Clickseo.com

C Programming

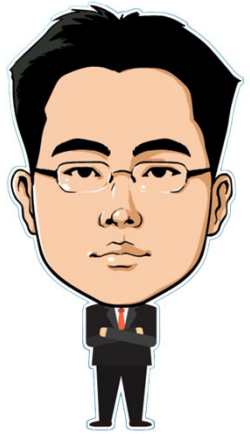
리스트

(List)

Seo, Doo-Ok

Clickseo.com

clickseo@gmail.com



목 차

백문이불여일타(百聞而不如一打)

- 선형 리스트
- 연결 리스트

선형 리스트

백문이불여일타(百聞而不如一打)

- **선형 리스트**
  - 선형 리스트 구현
- 연결 리스트

선형 리스트 (1/4)

- **리스트(List)**
  - **목록, 대부분의 목록은 도표(Table) 형태로 표시**
    - 추상 자료형 리스트는 이러한 목록 또는 도표를 추상화한 것

이름 리스트	좋아하는 음식 리스트	오늘의 할 일 리스트
서두옥	김치찌개	자료구조 수업
홍길동	크림 스파게티	보고서 작성
이순신	불고기 피자	드라마 시청
이도	잡채	청소 하기
…	…	…

선형 리스트 (2/4)

● 선형 리스트(Linear List)

❍ 순서 리스트(Ordered List)

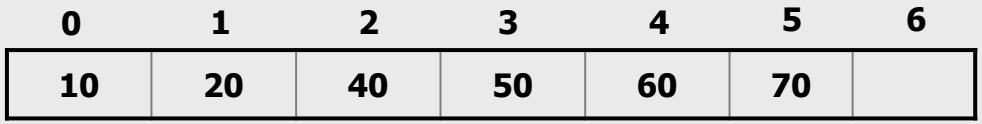
- 리스트에서 나열한 원소들 간에 순서를 가지고 있는 리스트
- 원소들 간의 논리적인 순서와 물리적인 순서가 같은 구조(순차 자료구조)

이름 리스트		좋아하는 음식 리스트		오늘의 할 일 리스트	
1	서두옥	1	김치찌개	1	자료구조 수업
2	홍길동	2	크림 스파게티	2	보고서 작성
3	이순신	3	불고기 피자	3	드라마 시청
4	이도	4	잡채	4	청소 하기

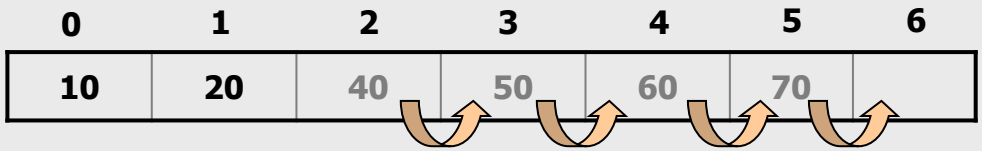
선형 리스트 (3/4)

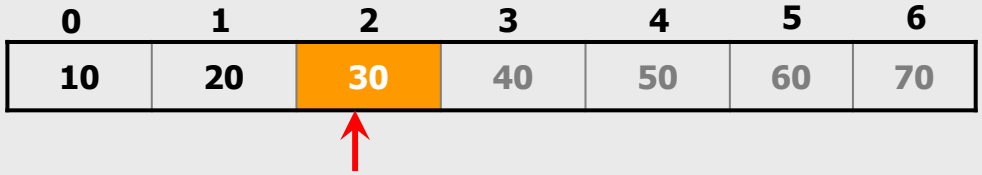
- **선형 리스트:** 원소 삽입
  - 선형 리스트에서 원소 삽입

원소 삽입 전



원소 삽입 후





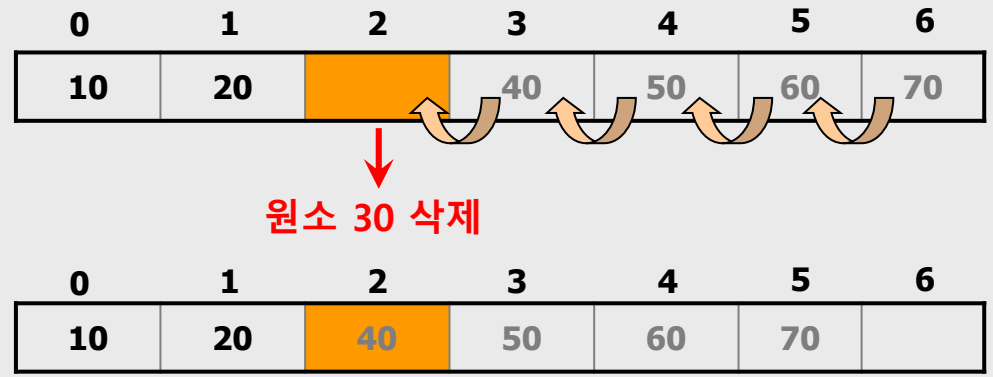
선형 리스트 (4/4)

- **선형 리스트:** 원소 삭제
  - 선형 리스트에서 원소 삭제

원소 삭제 전

0	1	2	3	4	5	6
10	20	30	40	50	60	70

원소 삭제 후



선형 리스트

선형 리스트 구현

선형 리스트 구현 (1/2)

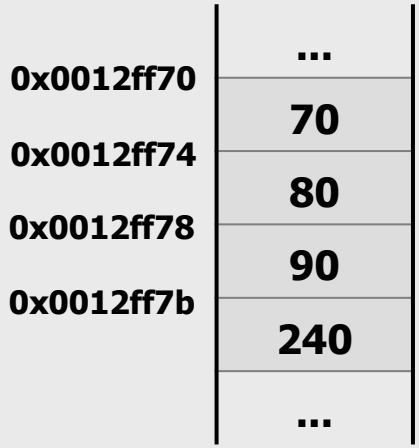
- **1차원 배열의 순차 표현**
  - 1차원 배열은 인덱스를 하나만 사용하는 배열

과 목	국어	영어	수학	총점
점 수	70	80	90	240

```
int arr[4] = {70, 80, 90, 240};
```

	[0]	[1]	[2]	[3]
arr	70	80	90	240

[학생 성적의 선형 리스트의 논리 구조]



[학생 성적의 선형 리스트의 물리 구조]

선형 리스트 구현 (2/2)

- **2차원 배열의 순차 표현**
  - 행과 열의 구조로 나타내는 배열
    - 메모리에 저장될 때에는 1차원의 순서로 저장

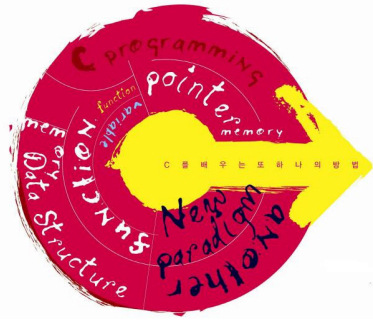
과목 / 학생	국어	영어	수학	총점
1	70	80	90	240
2	50	60	70	180
3	60	70	80	210

```
int score[3][4] = {
                        {70, 80, 90},
                        {50, 60, 70},
                        {60, 70, 80}
                  };
```

연결 리스트

백문이불여일타(百聞而不如一打)

- 선형 리스트
- **연결 리스트**
  - 단순 연결 리스트
  - 원형 연결 리스트
  - 이중 연결 리스트



연결 리스트 (1/4)

● 순차 선형 리스트의 문제점

❍ 리스트의 순서 유지를 위해 원소들의 삽입과 삭제가 어렵다.

- **삽입 또는 삭제 연산 후에 연속적인 물리 주소를 유지하기 위해서 원소들을 이동시키는 추가적인 작업과 시간이 소요된다.**
  - 원소들의 빈번한 이동 작업으로 인한 오버헤드가 발생
  - 원소의 개수가 많고 삽입과 삭제 연산이 많이 발생하는 경우 더 많이 발생한다.

❍ 메모리 사용의 비효율성

- **최대한의 크기를 가진 배열을 처음부터 준비해 두어야 하기 때문에 기억 장소의 낭비를 초래할 수 있다.**

❍ 파이썬 내장 리스트

- **파이썬 리스트는 배열로 구현되어 있다.**

[이미지 출처: "IT CookBook, 쉽게 배우는 자료구조 with 파이썬", 문병로, 한빛아카데미, 2022.]

연결 리스트 (2/4)

- **연결 리스트(Linked List)**
  - 순차 자료구조에서의 연산 시간에 대한 문제와 저장 공간에 대한 문제를 개선한 자료 표현 방법
    - 연결 자료구조(Linked Data Structure)
    - 비 순차 자료구조(Nonsequential Data Structure)
    - 데이터 아이템을 줄줄이 엮은(Link, Chain) 것
  - 노드(Node): <원소, 주소> 단위로 저장
    - **데이터 필드**(Data Field): 원소의 값을 저장
    - **링크 필드**(Link Field): 노드의 주소를 저장

연결 리스트 (3/4)

- **자기 참조 구조체**
  - 자신의 구조체 자료형을 가리키는 포인터 멤버를 가질 수 있다.

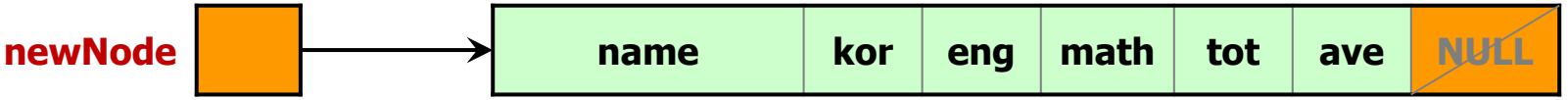
```
struct __score {
    char            name[12];
    int             kor, eng, math, tot;
    float           ave;
    struct __score* link;
};
typedef struct __score SCORE;
```

- **link** 멤버는 자신과 같은 구조의 구조체 주소를 저장하고 있다가 필요 시 저장된 주소의 구조체에 접근하는 것을 목표로 한다.

