

Chapter 04. 연결 리스트(Linked List)

윤성우의 열혈 자료구조 : c언어를 이용한 자료구조 학습서

목차

1. 연결 리스트의 개념적인 이해
 2. 단순 연결 리스트의 ADT와 구현
 3. 연결 리스트의 정렬 삽입의 구현
- 참고: <https://visualgo.net/en> 사이트의 Linked List

Chapter 04-1: 연결 리스트의 개념적인 이해

Linked! 무엇을 연결하겠다는 뜻인가!

```
typedef struct _node
```

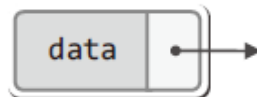
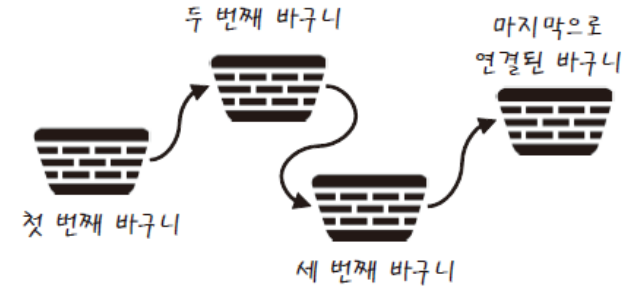
```
{
```

```
    int data;    // 데이터를 담을 공간
```

```
    struct _node * next;    // 연결의 도구!
```

```
} Node;
```

일종의 바구니, 연결이 가능한 바구니



▶ [그림 04-1: 노드의 표현]



▶ [그림 04-2: 노드의 연결]

연결 리스트 구성에 필요한 변수들

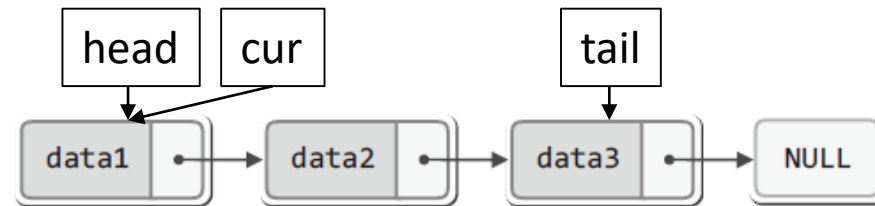
```
typedef struct _node
{
    int data;
    struct _node * next;
} Node;

int main(void)
{
    Node * head = NULL;
    Node * tail = NULL;
    Node * cur = NULL;

    ....
}
```

LinkedRead.c의 일부

- head, tail, cur이 연결 리스트의 핵심!
- head와 tail은 연결을 추가 및 유지하기 위한것
- cur은 참조 및 조회를 위한것



▶ [그림 04-2: 노드의 연결]

예제 LinkedRead.c의 분석: 삽입 1회전

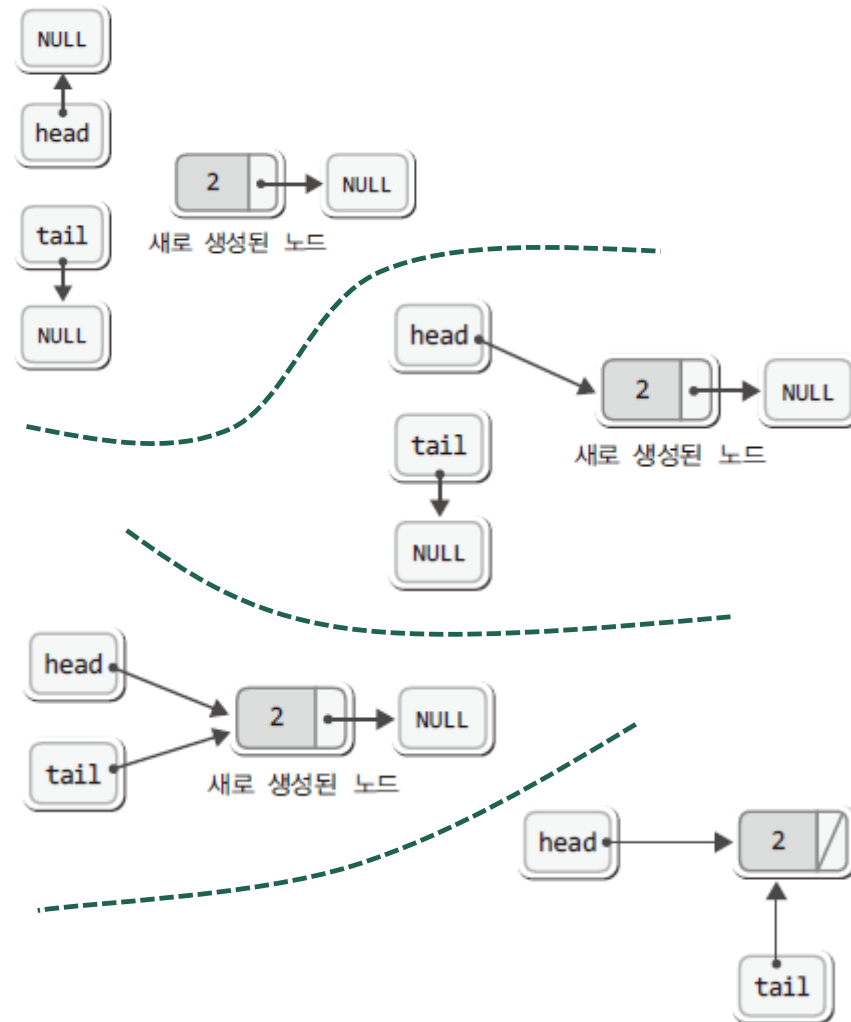
```
while(1)
{
    printf("자연수 입력: ");
    scanf("%d", &readData);
    if(readData < 1)
        break;

    // 노드의 추가과정
    newNode = (Node*)malloc(sizeof(Node));
    newNode->data = readData;
    newNode->next = NULL;

    if(head == NULL)
        head = newNode;
    else
        tail->next = newNode;

    tail = newNode;
}
```

