게임 자료구조와 알고리즘

-CHAPTER4-

SOULSEEK

목차

트리(TREE)

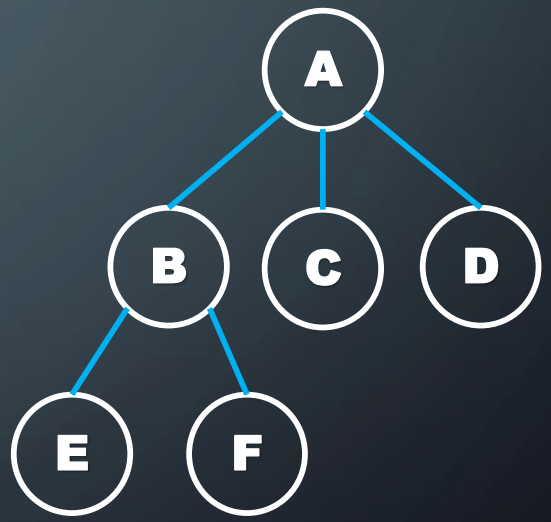
1. 트리(TREE)

- 계층적 관계를 표현한 자료구조
- 저장과 반환 + 표현

1. 트리(TREE)

트리 관련 용어

- 노드 **: Node**
  - 트리의 구성요소에 해당하는 **A, B, C, D, E, F**와 같은 요소
- 간선 **: Edge**
  - 노드와 노드를 연결하는 연결선
- 루트 노드 **: Root Node**
  - 트리 구조에서 최상위에 존재하는 **A**와 같은 노드
- 단말 노드 **: Terminal Node**
  - 아래로 또 다른 노드가 연결되어 있지 않은 **E, F, C, D**와 같은 노드
- 내부 노드 **: Internal Node**
  - 단말 노드를 제외한 모든 노드로 **A, B**와 같은 노드

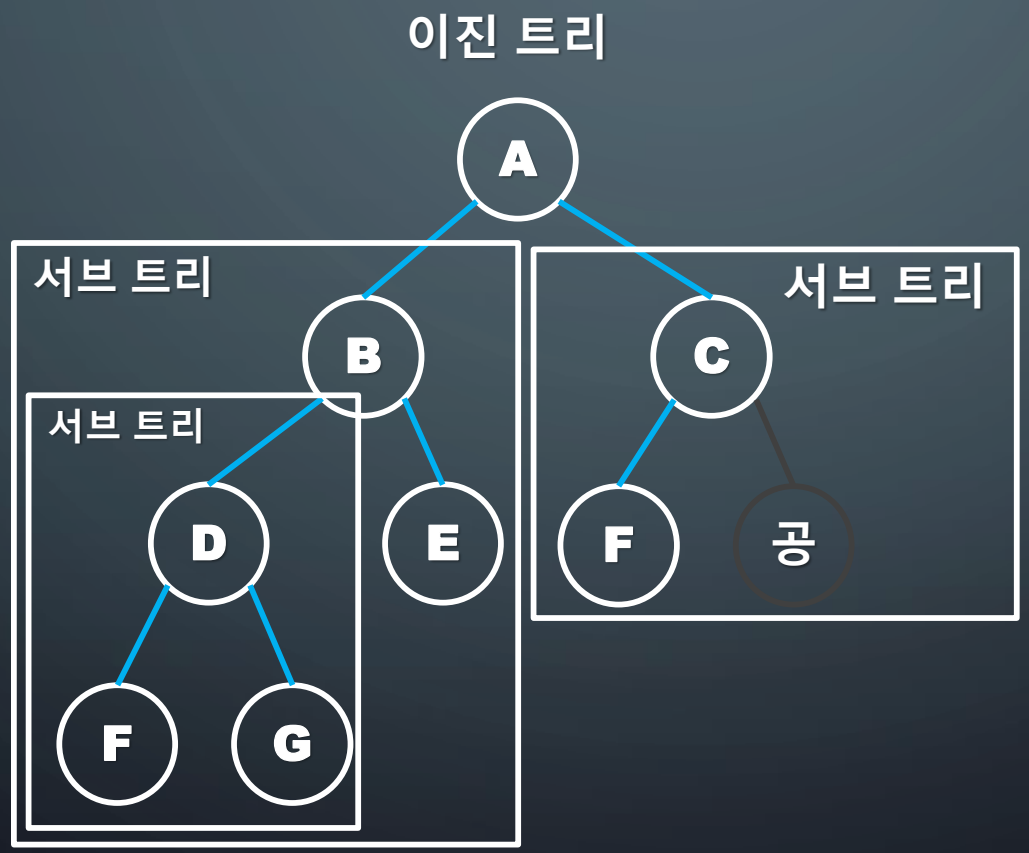


서로부모, 자식, 형제, 조상, 후손의 관계로 명명하기도 한다.

- 노드 **A**는 노드 **B, C, D**의 부모 노드다.
- 노드 **B, C, D**는 노드 **A**의 자식 노드다.
- 노드 **B, C, D**는 부모 노드가 같으므로, 서로 형제 노드다.
- 노드 **B, C, D, E, F**는 모두 노드 **A**의 후손 노드다.

1. 트리(TREE)

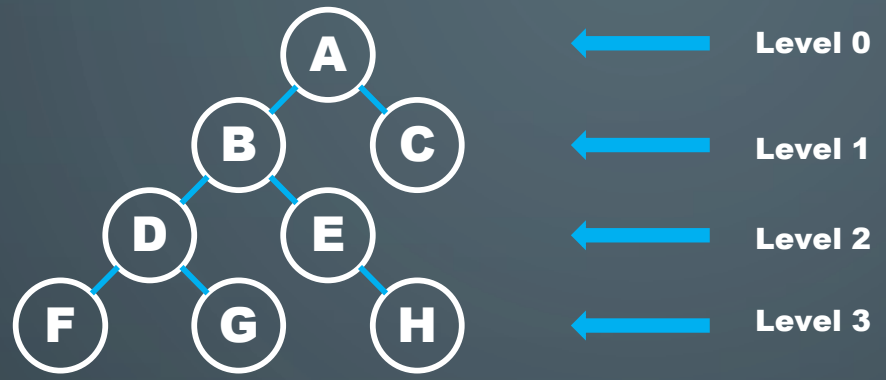
- 메인 트리가 아닌 자식이 가지고 있는 또 다른 트리를 서브 트리라고 한다.
- 자식이 두 개씩 달린 트리를 이진 트리라고 한다.
- 노드가 위치할 수 있는 곳에 노드가 존재하지 않는다면, 공집합 노드가 존재하는 것으로 생각한다. 이 공집합을 포함해서 “이진 트리”노드인지 함께 판단한다.