연결 리스트 (4/4)

- **자기 참조 구조체:** 구조체 노드
  - 구조체 노드의 생성

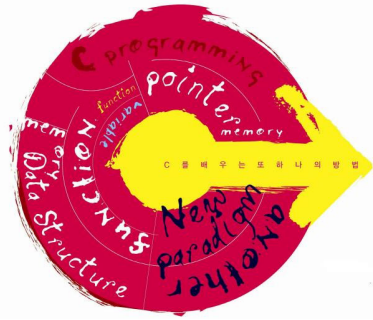
```
// struct __score *head = NULL;
SCORE*    head = NULL;

// SCORE 크기의 메모리 할당
SCORE*    newNode = (SCORE*)malloc(sizeof(SCORE));
if(newNode == NULL) {
    printf("메모리 할당 실패!!! \n");
    exit(100);
}
```



연결 리스트

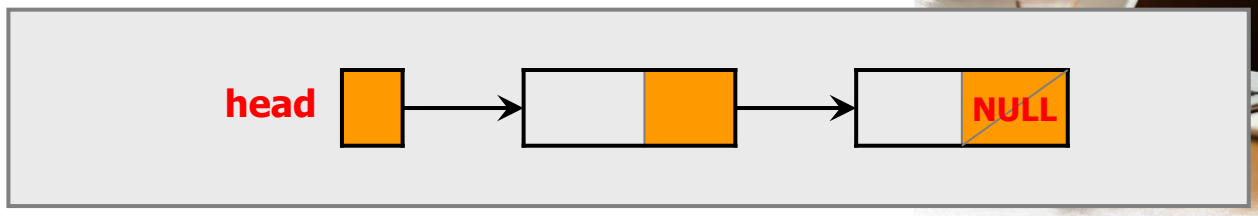
백문이불여일타(百聞而不如一打)

- 선형 리스트
- **연결 리스트**
  - **단순 연결 리스트**
  - 원형 연결 리스트
  - 이중 연결 리스트



연결 리스트

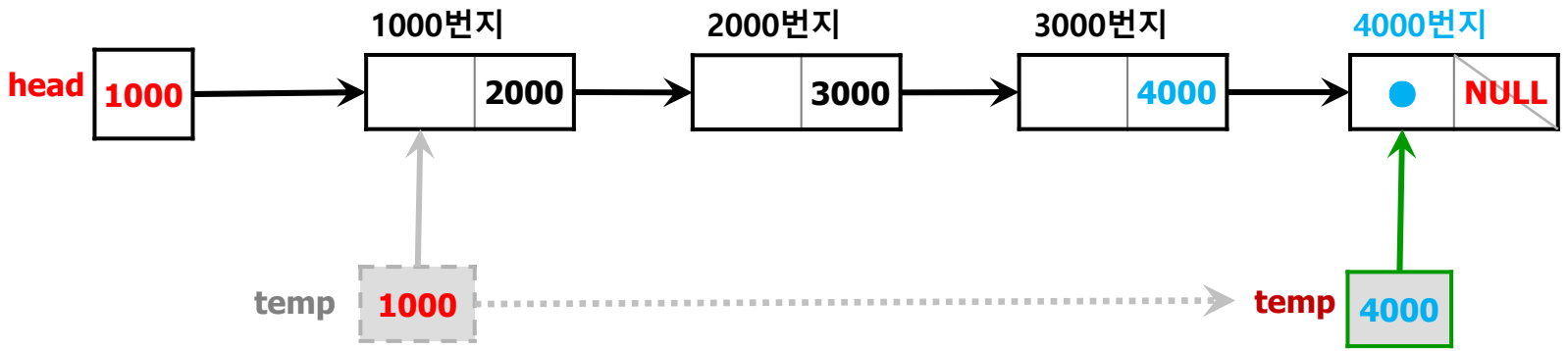
단순 연결 리스트: 알고리즘



단순 연결 리스트 (4/11)

- **단순 연결 리스트: 탐색 알고리즘**
  - 리스트에서 조건을 만족하는 데이터를 가진 노드 탐색 알고리즘

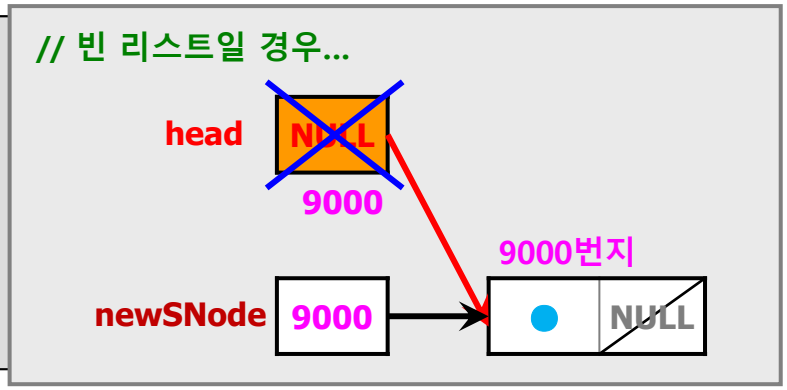
```
searchSNode(head, data)
    temp ← head;
    while (temp != NULL) do
    {
          if (temp.data = data) then
                return temp;
          temp ← temp.link;
    }
    if (temp = NULL)  then
          return NULL;
end searchSNode()
```



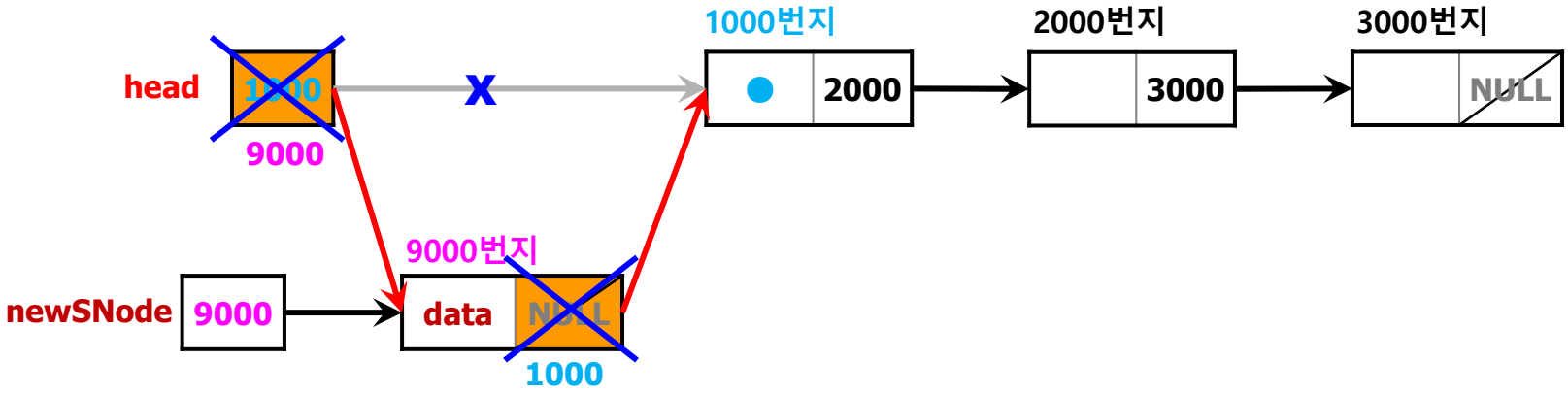
단순 연결 리스트 (5/11)

- **단순 연결 리스트:** 삽입 알고리즘
  - 리스트의 첫 번째 노드 삽입 알고리즘

```
insertFirstSNode(head, data)
    newSNode ← makeSNode(data);
    newSNode.link = head;
    head ← newSNode;
end insertFirstSNode()
```



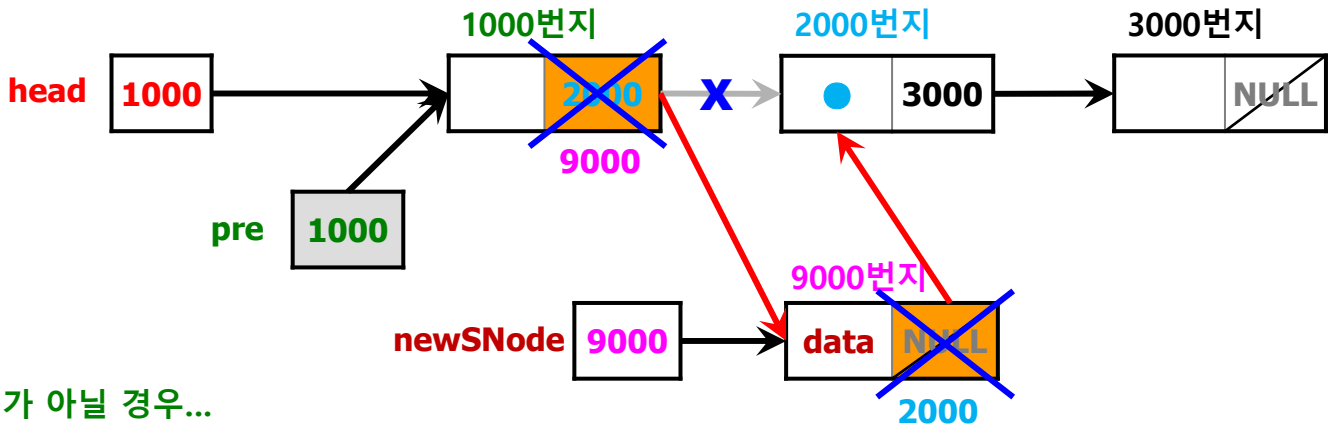
// 빈 리스트가 아닐 경우...



