(N)

이 두가지를 합하여 장점을 모두 얻는 것이 **'이진탐색트리'**

즉, 효율적인 탐색 능력을 가지고, 자료의 삽입 삭제도 가능하게 만들자



특징

- 각 노드의 자식이 2개 이하
- 각 노드의 왼쪽 자식은 부모보다 작고, 오른쪽 자식은 부모보다 큼
- 중복된 노드가 없어야 함

중복이 없어야 하는 이유는?

검색 목적 자료구조인데, 굳이 중복이 많은 경우에 트리를 사용하여 검색 속도를 느리게 할 필요가 없음. (트리에 삽입하는 것보다, 노드에 count 값을 가지게 하여 처리하는 것이 훨씬 효율적)

이진탐색트리의 순회는 **'중위순회(inorder)' 방식 (왼쪽 - 루트 - 오른쪽)**

중위 순회로 **정렬된 순서**를 읽을 수 있음

BST 핵심연산

- 검색
- 삽입
- 삭제
- 트리 생성
- 트리 삭제

시간 복잡도

- 균등 트리 : 노드 개수가 N개일 때 O(logN)
- 편향 트리 : 노드 개수가 N개일 때 O(N)

> 삽입, 검색, 삭제 시간복잡도는 트리의 Depth에 비례

삭제의 3가지 Case

1. 자식이 없는 leaf 노드일 때 → 그냥 삭제
2. 자식이 1개인 노드일 때 → 지워진 노드에 자식을 올리기
3. 자식이 2개인 노드일 때 → 오른쪽 자식 노드에서 가장 작은 값 or 왼쪽 자식 노드에서 가장 큰 값 올리기

편향된 트리(정렬된 상태 값을 트리로 만들면 한쪽으로만 뻗음)는 시간복잡도가 O(N)이므로 트리를 사용할 이유가 사라짐 → 이를 바로 잡도록 도와주는 개선된 트리가 AVL Tree, RedBlack Tree

소스 코드(java)

해시

해시(Hash)

데이터를 효율적으로 관리하기 위해, 임의의 길이 데이터를 고정된 길이의 데이터로 매핑하는 것

해시 함수를 구현하여 데이터 값을 해시 값으로 매핑한다.

```
Lee → 해싱함수 → 5
Kim → 해싱함수 → 3
Park → 해싱함수 → 2
...
Chun → 해싱함수 → 5 // Lee와 해싱값 충돌
```

결국 데이터가 많아지면, 다른 데이터가 같은 해시 값으로 충돌나는 현상이 발생함
'collision' 현상

그래도 해시 테이블을 쓰는 이유는?

> 적은 자원으로 많은 데이터를 효율적으로 관리하기 위해
>
> 하드디스크나, 클라우드에 존재하는 무한한 데이터들을 유한한 개수의 해시값으로 매핑하면 작은 메모리로도 프로세스 관리가 가능해짐!

- 언제나 동일한 해시값 리턴, index를 알면 빠른 데이터 검색이 가능해짐
- 해시테이블의 시간복잡도 O(1) - (이진탐색트리는 O(logN))

충돌 문제 해결

1. **체이닝** : 연결리스트로 노드를 계속 추가해나가는 방식
   (제한 없이 계속 연결 가능, but 메모리 문제)
2. **Open Addressing** : 해시 함수로 얻은 주소가 아닌 다른 주소에 데이터를 저장할 수 있도록 허용 (해당 키 값에 저장되어있으면 다음 주소에 저장)
3. **선형 탐사** : 정해진 고정 폭으로 옮겨 해시값의 중복을 피함
4. **제곱 탐사** : 정해진 고정 폭을 제곱수로 옮겨 해시값의 중복을 피함

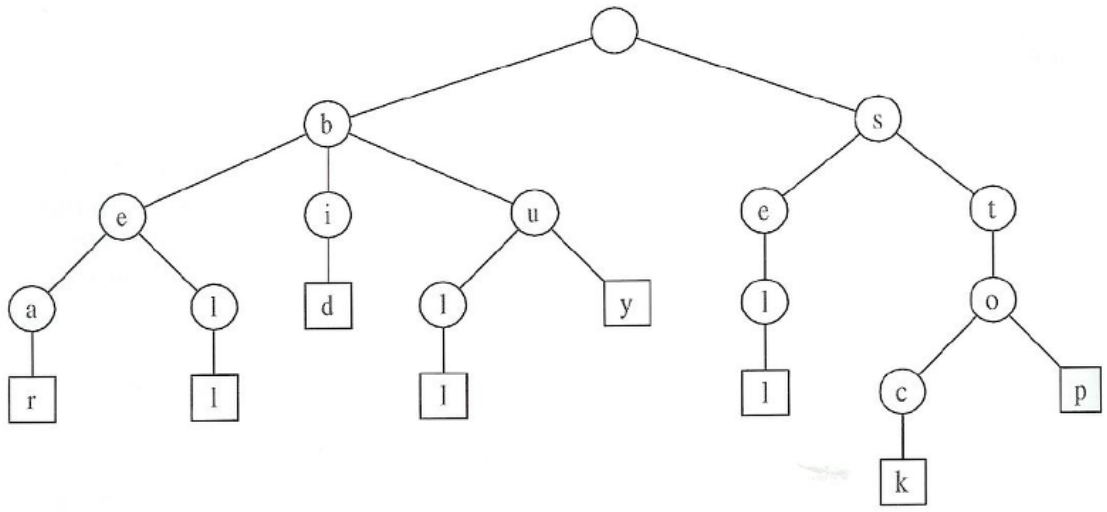
참고자료 : 링크

트라이

트라이(Trie)

> 문자열에서 검색을 빠르게 도와주는 자료구조

```
정수형에서 이진탐색트리를 이용하면 시간복잡도 O(logN)
하지만 문자열에서 적용했을 때, 문자열 최대 길이가 M이면 O(M*logN)이 된다.

트라이를 활용하면? → O(M)으로 문자열 검색이 가능함!
```



> 예시 그림에서 주어지는 배열의 총 문자열 개수는 8개인데, 트라이를 활용한 트리에서도 마지막 끝나는 노드마다 '네모' 모양으로 구성된 것을 확인하면 총 8개다.