LinkedRead.c의 일부



예제 LinkedRead.c의 분석: 삽입 2회전

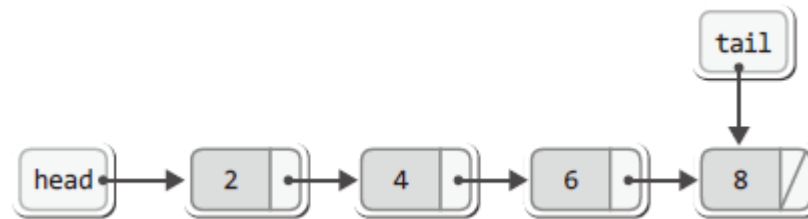
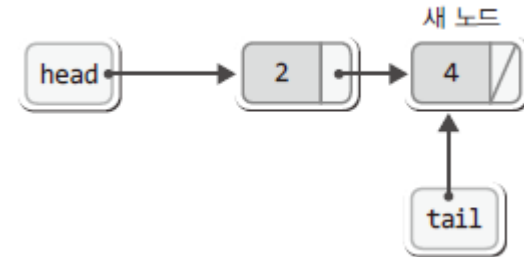
```
while(1)
{
    printf("자연수 입력: ");
    scanf("%d", &readData);
    if(readData < 1)
        break;

    // 노드의 추가과정
    newNode = (Node*)malloc(sizeof(Node));
    newNode->data = readData;
    newNode->next = NULL;

    if(head == NULL)
        head = newNode;
    else
        tail->next = newNode;

    tail = newNode;
}
```

LinkedRead.c의 일부



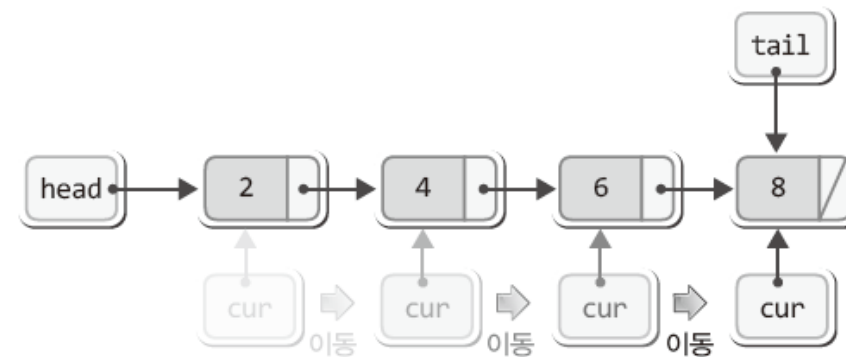
다수의 노드를 저장한 결과

예제 LinkedRead.c의 분석: 데이터 조회

전체 데이터의 출력 과정

```
if(head == NULL)
{
    printf("저장된 자연수가 존재하지 않습니다. \n");
}
else
{
    cur = head;
    printf("%d ", cur->data);
    while(cur->next != NULL)
    {
        cur = cur->next;
        printf("%d ", cur->data);
    }
}
```