단순 연결 리스트 (6/11)

- **단순 연결 리스트:** 삽입 알고리즘
  - 리스트의 중간 노드 삽입 알고리즘

```
insertMiddleSNode(head, pre, data)
    newSNode ← makeSNode(data);
    if (head = NULL) then
          head ← newSNode;
    else {
          newSNode.link ← pre.link;
          pre.link ← newSNode;
    }
end insertMiddleSNode()
```

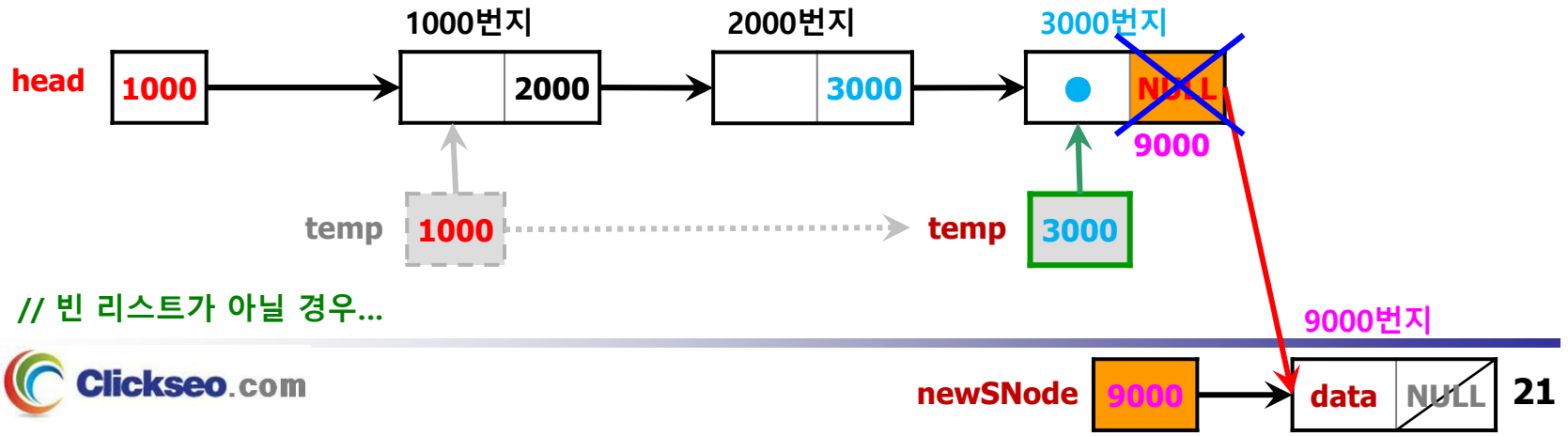


// 빈 리스트가 아닐 경우...

단순 연결 리스트 (7/11)

- **단순 연결 리스트:** 삽입 알고리즘
  - 리스트의 마지막 노드 삽입 알고리즘

```
insertLastSNode(head, data)
    newSNode ← makeSNode(data);
    if (head = NULL) then
          head ← newSNode;
    else  {
          // 맨 마지막 노드 탐색
          temp ← head;
          while (temp.link != NULL) do
                temp ← temp.link;
          temp.link ← newSNode;
    }
end insertLastSNode()
```



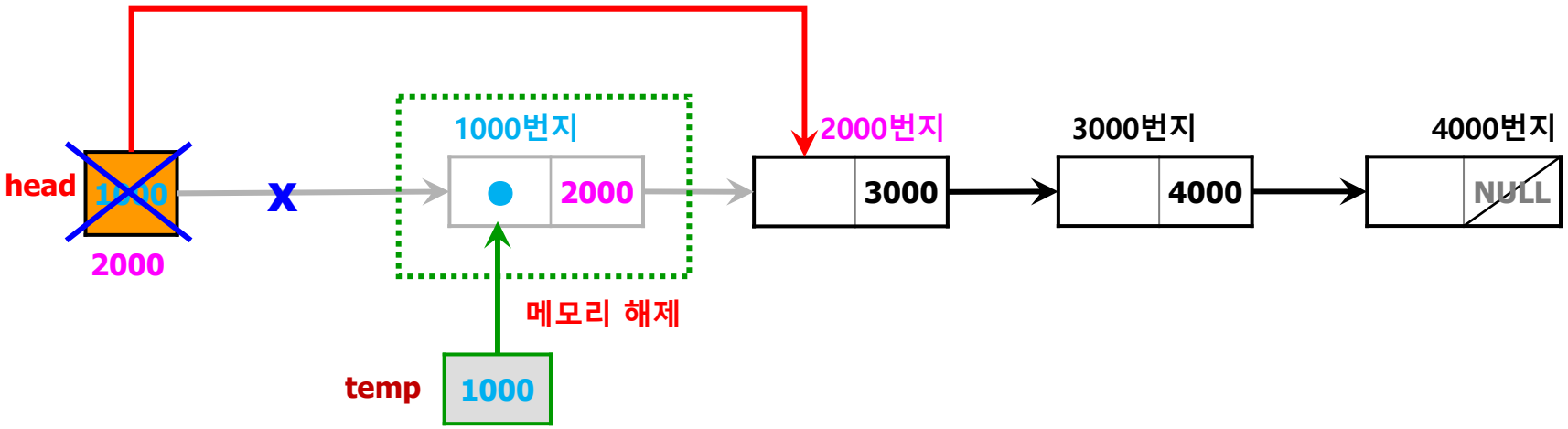
단순 연결 리스트 (8/11)

- **단순 연결 리스트:** 삭제 알고리즘
  - 리스트에서 조건을 만족하는 노드 삭제 알고리즘

```
deleteSNode(head, data)
    if (head = NULL) then error;
    else {
          temp ← head;
          while (temp != NULL) {
                    if (temp.data = data) then  {
                         if (temp = head) then deleteFirstNode();
                         else if (temp = NULL) then deleteLastNode();
                         else deleteMiddleNode();
                    }
                    pre ← temp;
                    temp ← temp.link;
          }
    }
end deleteSNode()
```

단순 연결 리스트 (9/11)

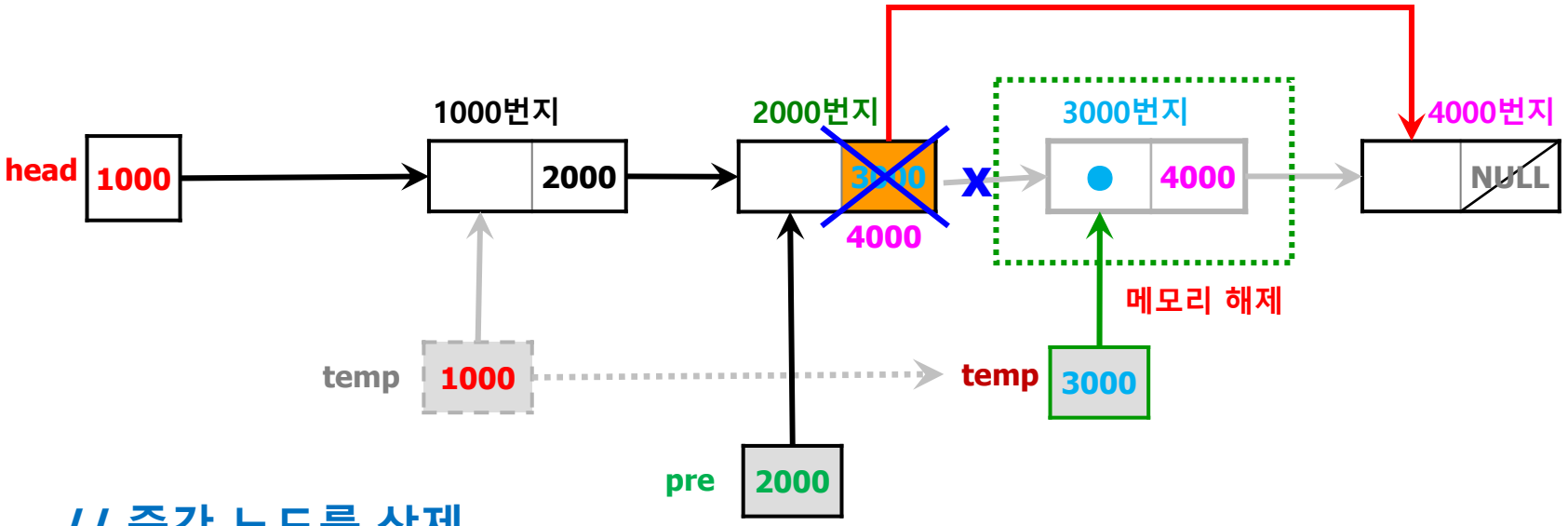
- **단순 연결 리스트:** 삭제 알고리즘
  - 리스트의 첫 번째 노드를 삭제
    - 삭제할 노드(temp)의 다음 노드(temp.link)를 head로 연결한다.




```
// 첫 번째 노드를 삭제
// deleteFirstSNode();
```

단순 연결 리스트 (10/11)

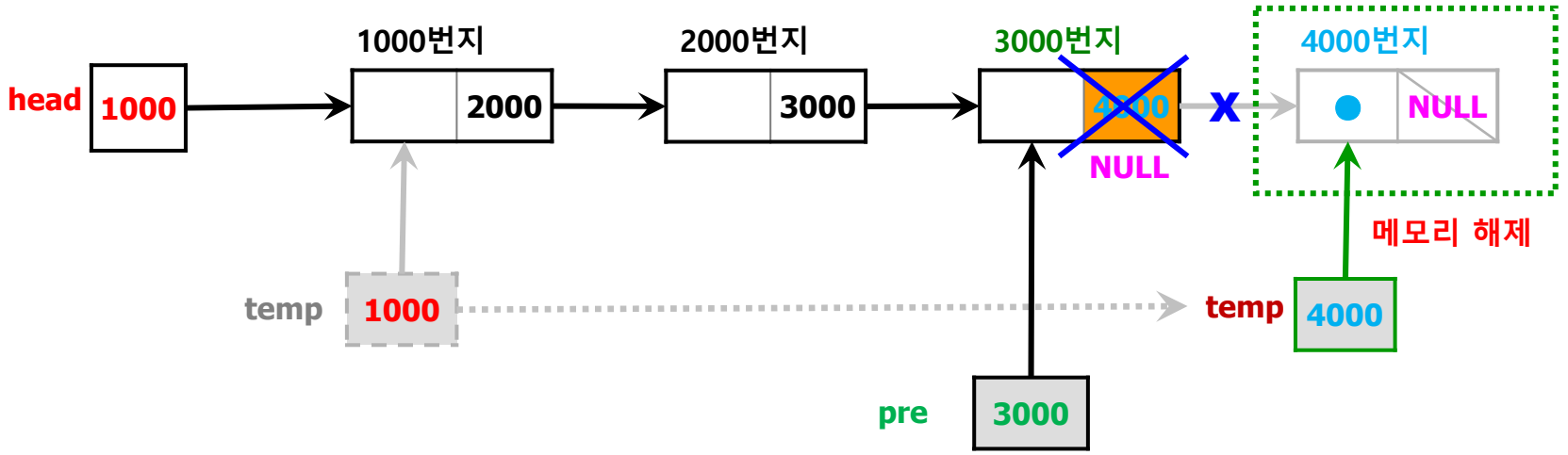
- **단순 연결 리스트:** 삭제 알고리즘
  - 리스트의 중간 노드를 삭제
    - 삭제할 노드(temp) 탐색 후 다음 노드(temp.link)를 이전 노드(pre)의 다음 노드(pre.link)로 연결한다.



