

## 이진 트리

## 학습목표

- 이진 트리 개념을 파악한다.
- 파이썬으로 이진 트리를 구현하는 코드를 작성한다.
- 이진 트리 중 활용도가 높은 이진 탐색 트리를 이해하고 활용한다.
- 이진 탐색 트리를 활용하여 다양한 응용 프로그램을 작성한다.

SECTION 00 생활 속 자료구조와 알고리즘

SECTION 01 이진 트리의 기본

SECTION 02 이진 트리의 간단 구현

SECTION 03 이진 탐색 트리의 일반 구현

SECTION 04 이진 탐색 트리의 응용

연습문제

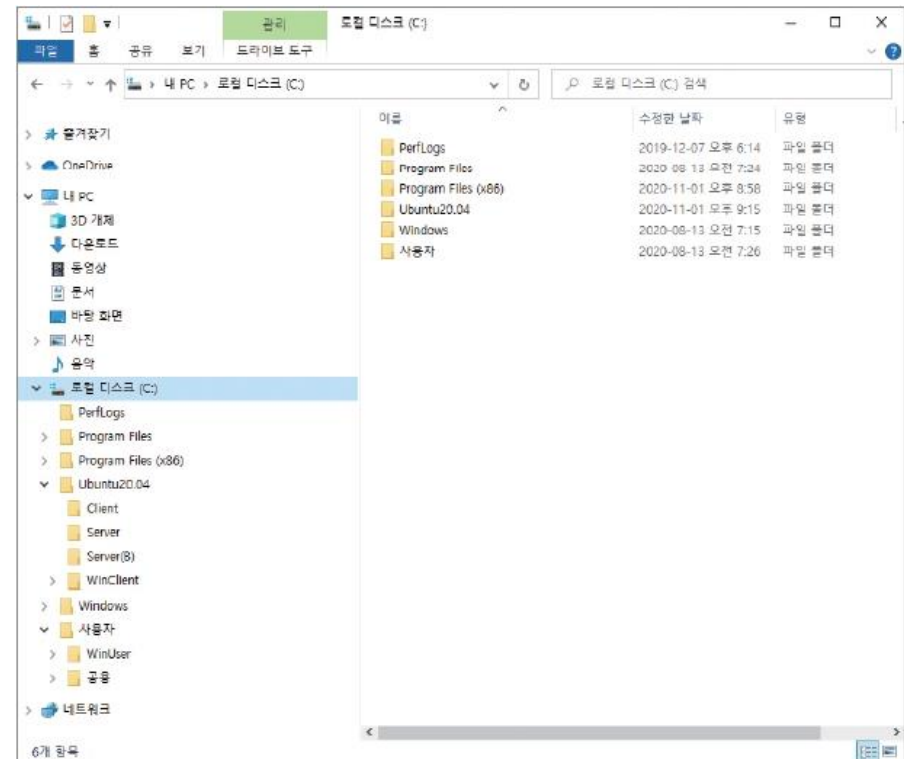
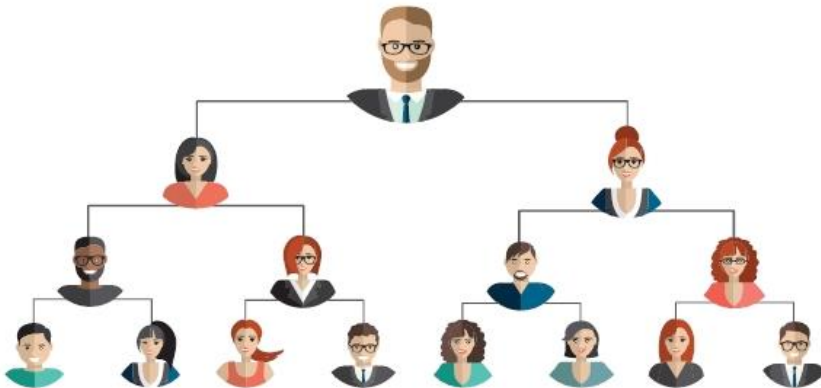
응용예제



# Section 00 생활 속 자료구조와 알고리즘

## ■ 트리 구조란?

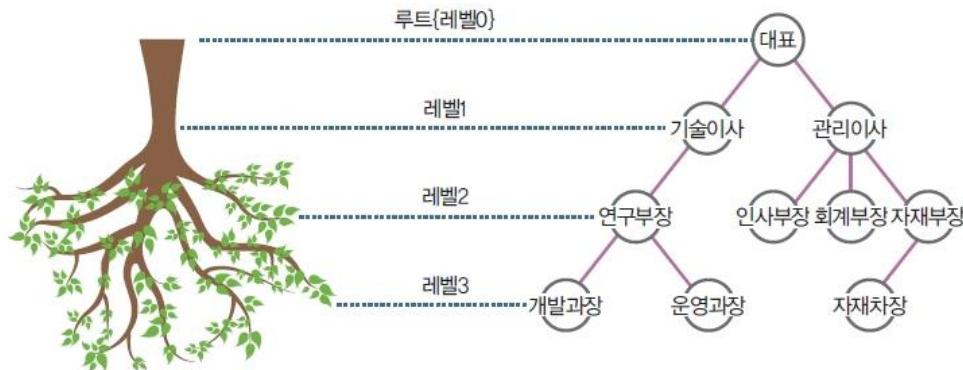
- 회사 사장을 필두로 그 아래 직책들이 구성되어 있는 조직표 또는 컴퓨터의 상위 폴더 안에 하위 폴더들이 계속 이어져 있는 구조와 같은 구성



# Section 01 이진 트리의 기본

## ■ 이진 트리의 개념

- 트리(Tree) 자료구조는 나무를 거꾸로 뒤집어 놓은 형태



(a) 나무를 거꾸로 뒤집은 형태

(b) 트리 자료구조

그림 8-1 나무와 트리 자료구조 비교

## ■ 트리 자료구조 용어

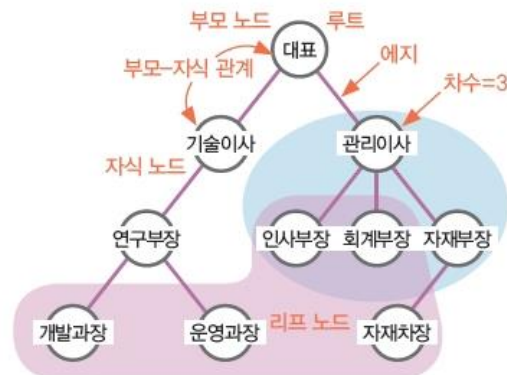


그림 8-2 트리 자료구조의 주요 용어

# Section 01 이진 트리의 기본

## 이진 트리 예

- 모든 노드의 자식이 최대 2개인 트리(자식이 2개 이하로 구성)



그림 8-3 이진 트리 예

## 전형적인 이진 트리

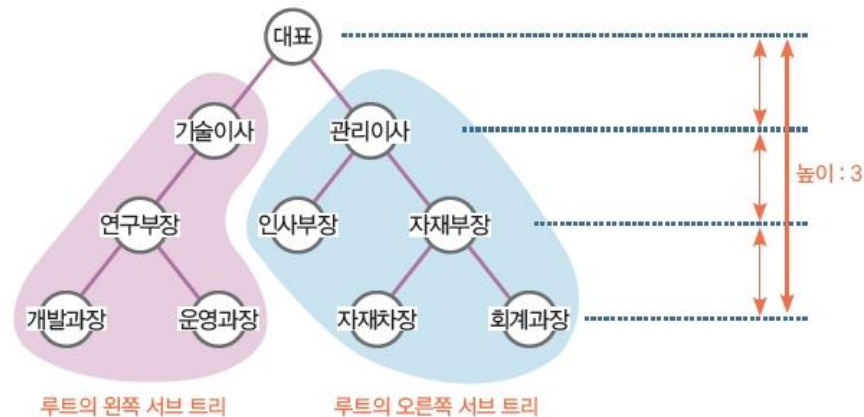


그림 8-4 전형적인 이진 트리

# Section 01 이진 트리의 기본

## ■ 이진 트리의 종류

- 포화 이진 트리, 완전 이진 트리, 편향 이진 트리
  - 포화 이진 트리(full binary tree)

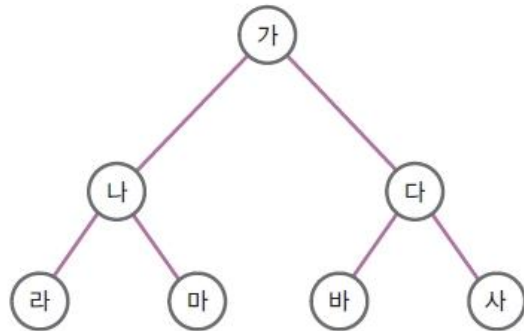


그림 8-5 포화 이진 트리 예

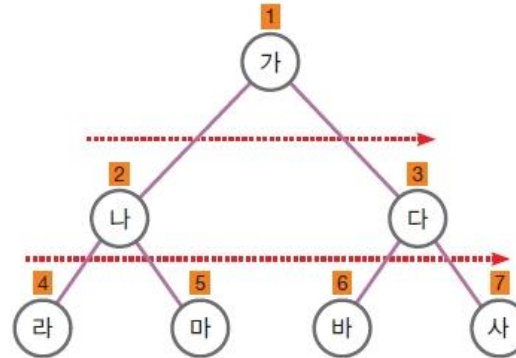


그림 8-6 포화 이진 트리의 번호 부여 순서

- 완전 이진 트리(complete binary tree)

