10장 메모리 관리

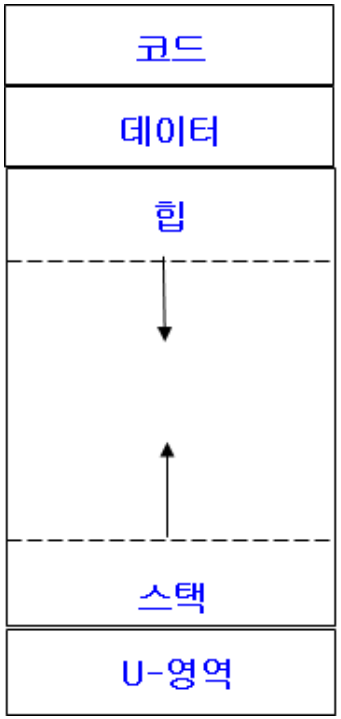
10.1 변수와 메모리

프로세스

- 프로세스는 실행중인 프로그램이다.
- 프로그램 실행을 위해서는
  - 프로그램의 코드, 데이터, 스택, 힙, U-영역 등이 필요하다.
- 프로세스 이미지(구조)는 메모리 내의 프로세스 레이아웃
- 프로그램 자체가 프로세스는 아니다 !

프로세스 구조

- 프로세스 구조

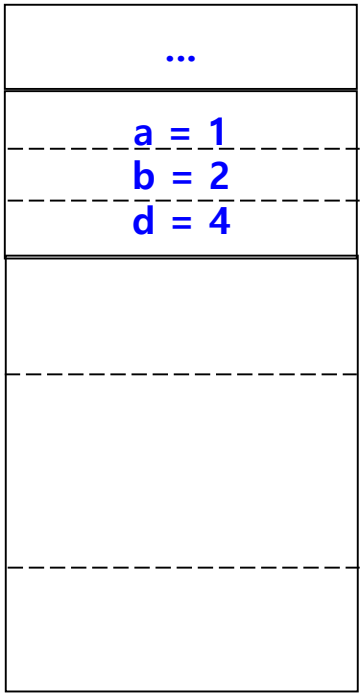


- 코드 세그먼트(code segment)
  - 기계어 명령어
- 데이터 세그먼트(data segment)
  - e.g. int maxcount = 99; (initialized)
  - e.g. long sum[1000]; (uninitialized)
- 스택(stack)
  - 지역 변수, 매개 변수, 반환주소, 반환값, 등
- 힙(heap)
  - 동적 메모리 할당
  - malloc() in C,
  - new class() in Java

vars.c

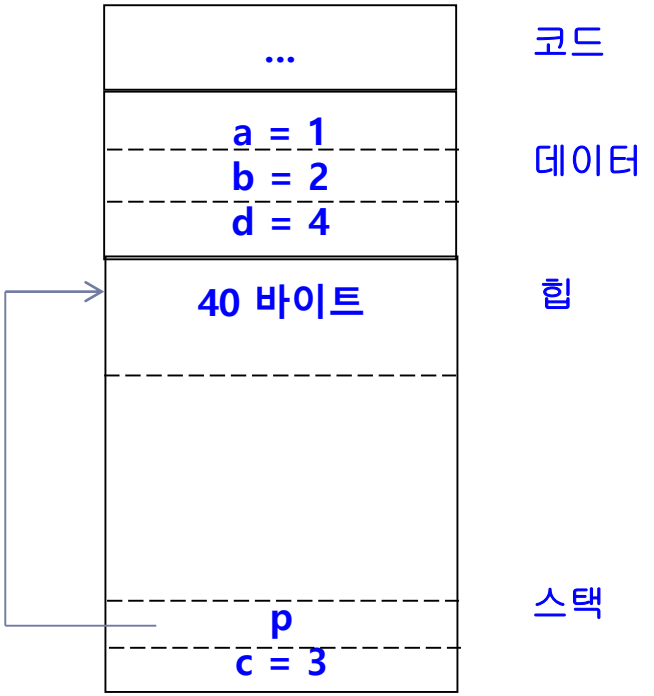
```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int a = 1;
static int b = 2;

int main() {
    int c = 3;
    static int d = 4;
    char *p;

    p = (char *) malloc(40);
    fun(5);
}

void fun(int n)
{
    int m = 6;
     ...
}
```