1. 트리(TREE)

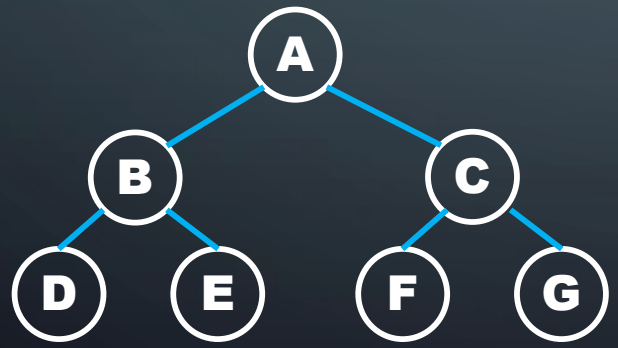
레벨과 높이

- **Tree**에서 각 층별로 숫자를 메겨서 이를 **Tree**의 “레벨”이라고 말한다.
- **Tree**의 최고 레벨을 가리켜 “높이”라고 말한다.

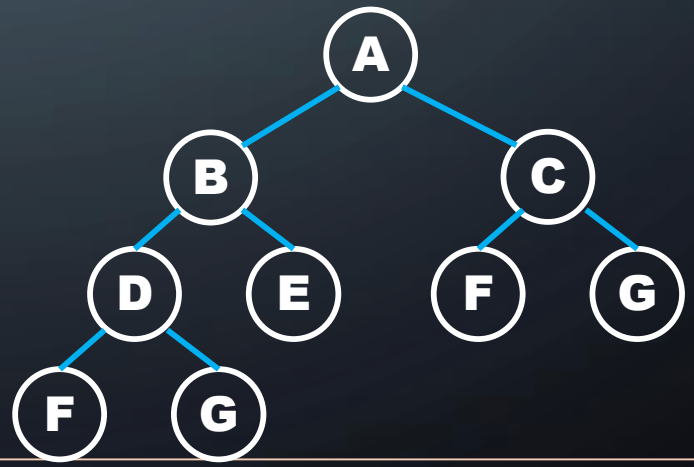


- 차곡차곡 왼쪽에서 오른쪽으로 정렬되어진 이진 트리를 포화, 완전 이진 트리라고 한다.

포화 이진 트리



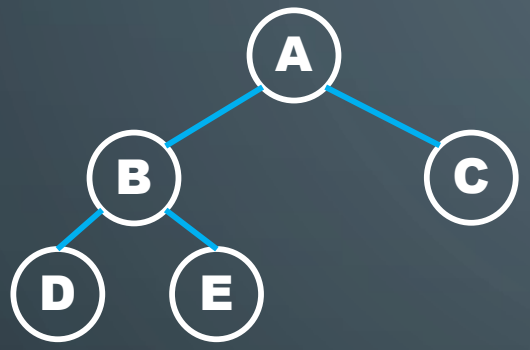
완전 이진 트리

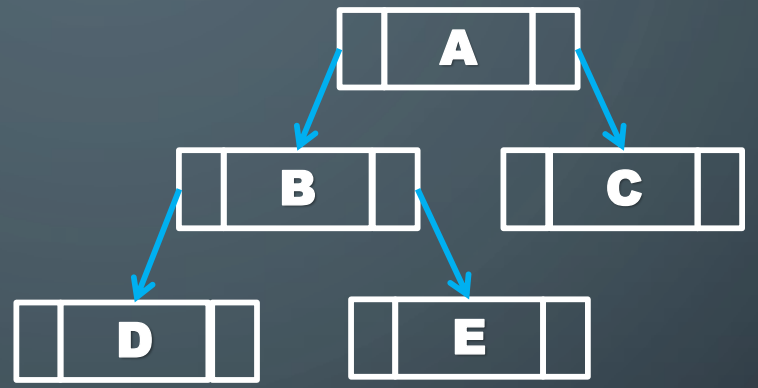


1. 트리(TREE)

이진 트리의 구현

- 배열 기반, 연결 리스트 기반 모두 고려할 수 있다.
- 연결 리스트와 참조 형태가 비슷하기 때문에 연결 리스트를 선호한다.





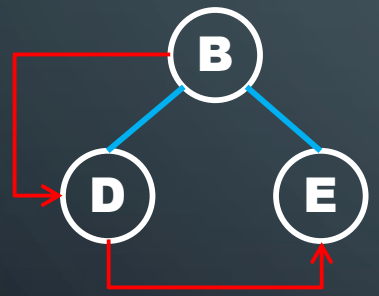

```
typedef struct _bTreeNode
{
	BTData data;
	struct _bTreeNode * left;
	struct _bTreeNode * right;
} BTreeNode;
```

- 이진 트리를 표현하는 구조체는 존재하지 않는다.
- 공집합 노드가 이미 존재 하고 있는 상태이다.

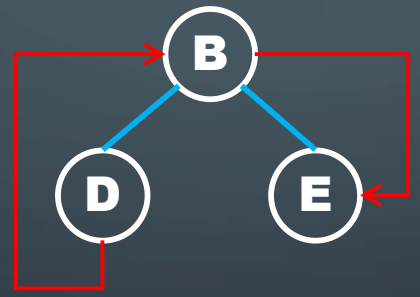
1. 트리(TREE)

이진 트리의 탐색 – 순회라고 부른다.