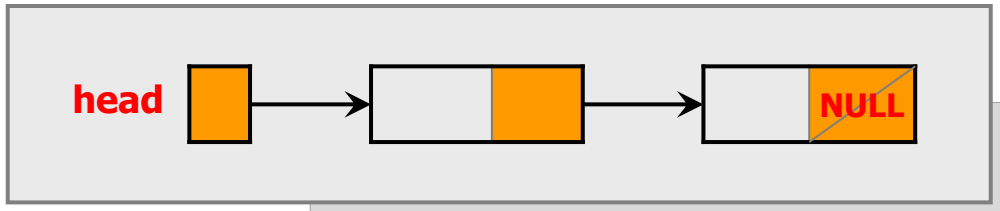

```
// 중간 노드를 삭제
// deleteMiddleSNode();
```

단순 연결 리스트 (11/11)

- **단순 연결 리스트:** 삭제 알고리즘
  - 리스트의 마지막 노드를 삭제
    - 삭제할 노드(old) 탐색 후 이전 노드(pre)의 링크 필드(pre.link)를 NULL로 만든다.




```
// 마지막 노드를 삭제
// deleteLastSNode();
```



연결 리스트

단순 연결 리스트 구현: C

단순 연결 리스트 구현: C (1/9)

- **단순 연결 리스트 구현: C**

```c
// 파일명: singleLinkedList(head).h
// #pragma once
#include "LinkedNode.h"    // SNode, makeSNode

// 구조체: SLinkedList
#ifndef __SLinkedList_H__
#define __SLinkedList_H__
typedef struct __SLinkedList {
      SNode          *__head;      // 첫 번째 노드
      // SNode*      __tail;       // 맨 마지막 노드
      // int         __count;      // 노드의 총 개수
}SLinkedList;
#endif

// 단순 연결 리스트 구현(C): 리스트 생성 및 활용
SLinkedList   *sListCreate(void);                                  // 빈 리스트 생성
SLinkedList   *sListDestroy(SLinkedList *sList);                   // 리스트 삭제: 전체 노드 삭제
void          sListAddRear(SLinkedList *sList, SNode *nNode);      // 삽입: 리스트의 맨 첫번째 노드로..
void          sListRemoveFront(SLinkedList *sList);                // 삭제: 리스트의 맨 마지막 노드를...
SNode         *frontSNode(SLinkedList *sList);                     // 검색: 첫 번째 노드(head)
SNode         *rearSNode(SLinkedList *sList);                      // 검색: 맨 마지막 노드(tail)
int           countSNode(SLinkedList *sList);                      // 검색: 노드의 총 개수(count)
_Bool         sListEmpty(SLinkedList *sList);                      // 빈 리스트 여부 판단
void          printSLinkedList(SLinkedList *sList);                // 리스트 전체 출력
```

```c
// 파일명: LinkedNode.h
// #pragma once
typedef       int             element;

// 노드: SNode(data, link)
#ifndef __SNode_H__
#define __SNode_H__
typedef struct __SNode {
      element                 __data;
      struct __SNode          *__link;
}SNode;
#endif

SNode         *makeSNode(element data);
```

단순 연결 리스트 구현: C (2/9)

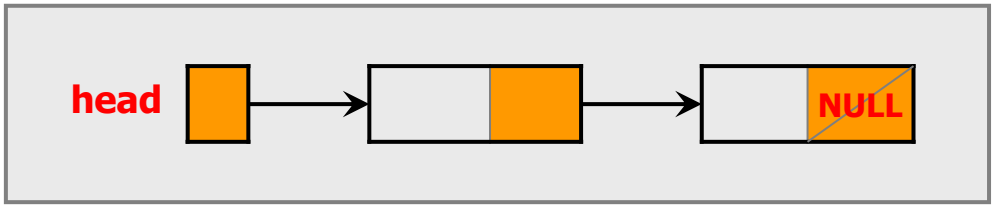
예제 4-1: 단순 연결 리스트 SLinkedList(head)(demo).c

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>                     // exit, malloc, free
#include <stdbool.h>                    // bool, true, false
#include "SLinkedList(head).h"          // SLinkedList, SNode, makeSNode
// #include "LinkedNode.h"              // SNode, makeSNode

int main(void)
{
        int             num;
        SLinkedList     *sList = sListCreate();
        while(true) {
                printf("임의의 정수 입력(종료: 0) : ");
                scanf_s("%d", &num);
                // scanf("%d", &num);
                if(num == 0)
                        break;

                SNode   *newSNode = makeSNode(num);  // 새로운 노드 생성
                sListAddRear(sList, newSNode);       // 맨 마지막 노드로 삽입
        }
        printSLinkedList(sList);

        sList = sListDestroy(sList);
        return 0;
}
```

```
임의의 정수 입력(종료: 0) : 1
임의의 정수 입력(종료: 0) : 2
임의의 정수 입력(종료: 0) : 3
임의의 정수 입력(종료: 0) : 4
임의의 정수 입력(종료: 0) : 5
임의의 정수 입력(종료: 0) : 0

### 입력된 데이터 ###
1 ->> 2 ->> 3 ->> 4 ->> 5 ->> NULL
```

단순 연결 리스트 구현: C (3/9)

예제 4-1: 단순 연결 리스트 LinkedNode.h




```
// #pragma once
typedef int    element;

// 단순 연결 리스트 구현(C)
// 노드: SNode(data, link)
#ifndef __SNode_H__
#define __SNode_H__
typedef struct __SNode {
        element                 __data;
        struct __SNode          *__link;
}SNode;
#endif

SNode   *makeSNode(element data);
```

단순 연결 리스트 구현: C (4/9)

예제 4-1: 단순 연결 리스트 LinkedNode.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>                    // malloc, free
#include "LinkedNode.h"                // SNode

// 단순 연결 리스트 구현(C)
// 새로운 노드(data, link) 생성
SNode  *makeSNode(element num) {
        SNode   *newSNode = (SNode*)malloc(sizeof(SNode));
        if (newSNode == NULL) {
                printf("노드 생성 실패!!! \n");
                exit(1);
        }
        newSNode->__data = num;
        newSNode->__link = NULL;
        return newSNode;
}
```

단순 연결 리스트 구현: C (5/9)

예제 4-1: 단순 연결 리스트 SLinkedList(head).h

```
// #pragma once
#include "LinkedNode.h"                 // SNode, makeSNode

// 구조체: SLinkedList
#ifndef __singleLinkedList_H__
#define __singleLinkedList_H__
typedef struct __SLinkedList {
        SNode           *__head;                // 첫 번째 노드
        // SNode*       __tail;         // 맨 마지막 노드
        // int          __count;        // 노드의 총 개수
}SLinkedList;
#endif

// 단순 연결 리스트 구현(C): 리스트 생성 및 활용
SLinkedList    *sListCreate(void);                      // 빈 리스트 생성
SLinkedList    *sListDestroy(SLinkedList *sList);       // 리스트 삭제: 전체 노드 삭제
void    sListAddRear(SLinkedList *sList, SNode *nNode); // 삽입: 맨 마지막 노드로…
void    sListRemoveFront(SLinkedList *sList);           // 삭제: 리스트의 첫 번째 노드를…
SNode   *frontSNode(SLinkedList *sList);                // 탐색: 첫 번째 노드(head)
SNode   *rearSNode(SLinkedList *sList);                 // 탐색: 맨 마지막 노드(tail)
int     countSNode(SLinkedList *sList);                 // 탐색: 노드의 총 개수(count)
_Bool   sListEmpty(SLinkedList *sList);                 // 빈 리스트 여부 판단
void    printSLinkedList(SLinkedList *sList);           // 리스트 전체 출력
```

단순 연결 리스트 구현: C (6/9)

예제 4-1: 단순 연결 리스트 SLinkedList(head).c (1/4)

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>                     // exit, malloc, free
#include <stdbool.h>                    // bool, true, false
#include "SLinkedList(head).h"          // SLinkedList, SNode, makeSNode
// #include "LinkedNode.h"              // SNode, makeSNode

// 빈 리스트 생성
SLinkedList *sListCreate(void) {
        SLinkedList *sList = (SLinkedList*)malloc(sizeof(SLinkedList));
        if (sList == NULL) {
                printf("메모리 할당 실패!!! \n");
                exit(1);
        }
        sList->__head = NULL;
        return sList;
}

// 리스트 삭제: 전체 노드 삭제
SLinkedList *sListDestroy(SLinkedList *sList) {
        //      while (!sListEmpty(sList))
        //              sListRemoveFront(sList);
        //      free(sList);
        SNode *tNode, * old;
        tNode = sList->__head;
        while (tNode) {
                old = tNode;
                tNode = tNode->__link;
                free(old);
        }
        free(sList);
        return NULL;
}
```

단순 연결 리스트 구현: C (7/9)

예제 4-1: 단순 연결 리스트 SLinkedList(head).c (2/4)

