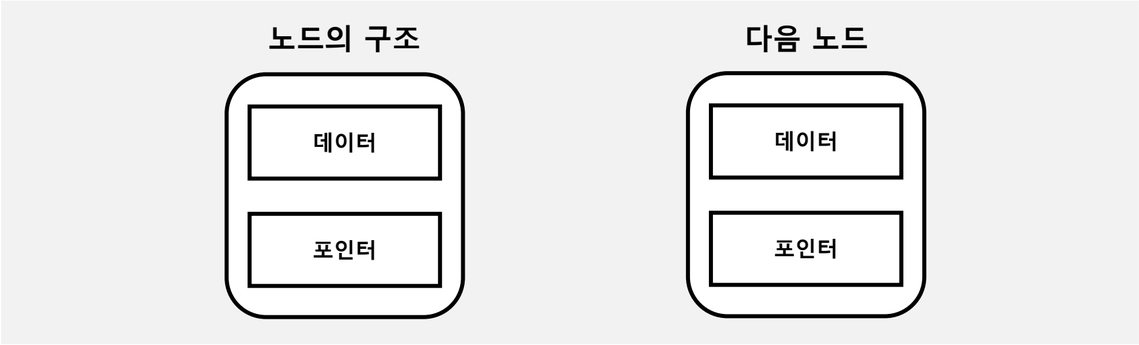
운영체제론 실습 3주차

CPS LAB

생일 목록 불러오는 모듈 프로그래밍

Linked List

- **연결 리스트(Linked List)**는 각 데이터들을 **포인터**로 연결하여 관리하는 구조이다.
- **노드** : 데이터를 저장하는 **데이터 영역**과 다음 노드를 가리키는 **포인터 영역**으로 구성된다.



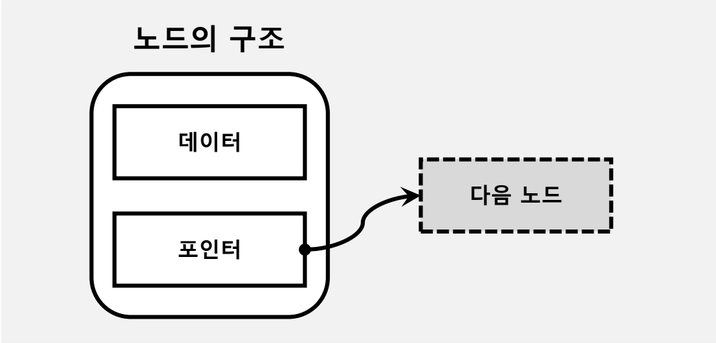
- **Linked List를 사용해서 얻는 이점**
  - **동적** 자료구조
  - **쉬운 생성과 삭제** → **O(1)**
  - 노드의 생성과 삭제가 자유롭기 때문에 **메모리 낭비가 적음**.
  - Linked List를 통해 **다른 자료구조들을 쉽게 구현** 가능.
- **Linked List의 단점**
  - 데이터 하나를 표현하기 위해 **'포인터'라는 추가 메모리 사용** (결코 크지 않음)
  - 데이터 **탐색하는 시간 복잡도가 매우 높음** → **O(n)**

Singly Linked List

- 단일 연결 리스트는 다음 노드만을 가리키는 **단방향** 연결 구조임

s_list.c

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



- 함수 예) 노드의 **생성**

s_list.c

```
node createNode(){
   node new_node;
   new_node = (Node)malloc(sizeof(struct Node));
   new_node ->next = NULL;
   return new_node;
}
```