LinkedRead.c의 일부

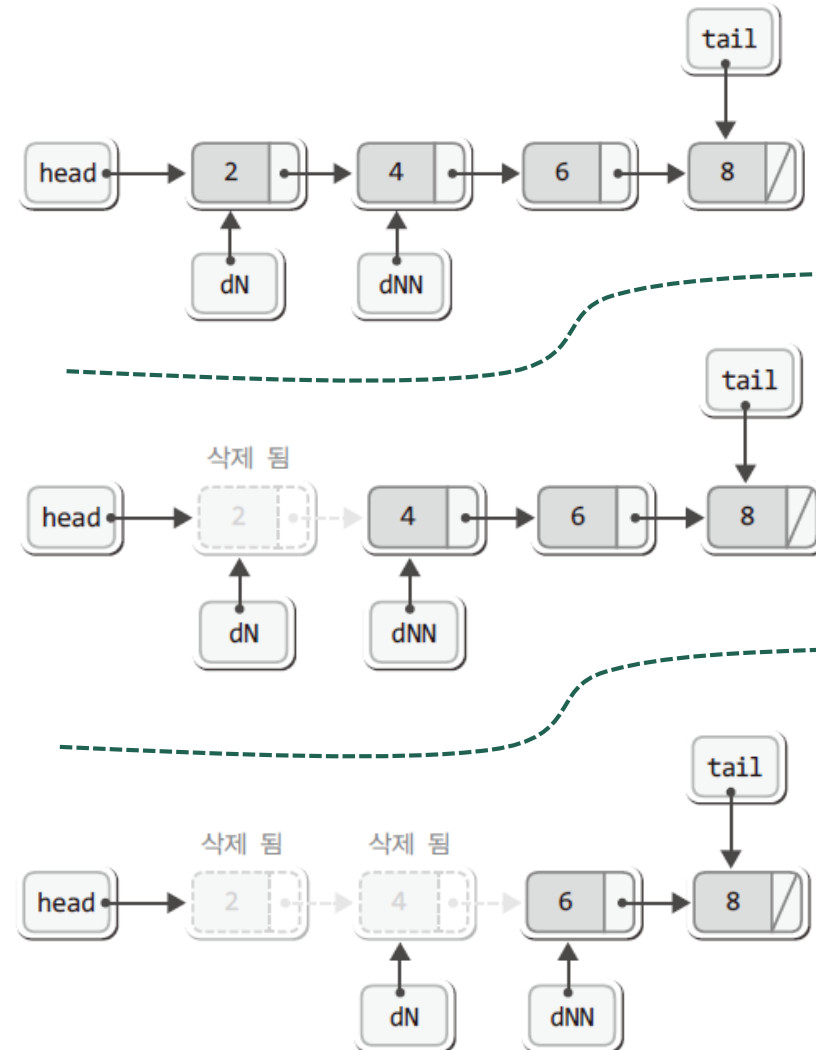


예제 LinkedRead.c의 분석: 데이터 삭제

```
if(head == NULL)    전체 노드의 삭제 과정
{
    return 0;
}
else
{
    Node * delNode = head;
    Node * delNextNode = head->next;
    printf("%d을 삭제\n", head->data);
    free(delNode);

    while(delNextNode != NULL)
    {
        delNode = delNextNode;
        delNextNode = delNextNode->next;
        printf("%d을 삭제\n", delNode->data);
        free(delNode);
    }
}
```

LinkedRead.c의 일부



Chapter 04-2: 단순 연결 리스트의 ADT와 구현

정렬 기능 추가된 연결 리스트의 ADT1

• void ListInit(List * plist);
– 초기화할 리스트의 주소 값을 인자로 전달한다.
– 리스트 생성 후 제일 먼저 호출되어야 하는 함수이다.

이전과 동일

• void LInsert(List * plist, LData data);
– 리스트에 데이터를 저장한다. 매개변수 data에 전달된 값을 저장한다.

이전과 동일

• int LFirst(List * plist, LData * pdata);
– 첫 번째 데이터가 pdata가 가리키는 메모리에 저장된다.
– 데이터의 참조를 위한 초기화가 진행된다.
– 참조 성공 시 TRUE(1), 실패 시 FALSE(0) 반환

이전과 동일

• int LNext(List * plist, LData * pdata);
– 참조된 데이터의 다음 데이터가 pdata가 가리키는 메모리에 저장된다.
– 순차적인 참조를 위해서 반복 호출이 가능하다.
– 참조를 새로 시작하려면 먼저 LFirst 함수를 호출해야 한다.
– 참조 성공 시 TRUE(1), 실패 시 FALSE(0) 반환

이전과 동일

이전과 동일

이전과 동일

• LData LRemove(List * plist);
– LFirst 또는 LNext 함수의 마지막 반환 데이터를 삭제한다.
– 삭제된 데이터는 반환된다.
– 마지막 반환 데이터를 삭제하므로 연이은 반복 호출을 허용하지 않는다.

• int LCount(List * plist);
– 리스트에 저장되어 있는 데이터의 수를 반환한다.

• void SetSortRule(List * plist, int (*comp)(LData d1, LData d2));
– 리스트에 정렬의 기준이 되는 함수를 등록한다.

새로 추가된 함수
(자세한 내용은 4.3절에서)

새 노드의 추가 위치에 따른 장점과 단점

새 노드를 연결 리스트의 머리에 추가하는 경우

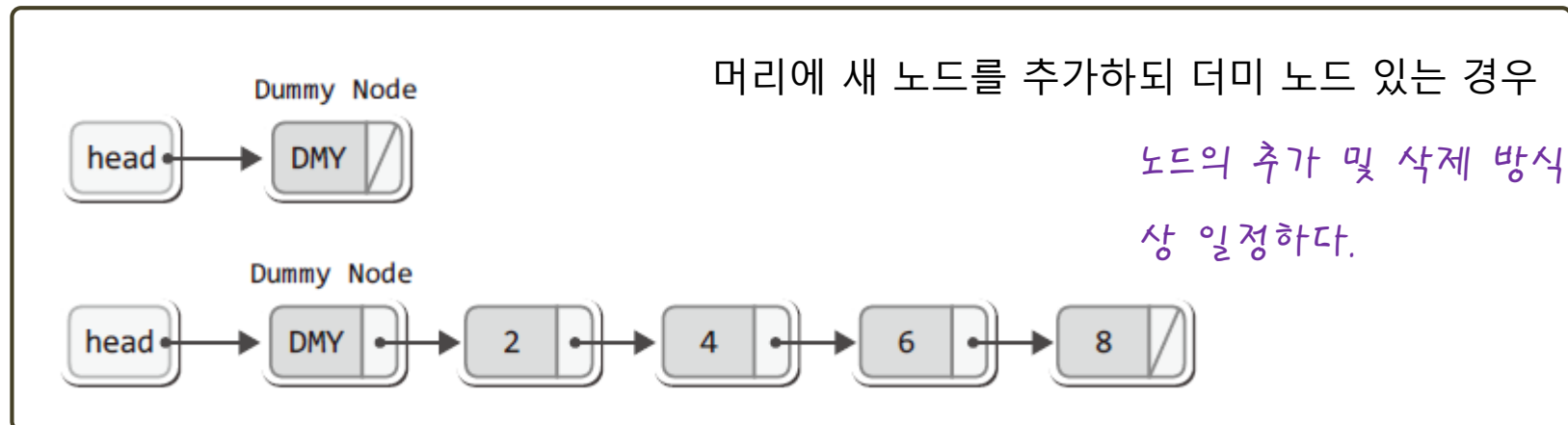
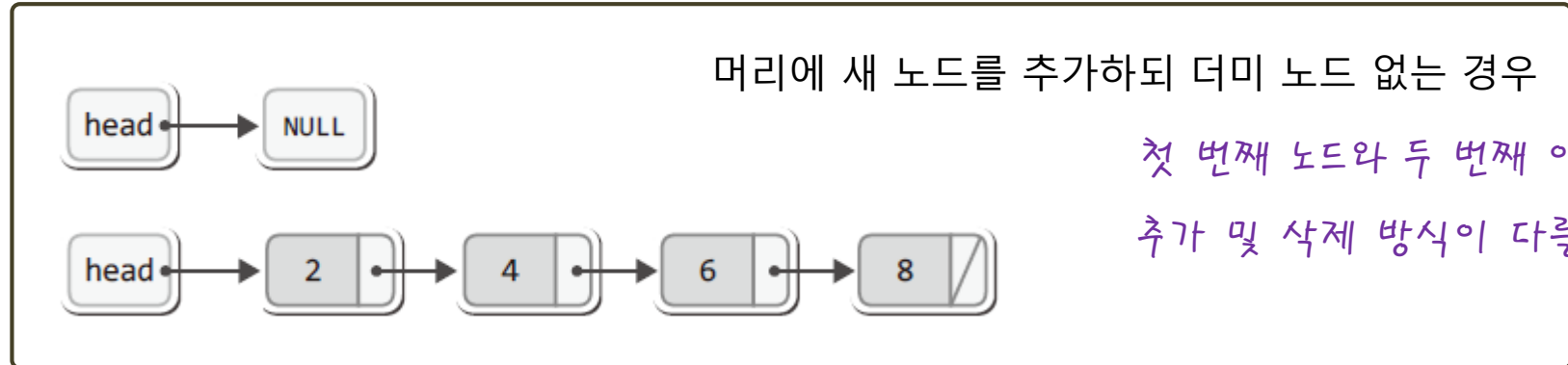
- 장점 포인터 변수 `tail`이 불필요하다.
- 단점 저장된 순서를 유지하지 않는다.