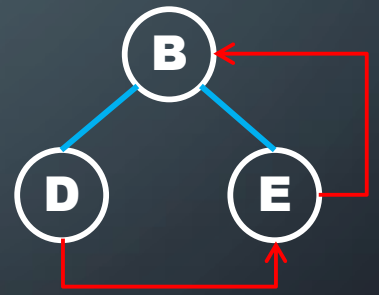
- 전위 순회 – 루트 노드를 먼저.
- 중위 순회 – 루트 노드를 중간에.
- 후위 순회 – 루트 노드를 마지막에.



전위 순회



중위 순회

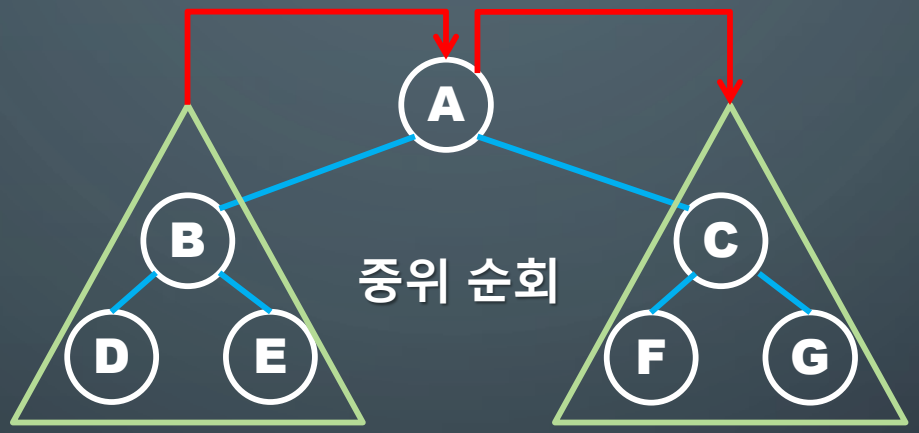


후위 순회

1. 트리(TREE)

높이가 Level2 이상일 때는?

- 재귀 호출을 이용해서 구현하면 해결 할 수 있다.
- 서브 로드 -> 루트로드 -> 서브로드



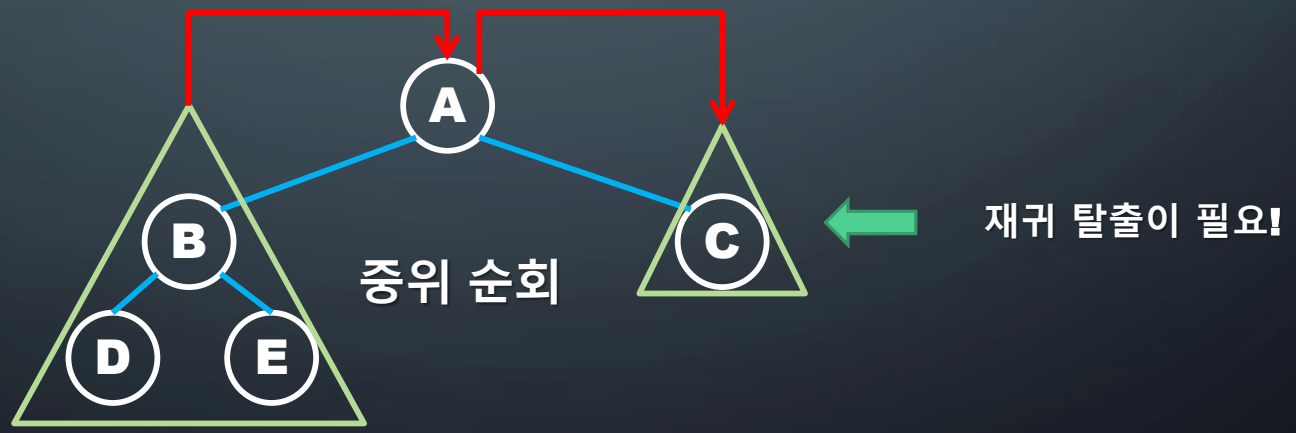

```
Void InorderTraberse(BTreeMode* bt)          // 이진 트리 전체를
{
    InorderTravers(bt->left);                // 1단계 왼쪽 서브 트리의 순회
    printf("%d \n", bt->data);               // 2단계 루트 노드의 방문
    InorderTravers(bt->right);               // 3단계 오른쪽 서브 트리의 순회
}
```

1. 트리(TREE)

재귀 탈출이 필요한 경우

```
void InorderTraverse(BTreeNode* bt)
{
        if(bt == NULL)
                return;

        InorderTraver(bt->left);
        printf("%d, \n", bt->data);
        InorderTraver(bt->right);
}
```



1. 트리(TREE)

노드의 방문을 자유롭게!

- 데이터를 출력하는 것만이 방문의 전부가 아니기 때문에.
- 노드의 방문 목적은 상황에 따라 많이 달라진다.
- 함수 포인터를 이용하면 이를 극대화 할 수 있다.

```
typedef void VisitFuncPtr(BTData data);    //방문 목적을 전달받을 함수 포인터

void InorderTraverse(BTreeNode* bt, VisitFuncPtr action)
{
	if(bt == NULL)
		return;

	InorderTraverse(bt->left, action);
	action(bt->data);                          //노드의 방문.
	InorderTraverse(bt->right, action);
}
```

1. 트리(TREE)

학습과제

소멸과 관련된 함수를 제공하지 않았다 이진 트리에서 소멸과 관련된 함수를 작성하자.

```
void DeleteTree(BTreeNode* bt);

Int main(void)
{
    BTreeNode* bt1 = MakeBTreeNode();

    DeleteTree(bt1);
}
```

우선순위 큐(PRIORITY QUEUE)와 힙(HEAP)

2. 우선순위 큐(PRIORITY QUEUE)와 힙(HEAP)

- 큐의 단순 확장 개념이 아니다.
- 들어간 순서와 상관없이 우선순위가 높은 데이터가 먼저 나온다.
- 우선순위에 대한 표기가 필요하다.
- 배열, 연결 리스트, 힙을 이용하는 방법이 존재 한다.