Doubly Linked List

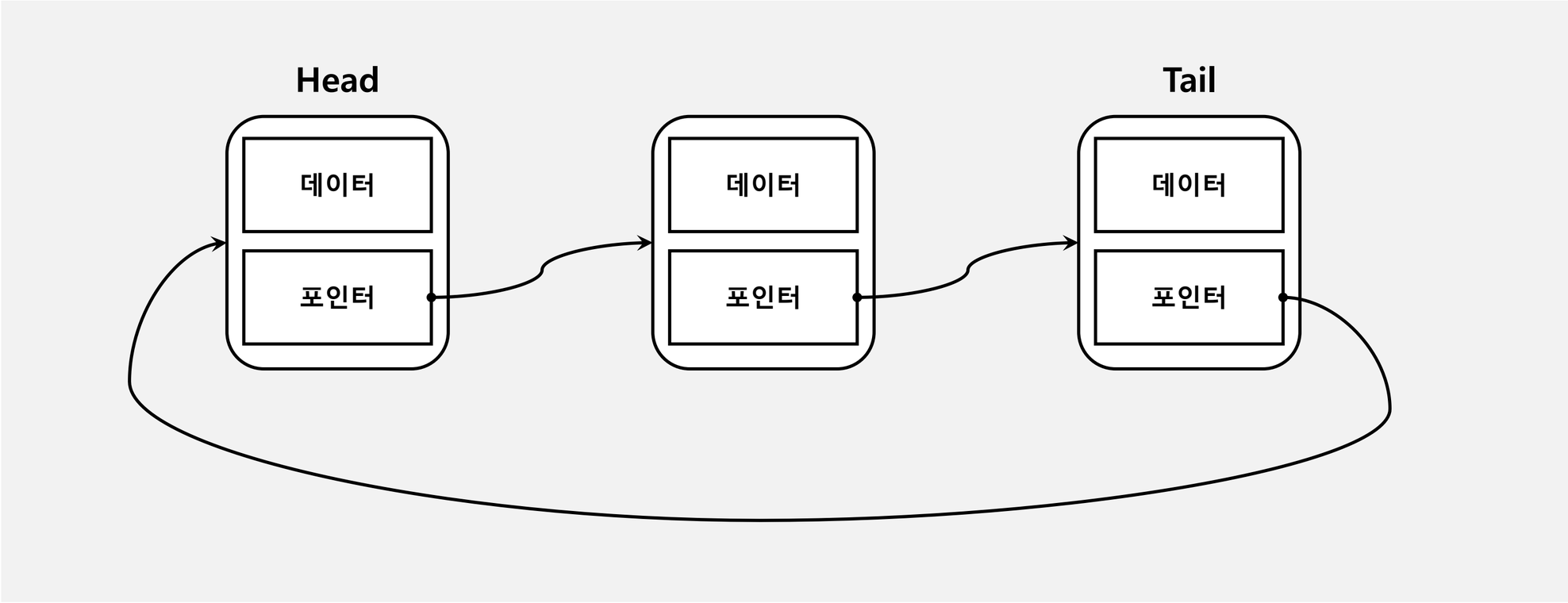
- 이중 연결 리스트는 이전과 다음 노드를 가리키는 **양방향** 연결 구조임