프로그램 시작할 때 메모리 영역



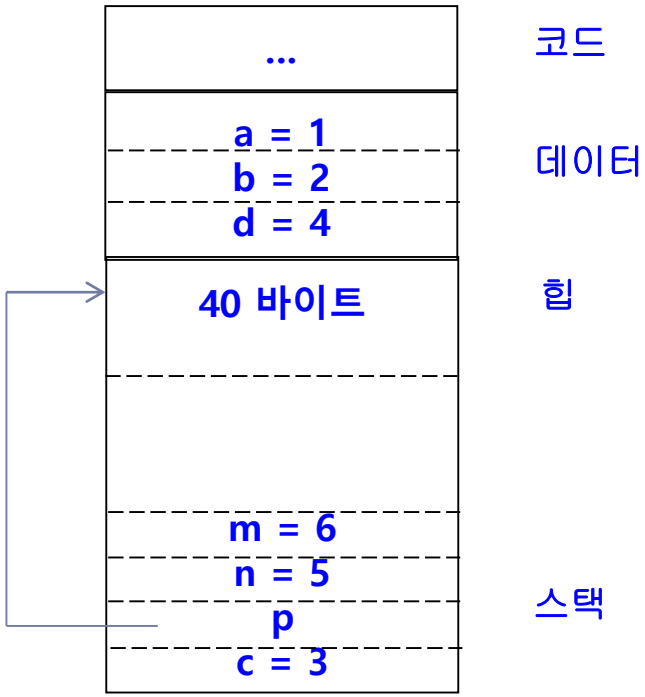

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int a = 1;
static int b = 2;

int main() {
    int c = 3;
    static int d = 4;
    char *p;

    p = (char *) malloc(40);
    fun(5);
}

void fun(int n)
{
    int m = 6;
     ...
}
```

main() 함수 실행할 때 메모리 영역




```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int a = 1;
static int b = 2;

int main() {
    int c = 3;
    static int d = 4;
    char *p;

    p = (char *) malloc(40);
    fun(5);
}

void fun(int n)
{
    int m = 6;
     ...
}
```

함수 fun() 실행할 때 메모리 영역




```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int a = 1;
static int b = 2;

int main() {
    int c = 3;
    static int d = 4;
    char *p;

    p = (char *) malloc(40);
    fun(5);
}

void fun(int n)
{
    int m = 6;
     ...
}
```

할당 방법에 따른 변수들의 분류

변수 구분	변수 종류
정적 변수	전역변수, static 변수
자동 변수	지역변수, 매개변수
동적 변수	힙 할당 변수

10.2 동적 메모리 할당

동적 메모리 할당

- 동적 할당을 사용하는 이유
  - 필요할 때 필요한 만큼만 메모리를 요청해서 사용하여
  - 메모리를 절약한다.

- malloc( )
- calloc( )
- realloc( )

- free( )

메모리 할당

```
#include <stdlib.h>
void *malloc(size_t size);
```

size 크기의 메모리를 할당하며 그 시작주소를 void* 형으로 반환한다.

```
void free(void *ptr);
```

포인터 p가 가리키는 메모리 공간을 해제한다.

- 힙에 동적 메모리 할당
- 라이브러리가 메모리 풀을 관리한다

- malloc() 함수는 메모리를 할당할 때 사용하고 free()는 할당한 메모리를 해제할 때 사용한다.

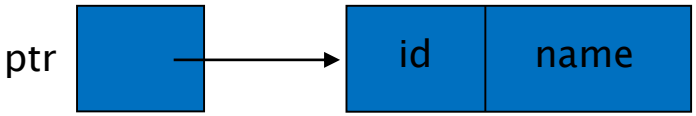
메모리 할당 예

- char *ptr;
- ptr = (char *) malloc(40);

- int *ptr;
- ptr = (int *) malloc(10 * sizeof(int));

구조체를 위한 메모리 할당 예

```
struct student {
        int id;
        char name[10];
};
struct student *ptr;
ptr = (struct student *) malloc(sizeof(struct student));
```



구조체 배열을 위한 메모리 할당 예

```
struct student *ptr;
ptr = (struct student *) malloc(n * sizeof(struct student));
```

동적 할당: stud1.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

struct student {
    int id;
    char name[20];
};

/* 입력받을 학생 수를 미리 입력받고 이어서 학생 정보를 입력받은 후,
   이들 학생 정보를 역순으로 출력하는 프로그램 */
int main()
{
    struct student *ptr; // 동적 할당된 블록을 가리킬 포인터
    int n, i;

    printf("몇 명의 학생을 입력하겠습니까? ");
    scanf("%d", &n);
    if (n <= 0) {
        fprintf(stderr, "오류: 학생 수를 잘못 입력했습니다.₩n");
        fprintf(stderr, "프로그램을 종료합니다.₩n");
        exit(1);
    }
```

동적 할당: stud1.c

```
        ptr = (struct student *) malloc(n * sizeof(struct student));
        if (ptr == NULL) {
            perror("malloc");
            exit(2);
        }

        printf("%d 명의 학번과 이름을 입력하세요.₩n", n);
        for (i = 0; i < n; i++)
            scanf("%d %s₩n", &ptr[i].id, ptr[i].name);

        printf("₩n* 학생 정보(역순) *₩n");
        for (i = n-1; i >= 0; i--)
            printf("%d %s₩n", ptr[i].id, ptr[i].name);

        printf("₩n");
        exit(0);
}
```