새 노드를 연결 리스트의 꼬리에 추가하는 경우

- 장점 저장된 순서가 유지된다.
- 단점 포인터 변수 `tail`이 필요하다.

두 가지 다 가능한 방법이다. 다만 `tail`의 관리를 생략하기 위해서 머리에 추가하는 것을 원칙으로 하자!

더미 노드 기반 연결 리스트



정렬 기능 추가된 연결 리스트 헤더파일

```
#define TRUE 1
#define FALSE 0
```

```
typedef int LData;
typedef struct _node
{
    LData data;
    struct _node * next;
} Node; //노드의 구조체 표현
```

```
typedef struct _linkedList
{
    Node * head;
    Node * cur;
    Node * before;
    int numOfData;
    int (*comp)(LData d1, LData d2);
} LinkedList; //연결 리스트의 구조체 표현
```

```
typedef LinkedList List;
```

```
void ListInit(List * plist);
void LInsert(List * plist, LData data);
```

```
int LFirst(List * plist, LData * pdata);
int LNext(List * plist, LData * pdata);
LData LRemove(List * plist);
int LCount(List * plist);
void SetSortRule(List * plist, int (*comp)(LData d1, LData d2));
```

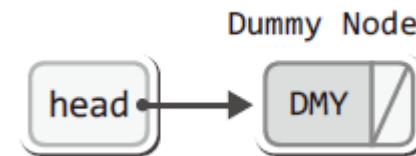
더미 노드 연결 리스트 구현: 초기화

```
typedef struct _linkedList
{
    Node * head;
    Node * cur;
    Node * before;
    int numOfData;
    int (*comp)(LData d1, LData d2);
} LinkedList;
```

초기화 함수의 정의를 위해서
살펴봐야 하는 구조체의 정의

초기화 함수의 정의

```
void ListInit(List * plist)
{
    plist->head = (Node*)malloc(sizeof(Node)); // 더미 노드의 생성
    plist->head->next = NULL;
    plist->comp = NULL;
    plist->numOfData = 0;
}
```



더미 노드 연결 리스트 구현: 삽입1

```
void LInsert(List * plist, LData data)
{
    if(plist->comp == NULL)           // 정렬기준이 마련되지 않았다면,
        FInsert(plist, data);        // 머리에 노드를 추가!
    else                             // 정렬기준이 마련되었다면,
        SInsert(plist, data);        // 정렬기준에 근거하여 노드를 추가!
}
```

```
void FInsert(List * plist, LData data)
{
    Node * newNode = (Node*)malloc(sizeof(Node)); // 새 노드 생성
    newNode->data = data;                          // 새 노드에 데이터 저장

    newNode->next = plist->head->next;              // 새 노드가 다른 노드를 가리키게 함
    plist->head->next = newNode;                   // 더미 노드가 새 노드를 가리키게 함

    (plist->numOfData)++;                          // 저장된 노드의 수를 하나 증가시킴
}
```