d_list.c

```
struct Node{
	int data;
	struct Node *prev, *next;
};
```

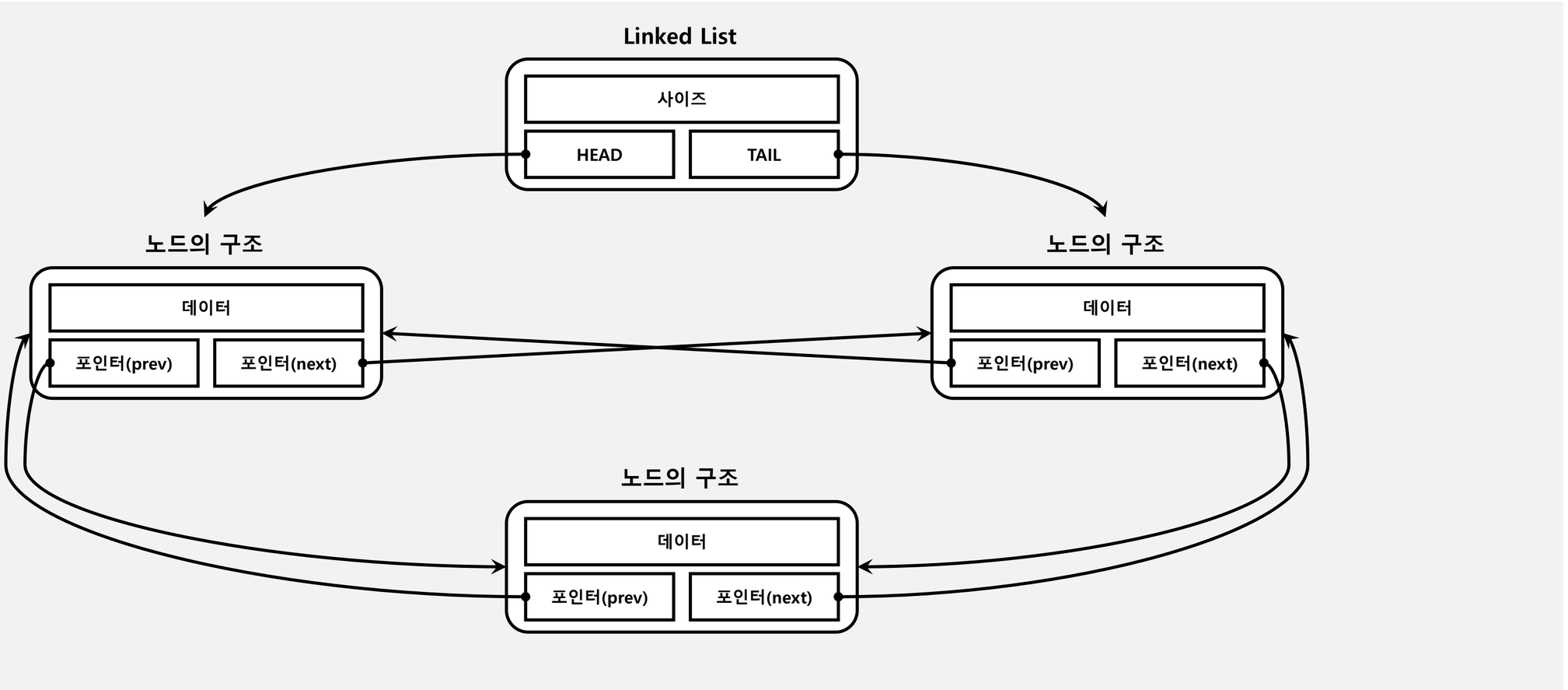
Circular Linked List

- 원형 연결 리스트는 **마지막 노드가 첫 번째 노드를 가리켜서**, 원형을 이루는 구조



Doubly Circular Linked List

- 이중 원형 연결 리스트는 **처음 노드와 마지막 노드가 상호 연결**되어 원형을 이루는 구조임



커널에는 어떻게 구현되어 있는가?

- 커널에서 우리가 알고 있는 Linked List는 어떤 모습을 하고 있을까?

```
$ vi /usr/src/linux-$(uname -r)/include/linux/types.h
```