```
// 노드 삽입: 맨 마지막 노드로...
void sListAddRear(SLinkedList *sList, SNode *nNode) {
        if (sListEmpty(sList)) {
                sList->__head = nNode;
        }
        else {
                SNode *rNode = rearSNode(sList);
                rNode->__link = nNode;
        }
}

// 노드 삭제: 첫 번째 노드를...
void    sListRemoveFront(SLinkedList *sList) {
        if (sListEmpty(sList))
                return;

        SNode *old = sList->__head;
        sList->__head = old->__link;
        free(old);
}
```

단순 연결 리스트 구현: C (8/9)

예제 4-1: 단순 연결 리스트 SLinkedList(head).c (3/4)

```
// 탐색: 첫 번째 노드(head)
SNode *frontSNode(SLinkedList *sList) {
        return sList->__head;
}

// 탐색: 맨 마지막 노드(tail)
SNode *rearSNode(SLinkedList *sList) {
        if (sListEmpty(sList))
                return NULL;
        SNode   *rNode = sList->__head;
        while (rNode->__link)
                rNode = rNode->__link;
        return rNode;
}


// 탐색: 노드의 총 개수(count)
int     countSNode(SLinkedList *sList) {
        if (sListEmpty(sList))
                return 0;
        int     count = 0;
        SNode   *rNode = sList->__head;
        while (rNode->__link) {
                count++;
                rNode = rNode->__link;
        }
        return count;
}

// 빈 리스트 여부 판단
_Bool   sListEmpty(SLinkedList *sList) {
        return sList->__head == NULL;
}
```

단순 연결 리스트 구현: C (9/9)

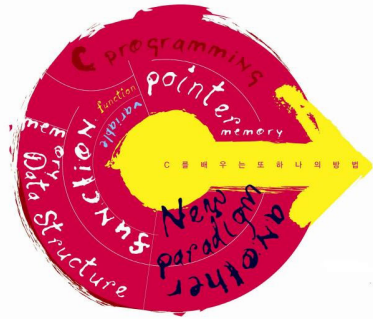
예제 4-1: 단순 연결 리스트 SLinkedList(head).c (4/4)

```
// 리스트 전체 출력
void    printSLinkedList(SLinkedList *sList) {
        if (sListEmpty(sList)) {
                printf("입력된 데이터가 없습니다... \n");
                return;
        }

        printf("\n ### 입력된 데이터 ### \n\n");
        SNode   *tNode = sList->__head;
        while (tNode) {
                printf("%3d ->>", tNode->__data);
                tNode = tNode->__link;
        }
        printf(" NULL\n");
}
```

연결 리스트

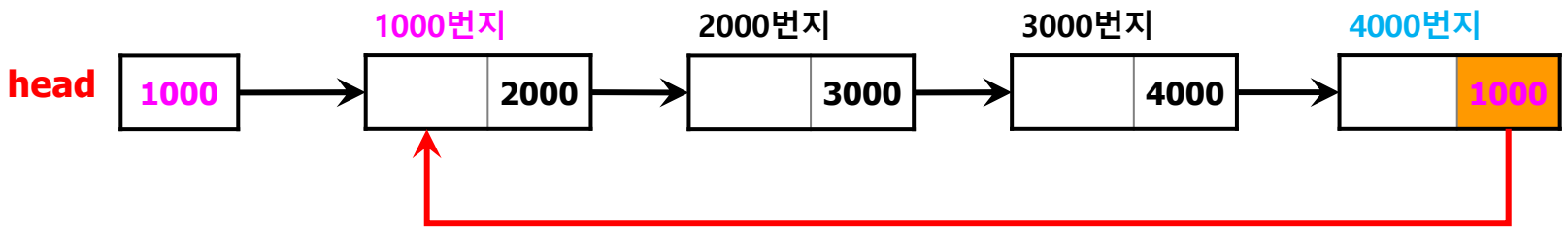
백문이불여일타(百聞而不如一打)

- 선형 리스트
- **연결 리스트**
  - 단순 연결 리스트
  - **원형 연결 리스트**
  - 이중 연결 리스트



원형 연결 리스트

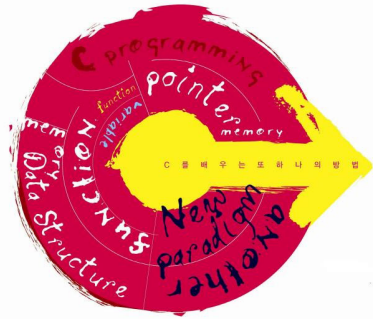
- **원형 연결 리스트**(Circular linked List)
  - 단순 연결 리스트에서 마지막 노드가 리스트의 첫 번째 노드를 가리키게 하여 구조를 원형으로 만든 연결 리스트



연결 리스트

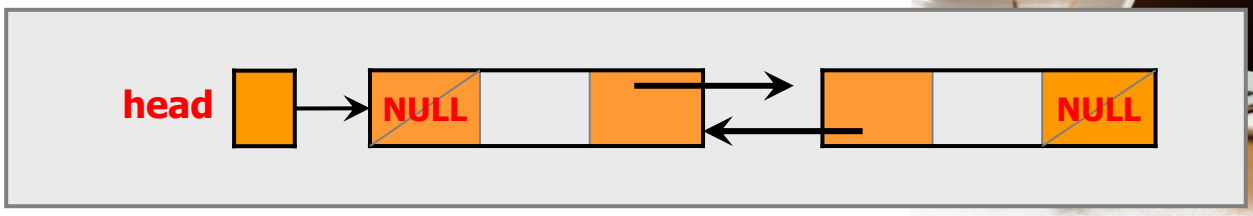
백문이불여일타(百聞而不如一打)

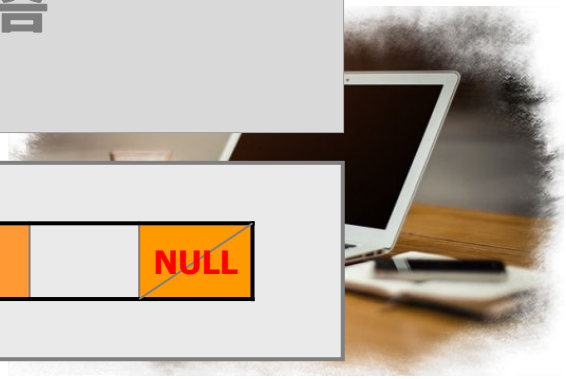
- 선형 리스트
- **연결 리스트**
  - 단순 연결 리스트
  - 원형 연결 리스트
  - **이중 연결 리스트**



연결 리스트

이중 연결 리스트: 알고리즘

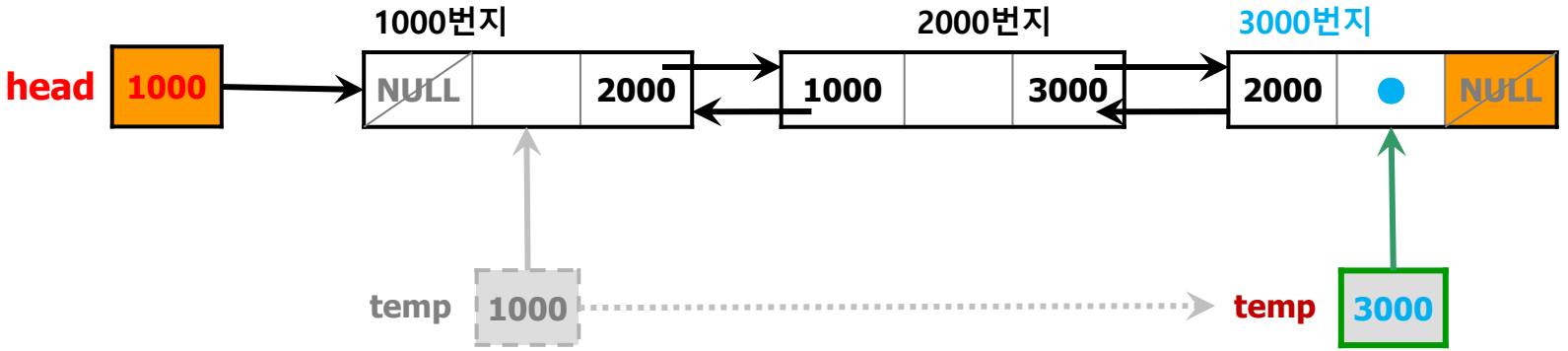




이중 연결 리스트 (4/11)

- **이중 연결 리스트:** 탐색 알고리즘
  - 리스트에서 조건을 만족하는 데이터를 가진 노드 탐색 알고리즘

```
searchDNode(head, data)
    temp ← head;
    while (temp != NULL) do
    {
          if (temp.data = data) then
                return temp;
          temp ← temp.Rlink;
    }
    if (temp = NULL)   then
          return NULL;
end searchDNode()
```

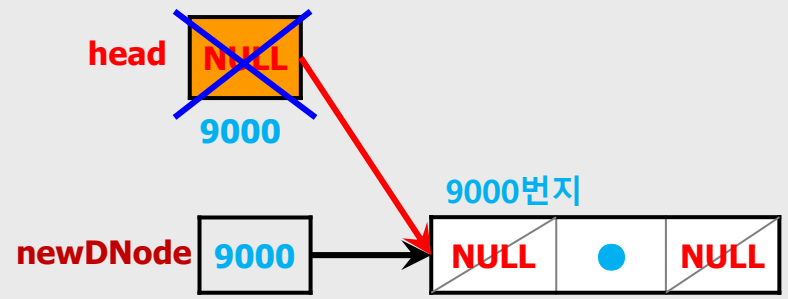


이중 연결 리스트 (5/11)

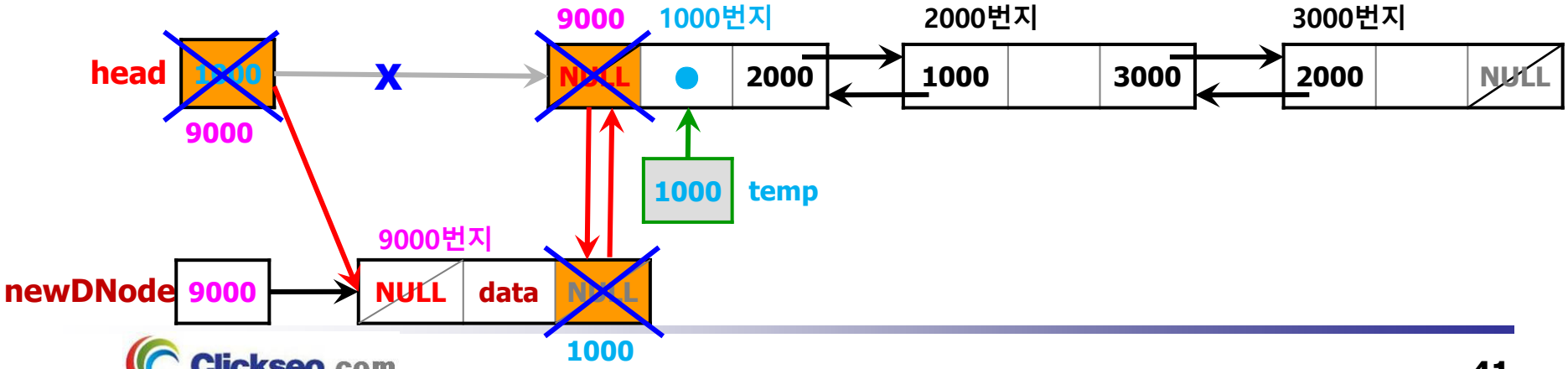
- **이중 연결 리스트:** 삽입 알고리즘
  - 리스트의 첫 번째 노드로 삽입