동적 할당: stud1.c

- $ stud1
  몇 명의 학생을 입력하겠습니까? 5
  5 명의 학번과 이름을 입력하세요.
  1001001 박연아
  1001003 김태환
  1001006 김현진
  1001009 장샛별
  1001011 홍길동
  ^D
  * 학생 정보(역순) *
  1001011 홍길동
  1001009 장샛별
  1001006 김현진
  1001003 김태환
  1001001 박연아

배열 할당 calloc()

- 같은 크기의 메모리를 여러 개를 할당할 경우

```
#include <stdlib.h>
void *calloc(size_t n, size_t size);
```

size 크기의 메모리를 n개 할당한다. 값을 모두 0으로 초기화한다.

실패하면 NULL를 반환한다.

- 이미 할당된 메모리의 크기 변경

```
#include <stdlib.h>
void *realloc(void *ptr, size_t newsize);
```

ptr이 가리키는 이미 할당된 메모리의 크기를 newsize로 변경한다.

calloc() 예

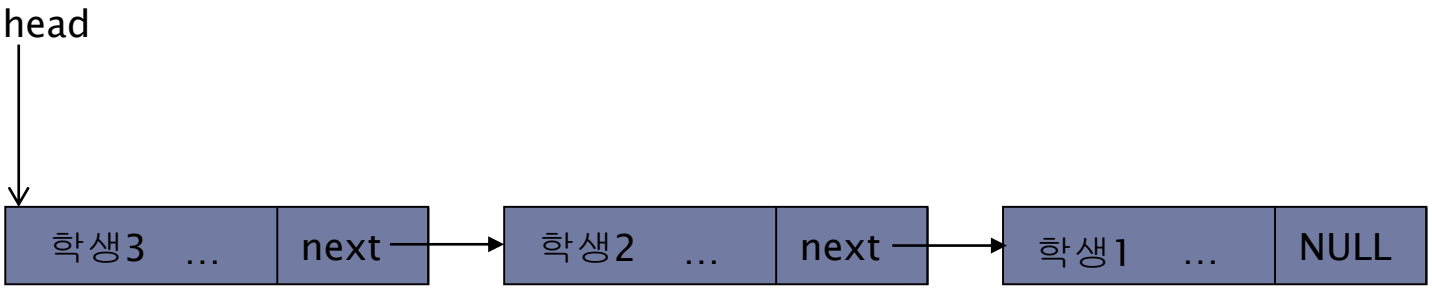
```
int *p,*q;
p = malloc(10*sizeof(int));
if (p == NULL)
        perror("malloc");

q = calloc(10, sizeof(int));
if (q == NULL)
        perror("calloc");
```

10.3 동적 할당과 연결 리스트

연결 리스트의 필요성

- 예: 여러 학생들의 데이터를 저장해야 한다고 생각해보자.
  - 가장 간단한 방법은 구조체 배열을 선언하여 사용하는 것이다.
  - 이 방법은 배열의 크기를 미리 결정해야 하는 문제점이 있다.
  - 배열의 크기보다 많은 학생들은 처리할 수 없으며 이보다 적은 학생들의 경우에는 배열의 기억공간은 낭비된다.

- 동적 메모리 할당
  - 필요할 때마다 동적으로 메모리를 할당하여
  - 연결리스트(linked list)로 관리한다



자기 참조 구조체를 위한 메모리 할당

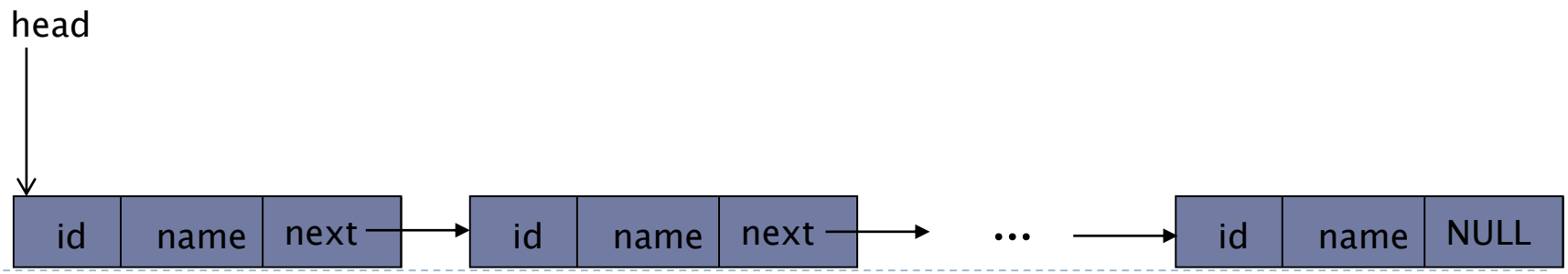
```
struct student {
        int id;
        char name[20];
        struct student *next;
};
struct student *ptr;
ptr = (struct student *) malloc(sizeof(struct student));
```

동적 할당: stud2.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
...