types.h

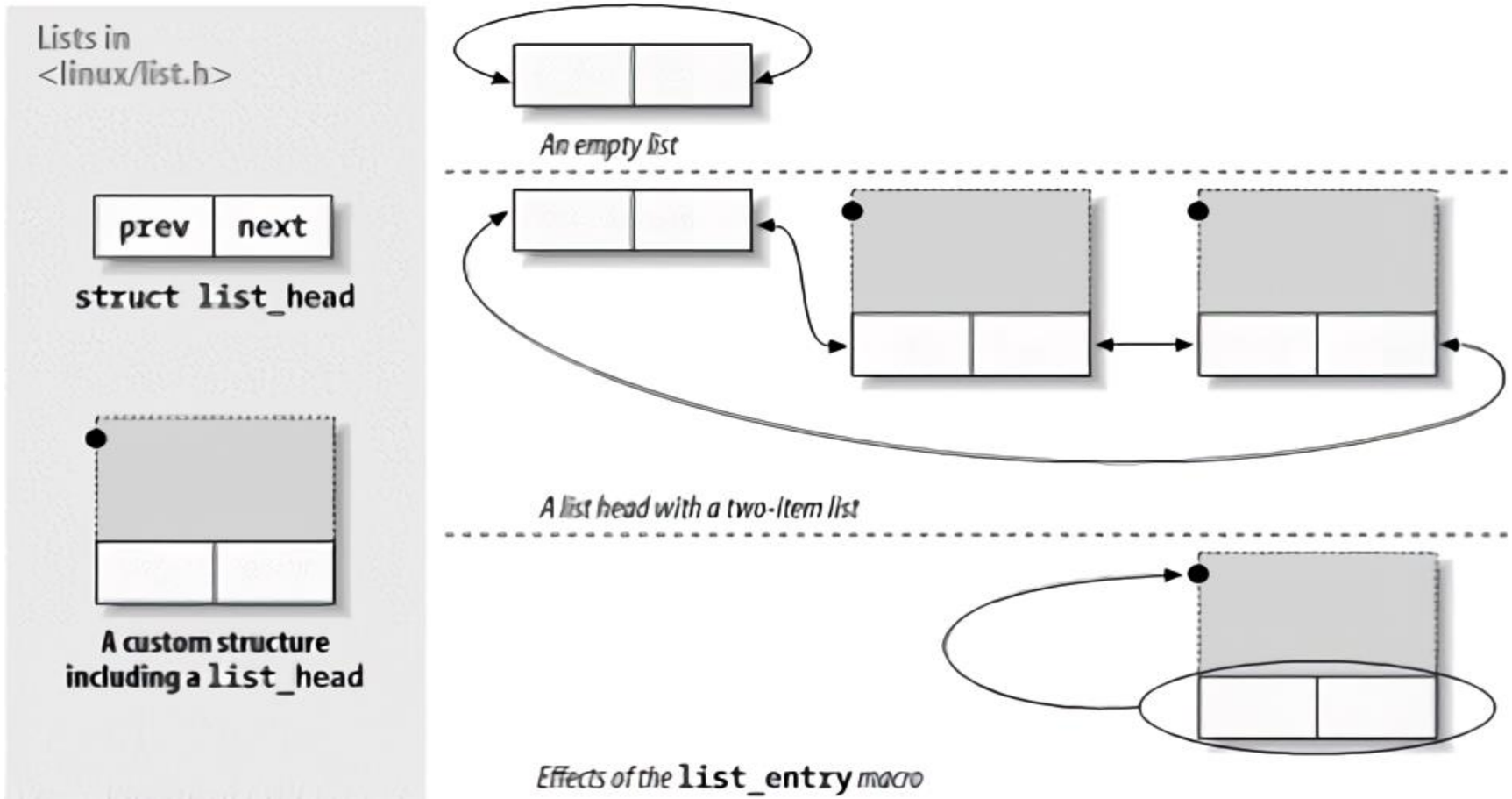
```
struct list_head{
        struct list_head *prev, *next;
};
```

- 이전 노드와 다음 노드를 가리키는 **이중 연결 리스트**임을 알 수 있음
- **이전에 언급해왔던 연결 리스트들과 확연히 다른 점이 보이나요?**

```
struct generic_list{
        void *data;
        struct gerneric_list *prev, *next;
};
```

커널에는 어떻게 구현되어 있는가?

- **리스트 노드(list_head 구조체)를 사용자가 만든 데이터 안에 넣는 방식.**



데이터 영역을 어떻게 구현해볼 수 있을까?