배열과 연결리스트를 기반으로..

- 데이터 우선순위로 정렬을 해서 앞쪽부터 위치시킨다.
- 데이터를 삽입 및 삭제하는 과정에서 한 칸씩 밀거나 당기는 연산을 수반해야 한다.
- 삽입위치를 찾기 위해서 모든 데이터와 비교 해야 한다.

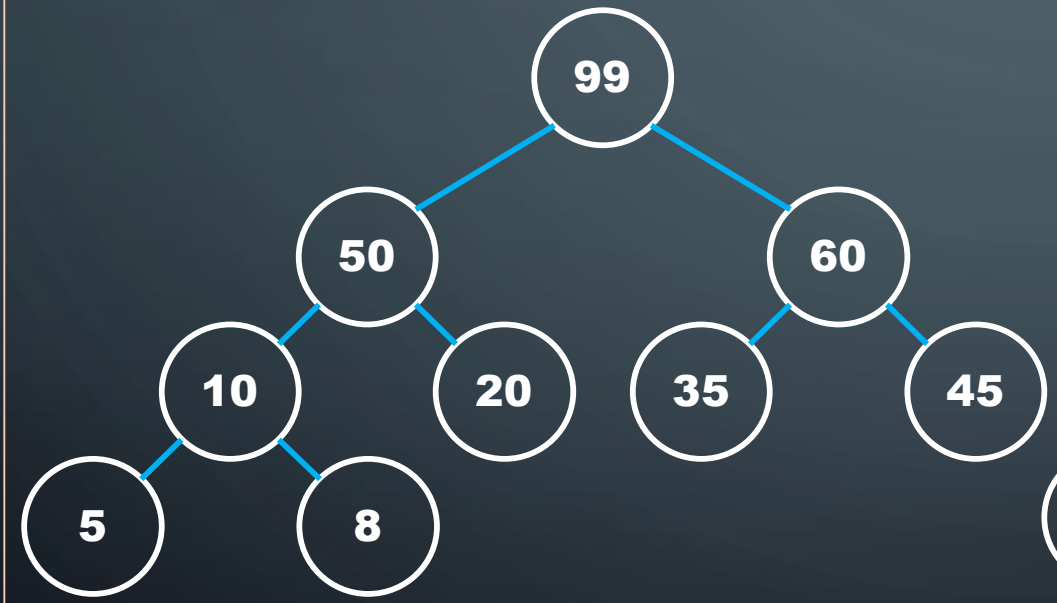
힙을 이용한 우선순위 큐

- 힙은 완전 이진 트리 이다.
- 모든 노드에 저장된 우선순위의 조건이 자식 노드의 조건보다 루트 노드의 조건이 우선시 되어야 한다.

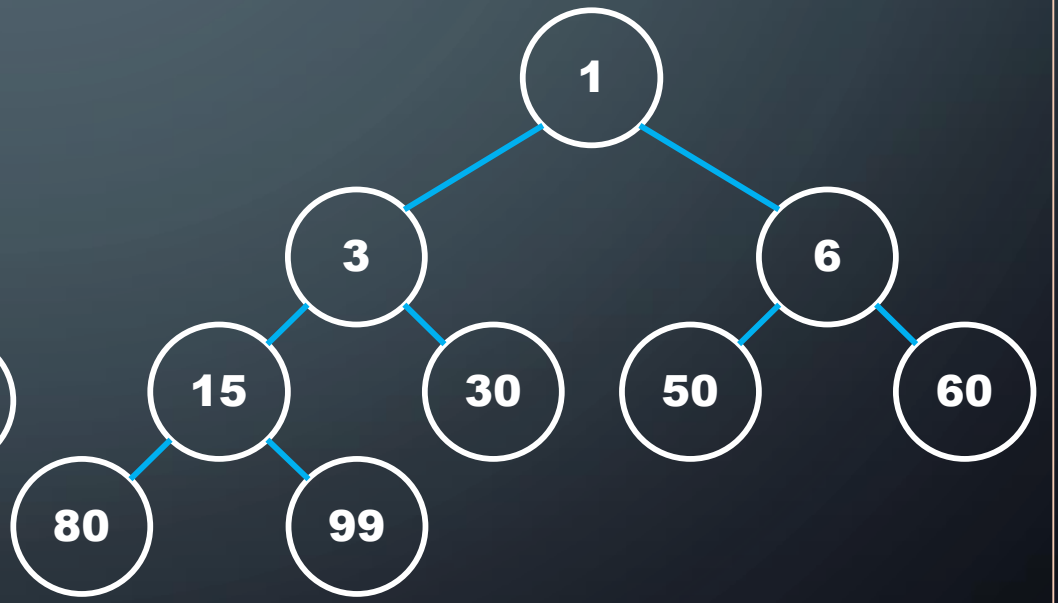
2. 우선순위 큐(PRIORITY QUEUE)와 힙(HEAP)

- 루트 노드로 올라갈 수록 **저장된 값(우선순위가 될 수도 있는)이 커지는** 완전 이진 트리를 **최대 힙**이라 한다.
- 루트 노드로 올라갈 수록 **저장된 값(우선순위가 될 수도 있는)이 작아지는** 완전 이진 트리를 **최소 힙**이라 한다.