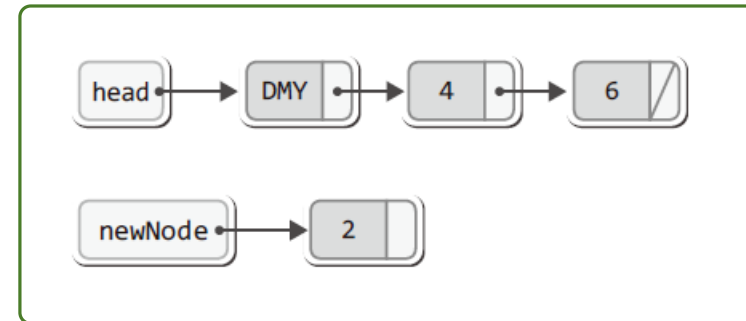
다음 slide에서 그림
과 함께 설명

더미 노드 연결 리스트 구현: 삽입2

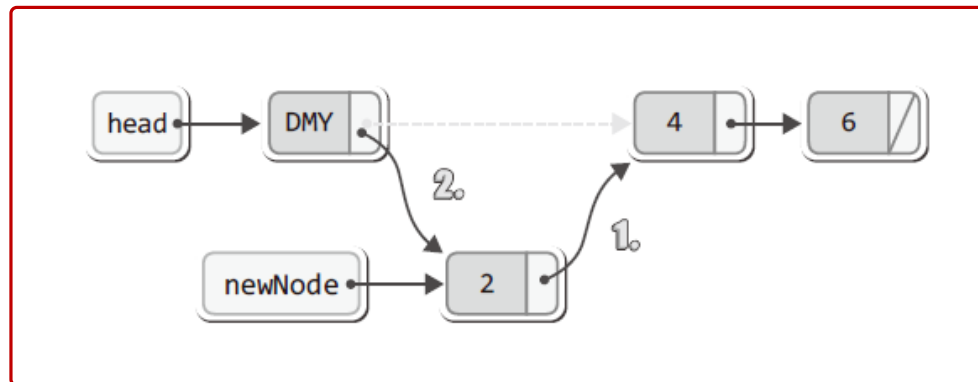
```
void FInsert(List * plist, LData data)
{
    Node * newNode = (Node*)malloc(sizeof(Node));
    newNode->data = data;

    newNode->next = plist->head->next;
    plist->head->next = newNode;

    (plist->numOfData)++;
}
```



모든 경우에 있어서 동일한 삽입과정을
거친다는 것이 더미 노드 기반 연결
리스트의 장점!

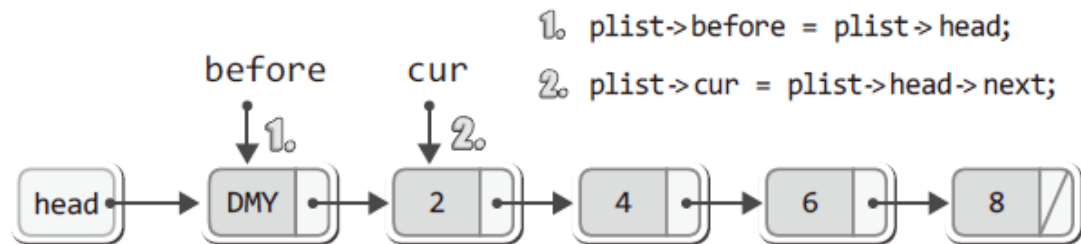


더미 노드 연결 리스트 구현: 참조1

```
int LFirst(List * plist, LData * pdata)
{
    if(plist->head->next == NULL)        // 더미 노드가 NULL을 가리킨다면,
        return FALSE;                    // 반환할 데이터가 없다!

    plist->before = plist->head;           // before는 더미 노드를 가리키게 함
    plist->cur = plist->head->next;        // cur은 첫 번째 노드를 가리키게 함

    *pdata = plist->cur->data;             // 첫 번째 노드의 데이터를 전달
    return TRUE;                          // 데이터 반환 성공!
}
```