- 커널에 구현되어 있는 리스트의 모습은 **Doubly Circular Linked List**임

① 임의의 구조체(struct my_struct) 선언:

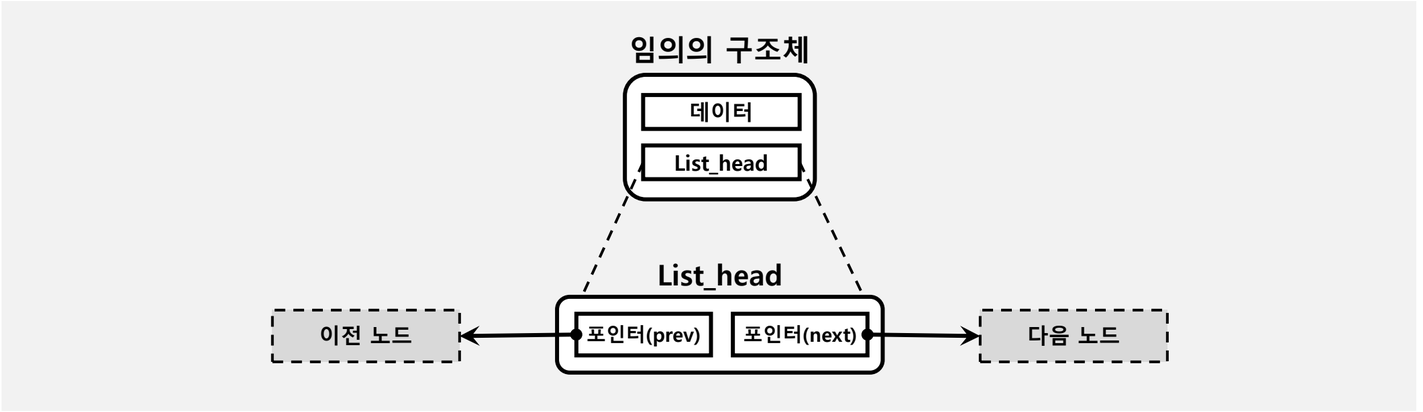
- **struct list_head를 멤버로 넣어 줌**

② Head 선언

③ list.h 에서 제공하는 연산을 사용

list_head 인터페이스 사용 방법

- 데이터 영역을 가지는 임의의 구조체를 만들고 list_head를 가리키게 함



임의의 구조체의 예

```
struct my_struct{
        void data; // 저장하고 싶은 데이터
        struct list_head list;
};
```

list.h

- 연결 리스트의 구조체, 함수 등이 구현되어 있는 header file

```
$ vi /usr/src/linux-$(uname -r)/include/linux/list.h
```

os@os-virtual-machine: ~

File Edit View Search Terminal Help

```
 75
 76 /**
 77  * list_add - add a new entry
 78  * @new: new entry to be added
 79  * @head: list head to add it after
 80  *
 81  * Insert a new entry after the specified head.
 82  * This is good for implementing stacks.
 83  */
 84 static inline void list_add(struct list_head *new, struct list_head *head)
 85 {
 86         __list_add(new, head, head->next);
 87 }
 88
 89
 90 /**
 91  * list_add_tail - add a new entry
 92  * @new: new entry to be added
 93  * @head: list head to add it before
 94  *
 95  * Insert a new entry before the specified head.
 96  * This is useful for implementing queues.
 97  */
                                                    89,0-1          7%
```

list.h

- 기본적인 함수

함수명	목 적
LIST_HEAD(ptr)	ptr이란 이름의 list_head를 정의 후 리스트 자료구조를 초기화
list_add(**struct** list_head *__new__, **struct** list_head *head);	이전에 만든 리스트에 새로운 entry(list_head)를 맨 앞에 추가
list_add_tail(**struct** list_head *__new__, **struct** list_head *head);	list_add와 동일하나 맨 뒤에 추가
list_del(**struct** list_head *entry);	원하는 entry(list_head)를 삭제
list_empty(**struct** list_head *head);	비어 있는지 체크 (비면 참)
list_for_each_entry(pos, head, member)	리스트 노드들을 한바퀴 순환하면서, 각 노드들을 참조하는 포인터를 시작주소 지점(entry)으로 옮기는 것
list_for_each_safe(pos, n, head)	entry 의 복사본을 사용함으로써 수행 시 해당 자료가 삭제되더라도 오류가 나지 않게 하는 것