최대 힙(MAX)

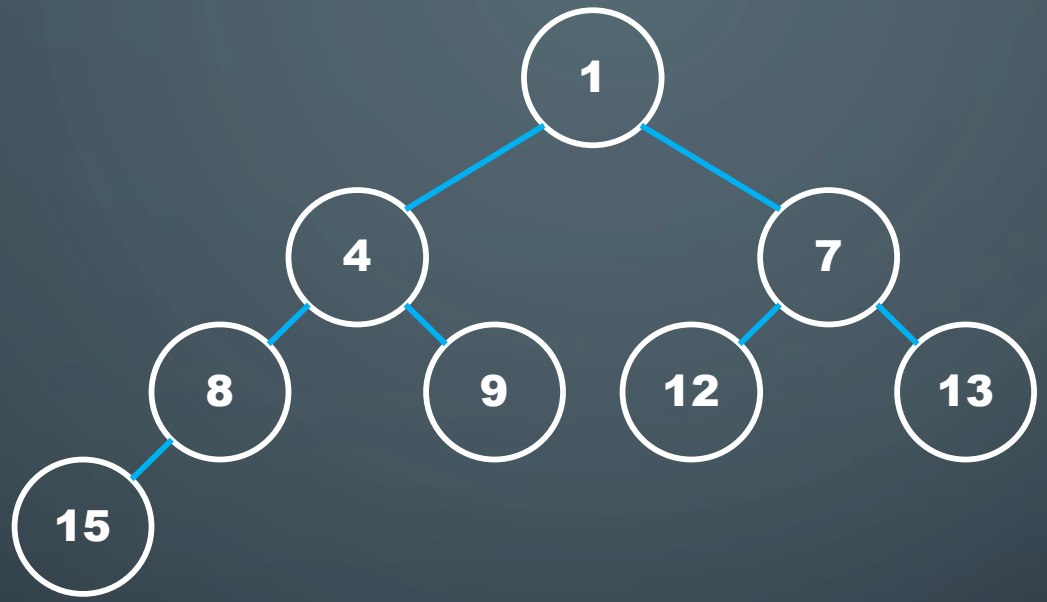


최소 힙(MIN)



2. 우선순위 큐(PRIORITY QUEUE)와 힙(HEAP)

힙의 구현



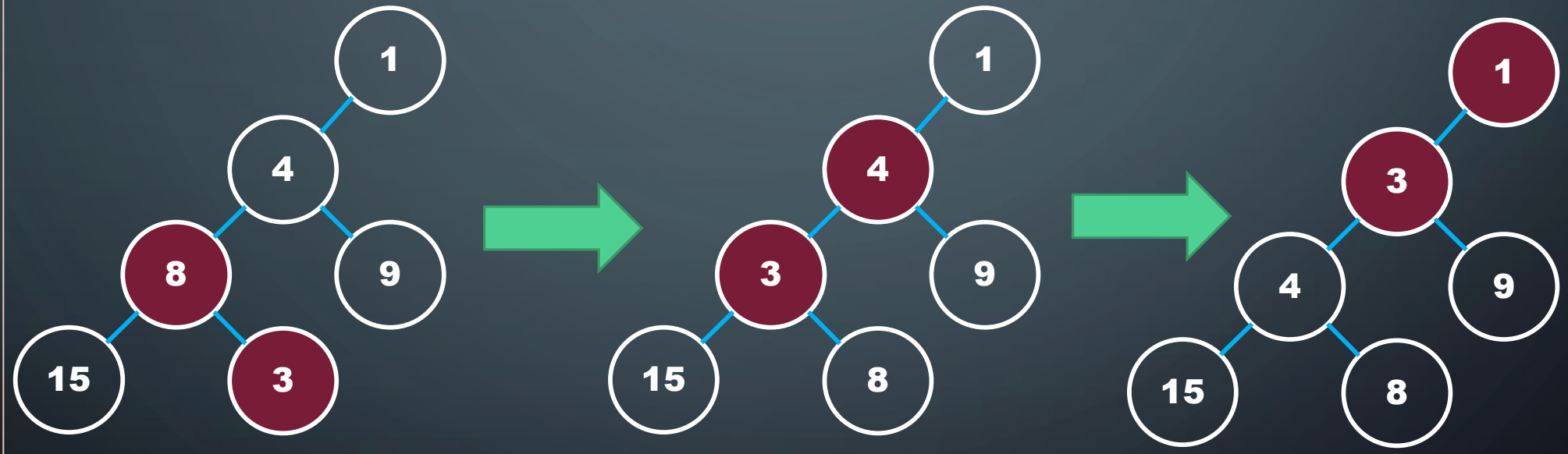
1. 최소 힙**(MIN)**이라 가정
2. 데이터가 정수이면서 작은 수를 우선순위로 가지는 조건임을 가정

자식 노드 데이터의 우선순위 <= 부모 노드 데이터의 우선순위

2. 우선순위 큐(PRIORITY QUEUE)와 힙(HEAP)

힙에 데이터 삽입

- **우선순위의 조건대로 삽입**이 되어야한다.
- 새로운 데이터가 추가 될 때 우선순위가 낮다고 가정하고 마지막 위치에 저장한다. 그리고 부모 노드와 비교하여 위치가 바뀌어야 한다면 바꿔준다. 그렇게 계속해서 부모의 노드와 우선순위를 비교해서 처리해서 제대로 된 자리에 위치하게 해준다.



3이라는 데이터가 추가 된다고 가정하면
3이 마지막으로 그리고 그 부모와 비교

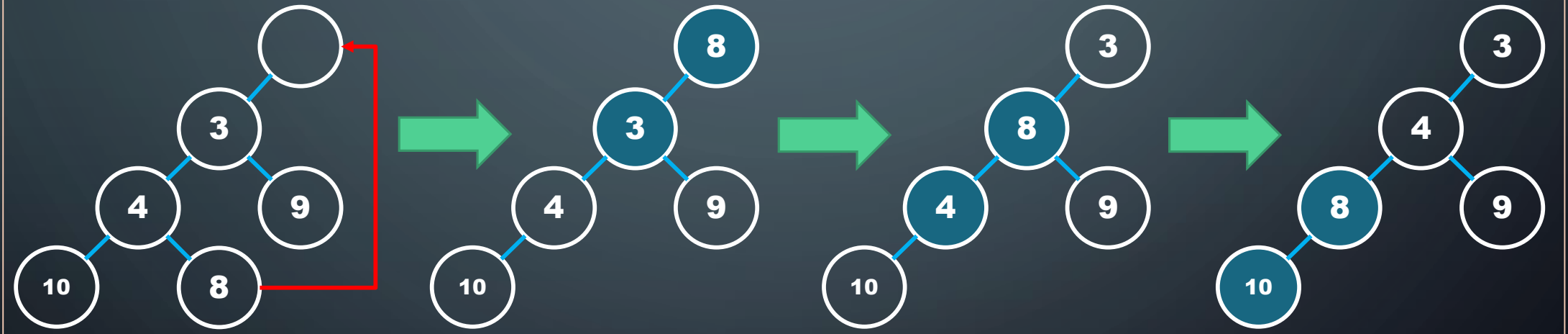
비교에 의해 자리를 정해준다.
다시 부모와 비교를 해준다.