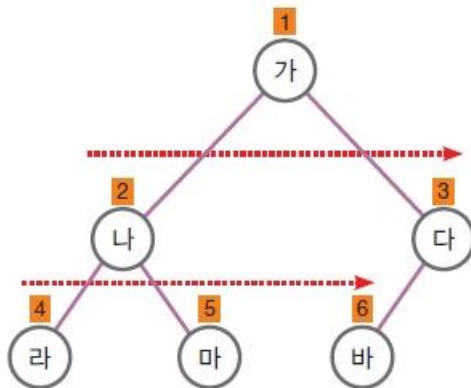
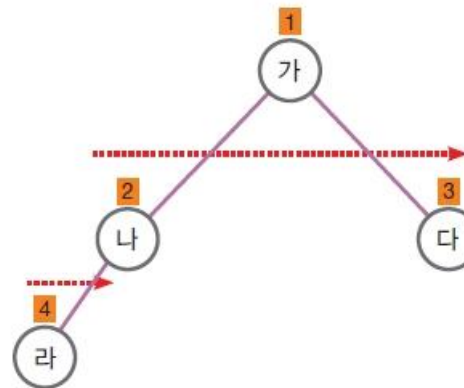


그림 8-7 완전 이진 트리 예



# Section 01 이진 트리의 기본

- 일반 이진 트리

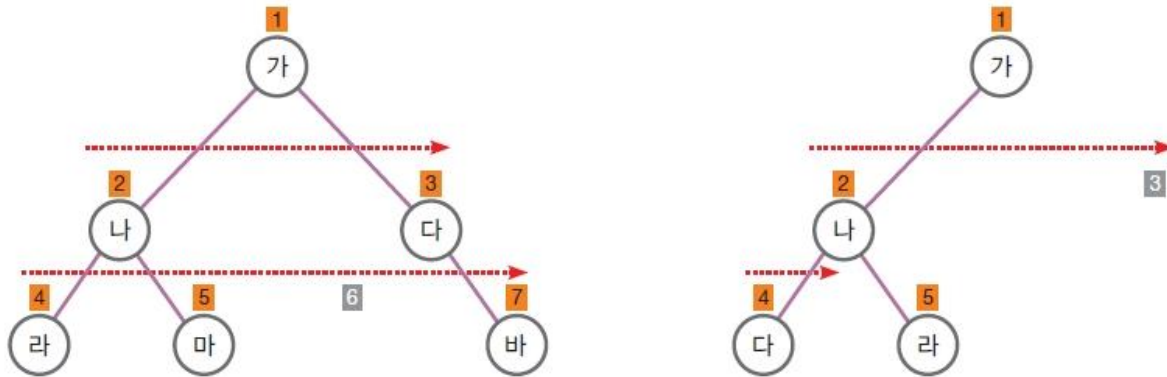
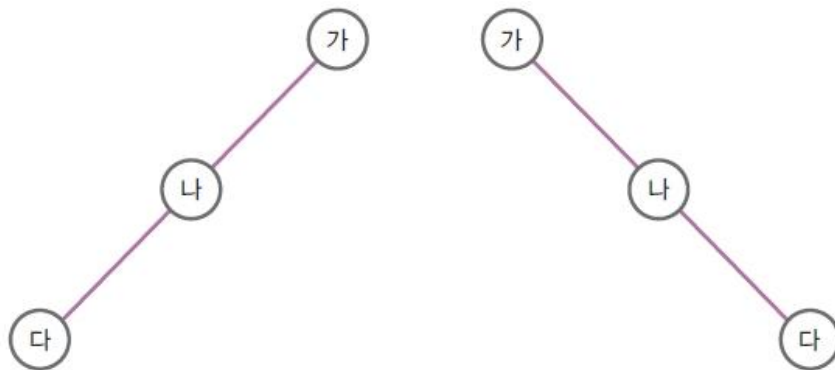


그림 8-8 일반 이진 트리

- 편향 이진 트리(skewed binary tree)



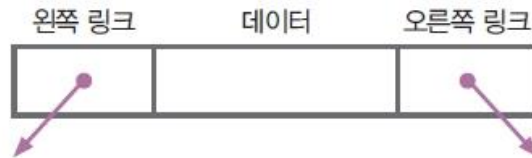
(a) 왼쪽 편향 이진 트리

(b) 오른쪽 편향 이진 트리

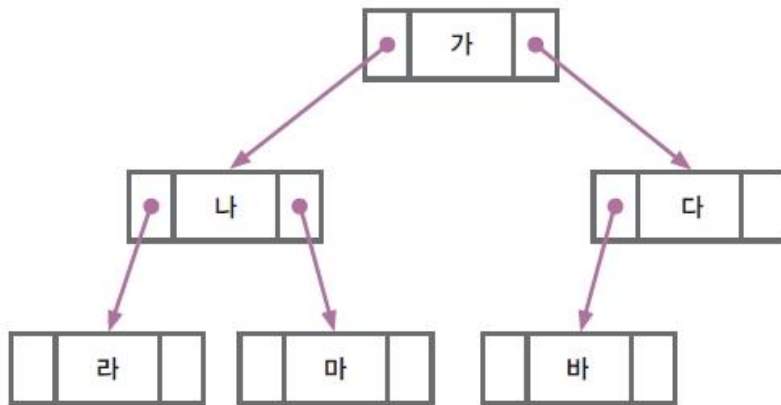
그림 8-9 편향 이진 트리

# Section 01 이진 트리의 기본

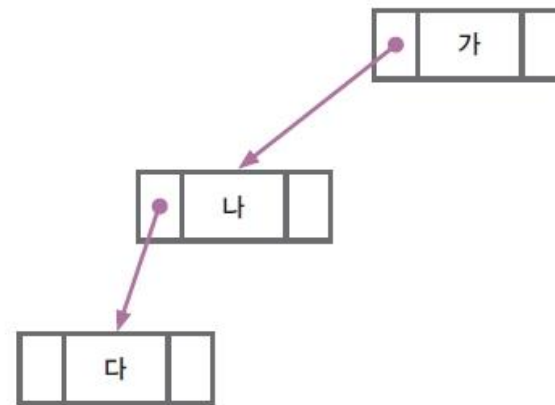
## ■ 이진 트리의 노드 구조



(a) 트리 노드의 구현을 위한 이중 연결 리스트



(b) 완전 이진 트리의 표현



(c) 편향 이진 트리의 표현

그림 8-10 이중 연결 리스트를 이용한 트리 노드 표현



## Section 02 이진 트리의 간단 구현

### ■ 이진 트리의 생성

- 높이가 2고 데이터가 6개인 완전 이진 트리 생성 예

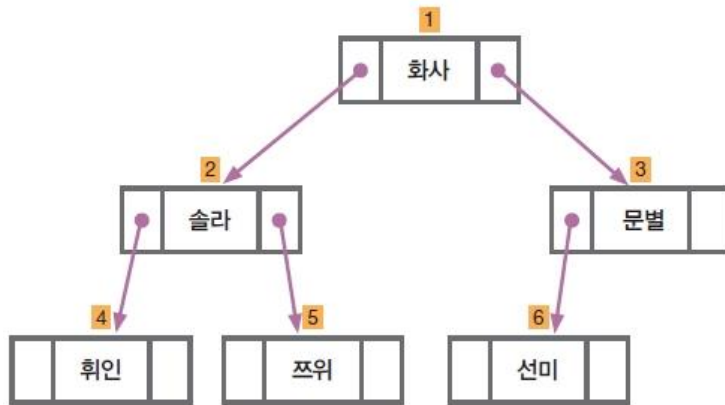
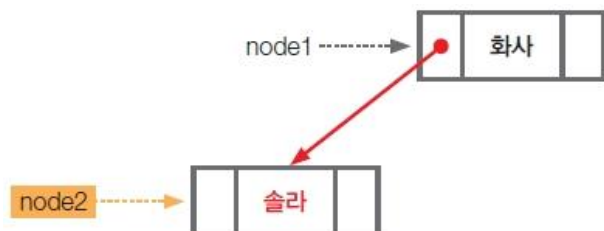


그림 8-11 생성할 이진 트리 예

- 1 루트 노드(화사)를 생성한다.



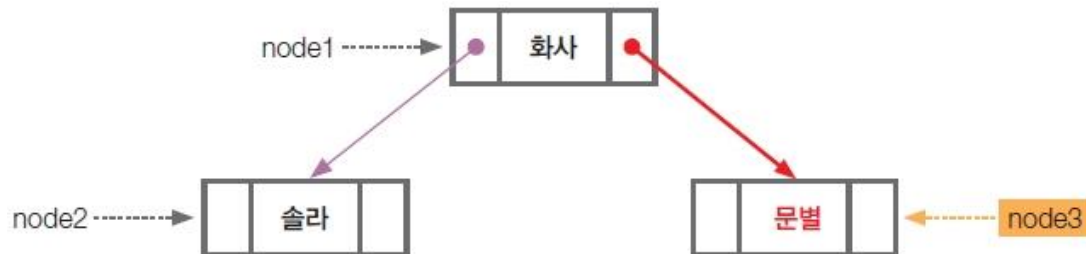
- 2 두 번째 노드(솔라)를 생성하고 루트 노드의 왼쪽 노드로 지정한다.



