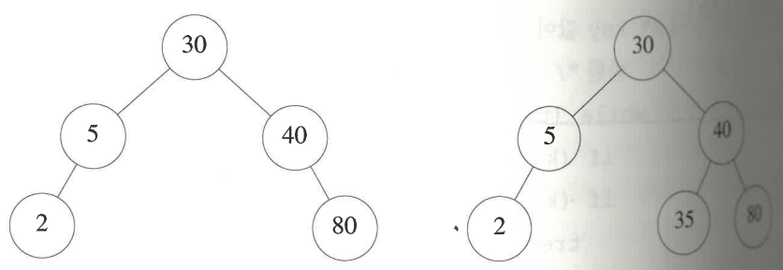
```
    return NULL;
}
```

프로그램 5.16: 이원 탐색 트리의 반복적 탐색

*search*와 *iterSearch*의 분석: 만약 높이가 h인 이진 탐색 트리에 대해 *search*나 *iterSearch* 함수를 사용하면 $O(h)$ 시간 내에 탐색을 수행할 수 있다. 그러나 *search*는 $O(h)$의 추가적인 스택 공간을 사용한다. □

5.7.3 이원 탐색 트리에서의 삽입

키 값이 *key*인 사전 쌍을 삽입하기 위해서는 먼저 키 값이 기존의 원소들이 가지고 있는 키 값과 다른지를 확인하여야 하므로, 이를 위해 탐색이 수행된다. 만약 탐색이 실패하면 탐색이 종료된 그 지점에 쌍을 삽입한다. 예를 들어 키 값 80을 가진 쌍을 그림 5.29(b)(키 값만 표현)의 트리에 삽입하기 위해서는 먼저 트리에서 80을 탐색해야 한다. 이 탐색은 실패하고 마지막으로 검사한 노드의 키 값이 40이다. 새로운 쌍은 이 노드의 오른쪽 자식으로 삽입하면 된다. 그 결과 탐색 트리는 그림 5.30(a)와 같다. 그림 5.30(b)는 그림 5.30(a)의 탐색 트리에 다시 키 35를 가진 쌍을 삽입한 결과를 보여주고 있다. 이 삽입 과정을 구현한 것이 *insert*(프로그램 5.17)이다. 이 함수는 *iterSearch*(프로그램 5.16) 함수를 약간 수정해서 만든 *modifiedSearch* 함수를 이용한다. 이 함수는 이원 탐색 트리 **node*에서 키 값 k를 탐색하는데, 만약 트리가 공백이거나 k가 존재하면 *NULL*을 반환하고 그렇지 않으면 탐색 도중에 마지막으로 검사한 노드에 대한 포인터를 반환한다. 새로운 쌍은 이 노드의 자식으로 삽입된다. ◇



(a) Insert 80　　(b) Insert 35

그림 5.30 이원 탐색 트리에 삽입

***insert*의 분석:** 높이 h인 트리에서 k를 탐색하는 데 필요한 시간은 $O(h)$이고 알고리즘의 나머지 부분은 $\Theta(1)$의 시간을 필요로 한다. 그러므로 *insert*가 필요한 전체 시간은 $O(h)$이다. □

```
void insert(treePointer *node, int k, iType theItem)
/* 트리 내 노드가 k를 가리키고 있으면 아무 일도 하지 않음;  그렇지 않은 경우는
   data = (k, theItem)인 새 노드를 첨가 */
  treePointer ptr, temp = modifiedSearch(*node, k);
  if (temp || !(*node)) {
    /* k is not in the tree * /
    MALLOC(ptr, sizeof(*ptr));
    ptr→data.key = k;
    ptr→data.item = theItem;
    ptr→leftChild = ptr→rightChild = NULL;
    if (*node) /* insert as child of temp */
      if (k < temp→data.key) temp→leftChild = ptr;
      else temp→rightChild = ptr;
    else *node = ptr;
  }
}
```

프로그램 5.17: 이원 탐색 트리에 사전 쌍의 삽입

5.7.4 이원 탐색 트리에서의 삭제

이원 탐색 트리에서 리프의 삭제는 간단하다. 예를 들어 그림 5.30(b)의 트리에서 35를 삭제하려면 그 노드 부모의 왼쪽 자식 필드를 0(*NULL*)으로 만들고 삭제된 노드를 반환하면 된다. 그 결과는 그림 5.30(a)의 트리와 같다. 이 트리에서 80을 삭제하려면 40의 오른쪽 자식 필드를 0으로 만들면 된다. 이 결과는 그림 5.29(b)와 같다. 80을 포함했던 노드는 반환된다.

하나의 자식만 가지고 있는 비리프 노드의 삭제도 간단하다. 삭제될 원소를 포함하고 있는 노드는 반환되고 삭제된 노드의 독자 자식을 삭제된 노드의 자리에 위치시키면 된다. 그래서 그림 5.30(a)의 트리에서 5를 삭제할 경우 부모 노드(30을 포함하고 있는 노드)의 왼쪽 자식 포인터가 독자 자식 노드(2를 포함하고 있는 노드)를 가리키도록 변경하면 된다.