비교에 의해 자리를 정해준다.
다시 부모와 비교를 해준다.

2. 우선순위 큐(PRIORITY QUEUE)와 힙(HEAP)

힙에서 데이터 삭제

- 우선순위대로 데이터가 삭제된다. – 루트 노드부터 삭제된다.
- 마지막 노드를 루트 노드의 자리로 옮긴 다음에, 자식 노드와의 비교를 통해서 제자리를 찾아가게 한다.



마지막 노드를 루트 노드로 옮긴다.

자식 노드와 비교 후 자리를 옮겨준다.

자식 노드와 비교 후 자리를 옮겨준다.

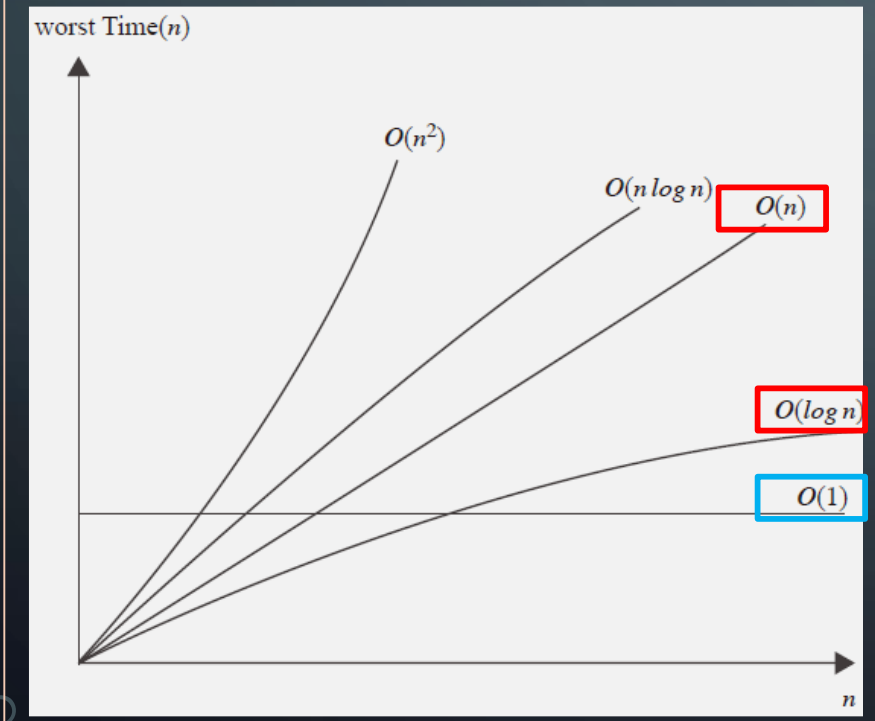
자식 노드와 비교 후 맞는 자리를 찾아준다.

2. 우선순위 큐(PRIORITY QUEUE)와 힙(HEAP)

배열, 연결 리스트, 힙의 시간 복잡도 비교

- 배열과 연결 리스트 모두 모든 데이터와 우선 순위를 비교해야 하므로 **O(n)**이 된다.
- 배열과 연결 리스트 모두 삭제 시 제일 앞의 데이터부터 삭제하므로 **O(1)**이 된다.

- 힙은 비교연산이 부모 노드와 자식 노드 사이에만 일어나기 때문에 삽입, 삭제 모두 트리의 높이에 해당하는 수만큼만 비교연산을 진행하면 되기때문에 **O($\log_2 n$)**이 된다.



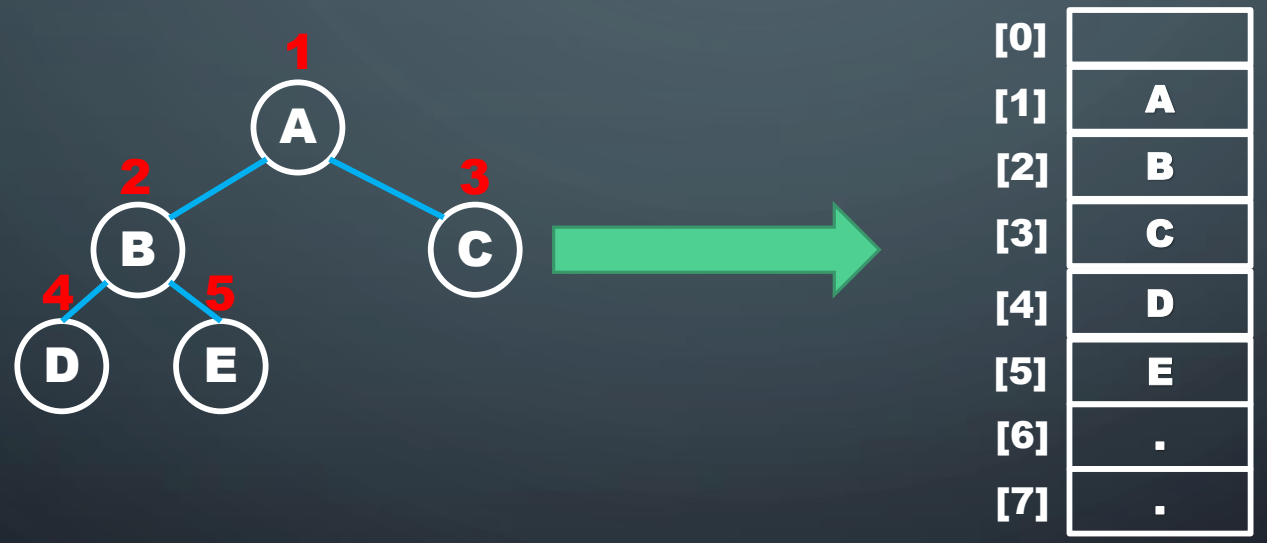
Big – O에 의해서 두 값의 비교가 차이가 많이 난다.