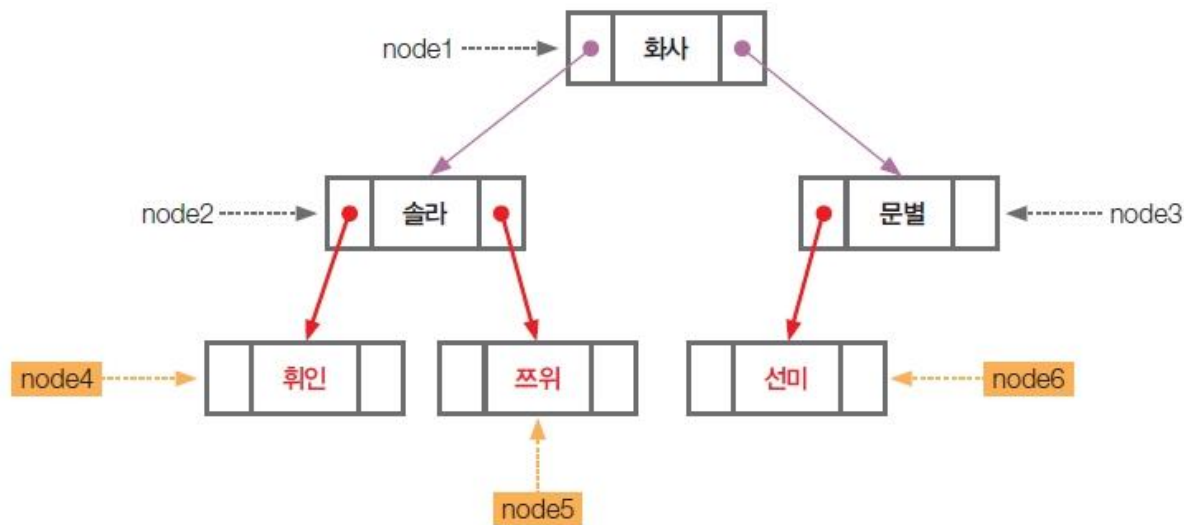


## Section 02 이진 트리의 간단 구현

3 세 번째 노드(문별)를 생성하고 루트 노드의 오른쪽 노드로 지정한다.



4 네 번째부터 여섯 번째까지 노드를 생성하고 부모 노드와 연결한다.



## Section 02 이진 트리의 간단 구현

Code08-01.py 높이가 2인 완전 이진 트리의 생성

```
1 class TreeNode() :          # 이진 트리 노드 생성
2     def __init__(self) :
3         self.left = None
4         self.data = None
5         self.right = None
6
7     node1 = TreeNode() } 1
8     node1.data = '화사'
9
10    node2 = TreeNode() }
11    node2.data = '솔라' } 2
12    node1.left = node2
13
14    node3 = TreeNode() }
15    node3.data = '문별' } 3
16    node1.right = node3
17
```

## Section 02 이진 트리의 간단 구현

```
18 node4 = TreeNode()
19 node4.data = '취인'
20 node2.left = node4
21
22 node5 = TreeNode()
23 node5.data = '쫄위'
24 node2.right = node5
25
26 node6 = TreeNode()
27 node6.data = '선미'
28 node3.left = node6
29
30 print(node1.data, end = ' ')
31 print()
32 print(node1.left.data, node1.right.data, end = ' ')
33 print()
34 print(node1.left.left.data, node1.left.right.data, node1.right.left.data, end = ' ')
```

### 실행 결과

화사

솔라 문별

취인 쫄위 선미

# Section 02 이진 트리의 간단 구현

## ■ 이진 트리의 순회

### ■ 순회 종류

- 이진 트리의 노드 전체를 한 번씩 방문하는 것을 순회(traversal)라고 함
- 노드 데이터를 처리하는 순서에 따라 전위 순회, 중위 순회, 후위 순회

### ■ 전위 순회(preorder traversal)

- ① 현재 노드 데이터 처리
- ② 왼쪽 서브 트리 이동
- ③ 오른쪽 서브 트리 이동

### ■ 중위 순회(inorder traversal)

- ① 왼쪽 서브 트리 이동
- ② 현재 노드 데이터 처리
- ③ 오른쪽 서브 트리 이동

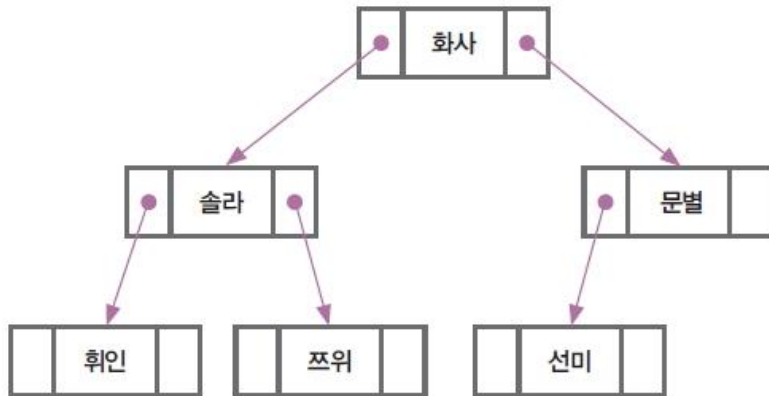
### ■ 후위 순회(postorder traversal)

- ① 왼쪽 서브 트리 이동
- ② 오른쪽 서브 트리 이동
- ③ 현재 노드 데이터 처리

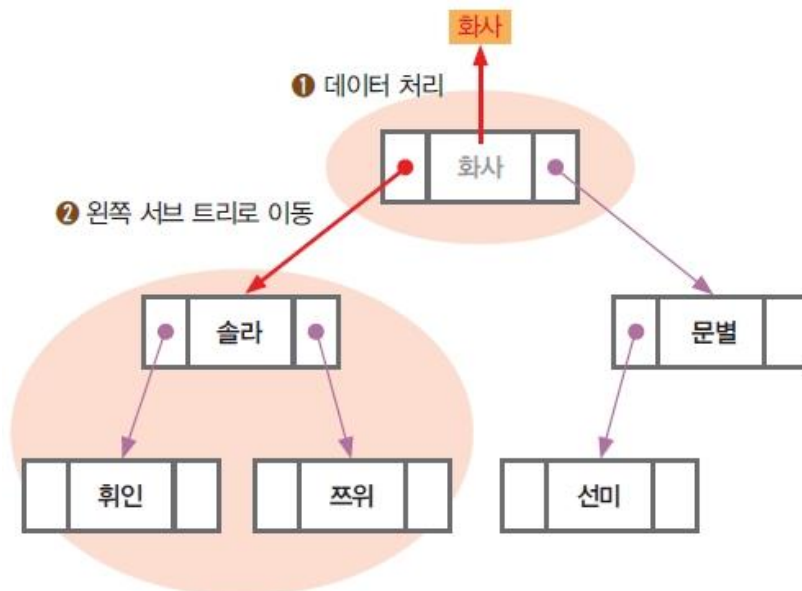
## Section 02 이진 트리의 간단 구현

- 전위 순회 작동

### 0 전위 순회할 이진 트리

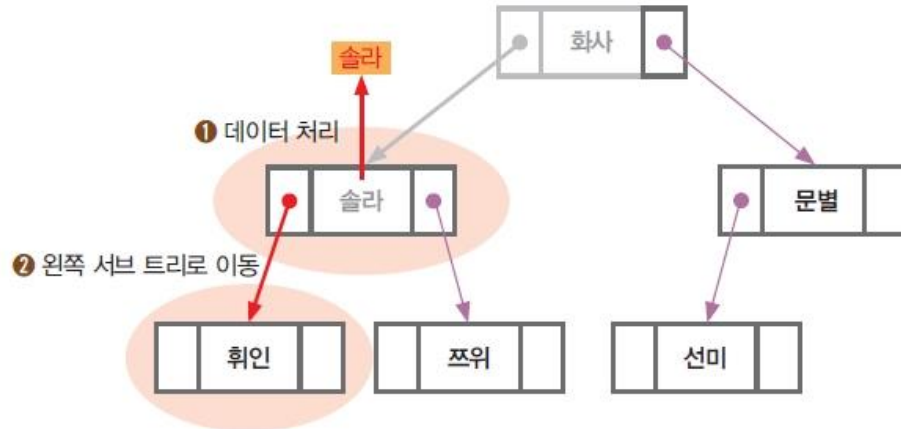


- 1 루트 노드(화사)의 데이터를 처리하고 왼쪽 서브 트리로 이동한다.



## Section 02 이진 트리의 간단 구현

2 이동한 왼쪽 서브 트리의 솔라 데이터를 처리하고 다시 왼쪽 서브 트리로 이동한다.