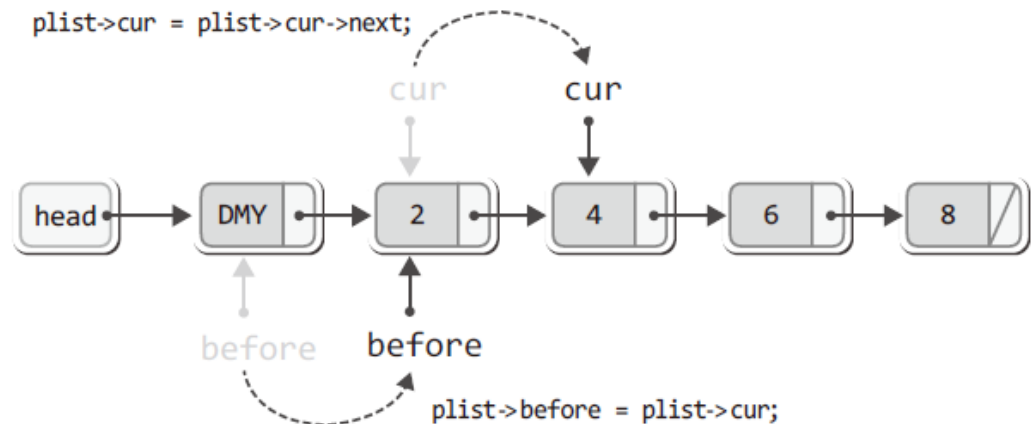


더미 노드 연결 리스트 구현: 참조2

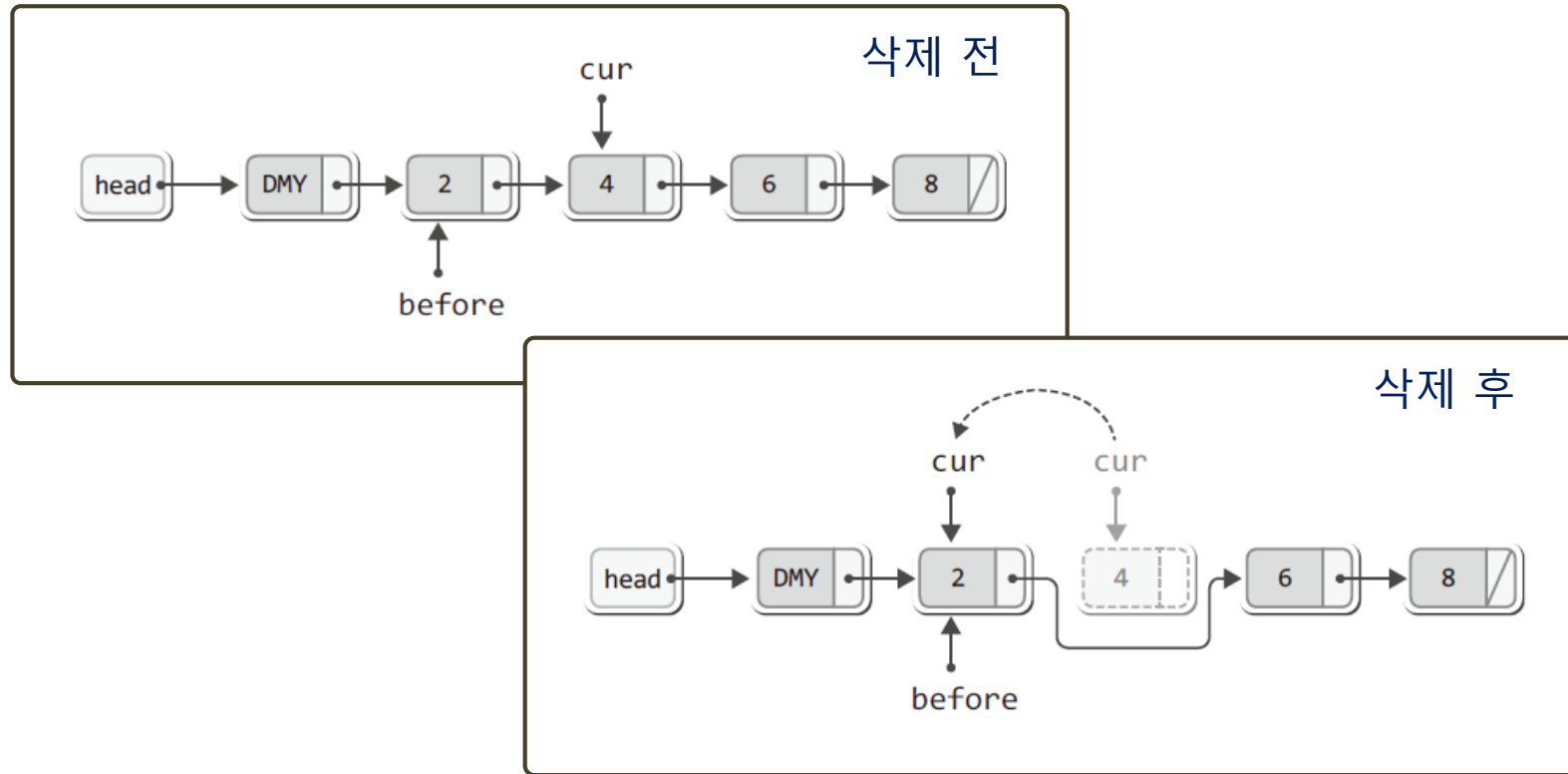
```
int LNext(List * plist, LData * pdata)
{
    if(plist->cur->next == NULL)        // 더미 노드가 NULL을 가리킨다면,
        return FALSE;                  // 반환할 데이터가 없다!

    plist->before = plist->cur;           // cur이 가리키던 것을 before가 가리킴
    plist->cur = plist->cur->next;        // cur은 그 다음 노드를 가리킴

    *pdata = plist->cur->data;           // cur이 가리키는 노드의 데이터 전달
    return TRUE;                        // 데이터 반환 성공!
}
```



더미 노드 연결 리스트 구현: 삭제1



*cur*은 삭제 후 재조정의 과정을 거쳐야 하지만 *before*는 *LFirst* or *LNNext* 호출 시 재설정되므로 재조정의 과정이 불필요하다.

더미 노드 연결 리스트 구현: 삭제2

```
LData LRemove(List * plist)
```

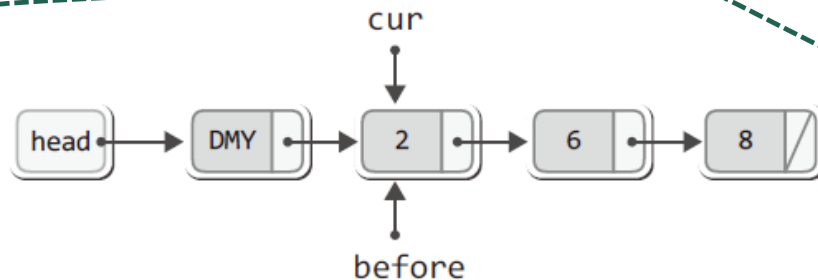
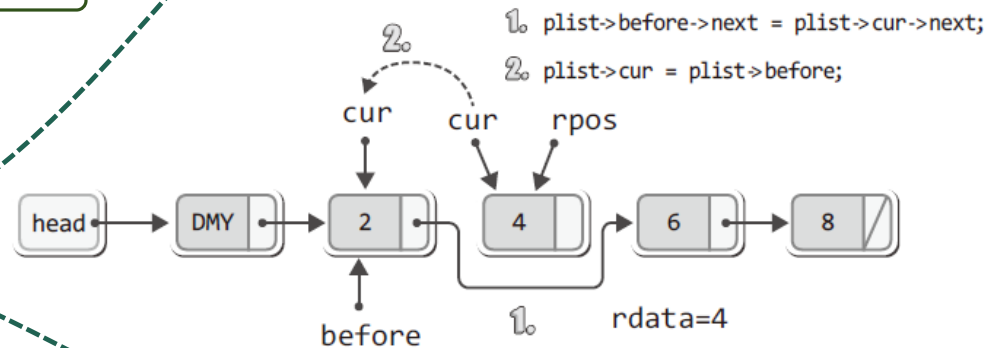
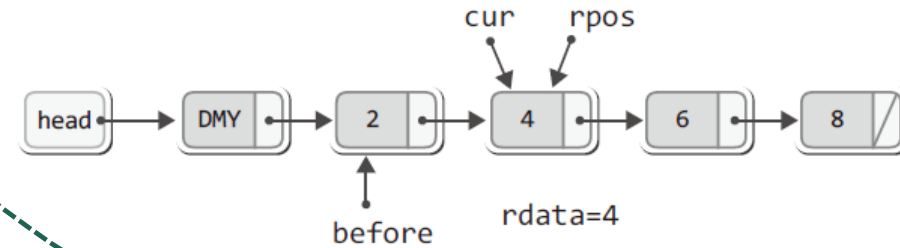
```
{
```

```
Node * rpos = plist->cur;  
LData rdata = rpos->data;
```

```
plist->before->next = plist->cur->next;  
plist->cur = plist->before;
```

```
free(rpos);  
(plist->numOfData)--;  
return rdata;
```

```
}
```



더미 기반 단순 연결 리스트 한데 묶기

DLinkedList.c
DLinkedList.h
DLinkedListMain.c

실행결과

```
현재 데이터의 수: 5  
33 22 22 11 11  
  
현재 데이터의 수: 3  
33 11 11
```

Chapter 03의 ListMain.c의 main 함수와 완전히 동일하다.