n	순차 탐색 연산횟수	이진 탐색 연산횟수
500	500	9
5,000	5,000	13
50,000	50,000	16

2. 우선순위 큐(PRIORITY QUEUE)와 힙(HEAP)

힙의 구현

- 연결리스트로 힙을 구현하면 마지막 위치를 특정하기 어렵다.
- 힙은 노드에 **우선순위를 추가해줘야 하는 부분이 배열 인덱스로 활용**하면 되기 때문에 배열을 기반으로 구현한다.



2. 우선순위 큐(PRIORITY QUEUE)와 힙(HEAP)

왼쪽, 오른쪽 자식 노드의 인덱스와 부모 노드의 인덱스 구하기

- 이진 트리라면 레벨이 증가함에 따라서 추가할 수 있는 자식 노드의 수가 두 배씩 증가하는 구조
- 배수를 나누고 곱하는 방식으로 부모 노드와 자식 노드의 인덱스를 구할 수 있다.

이진 노드라면..

- 왼쪽 자식 노드의 인덱스 값 = 부모 노드의 인덱스 값 * 2
- 오른쪽 자식 노드의 인덱스 값 = 부모 노드의 인덱스 값 * 2 + 1
- 부모 노드의 인덱스 값 = 자식 노드의 인덱스 값 / 2

힙에 저장될 데이터의 모델을 정의하는 구조체

```
typedef struct _heapElem
{
	Priority pr;	// 값이 작을수록 높은 우선순위
	HData data;
} HeapElem;
```

2. 우선순위 큐(PRIORITY QUEUE)와 힙(HEAP)

```
#define HEAP_LEN100

typedef char HData;
typedef int Priority;

typedef struct _heapElem
{
	Priority pr;
	HData data;
} HeapElem;

typedef struct _heap
{
	int numOfData;
	HeapElem heapArr[HEAP_LEN];
} Heap;

/*** Heap 관련 연산들 ****/
void HeapInit(Heap * ph);		// 힙의 초기화
int HIsEmpty(Heap * ph);		// 힙이 비었는지 확인

void Hinsert(Heap * ph, Hdata data, Priority pr);	// 힙에 데이터 삽입
HData HDelete(Heap * ph);	// 힙의 데이터 삭제
```

- 힙은 완전 이진 트리이다.
- 힙의 구현은 배열을 기반으로 하며 인덱스가 0인 요소는 비워 둔다.
- 따라서 힙에 저장된 노드의 개수와 마지막 노드의 고유번호는 일치한다.
- 노드의 고유번호가 노드가 저장되는 배열의 인덱스 값이 된다.
- 우선숭위를 나타내는 정수 값이 작을수록 높은 우선순위를 나타낸다고 가정한다.

2. 우선순위 큐(PRIORITY QUEUE)와 힙(HEAP)

힙 연산을 도와주는 함수들

```
//부모 노드의 인덱스 값을 반환
int GetParentIDX(int idx)
{
	return idx / 2;
}

//왼쪽 자식 노드의 인덱스 값을 반환
int GetLChildIDX(int idx)
{
	return idx * 2;
}

//오른쪽 자식 노드의 인덱스 값을 반환
int GetRChildIDX(int idx)
{
	return GetLChildIDX(idx) + 1;
}

//두 개의 자식 노드 중 높은 우선순위의 자식 노드 인덱스 값 반환
int GetHiPriChildIDX(Heap* ph, int idx)
{
	생략...
}
```

2. 우선순위 큐(PRIORITY QUEUE)와 힙(HEAP)

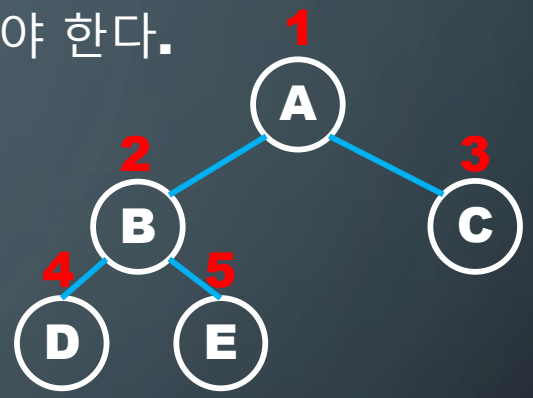
HDelete를 도와주는 핵심 함수

- **GetHiPriChildIDX** 함수에 노드의 인덱스 값을 전달하면, 이 노드의 두 자식 중에서 우선순위가 높은 것의 인덱스 값을 반환한다.
- **GetHiPriChildIDX** 함수는 인자로 전달된 노드에 자식 노드가 없으면 **0**을 반환하고, 자식 노드가 하나인 경우에는 그 노드의 인덱스 값을 반환한다.

```
int GetHiPriChildIDX(Heap * ph, int idx)
{
	if (GetLChildIDX(idx) > ph->numOfData)    // 자식 노드가 없다면
	{
		return 0;
	}
	else if (GetLChildIDX(idx) == ph->numOfData)    // 왼쪽 자식 노드가 마지막 노드라면
	{
		return GetLChildIDX(idx);
	}
	else   //자식 노드가 둘 다 존재하므로 왼쪽 자식 노드와 오른쪽 자식 노드의 우선순위를 비교
	{
		//오른쪽 자식 노드의 우선순위가 높다면,
		if (ph->heapArr[GetLChildIDX(idx)].pr > ph->heapArr[GetRChildIDX(idx)].pr)
			return GetRChildIDX(idx);
		else
			return GetLChildIDX(idx);
	}
}
```

2. 우선순위 큐(PRIORITY QUEUE)와 힙(HEAP)

- 힙은 완전 이진 트리이기 때문에 오른쪽 자식만 존재할 수 없다. 따라서 왼쪽 자식이 없다면 오른쪽 자식도 존재하지 않는 것이다.
- 부모 인덱스에 자식이 둘이라면 인덱스 * 2만큼의 데이터 수 이어야 한다.