3 이동한 왼쪽 서브 트리의 휘인 데이터를 먼저 처리하고, 다시 왼쪽 서브 트리를 처리하려고 하나 왼쪽 서브 트리가 없어 오른쪽 서브 트리를 처리하려고 한다. 그런데 오른쪽 서브 트리도 없으므로 휘인 노드는 처리가 완료되었다.



## Section 02 이진 트리의 간단 구현

- 4 현재 노드(휘인 노드)는 더 이상 처리할 것이 없으므로 앞 노드로 올라가서 처리하지 않았던 오른쪽 서브 트리로 내려간다.



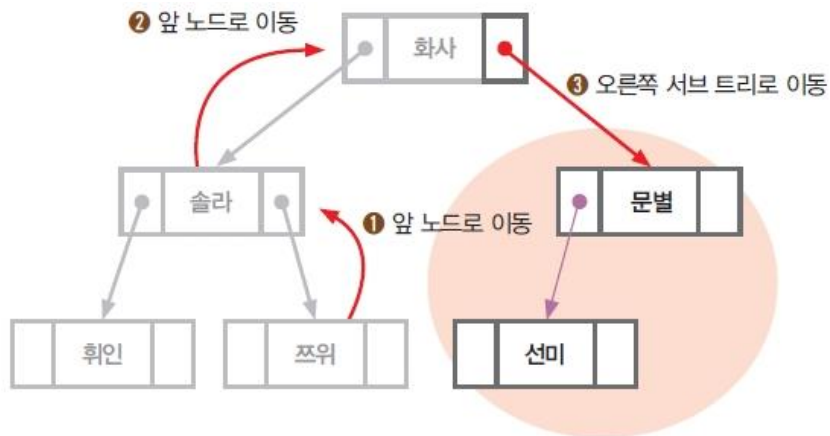
- 5 이동한 오른쪽 서브 트리의 쯔위 데이터를 먼저 처리하고, 왼쪽 서브 트리를 처리하려고 하나 왼쪽 서브 트리가 없어 오른쪽 서브 트리를 처리하려고 한다. 그런데 오른쪽 서브 트리도 없으므로 쯔위 노드는 처리가 완료되었다.



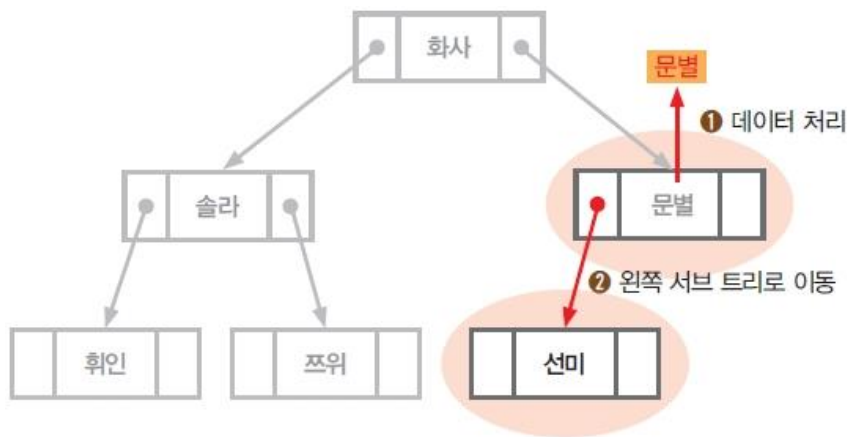


## Section 02 이진 트리의 간단 구현

- 6 현재 노드(쯔위 노드)는 더 이상 처리할 것이 없으므로 앞 노드(솔라 노드)로 올라간다. 앞 노드도 처리가 완료되었으므로 다시 앞 노드(화사 노드)로 올라가 오른쪽 서브 트리로 이동한다.



- 7 이동한 오른쪽 서브 트리의 문별 데이터를 먼저 처리하고 다시 왼쪽 서브 트리로 이동한다.



## Section 02 이진 트리의 간단 구현

- 8 이동한 왼쪽 서브 트리의 선미 데이터를 먼저 처리하고, 다시 왼쪽 서브 트리를 처리하려고 하나 왼쪽 서브 트리가 없어 오른쪽 서브 트리를 처리하려고 한다. 그런데 오른쪽 서브 트리도 없으므로 선미 노드는 처리가 완료되었다. 그리고 트리의 모든 노드 순회가 완료되었다.

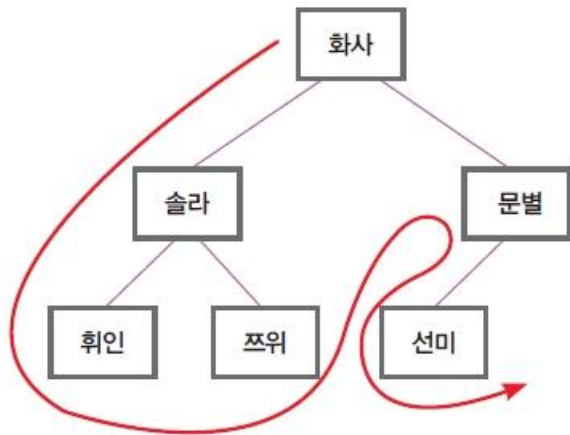


- 1 ~ 8 에서 출력된 데이터를 확인하면 화사, 솔라, 휘인, 쯔위, 문별, 선미 순이다.  
즉, 전위 순회인 현재 데이터 → 왼쪽 서브 트리 → 오른쪽 서브 트리 순서로 출력된 것을 확인할 수 있다.

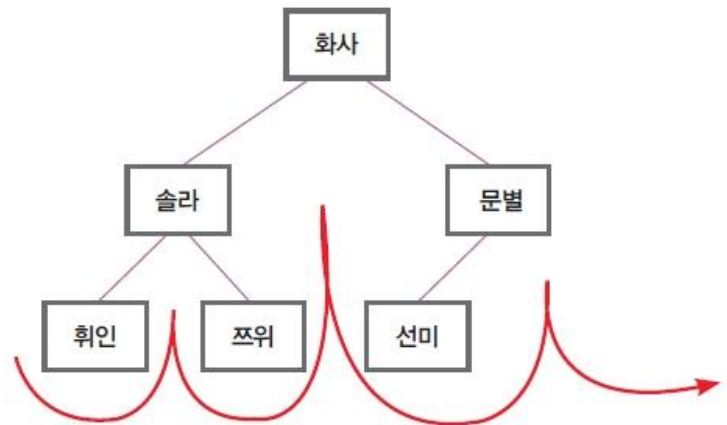
## Section 02 이진 트리의 간단 구현

- 좀 더 간단한 트리 순회

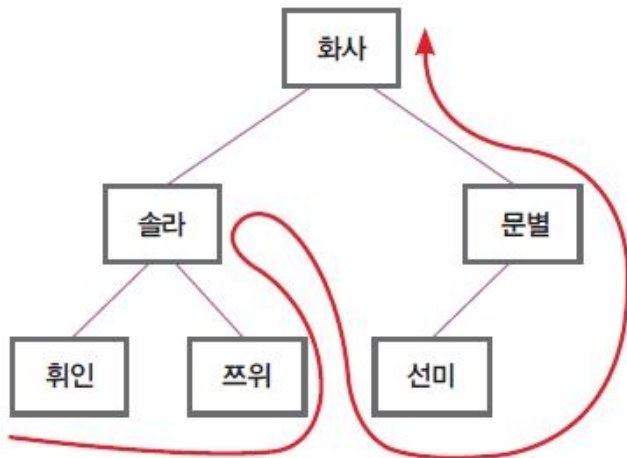
- 전위 순회 : 루트 → 왼쪽 → 오른쪽



- 중위 순회 : 왼쪽 → 루트 → 오른쪽



- 후위 순회 : 왼쪽 → 오른쪽 → 루트



## Section 02 이진 트리의 간단 구현

- 이진 트리 순회 구현

Code08-02.py 이진 트리의 순회(재귀 함수 사용)

```
... # 생략(Code08-01.py의 1~28행과 동일)
29
30 def preorder(node) :
31     if node == None :
32         return
33     print(node.data, end = '->')
34     preorder(node.left)
35     preorder(node.right)
36
37 def inorder(node) :
38     if node == None :
39         return
40     inorder(node.left)
41     print(node.data, end = '->')
42     inorder(node.right)
43
44 def postorder(node) :
45     if node == None :
46         return
47     postorder(node.left)
48     postorder(node.right)
49     print(node.data, end = '->')
```

## Section 02 이진 트리의 간단 구현

```
50
51 print('전위 순회 : ', end = ' ')
52 preorder(node1)
53 print('끝')
54
55 print('중위 순회 : ', end = ' ')
56 inorder(node1)
57 print('끝')
58
59 print('후위 순회 : ', end = ' ')
60 postorder(node1)
61 print('끝')
```