해당 자료구조를 풀어보기 위해 좋은 문제 : 백준 5052(전화번호 목록)

문제에서 Trie를 java로 구현한 코드

```
static class Trie {
    boolean end;
    boolean pass;
    Trie[] child;

    Trie() {
        end = false;
        pass = false;
        child = new Trie[10];
    }

    public boolean insert(String str, int idx) {

        //끝나는 단어 있으면 false 종료
        if(end) return false;

        //idx가 str만큼 왔을때
        if(idx == str.length()) {
            end = true;
            if(pass) return false; // 더 지나가는 단어 있으면 false 종료
            else return true;
        }
        //아직 안왔을 때
        else {
            int next = str.charAt(idx) - '0';
            if(child[next] == null) {
                child[next] = new Trie();
                pass = true;
            }
            return child[next].insert(str, idx+1);
        }

    }
}
```

B Tree & B+ Tree

B Tree & B+ Tree

> 이진 트리는 하나의 부모가 두 개의 자식밖에 가지질 못하고, 균형이 맞지 않으면 검색 효율이 선형검색 급으로 떨어진다. 하지만 이진 트리 구조의 간결함과 균형만 맞다면 검색, 삽입, 삭제 모두 O(logN)의 성능을

> 보이는 장점이 있기 때문에 계속 개선시키기 위한 노력이 이루어지고 있다.

B Tree

데이터베이스, 파일 시스템에서 널리 사용되는 트리 자료구조의 일종이다.

이진 트리를 확장해서, 더 많은 수의 자식을 가질 수 있게 일반화 시킨 것이 B-Tree

자식 수에 대한 일반화를 진행하면서, 하나의 레벨에 더 저장되는 것 뿐만 아니라 트리의 균형을 자동으로 맞춰주는 로직까지 갖추었다. 단순하고 효율적이며, 레벨로만 따지면 완전히 균형을 맞춘 트리다.

```
대량의 데이터를 처리해야 할 때, 검색 구조의 경우 하나의 노드에 많은 데이터를 가질 수 있다는 점은 상당히 큰 장점이다.

대량의 데이터는 메모리보다 블럭 단위로 입출력하는 하드디스크 or SSD에 저장해야하기 때문!

ex) 한 블럭이 1024 바이트면, 2바이트를 읽으나 1024바이트를 읽으나 똑같은 입출력 비용 발생. 따라서 하나의 노드를 모두 1024바이트로 꽉 채워서 조절할 수 있으면 입출력에 있어서 효율적인 구성을 갖출 수 있다.

→ B-Tree는 이러한 장점을 토대로 많은 데이터베이스 시스템의 인덱스 저장 방법으로 애용하고 있음
```

규칙

- 노드의 자료수가 N이면, 자식 수는 N+1이어야 함
- 각 노드의 자료는 정렬된 상태여야함
- 루트 노드는 적어도 2개 이상의 자식을 가져야함
- 루트 노드를 제외한 모든 노드는 적어도 M/2개의 자료를 가지고 있어야함
- 외부 노드로 가는 경로의 길이는 모두 같음.
- 입력 자료는 중복 될 수 없음

B+ Tree

데이터의 빠른 접근을 위한 인덱스 역할만 하는 비단말 노드(not Leaf)가 추가로 있음

(기존의 B-Tree와 데이터의 연결리스트로 구현된 색인구조)

B-Tree의 변형 구조로, index 부분과 leaf 노드로 구성된 순차 데이터 부분으로 이루어진다. 인덱스 부분의 key 값은 leaf에 있는 key 값을 직접 찾아가는데 사용함.

장점

> 블럭 사이즈를 더 많이 이용할 수 있음 (key 값에 대한 하드디스크 액세스 주소가 없기 때문)
>
> leaf 노드끼리 연결 리스트로 연결되어 있어서 범위 탐색에 매우 유리함

단점

> B-tree의 경우 최상 케이스에서는 루트에서 끝날 수 있지만, B+tree는 무조건 leaf 노드까지 내려가봐야 함

B-Tree & B+ Tree

> B-tree는 각 노드에 데이터가 저장됨
>
> B+tree는 index 노드와 leaf 노드로 분리되어 저장됨
>
> (또한, leaf 노드는 서로 연결되어 있어서 임의접근이나 순차접근 모두 성능이 우수함)

B-tree는 각 노드에서 key와 data 모두 들어갈 수 있고, data는 disk block으로 포인터가 될 수 있음

B+tree는 각 노드에서 key만 들어감. 따라서 data는 모두 leaf 노드에만 존재

B+tree는 add와 delete가 모두 leaf 노드에서만 이루어짐

참고자료 : 링크