데이터 생성

- kmalloc을 통해 물리 메모리 공간 할당
  - kmalloc은 커널 내부에 페이지 크기보다 작은 크기의 메모리 공간을 할당할 때 사용함
  - GFP_KERNEL : 보통 커널 RAM 메모리를 할당함

- 사용 방법

```
struct my_struct *struct1;

struct1 = kmalloc(sizeof(struct my_struct), GFP_KERNEL);
```

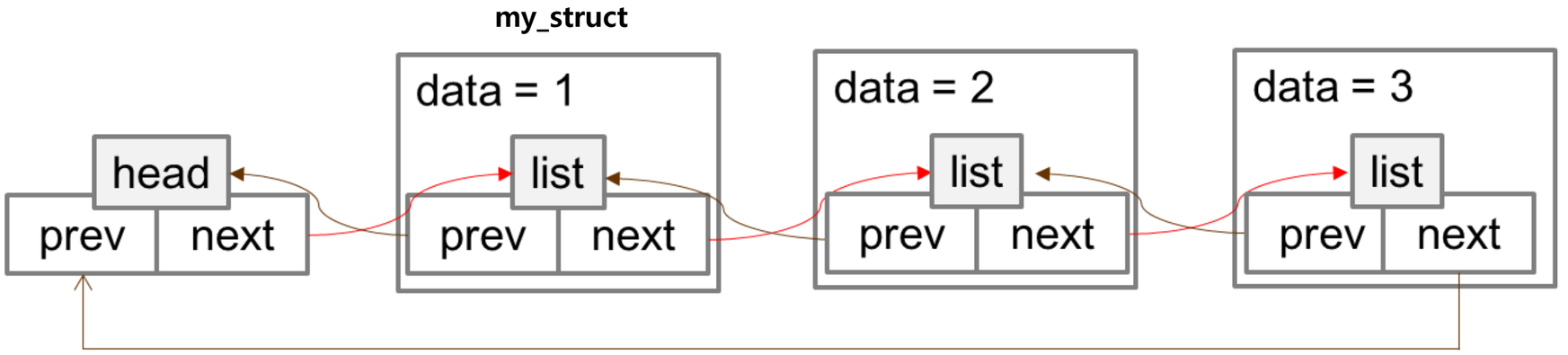
데이터 삽입

- **list_add_tail()** 함수 사용

os@os-virtual-machine: ~

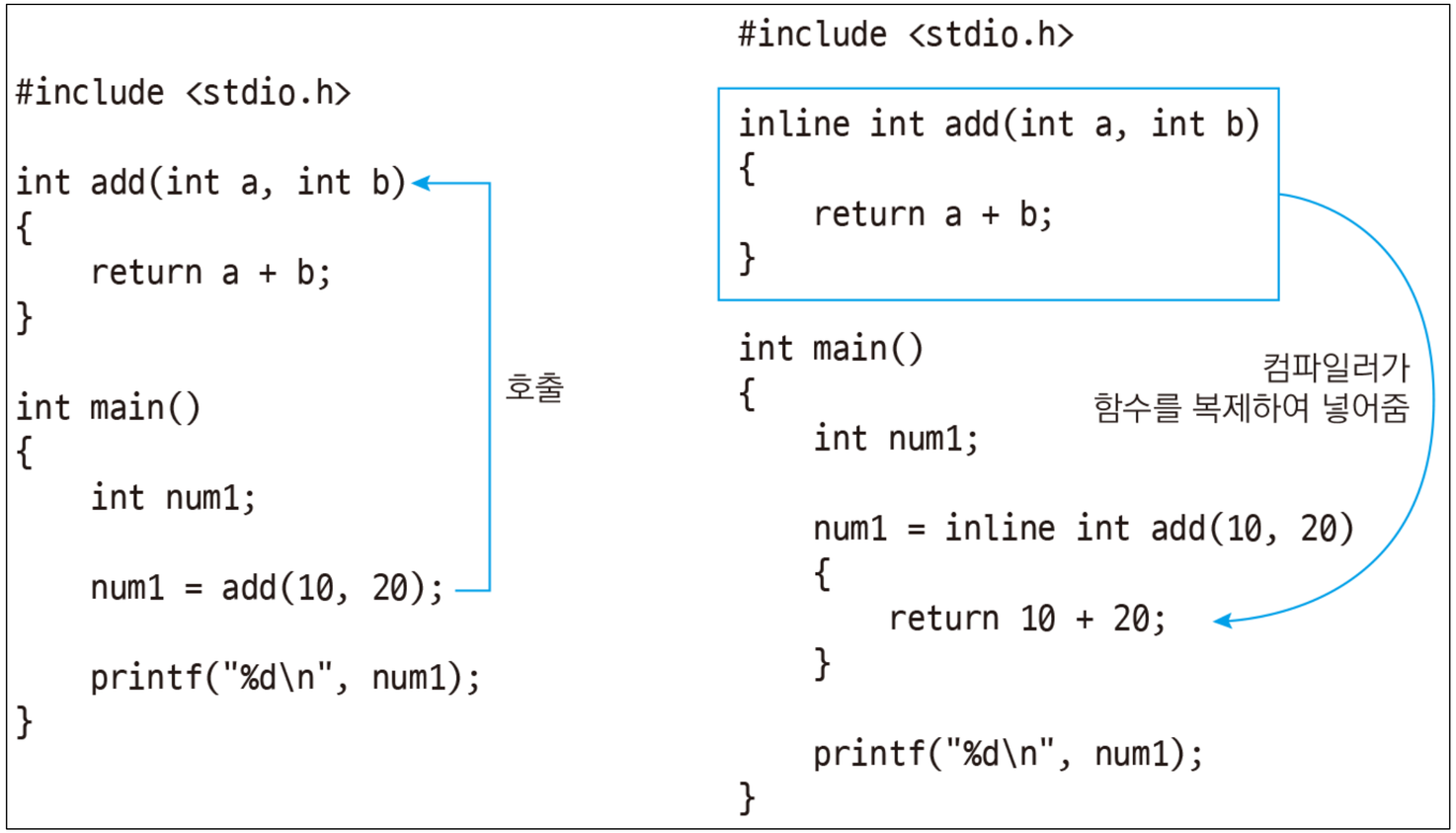
File Edit View Search Terminal Help

```
 87 }
 88
 89
 90 /**
 91  * list_add_tail - add a new entry
 92  * @new: new entry to be added
 93  * @head: list head to add it before
 94  *
 95  * Insert a new entry before the specified head.
 96  * This is useful for implementing queues.
 97  */
 98 static inline void list_add_tail(struct list_head *new, struct list_head *head)
 99 {
100         __list_add(new, head->prev, head);
101 }
102
```



inline 함수

- 실행 과정이 일반 함수와 크게 다르지 않음
- 컴파일러는 함수를 사용하는 부분에 함수의 코드를 복제해서 넣어 줌



데이터 출력

- **list_for_each_entry()** 매크로 함수 사용 (반복적으로 탐색하며 주어진 타입을 확인)

os@os-virtual-machine: ~

File Edit View Search Terminal Help

```
620
621 /**
622  * list_for_each_entry  -       iterate over list of given type
623  * @pos:        the type * to use as a loop cursor.
624  * @head:       the head for your list.
625  * @member:     the name of the list_head within the struct.
626  */
627 #define list_for_each_entry(pos, head, member)                          \
628         for (pos = list_first_entry(head, typeof(*pos), member);        \
629              !list_entry_is_head(pos, head, member);                    \
630              pos = list_next_entry(pos, member))
631
```

- 본 함수를 모듈 생성 시 구현하고, 추가할 내용 : **printk**(출력할 구조체의 내용)