### 실행 결과

전위 순회 : 화사->솔라->휘인->쯔위->문별->선미->끝

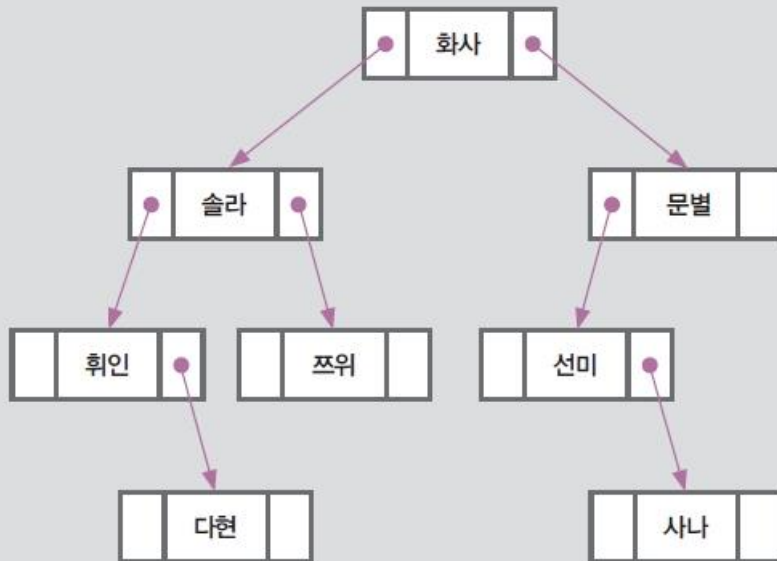
중위 순회 : 휘인->솔라->쯔위->화사->선미->문별->끝

후위 순회 : 휘인->쯔위->솔라->선미->문별->화사->끝

## Section 02 이진 트리의 간단 구현

### SELF STUDY 8-1

Code08-02.py를 수정해서 다음 그림과 같이 만들고, 전위/중위/후위 순회를 시켜 보자.



#### 실행 결과

전위 순회 : 화사->솔라->휘인->다현->쯔위->문별->선미->사나->끝

중위 순회 : 휘인->다현->솔라->쯔위->화사->선미->사나->문별->끝

후위 순회 : 다현->휘인->쯔위->솔라->사나->선미->문별->화사->끝

## Section 03 이진 탐색 트리의 일반 구현

### ■ 이진 탐색 트리의 특징

- 이진 트리 중 활용도가 높은 트리로, 데이터 크기를 기준으로 일정 형태로 구성함

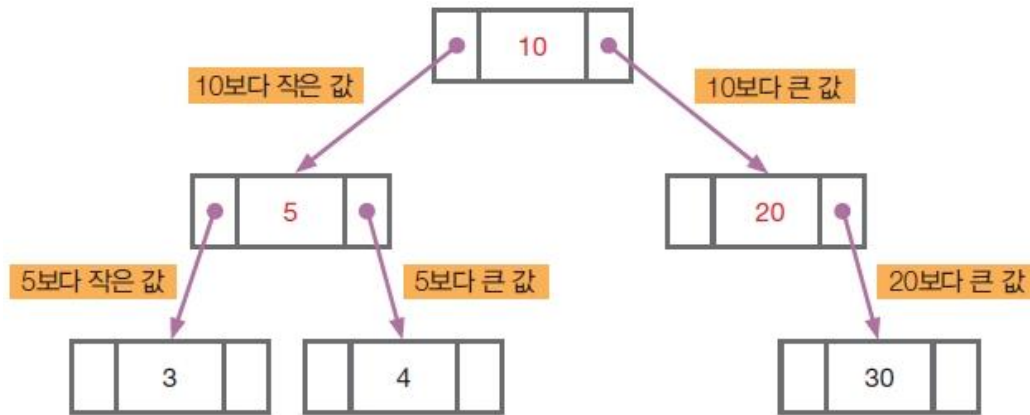


그림 8-12 이진 탐색 트리의 대표적인 형태

이진 탐색 트리 특징

- ① 왼쪽 서브 트리는 루트 노드보다 모두 작은 값을 가진다.
- ② 오른쪽 서브 트리는 루트 노드보다 모두 큰 값을 가진다.
- ③ 각 서브 트리도 ①, ② 특징을 갖는다.
- ④ 모든 노드 값은 중복되지 않는다. 즉, 중복된 값은 이진 탐색 트리에 저장할 수 없다.



## Section 03 이진 탐색 트리의 일반 구현

### ■ 이진 탐색 트리의 생성

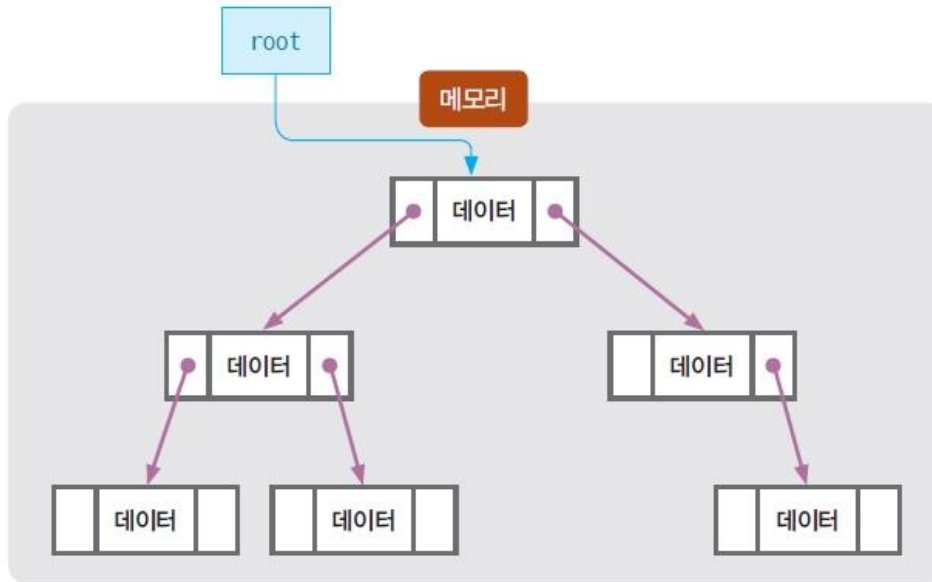


그림 8-13 생성할 이진 탐색 트리

- 메모리를 준비하고 root는 None으로 초기화

```
memory = []  
root = None
```

## Section 03 이진 탐색 트리의 일반 구현

- 배열에 있는 데이터를 차례대로 이진 탐색 트리에 삽입

```
nameAry = ['블랙핑크', '레드벨벳', '에이핑크', '걸스데이', '트와이스', '마마무']
```

- 첫 번째 데이터 삽입

```
1 node = TreeNode()      # 노드 생성
2 node.data = nameAry[0]  # 데이터 입력
3 root = node             # 첫 번째 노드를 루트 노드로 지정
4 memory.append(node)     # 생성한 노드를 메모리에 저장
```

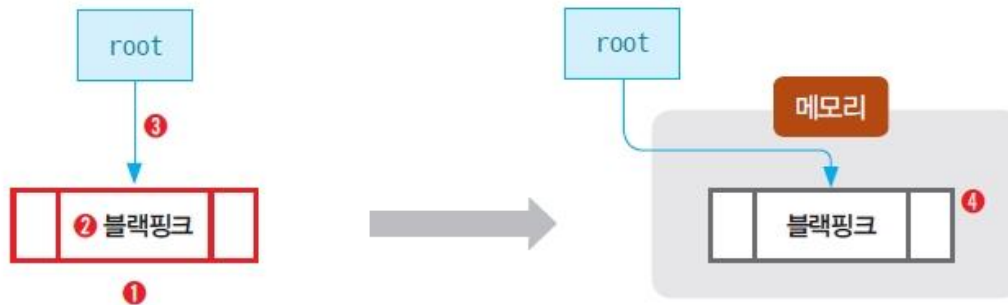


그림 8-14 첫 번째 데이터 삽입

## Section 03 이진 탐색 트리의 일반 구현

- 두 번째 이후 데이터 삽입

```
1 { name = '레드벨벳'           # 두 번째 데이터
   node = TreeNode()          # 새 노드 생성
   node.data = name           # 새 노드에 데이터 입력
2~4 { current = root           # 현재 작업 노드를 루트 노드로 지정
     if name < current.data :  # 입력할 값을 현재 작업 노드의 값과 비교
     current.left = node      # 작으면 새 노드를 왼쪽 링크로 연결
     else :
     current.right = node     # 크면 새 노드를 오른쪽 링크로 연결
5 memory.append(node)         # 새 노드를 메모리에 저장
```