다만 노드를 머리에 추가하는 방식이기 때문에 실행결과에서는 차이가 난다.

Chapter 04-3: 연결 리스트의 정렬 삽입의 구현

정렬기준 설정과 관련된 부분

단순 연결 리스트의 정렬 관련 요소 세 가지

- 정렬기준이 되는 함수를 등록하는 **SetSortRule** 함수
- SetSortRule 함수 통해 전달된 함수정보 저장을 위한 LinkedList의 멤버 **comp**
- comp에 등록된 정렬기준을 근거로 데이터를 저장하는 **SInsert** 함수



하나의 문장으로 구성한 결과

"**SetSortRule** 함수가 호출되면서 정렬의 기준이 리스트의 멤버 **comp**에 등록되면, **SInsert** 함수 내에서는 **comp**에 등록된 정렬의 기준을 근거로 데이터를 정렬하여 저장한다."

SetSortRule 함수 선언에 대한 이해

```
void SetSortRule ( List * plist, int (*comp)(LData d1, LData d2) );
```

- √ 반환형이 int이고, `int (*comp)(LData d1, LData d2)`
- √ LData형 인자를 두 개 전달받는, `int (*comp)(LData d1, LData d2)`
- √ 함수의 주소 값을 전달해라! `int (*comp)(LData d1, LData d2)`

```
int WholsPrecede(LData d1, LData d2) // typedef int LData;
{
    if(d1 < d2)
        return 0;           // d1이 정렬 순서상 앞선다.
    else
        return 1;           // d2가 정렬 순서상 앞서거나 같다.
}
```

인자로 전달이 가능한
함수의 예

정렬의 기준을 결정하는 함수에 대한 약속!

```
int WholsPrecede(LData d1, LData d2)
{
    if(d1 < d2)
        return 0;           // d1이 정렬 순서상 앞선다.
    else
        return 1;           // d2가 정렬 순서상 앞서거나 같다.
}
```

이렇듯 결정된 약속을 근거로 함수가 정의되어야 하며, 연결 리스트 또한 이를 근거로 구현되어야 한다.

약속에 근거한 함수 정의의 예: 오름차순 정렬

```
int cr = WholsPrecede(D1, D2);
```

Cr에 저장된 값이 0이라면

head ... **D1** .. **D2** ... tail D1이 head에 더 가깝다.

Cr에 저장된 값이 1이라면

head ... **D2** .. **D1** ... tail D2가 head에 더 가깝다.

정렬의 기준을 설정하기 위한 함수의 정의

- 두 개의 인자를 전달받도록 함수를 정의한다.

함수의 정의 기준

- 첫 번째 인자의 정렬 우선순위가 높으면 0을, 그렇지 않으면 1을 반환한다.

```
int WholsPrecede(int d1, int d2)
{
    if(d1 < d2)
        return 0;        // d1이 정렬 순서상 앞선다.
    else
        return 1;        // d2가 정렬 순서상 앞서거나 같다.
}
```

오름차순 정렬을 위한 함수의 정의

정렬 관련된 함수를 *DLinkedListSortMain.c*에 포함시켜야 함을 이해한다.

DLinkedList.c
DLinkedList.h
DLinkedListSortMain.c

현재 데이터의 수: 5
11 11 22 22 33

현재 데이터의 수: 3
11 11 33

실행결과

SetSortRule 함수와 멤버 comp

1. SetSortRule 함수의 호출을 통해서

```
void SetSortRule(List * plist, int (*comp)(LData d1, LData d2))
{
    plist->comp = comp;
}
```

```
typedef struct _linkedList
{
    Node * head;
    Node * cur;
    Node * before;
    int numOfData;
    int (*comp)(LData d1, LData d2);
} LinkedList;
```

2. 멤버 comp가 초기화되면....

```
void LInsert(List * plist, LData data)
{
    if(plist->comp == NULL)
        FInsert(plist, data);
    else
        SInsert(plist, data);
}
```

3. 정렬 관련 SInsert 함수가 호출된다.

SInsert 함수1

```
void SInsert(List * plist, LData data)
```

```
{  
    Node * newNode = (Node*)malloc(sizeof(Node));  
    Node * pred = plist->head;  
    newNode->data = data;
```

```
    // 새 노드가 들어갈 위치를 찾기 위한 반복문!
```

```
    while(pred->next != NULL && plist->comp(data, pred->next->data) != 0)
```

```
    {
```

```
        pred = pred->next; // 다음 노드로 이동
```

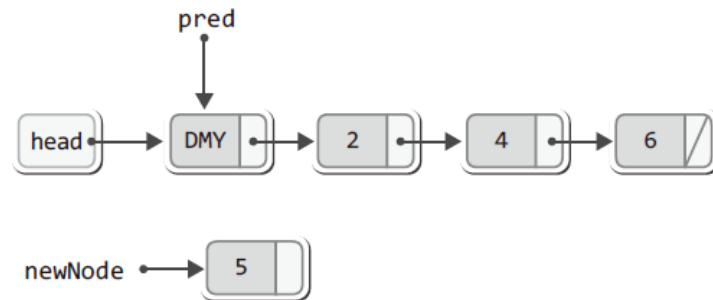
```
    }
```

```
    newNode->next = pred->next;
```

```
    pred->next = newNode;
```

```
    (plist->numOfData)++;
```

```
}
```



▶ [그림 04-31: SInsert 함수에서의 초기화]



▶ [그림 04-30: 값의 대소가 정렬의 기준인 연결 리스트]

위 상황에서 다음 문장이 실행되었다고 가정!