```
insertFirstDNode(head, data)
    newDNode ← makeDNode(data);
    if (head = NULL) then
          head = newDNode;
    else
    {
          head.Llink = newDNode;
          newDNode.Rlink = head;
          head = newDNode;
    }
end insertFirstDNode()
```

// 빈 리스트일 경우...



// 첫 번째 노드로 삽입

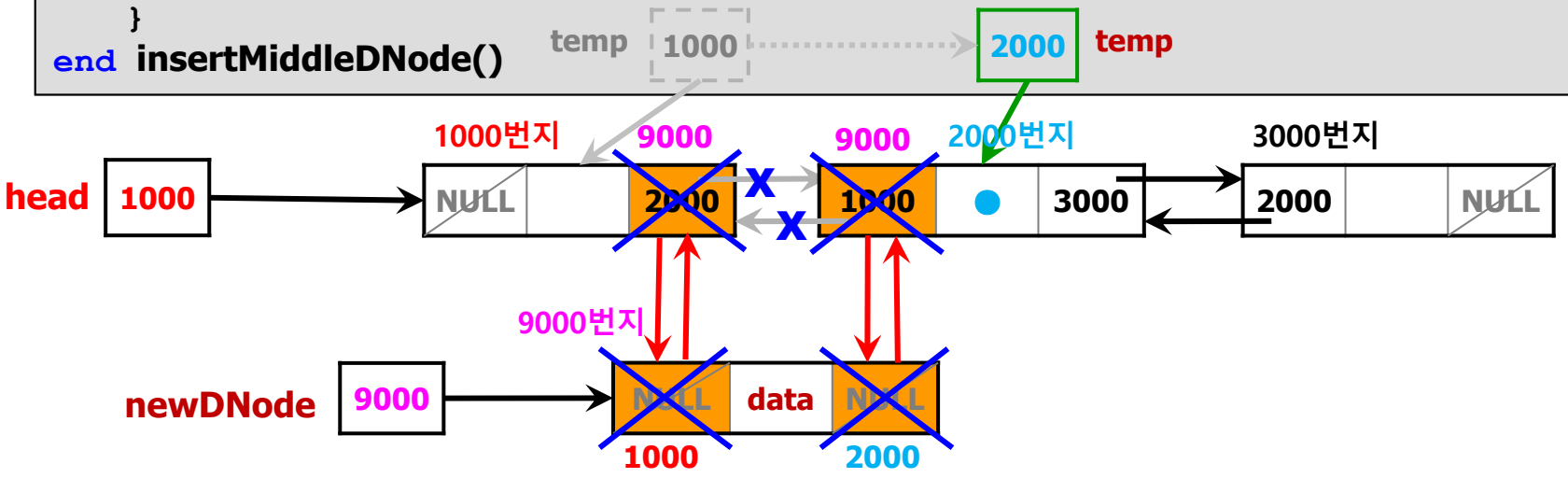


이중 연결 리스트 (6/11)

- **이중 연결 리스트:** 삽입 알고리즘
  - 리스트의 중간 노드로 삽입

```
insertMiddleDNode(head, temp, data)
    newDNode ← makeDNode(data);
    if (head = NULL) then    head = newDNode;
    else
    {
          newDNode.Llink = temp.Llink;
          newDNode.Rlink = temp;
          temp.Llink.Rlink = newDNode;
          temp.Llink = newDNode;
    }
end insertMiddleDNode()
```

// 중간 노드로 삽입

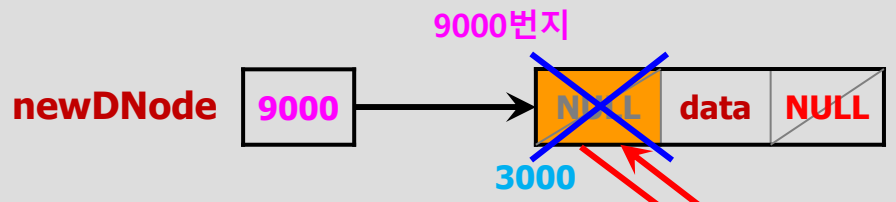


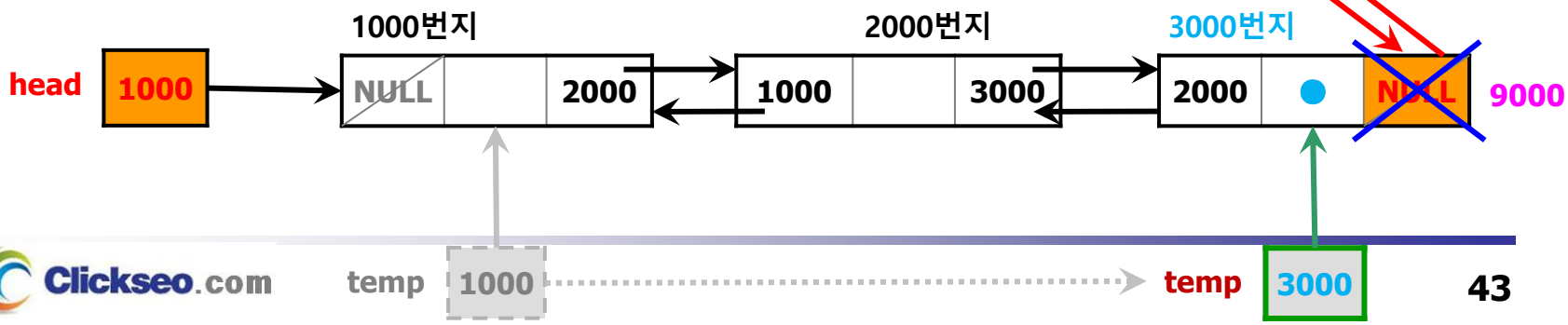
이중 연결 리스트 (7/11)

- **이중 연결 리스트:** 삽입 알고리즘
  - 리스트의 마지막 노드로 삽입

```
insertLastDNode(head, data)
    newDNode ← makeDNode(data);
    if (head = NULL) then
          head = newDNode;
    else
    {
          temp = head;
          while (temp.Rlink != NULL)
                temp = temp.Rlink;

          temp.Rlink = newDNode;
          newDNode.Llink = temp;
    }
end insertLastDNode()
```

// 마지막 노드로 삽입





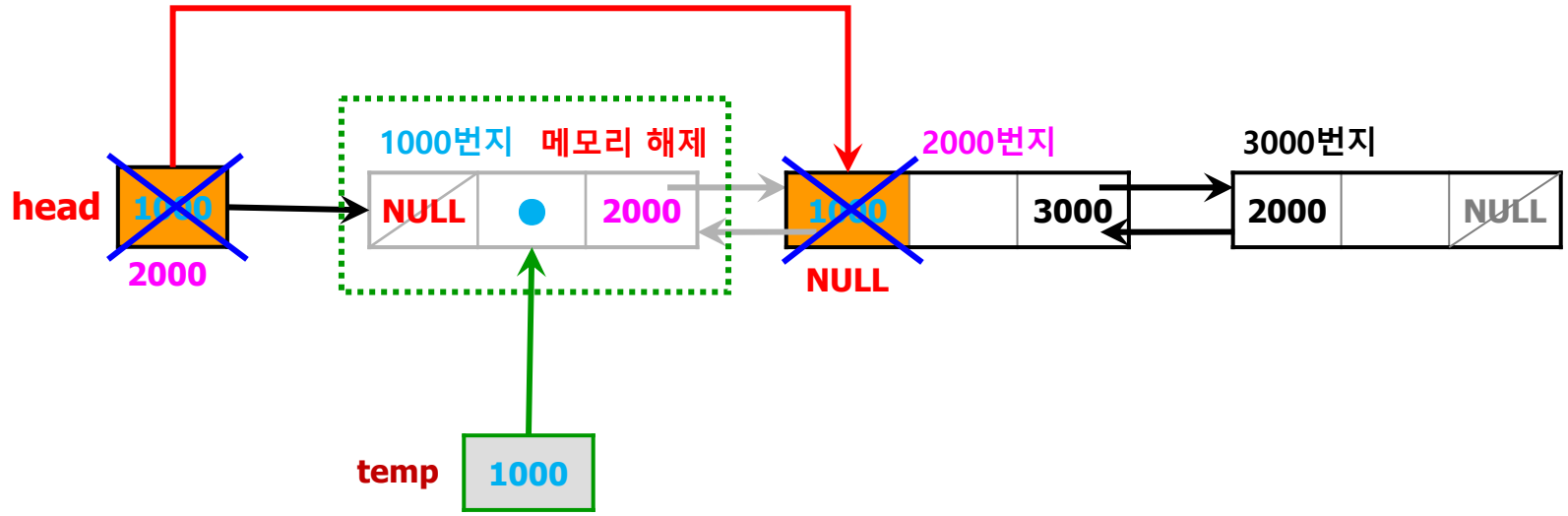
이중 연결 리스트 (8/11)

- **이중 연결 리스트:** 삭제 알고리즘
  - 리스트에서 조건을 만족하는 노드 삭제 알고리즘