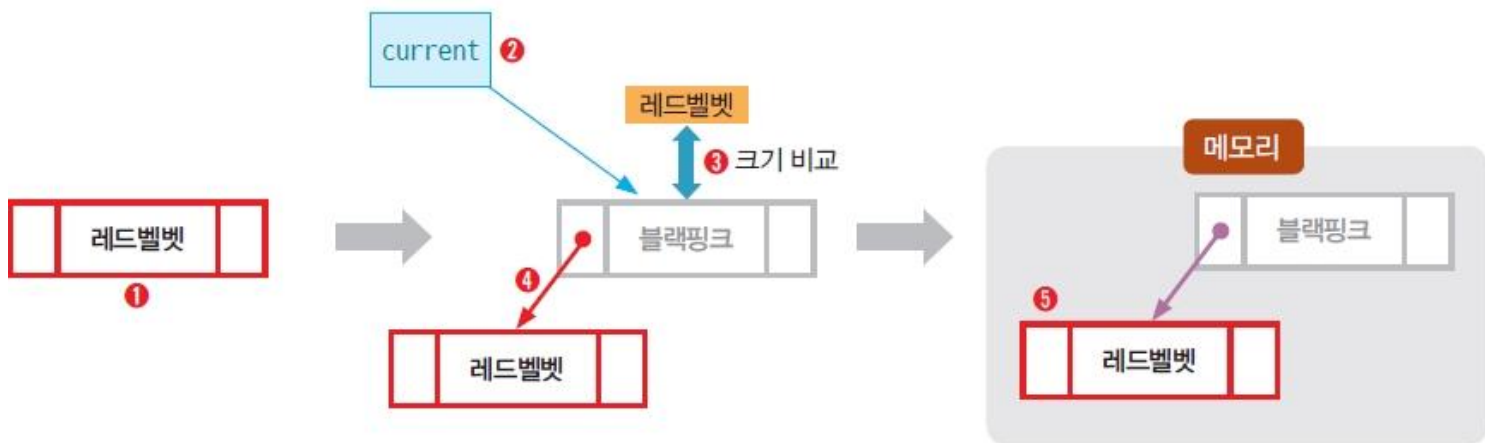


그림 8-15 두 번째 데이터 삽입

## Section 03 이진 탐색 트리의 일반 구현

- 이진 탐색 트리에서 데이터를 삽입하는 일반적인 형태
  - 레벨 2의 초기 상태인 이진 탐색 트리에 6 데이터를 삽입하는 과정

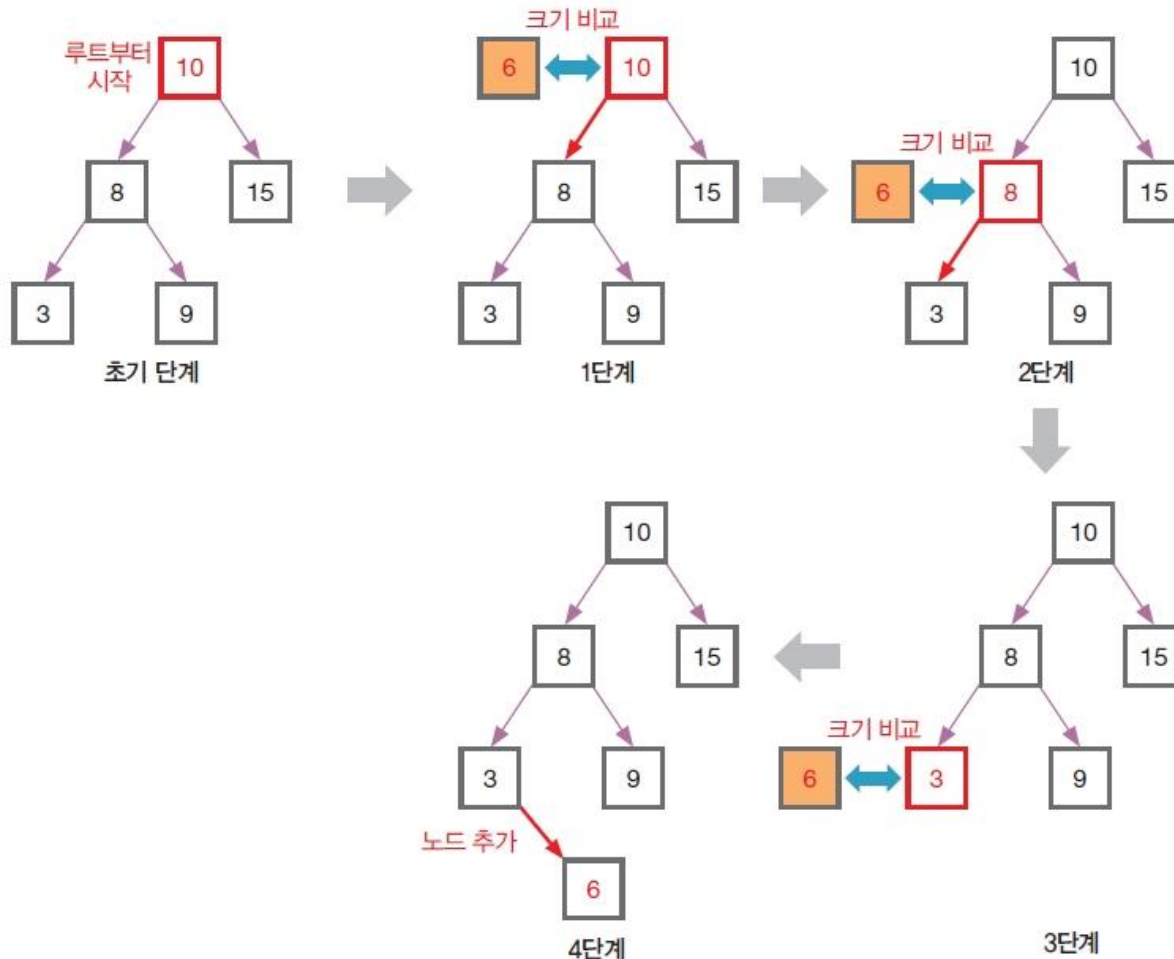


그림 8-16 레벨이 2인 이진 탐색 트리에서 6 데이터를 삽입하는 과정

## Section 03 이진 탐색 트리의 일반 구현

- [그림 8-16]과 같이 반복적으로 자리를 찾아가는 과정을 코드 형태로 구현

```
name = 6                                # 위치를 찾을 새 데이터
node = TreeNode()                       # 새 노드 생성
node.data = name

❶ current = root                        # 루트부터 시작
❷ while True :                          # 무한 반복
    ❸ if name < current.data :           # 1단계
        {
            ❹ if current.left == None : # 4단계
                current.left = node      # 4단계
                break
        }
        ❺ current = current.left        # 2~3단계
    else :
        {
            ❻ if current.right == None : # 4단계
                current.right = node     # 4단계
                break
        }
        current = current.right
```

## Section 03 이진 탐색 트리의 일반 구현

- 이진 탐색 트리에서 데이터를 삽입하는 과정 통합의 코드

Code08-03.py 이진 탐색 트리의 삽입 작동

```
1  ## 함수 선언 부분 ##
2  class TreeNode() :
3      def __init__(self) :
4          self.left = None
5          self.data = None
6          self.right = None
7
8  ## 전역 변수 선언 부분 ##
9  memory = []
10 root = None
11 nameAry = ['블랙핑크', '레드벨벳', '마마무', '에이핑크', '걸스데이', '트와이스']
12
13 ## 메인 코드 부분 ##
14 node = TreeNode()
15 node.data = nameAry[0]
16 root = node
17 memory.append(node)
18
19 for name in nameAry[1:] :
20
21     node = TreeNode()
22     node.data = name
23
```

## Section 03 이진 탐색 트리의 일반 구현

```
24     current = root
25     while True :
26         if name < current.data :
27             if current.left == None :
28                 current.left = node
29                 break
30             current = current.left
31         else :
32             if current.right == None :
33                 current.right = node
34                 break
35             current = current.right
36
37     memory.append(node)
38
39 print("이진 탐색 트리 구성 완료!")
```

### 실행 결과

이진 탐색 트리 구성 완료!



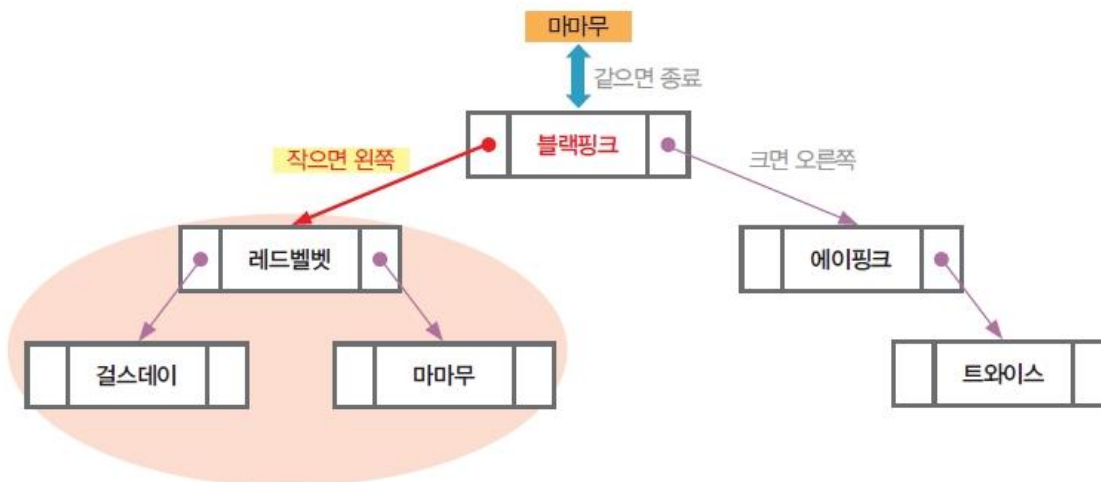
## Section 03 이진 탐색 트리의 일반 구현

### ■ 이진 탐색 트리에서 데이터 검색

```
1 {if 현재 작업 노드의 데이터 == 찾을 데이터 :  
   탐색 종료  
2 {elif 현재 작업 노드의 데이터 < 찾을 데이터 :  
   왼쪽 서브 트리 탐색  
3 {else :  
   오른쪽 서브 트리 탐색
```

#### ■ 완성된 이진 탐색 트리에서 마마무를 찾는 예

- 1 찾고자 하는 마마무를 루트 노드의 데이터와 비교한다. 마마무가 루트 노드의 데이터보다 작아 왼쪽으로 이동한다.