// 자식이 존재 하지 않는 경우의 코딩.

```
if(GetLGhildIDX(idx) > ph->numOfData)
    return 0;
```

- 오른쪽 자식은 왼쪽 자식 + 1의 데이터 수가 된다.
- 왼쪽 자식만 있다면 2의 배수가 된다.
- 데이터 수와 정확히 일치하는 왼쪽 자식은 하나이자 마지막 노드이다.

// 자식 노드가 하나인 경우의 코딩

```
else if(GetLChildIDX(idx) == ph->numOfData)
    return GetLChildIDX(idx);
```

2. 우선순위 큐(PRIORITY QUEUE)와 힙(HEAP)

- 가장 우선순위가 높은 루트 노드부터 차례로

```
HData HDelete(Heap * ph)
{
    HData retData = (ph->heapArr[1]).data;    // 삭제할 데이터 임시 저장
    HeapElem lastElem = ph->heapArr[ph->numOfData];   // 힙의 마지막 노드 저장

    // 아래의 변수 parentIdx에는 마지막 노드가 저장될 위치정보가 담긴다.
    Int parentIdx = 1;    // 루트 노드의 Index
    Int childIdx;

    // 루트 노드의 우선순위가 높은 자식 노드를 시작으로 반복문 시작.
    While (childIdx = GetHiPriChildIDX(ph, parentIdx))
    {
        If (lastElem.pr <= ph->heapArr[childIdx].pr) // 마지막 노드와 우선순위 비교
            break;   // 마지막 노드의 우선순위가 높으면 반복문 탈출

        //마지막 노드보다 우선순위 높으니, 비교대상 노드의 위치를 한 레벨 올린다.
        ph->heapArr[parentIdx] = ph->heapArr[childIdx];
        parentIdx = childIdx; // 마지막 노드가 저장될 위치 정보를 한 레벨 내림.
    } // 반복문 탈출하면 parentIdx에는 마지막 노드의 위치정보가 저장된다.

    ph->heapArr[parentIdx] = lastElem; // 마지막 노드 최종 저장
    ph->numOfData -= 1;
    return retData;
}
```

2. 우선순위 큐(PRIORITY QUEUE)와 힙(HEAP)

- 마지막 위치로 새로운 데이터를 추가하고 우선순위를 비교하면서 위치를 찾아간다.

```
void HInsert(Heap * ph, HData data, Priority pr)
{
	int idx = ph->numOfData + 1;		// 새 노드가 저장될 인덱스 값을 idx에 저장
	HeapElem nelem = { pr, data };		// 새 노드의 생성 및 초기화

	// 새 노드가 저장될 위치가 루트 노드의 위치가 아니라면 while문 반복
	While (idx != 1)
	{
		//새 노드와 부모 노드의 우선순위 비교
		if (pr < (ph->heapArr[GetParentIDX(idx)].pr)) // 새 노드의 우선순위 높다면
		{
			// 부모 노드를 한 레벨 내림, 실제로 내림
			ph->heapArr[idx] = ph->heapArr[GetParentIDX(idx)];

			// 새 노드를 한 레벨 올림, 실제로 올리지 않고 인덱스 값만 갱신
			idx = GetParentIDX(idx);
		}
		else // 새 노드의 우선순위가 높지 않다면
			break;
	}

	ph->heapArr[idx] = nelem; // 새 노드를 배열에 저장.
	ph->numOfData += 1;
}
```

SimpleHeap을 확인해보자

2. 우선순위 큐(PRIORITY QUEUE)와 힙(HEAP)

힙 구현의 개선

```
typedef struct _heapElem
{
	Priority pr;
	HData data;
} HeapElem;

void HInsert(Heap * ph, HData data, Priority pr);
```

- 데이터를 입력하기 전에 우선순위를 정해줘야 하는 상황.
- 데이터의 우선순위를 직접 기입해야 하는 불편한 상황.

```
 typedef struct _heap
{
	PriorityComp * comp;
	int numOfData;
	HData heapArr[HEAP_LEN];
} Heap;

void HeapInit(Heap * ph, PriorityComp pc);
```

2. 우선순위 큐(PRIORITY QUEUE)와 힙(HEAP)

UsefulHeap을 확인해보자

2. 우선순위 큐(PRIORITY QUEUE)와 힙(HEAP)

우선순위 큐 자료구조의 ADT

- **void PQueueInit(Pqueue* ppq, PriorityComp pc);**
  - 우선순위 큐의 초상화를 진행한다.
  - 우선순위 큐 생성 후 제일 먼저 호출되어야 하는 함수
- **int PQIsEmpty(PQueue* ppq);**
  - 우선순위 큐가 빈 경우 **TRUE(1)**을, 그렇지 않은 경우 **FALSE(0)**을 반환한다.
- **void Penqueue(PQueue* ppq, PQData data);**
  - 우선순위 큐에 데이터를 저장한다. 매개변수 **data**로 전달된 값을 저장한다.
- **PQData Pdequeue(PQueue* ppq);**
  - 우선순위가 가장 높은 데이터를 삭제한다.
  - 삭제된 데이터는 반환된다.
  - 본 함수의 호출을 위해서는 데이터가 하나 이상 존재함이 보장되어야 한다.

2. 우선순위 큐(PRIORITY QUEUE)와 힙(HEAP)

학습과제

- **PriorityQueue**를 확인해 보자.
- 우선순위 큐를 이용해 다수의 문자열을 저장하고, 저장된 문자열을 꺼내어 출력하는 프로그램을 작성해보자.

조건**1.** 힙에 저장되는 문자열은 길이가 짧을수록 우선순위가 높다고 가정한다.