데이터 삭제

- **list_for_each_safe()** 매크로 함수 사용 (반복적으로 탐색하며 node마다 함수 수행)

os@os-virtual-machine: ~

File Edit View Search Terminal Help

```
590
591 /**
592  * list_for_each_safe - iterate over a list safe against removal of list entry
593  * @pos:        the &struct list_head to use as a loop cursor.
594  * @n:          another &struct list_head to use as temporary storage
595  * @head:       the head for your list.
596  */
597 #define list_for_each_safe(pos, n, head) \
598         for (pos = (head)->next, n = pos->next; pos != (head); \
599                 pos = n, n = pos->next)
600
```

- 본 매크로 함수에 추가할 내용
  - **printk** (출력할 구조체의 내용)
  - **list_del** (삭제할 구조체의 list_head의 주소값)
  - **kfree** (삭제할 구조체 메모리의 포인터)

매크로 함수

- 매크로 함수 예제

```
#define ADD(a, b) a + b
```

- 코드 내부에 다음과 같이 매크로 함수를 사용했을 경우

```
...
int result = ADD(2, 3);
...
```

- 연산을 수행하기 이전에 **전처리기**에 의해 코드가 그대로 치환됨

```
...
int result = 2 + 3;
...
```

※ inline 함수와 매크로 함수의 차이점

https://ko.gadget-info.com/difference-between-inline

실습 : Skeleton code (1)

os@os-virtual-machine: ~/week3/bdlist

File Edit View Search Terminal Help

```c
#include <linux/init.h>
#include <linux/kernel.h>
#include <linux/list.h>
#include <linux/module.h>
#include <linux/slab.h>

struct birthday {
  int day;
  int month;
  int year;
  struct list_head list;
};

static LIST_HEAD(birthday_list);

struct birthday *createBirthday(int day, int month, int year) {

  /* 1. TODO: 생일을 위한 메모리를 할당하고, 인자들을 채워 생일을 완성하세요. */

}

int simple_init(void) {
  printk("INSTALL MODULE: bdlist\n");

  /* 2. TODO: 생일 목록을 하나씩 생성하는대로 연결리스트에 연결시키세요(노드 삽입). */

  /* 3. TODO: 완성된 연결리스트를 탐색하는 커널 함수를 사용하여 출력하세요. */

  return 0;
}
```

실습 : Skeleton code (2)

```c
/* 모듈을 제거할 때는 생성한 연결 리스트도 하나씩 제거하며 끝내도록 하세요. */
void simple_exit(void) {
  /* 제거를 하기 전에 리스트가 "비어있을 경우""에 대한 예외처리 */
  if(list_empty(&birthday_list)) {
    printk("List is Empty\n");
    return;
  }

  /* 4. TODO: 이제 본격적으로 연결리스트를 탐색하면서 하나씩 제거하도록 하시면 됩니다. */

  /* 다만, 제거를 하면서 연결리스트를 탐색하면 문제가 생길 것 같은데 어떤 방법으로 해결 가능한지
생각해보세요. */

  printk("REMOVE MODULE: bdlist\n");
}

module_init(simple_init);
module_exit(simple_exit);

MODULE_LICENSE("GPL");
MODULE_DESCRIPTION("make a list of birthdays and print");
MODULE_AUTHOR("이름_학번"); // 이름_학번 형식으로 적어서 제출하세요.
```

※ LMS 강의자료실에서 Skeleton Code와 list.h 함수 예제 코드 다운로드 가능

실습 : 결과 화면

```
[  190.823673] INSTALL MODULE: bdlist
[  190.823674] OS Module: Day 13.4.1987
[  190.823675] OS Module: Day 14.1.1964
[  190.823676] OS Module: Day 2.6.1964
[  190.823676] OS Module: Day 13.8.1986
[  190.823677] OS Module: Day 10.8.1996
[  237.542593] OS Module: Removing 13.4.1987
[  237.542595] OS Module: Removing 14.1.1964
[  237.542596] OS Module: Removing 2.6.1964
[  237.542597] OS Module: Removing 13.8.1986
[  237.542598] OS Module: Removing 10.8.1996
[  237.542598] REMOVE MODULE: bdlist
```

※ 생일 데이터는 임의로 작성해도 무관

감사합니다.

CPS LAB