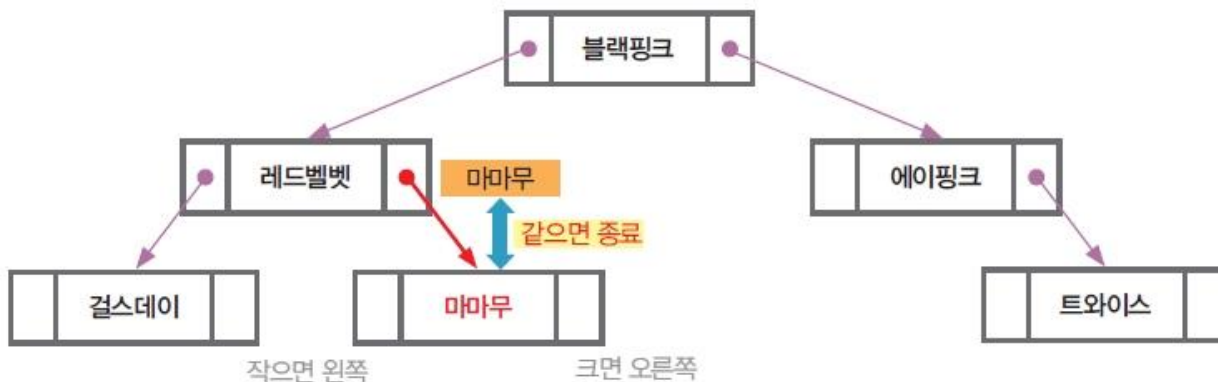


## Section 03 이진 탐색 트리의 일반 구현

- 2 왼쪽 서브 트리에서도 동일하게 처리한다. 찾고자 하는 마마무가 왼쪽 서브 트리의 루트 노드보다 커 오른쪽으로 이동한다.



- 3 오른쪽 서브 트리에서도 동일하게 처리한다. 그런데 여기에서는 마마무를 찾았으므로 종료한다.



## Section 03 이진 탐색 트리의 일반 구현

Code08-04.py 이진 탐색 트리의 검색 작동

```
1  ## 함수 선언 부분 ##
... # 생략(Code08-03.py의 2~37행과 동일)
38
39 findName = '마마무'
40
41 current = root
42 while True :
43     if findName == current.data :
44         print(findName, '을(를) 찾음.')
45         break
46     elif findName < current.data :
47         if current.left == None :
48             print(findName, '이(가) 트리에 없음')
49             break
50         current = current.left
51     else :
52         if current.right == None :
53             print(findName, '이(가) 트리에 없음')
54             break
55         current = current.right
```

실행 결과

마마무 을(를) 찾음.

## Section 03 이진 탐색 트리의 일반 구현

### SELF STUDY 8-2

Code08-04.py를 수정해서 nameAry에 잇지와 여자친구를 추가하자. 그리고 검색할 이름을 input() 함수로 입력받은 후 검색하도록 하자.

#### 실행 결과

찾을 그룹이름-->잇지

잇지 을(를) 찾았음.

찾을 그룹이름-->소녀시대

소녀시대 이(가) 트리에 없음

## Section 03 이진 탐색 트리의 일반 구현

- 이진 탐색 트리에서 데이터 삭제
  - 리프 노드(맨 아래쪽 노드)를 삭제하는 경우

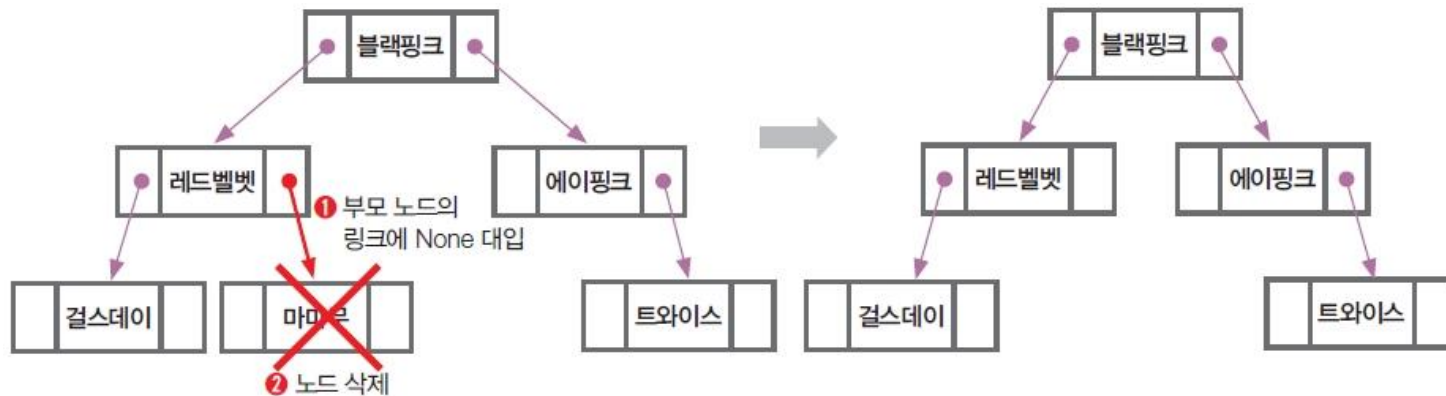


그림 8-17 리프 노드 삭제

- 현재 노드가 부모 노드의 왼쪽 링크인지, 오른쪽 링크인지 구분하고자 코드 형태로 구현

```
if parent.left == current :      # 부모 노드 왼쪽 링크와 삭제할 노드가 같으면
    parent.left = None          # 부모 노드의 왼쪽에 None 대입
else :                           # 부모 노드 오른쪽 링크와 삭제할 노드가 같으면
    parent.right = None         # 부모 노드의 오른쪽에 None 대입

del(current)                     # 노드 삭제
```

## Section 03 이진 탐색 트리의 일반 구현

- 자식 노드가 하나인 노드를 삭제하는 경우



그림 8-18 자식 노드가 1개인 노드 삭제

- 왼쪽 자식 노드가 있는 경우

```
if parent.left == current :      # 부모 노드 왼쪽 링크와 삭제할 노드가 같으면
    parent.left = current.left   # 부모 노드의 왼쪽 링크에 왼쪽 자식 노드 대입
else :                          # 부모 노드 오른쪽 링크와 삭제할 노드가 같으면
    parent.right = current.left  # 부모 노드의 오른쪽 링크에 왼쪽 자식 노드 대입

del(current)
```

## Section 03 이진 탐색 트리의 일반 구현

- 오른쪽 자식 노드가 있는 경우

```
if parent.left == current :      # 부모 노드 왼쪽 링크와 삭제할 노드가 같으면
    parent.left = current.right  # 부모 노드의 왼쪽 링크에 오른쪽 자식 노드 대입
else :                          # 부모 노드 오른쪽 링크와 삭제할 노드가 같으면
    parent.right = current.right # 부모 노드의 오른쪽 링크에 오른쪽 자식 노드 대입

del(current)
```

- 자식 노드가 둘 있는 노드를 삭제하는 경우 : 재귀를 사용해야 편리
- 이진 탐색 트리에서 데이터 삭제 완성(코드로 구현)

Code08-05.py 이진 탐색 트리의 삭제 작동

```
1  ## 함수 선언 부분 ##
... # 생략(Code08-03.py의 2~37행과 동일)
38
39 deleteName = '마마무'
40
41 current = root
42 parent = None
43 while True :
44     if deleteName == current.data :
45
```



## Section 03 이진 탐색 트리의 일반 구현

```
46     if current.left == None and current.right == None :
47         if parent.left == current :
48             parent.left = None
49         else :
50             parent.right = None
51         del(current)
52
53     elif current.left != None and current.right == None :
54         if parent.left == current :
55             parent.left = current.left
56         else :
57             parent.right = current.left
58         del(current)
59
60     elif current.left == None and current.right != None :
61         if parent.left == current :
62             parent.left = current.right
63         else :
64             parent.right = current.right
65         del(current)
66
67     print(deleteName, '이(가) 삭제됨.')
68     break
69 elif deleteName < current.data :
70     if current.left == None :
71         print(deleteName, '이(가) 트리에 없음')
```

## Section 03 이진 탐색 트리의 일반 구현

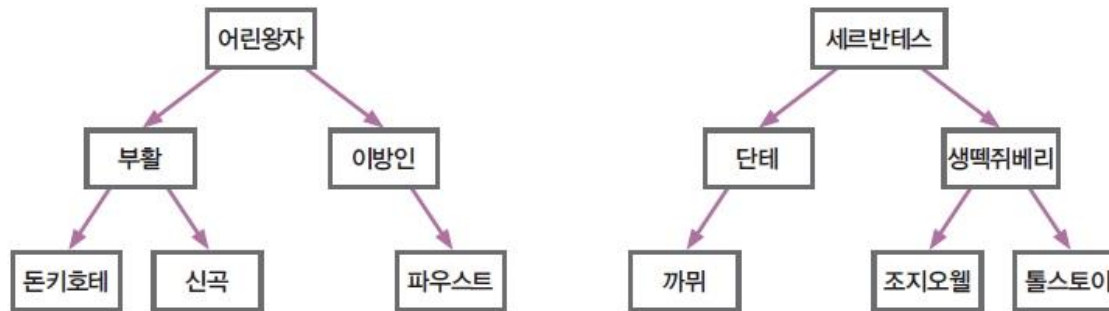
```
72         break
73     parent = current
74     current = current.left
75 else :
76     if current.right == None :
77         print(deleteName, '이(가) 트리에 없음')
78         break
79     parent = current
80     current = current.right
```

### 실행 결과

마마무 이(가) 삭제됨.