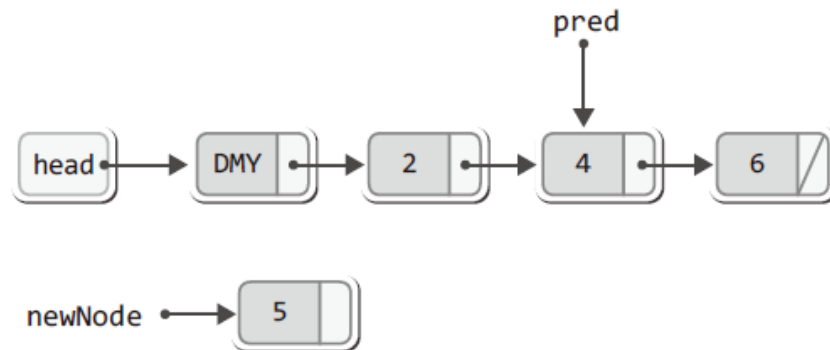
SInsert(&slist, 5);

SInsert 함수2

```
void SInsert(List * plist, LData data)
{
    Node * newNode = (Node*)malloc(sizeof(Node));
    Node * pred = plist->head;
    newNode->data = data;

    // 새 노드가 들어갈 위치를 찾기 위한 반복문!
    while(pred->next != NULL && plist->comp(data, pred->next->data) != 0)
    {
        pred = pred->next; // 다음 노드로 이동
    }
    newNode->next = pred->next;
    pred->next = newNode;
    (plist->numOfData)++;
}
```

comp가 0을 반환한다는 것은 첫 번째 인자인 data가 정렬 순서상 앞서기 때문에 head에 가까워야 한다는 의미!

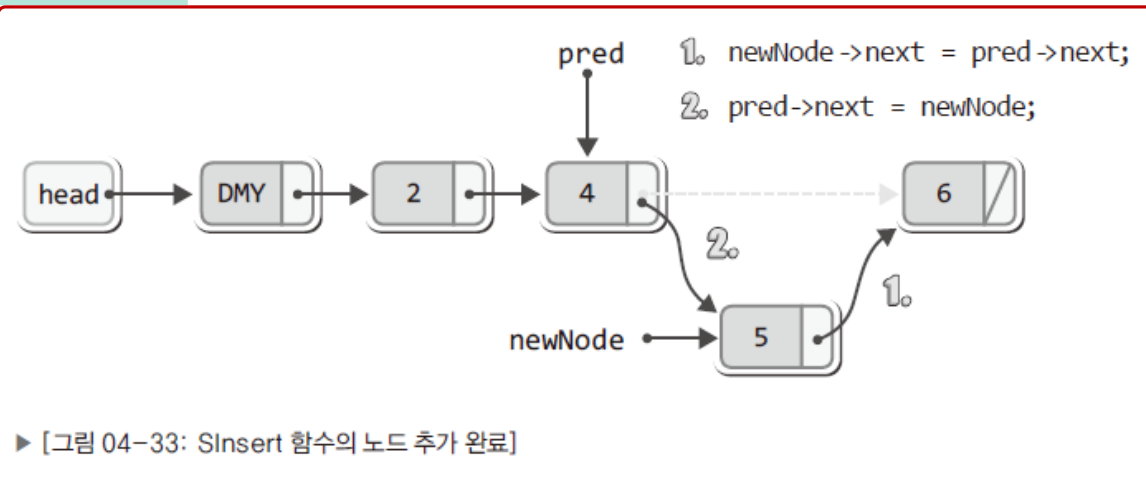


▶ [그림 04-32: SInsert 함수의 while문 탈출 이후]

SInsert 함수3

```
void SInsert(List * plist, LData data)
{
    Node * newNode = (Node*)malloc(sizeof(Node));
    Node * pred = plist->head;
    newNode->data = data;

    // 새 노드가 들어갈 위치를 찾기 위한 반복문!
    while(pred->next != NULL && plist->comp(data, pred->next->data) != 0)
    {
        pred = pred->next; // 다음 노드로 이동
    }
    newNode->next = pred->next;
    pred->next = newNode;
    (plist->numOfData)++;
}
```



정렬의 핵심인 while 반복문

- 반복의 조건 1 `pred->next != NULL`
pred가 리스트의 마지막 노드를 가리키는지 묻기 위한 연산
- 반복의 조건 2 `plist->comp(data, pred->next->data) != 0`
새 데이터와 pred의 다음 노드에 저장된 데이터의 우선순위 비교를 위한 함수호출

```
while(pred->next != NULL && plist->comp(data, pred->next->data) != 0)
{
    pred = pred->next;      // 다음 노드로 이동
}
```


comp의 반환 값과 그 의미

```
while(pred->next != NULL && plist->comp(data, pred->next->data) != 0)
{
    pred = pred->next;        // 다음 노드로 이동
}
```

우리의 결정 내용! 이 내용을 근거로 *SInsert* 함수를 정의하였다.

- comp가 0을 반환

첫 번째 인자인 data가 정렬 순서상 앞서서 head에 더 가까워야 하는 경우

- comp가 1을 반환

두 번째 인자인 pred->next->data가 정렬 순서상 앞서서 head에 더 가까워야 하는 경우