```
deleteDNode(head, data)
    if (head = NULL) then error;
    else {
          temp ← head;
          while (temp != NULL)
          {
                    if (temp.data = data) then
                              break;
                    temp ← temp.link;
          }
          if (temp = head) then deleteFirstNode();
          else if (temp = NULL) then deleteLastNode();
          else deleteMiddleNode();
    }
end deleteDNode()
```

이중 연결 리스트 (9/11)

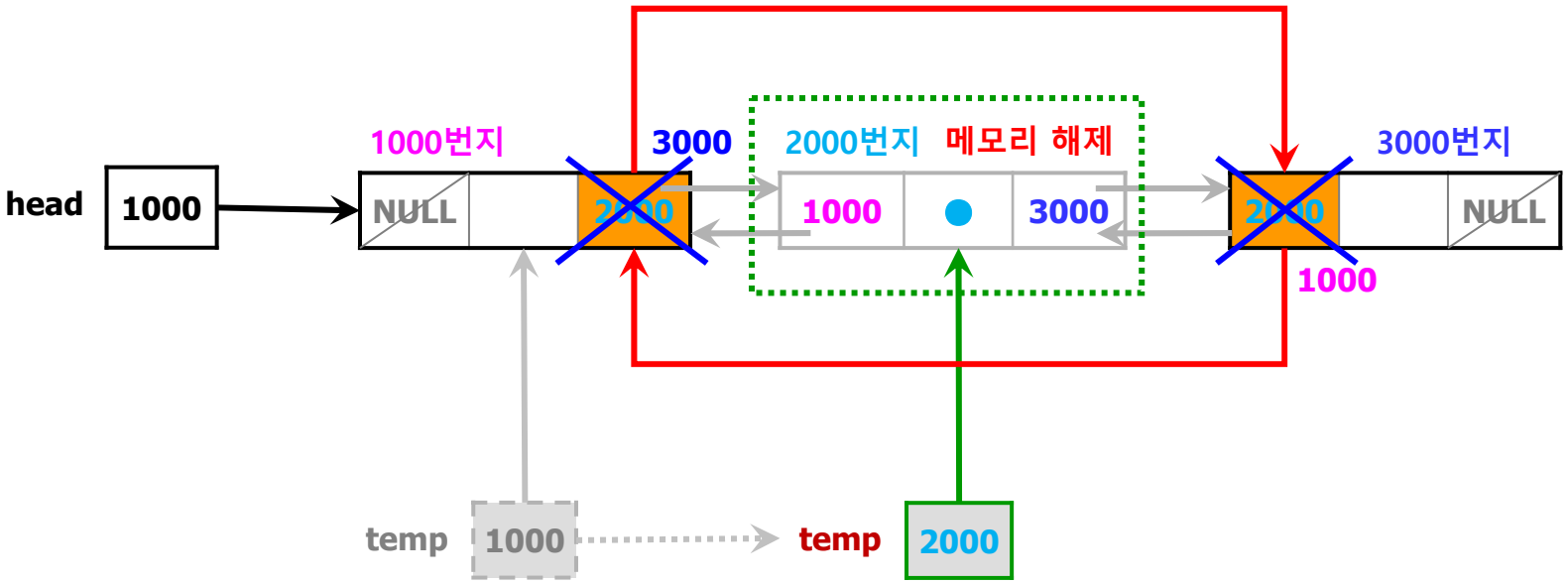
- **이중 연결 리스트:** 삭제 알고리즘
  - 리스트의 첫 번째 노드를 삭제




```
// 첫 번째 노드를 삭제
// deleteFirstDNode();
```

이중 연결 리스트 (10/11)

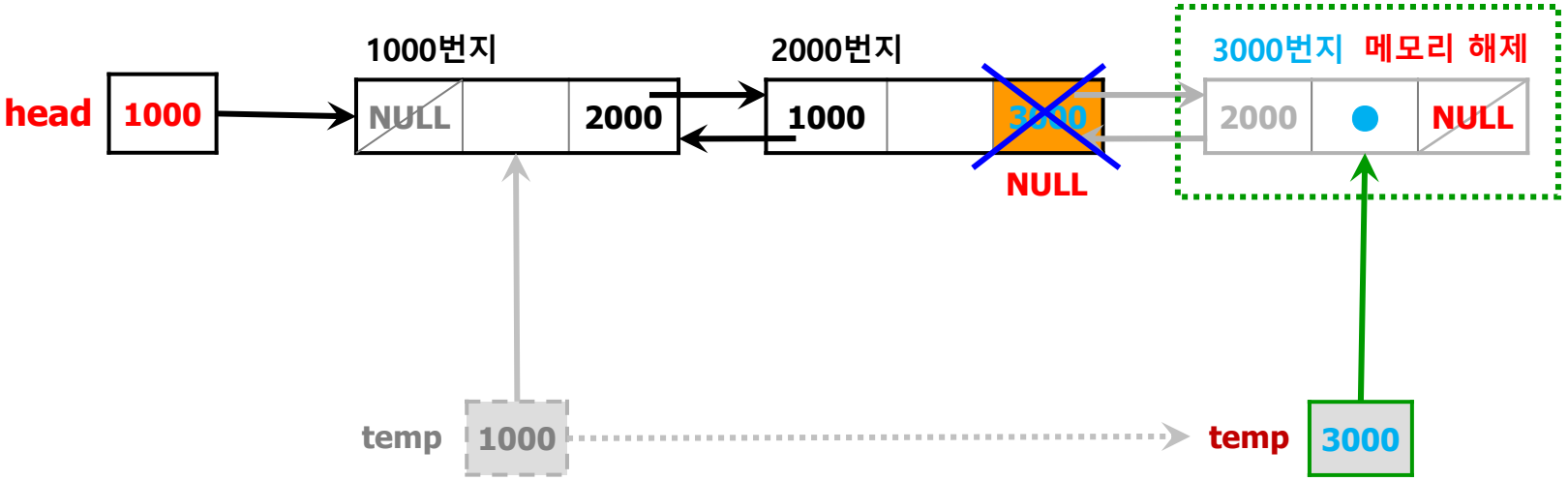
- **이중 연결 리스트:** 삭제 알고리즘
  - 리스트의 중간 노드를 삭제



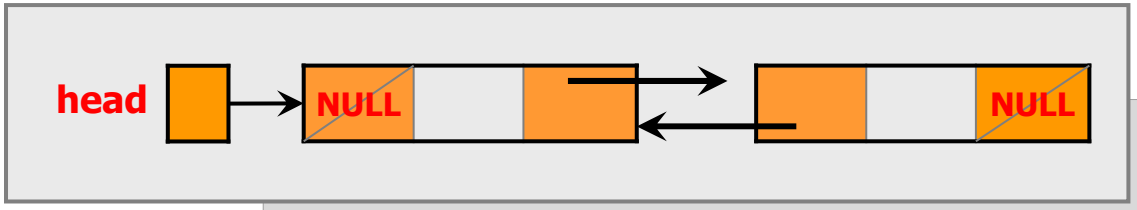

```
// 중간 노드를 삭제
// deleteMiddleDNode();
```

이중 연결 리스트 (11/11)

- **이중 연결 리스트:** 삭제 알고리즘
  - 리스트의 마지막 노드를 삭제




```
// 마지막 노드를 삭제
// deleteLastDNode();
```



연결 리스트

이중 연결 리스트 구현: C

이중 연결 리스트 구현: C (1/9)

- 이중 연결 리스트: C

```c
// 파일명: DLinkedList(head).h
// #pragma once
#include "LinkedNode.h"   // DNode, makeDNode

// 구조체: DLinkedList
#ifndef __DLinkedList_H__
#define __DLinkedList_H__
typedef struct __DLinkedList {
      DNode*          __head;      // 첫 번째 노드
      // SNode*       __tail;      // 맨 마지막 노드
      // int          __count;     // 노드의 총 개수
}DLinkedList;
#endif

// 이중 연결 리스트 구현(C): 리스트 생성 및 활용
DLinkedList  *dListCreate(void);                                  // 빈 리스트 생성
DLinkedList  *dListDestroy(DLinkedList *dList);                   // 리스트 삭제: 전체 노드 삭제
void         dListAddRear(DLinkedList *dList, DNode *nNode);      // 삽입: 리스트의 맨 마지막 노드로...
void         dListRemoveFront(DLinkedList *dList);                // 삭제: 리스트의 첫 번째 노드를...
DNode        *frontDNode(DLinkedList *dList);                     // 탐색: 첫 번째 노드(head)
DNode        *rearDNode(DLinkedList *dList);                      // 탐색: 맨 마지막 노드(tail)
int          countDNode(DLinkedList *dList);                      // 탐색: 노드의 총 개수(count)
_Bool        dListEmpty(DLinkedList *dList);                      // 빈 리스트 여부 판단
void         printDLinkedList(DLinkedList *dList);                // 리스트 전체 출력(순방향)
void         revPrintDLinkedList(DLinkedList *dList);             // 리스트 전체 출력(역방향)
```

```c
// 파일명: LinkedNode.h
// #pragma once
typedef      int            element;

// 이중 연결 리스트 구현(C)
// 노드: DNode(data, Llink, Rlink)
#ifndef __DNode_H__
#define __DNode_H__
typedef struct __DNode {
      element __data;
      struct __DNode      *__Llink;
      struct __DNode      *__Rlink;
}DNode;
#endif