## Section 04 이진 탐색 트리의 응용

- 이진 탐색 트리는 데이터를 보관하고 검색할 때 효율적
  - 도서관에 새로 입고된 책 정보를 이진 탐색 트리에 보관해서 검색하는 예



(a) 책 이름 이진 탐색 트리

(b) 작가 이름 이진 탐색 트리

그림 8-19 책 이름 및 작가 이름으로 생성한 이진 탐색 트리

```
import random
bookAry = [['어린왕자', '생텍쥐페리'], ['이방인', '까뮈'], ['부활', '톨스토이'],
           ['신곡', '단테'], ['돈키호테', '세르반테스'], ['동물농장', '조지오웰'],
           ['데미안', '헤르만헤세'], ['파우스트', '괴테'], ['대지', '펄벅']]
bookAry = random.shuffle(bookAry)
```

```
rootBook, rootAuth = None, None
```

## Section 04 이진 탐색 트리의 응용

- 책 이름 트리와 작가 이름 트리를 따로 구현

Code08-06.py 도서관 책 목록의 보관과 검색

```
1 import random
2 ## 함수 선언 부분 ##
3 class TreeNode() :
4     def __init__(self) :
5         self.left = None
6         self.data = None
7         self.right = None
8
9 ## 전역 변수 선언 부분 ##
10 memory = []
11 rootBook, rootAuth = None, None
12 bookAry = [['어린왕자', '생텍쥐베리'], ['이방인', '까뮈'], ['부활', '톨스토이'],
13           ['신곡', '단테'], ['돈키호테', '세르반테스'], ['동물농장', '조지오웰'],
14           ['데미안', '헤르만헤세'], ['파우스트', '괴테'], ['대지', '펼벅']]
15 random.shuffle(bookAry)
16
```

## Section 04 이진 탐색 트리의 응용

```
17 ## 메인 코드 부분 ##
18
19 ### 책 이름 트리 ###
20 node = TreeNode()
21 node.data = bookAry[0][0]
22 rootBook = node
23 memory.append(node)
24
25 for book in bookAry[1:] :
26     name = book[0]
27     node = TreeNode()
28     node.data = name
29
30     current = rootBook
31     while True :
32         if name < current.data :
33             if current.left == None :
34                 current.left = node
35                 break
36             current = current.left
37         else :
38             if current.right == None :
39                 current.right = node
40                 break
41             current = current.right
42
43     memory.append(node)
44
```

## Section 04 이진 탐색 트리의 응용

```
45 print("책 이름 트리 구성 완료!")
46
47 ### 작가 이름 트리 ###
48 node = TreeNode()
49 node.data = bookAry[0][1]
50 rootAuth = node
51 memory.append(node)
52
53 for book in bookAry[1:] :
54     name = book[1]
55     node = TreeNode()
56     node.data = name
57
58     current = rootAuth
59     while True :
60         if name < current.data :
61             if current.left == None :
62                 current.left = node
63                 break
64             current = current.left
65         else :
66             if current.right == None :
67                 current.right = node
68                 break
69             current = current.right
70
71     memory.append(node)
72
73 print("작가 이름 트리 구성 완료!")
```

## Section 04 이진 탐색 트리의 응용

```
74
75 ## 책 이름 및 작가 이름 검색 ##
76 bookOrAuth = int(input('책검색(1), 작가검색(2)-->'))
77 findName = input('검색할 책 또는 작가-->')
78
79 if bookOrAuth == 1 :
80     root = rootBook
81 else :
82     root = rootAuth
83
84 current = root
85 while True :
86     if findName == current.data :
87         print(findName, '을(를) 찾음.')
88         findYN = True
89         break
90     elif findName < current.data :
91         if current.left == None :
92             print(findName, '이(가) 목록에 없음')
93             break
94         current = current.left
95     else :
96         if current.right == None :
97             print(findName, '이(가) 목록에 없음')
98             break
99         current = current.right
```

### 실행 결과

책 이름 트리 구성 완료!  
작가 이름 트리 구성 완료!  
책검색(1), 작가검색(2)-->1  
검색할 책 또는 작가-->대지  
대지 을(를) 찾음.



# 응용예제 01 편의점에서 판매된 물건 목록 출력하기

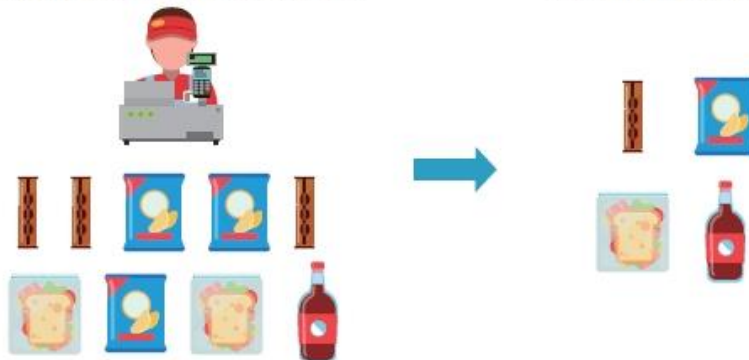
난이도 ★★☆☆☆

## 예제 설명

편의점에서는 매일 다양한 물품을 판매한다. 하루에 판매하는 물건은 당연히 중복해서 여러 개 판매한다. 마감 시간에 오늘 판매된 물건 종류를 살펴볼 때는 중복된 것은 하나만 남기도 록 한다. 이진 탐색 트리를 활용해서 중복된 물품은 하나만 남기자.

편의점에서 하루 판매된 물건(중복○)

오늘 판매된 물건(중복×)



## 실행 결과

```
Python
File Edit Shell Debug Options Window Help
===== RESTART: C:\CookData\WEx08-01.py =====
오늘 판매된 물건(중복○) --> ['레쓰비캔커피', '레쓰비캔커피', '레쓰비캔커피', '도시락', '도시락', '삼각김밥', '레쓰비캔커피', '도시락', '코카콜라',
'삼다수', '레쓰비캔커피', '레쓰비캔커피', '레쓰비캔커피', '츄파춥스', '츄파춥스', '레쓰비캔커피', '삼각김밥', '코카콜라']

이진 탐색 트리 구성 완료!

오늘 판매된 종류(중복X)--> 레쓰비캔커피 도시락 삼각김밥 코카콜라 삼다수 츄파춥스
>>>
```



# 응용예제 02 폴더 및 하위 폴더에 중복된 파일 이름 찾기

난이도★★★★☆

## 예제 설명

특정 폴더를 지정해서 해당 폴더 및 그 하위 폴더에 모든 파일을 조회한다. 그리고 이름이 동일한 파일이 있으면 그 이름을 출력한다. 예로 C:/Program Files/Common Files/ 폴더 및 그 하위 폴더 아래에는 이름이 동일한 파일이 몇 개 있다. 단 여러 번 중복되더라도 한 번만 출력하자.

## 실행 결과

A screenshot of a Python shell window titled 'Python'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'Shell', 'Debug', 'Options', 'Window', and 'Help'. The shell output shows a restart message for a script named 'C:\CookData\WE08-02.py'. Below this, it displays the command being executed: 'C:/Program Files/Common Files/ 및 그 하위 디렉터리의 중복된 파일 목록 -->'. The result is a list of file names in single quotes: ['VSTOLoaderUI.dll', 'TFSOfficeAdd-inUI.dll', 'tipresx.dll.mui', 'TFSOfficeAdd-in.dll', 'pdmui.dll', 'VSTOInstallerUI.dll', 'vmciver.dll']. The prompt '>>>' is visible at the bottom left of the shell area. The status bar at the bottom right indicates 'Ln: 660 Col: 29'.

```
Python
File Edit Shell Debug Options Window Help
===== RESTART: C:\CookData\WE08-02.py =====
C:/Program Files/Common Files/ 및 그 하위 디렉터리의 중복된 파일 목록 -->
['VSTOLoaderUI.dll', 'TFSOfficeAdd-inUI.dll', 'tipresx.dll.mui', 'TFSOfficeAdd-in.dll', 'pdmui.dll', 'VSTOInstallerUI.dll', 'vmciver.dll']
>>>
Ln: 660 Col: 29
```