DNode* makeDNode(element data);
```

이중 연결 리스트 구현: C (2/9)

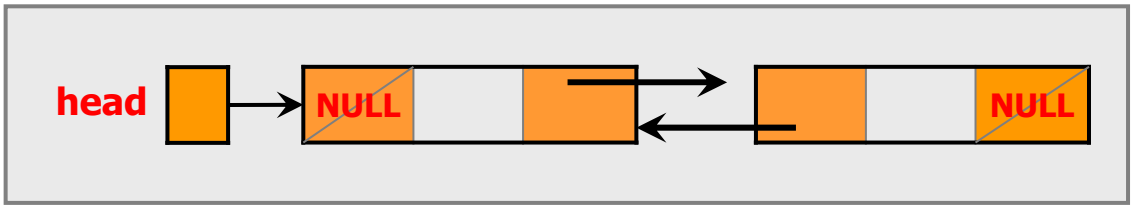
예제 4-4: 이중 연결 리스트 — DLinkedList(head)(demo).c

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>                     // exit, malloc, free
#include <stdbool.h>                    // bool, true, false
#include "DLinkedList(head).h"          // DLinkedList, DNode, makeDNode
// #include "LinkedNode.h"              // DNode, makeDNode

int main(void)
{
        int             num;
        DLinkedList     *dList = dListCreate();
        while (true) {
                printf("임의의 정수 입력(종료: 0) : ");
                scanf_s("%d", &num);
                // scanf("%d", &num);
                if (num == 0)
                        break;

                DNode *newDNode = makeDNode(num);     // 새로운 노드 생성
                dListAddRear(dList, newDNode);        // 맨 마지막 노드로 삽입
        }
        printDLinkedList(dList);      // 순방향 출력
        revPrintDLinkedList(dList);   // 역방향 출력

        dList = dListDestroy(dList);
        return 0;
}
```

```
임의의 정수 입력(종료: 0) : 1
임의의 정수 입력(종료: 0) : 2
임의의 정수 입력(종료: 0) : 3
임의의 정수 입력(종료: 0) : 4
임의의 정수 입력(종료: 0) : 5
임의의 정수 입력(종료: 0) : 0
### 입력된 데이터(순방향) ###
1 ->> 2 ->> 3 ->> 4 ->> 5 ->> NULL
### 입력된 데이터(역방향) ###
5 ->> 4 ->> 3 ->> 2 ->> 1 ->> NULL
```

이중 연결 리스트 구현: C (3/9)

예제 4-4: 이중 연결 리스트 LinkedNode.h




```
// #pragma once
typedef int    element;

// 이중 연결 리스트 구현(C)
// 노드: DNode(data, Llink, Rlink)
#ifndef __DNode_H__
#define __DNode_H__
typedef struct __DNode {
        element              __data;
        struct __DNode       *__Llink;
        struct __DNode       *__Rlink;
}DNode;
#endif

DNode *makeDNode(element data);
```

이중 연결 리스트 구현: C (4/9)

예제 4-4: 이중 연결 리스트 LinkedNode.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>                    // malloc, free
#include "LinkedNode.h"                // DNode

// 이중 연결 리스트 구현(C)
// 새로운 노드(DNode: data, Llink, Rlink) 생성
DNode *makeDNode(element num) {
        DNode *newDNode = (DNode*)malloc(sizeof(DNode));
        if (newDNode == NULL) {
                printf("노드 생성 실패!!! \n");
                exit(1);
        }
        newDNode->__data = num;
        newDNode->__Llink = NULL;
        newDNode->__Rlink = NULL;
        return newDNode;
}
```

이중 연결 리스트 구현: C (5/9)

예제 4-4: 이중 연결 리스트 DLinkedList(head).h

```
// #pragma once
#include "LinkedNode.h"                 // DNode, makeDNode

// 구조체: DLinkedList
#ifndef __DLinkedList_H__
#define __DLinkedList_H__
typedef struct __DLinkedList {
        DNode*          __head;         // 첫 번째 노드
        // DNode*       __tail;         // 맨 마지막 노드
        // int          __count;        // 노드의 총 개수
}DLinkedList;
#endif

// 이중 연결 리스트 구현(C): 리스트 생성 및 활용
DLinkedList *dListCreate(void);
DLinkedList *dListDestroy(DLinkedList *dList);
void    dListAddRear(DLinkedList *dList, DNode *nNode);
void    dListRemoveFront(DLinkedList *dList);
DNode *frontDNode(DLinkedList *dList);
DNode *rearDNode(DLinkedList *dList);
int     countDNode(DLinkedList *dList);
_Bool   dListEmpty(DLinkedList *dList);
void    printDLinkedList(DLinkedList *dList);
void    revPrintDLinkedList(DLinkedList *dList);
```

이중 연결 리스트 구현: C (6/9)

예제 4-4: 이중 연결 리스트 DLinkedList(head).c (1/4)

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>                     // exit, malloc, free
#include <stdbool.h>                    // bool, true, false
#include "DLinkedList(head).h"          // DLinkedList, DNode, makeDNode
// #include "LinkedNode.h"              // DNode, makeDNode

// 빈 리스트 생성
DLinkedList *dListCreate(void) {
        DLinkedList *dList = (DLinkedList*)malloc(sizeof(DLinkedList));
        if (dList == NULL) {
                printf("메모리 할당 실패!!! \n");
                exit(1);
        }
        dList->__head = NULL;
        return dList;
}

// 리스트 삭제: 전체 노드 삭제
DLinkedList *dListDestroy(DLinkedList *dList) {
        //      while (!dListEmpty(sList))
        //              dListRemoveFront(sList);
        DNode *tNode, *old;
        tNode = dList->__head;
        while (tNode) {
                old = tNode;
                tNode = tNode->__Llink;
                free(old);
        }
        return NULL;
}
```

이중 연결 리스트 구현: C (7/9)

예제 4-4: 이중 연결 리스트 DLinkedList(head).c (2/4)

```
// 삽입: 리스트의 맨 마지막 노드로...
void dListAddRear(DLinkedList* dList, DNode *nNode) {
        if (dListEmpty(dList))        dList->__head = nNode;
        else {
                DNode *rNode = rearDNode(dList);
                rNode->__Rlink = nNode;
                nNode->__Llink = rNode;
        }
}

// 삭제: 리스트의 첫 번째 노드를...
void    dListRemoveFront(DLinkedList *dList) {
        if (dListEmpty(dList))
                return;

        DNode *old = dList->__head;
        dList->__head = old->__Rlink;
        if (dList->__head != NULL)
                dList->__head->__Llink = NULL;
        free(old);
}
```

이중 연결 리스트 구현: C (8/9)

예제 4-4: 이중 연결 리스트 DLinkedList(head).c (3/4)

```
// 탐색: 리스트의 첫 번째 노드(head)
DNode* frontDNode(DLinkedList *dList) {
        return dList->__head;
}

// 탐색: 리스트의 맨 마지막 노드(tail)
DNode* rearDNode(DLinkedList *dList) {
        if (dListEmpty(dList))
                return NULL;

        DNode* rNode = dList->__head;
        while (rNode->__Rlink)
                rNode = rNode->__Rlink;
        return rNode;
}

// 탐색: 노드의 총 개수(count)
int     countDNode(DLinkedList *dList) {
        if (dListEmpty(dList))
                return 0;

        int     count = 0;
        DNode* rNode = dList->__head;
        while (rNode->__Rlink) {
                count++;
                rNode = rNode->__Rlink;
        }
        return count;
}

// 빈 리스트 여부 판단
_Bool   dListEmpty(DLinkedList *dList) {
        return dList->__head == NULL;
}
```

이중 연결 리스트 구현: C (9/9)

예제 4-4: 이중 연결 리스트 DLinkedList(head).c (4/4)

```
// 리스트 전체 출력(순방향)
void    printDLinkedList(DLinkedList *dList) {
        if (dListEmpty(dList)) {
                printf("입력된 데이터가 없습니다... \n");
                return;
        }

        printf("\n ### 입력된 데이터(순방향) ### \n\n");
        DNode* tNode = dList->__head;
        while (tNode) {
                printf("%3d ->>", tNode->__data);
                tNode = tNode->__Rlink;
        }
        printf(" NULL\n");
}

// 리스트 전체 출력(역방향)
void    revPrintDLinkedList(DLinkedList *dList) {
        if (dListEmpty(dList)) {
                printf("입력된 데이터가 없습니다... \n");
                return;
        }

        printf("\n ### 입력된 데이터(역방향) ### \n\n");
        DNode* tNode = rearDNode(dList);
        while (tNode) {
                printf("%3d ->>", tNode->__data);
                tNode = tNode->__Llink;
        }
        printf(" NULL\n");
}
```

참고문헌

[1] 서현우, “혼자 공부하는 C 언어 : 1:1 과외 하듯 배우는 프로그래밍 자습서”, 한빛미디어, 2023.

[2] Paul Deitel, Harvey Deitel, "C How to Program", Global Edition, 8/E, Pearson, 2016.

[3] Kamran Amini, 박지윤 번역, “전문가를 위한 C : 동시성, OOP부터 최신 C, 고급 기능까지! 극한의 C를 마주하려는 여행자를 위한 가이드북”, 한빛미디어, 2022.

[4] 서두옥, “(열혈강의) 또 하나의 C : 프로그래밍은 셀프입니다”, 프리렉, 2012.

[5] Behrouz A. Forouzan, Richard F. Gilberg, 김진 외 7인 공역, “구조적 프로그래밍 기법을 위한 C”, 도서출판 인터비젼, 2004.

[6] Brian W. Kernighan, Dennis M. Ritchie, 김석환 외 2인 공역, “The C Programming Language”, 2/E, 대영사, 2004.

[7] "C reference", cppreference.com, 2023 of viewing the site, https://en.cppreference.com/w/c.

[8] 이지영, “C 로 배우는 쉬운 자료구조”, 한빛아카데미, 2022.

[9] 주우석, “IT CookBook, C・C++ 로 배우는 자료구조론”, 한빛아카데미, 2019.

[10] 문병로, “IT CookBook, 쉽게 배우는 알고리즘: 관계 중심의 사고법”(개정판), 개정판, 한빛아카데미, 2018.