/* 학생 정보를 입력받아 연결 리스트에 저장하고 학생 정보를 역순으로
   출력한다.  */
int main()
{
    int count = 0, id;
    char name[20];
    struct student *p, *head = NULL;

    printf("학번과  이름을 입력하세요₩n");
```

stud2.c

```
while (scanf("%d %s", &id, name) == 2)  {
    p = (struct student *) malloc(sizeof(struct student));
    if (p == NULL) {
        perror("malloc");
        exit(1);
    }
    p->id = id;
    strcpy(p->name, name);
    p->next = head;
    head = p;
}
```



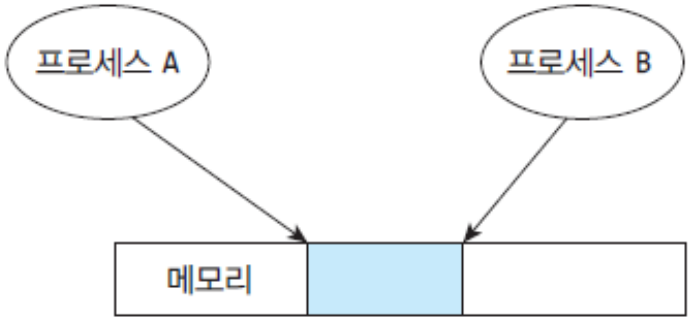
stud2.c

```
    printf("₩n* 학생 정보(역순) *₩n");
    p = head;
    while (p != NULL)  {
        count++;
        printf("학번: %d 이름: %s ₩n", p->id,  p->name);
        p = p->next;
    }
    printf("총 %d 명입니다.₩n", count);
    exit(0);
}
```

10.4 공유 메모리

공유 메모리의 필요성

- 공유 메모리
  - 프로세스 사이에 메모리 영역을 공유해서 사용할 수 있도록 해준다.



공유 메모리 관련 함수

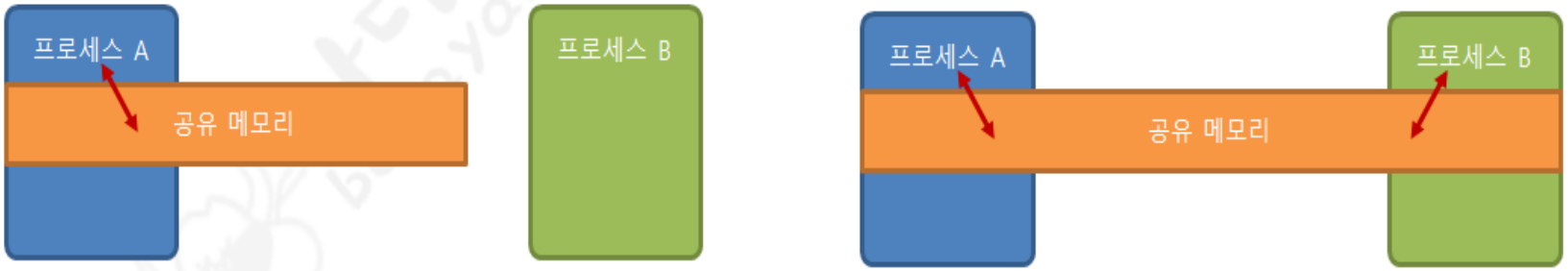
- 공유 메모리 생성 shmget()


```
#include <sys/shm.h>
#include <sys/ipc.h>
int shmget(key_t key, size_t size, int shmflg);
```

key를 사용하여 size 크기의 공유 메모리를 생성하고 생성된 공유 메모리의 ID를 반환한다.

공유 메모리 관련 함수

- 공유 메모리 연결 shmat()




```
#include <sys/shm.h>
#include <sys/ipc.h>
void *shmat(int shmid, const void *shmaddr, int shmflg);
```

shmid 공유 메모리를 이 프로세스의 메모리 위치 shmaddr에 연결하고 그 주소를 반환한다.

공유 메모리 관련 함수

- 공유 메모리 연결 해제 shmdt()

```
#include <sys/shm.h>
#include <sys/ipc.h>
int shmdt(const void *shmaddr);
```

공유 메모리에 대한 연결 주소 shmaddr를 연결해제 한다.

성공 시 0, 실패 시 –1을 반환한다.

- 공유 메모리 제어 shmctl()

```
#include <sys/shm.h>
#include <sys/ipc.h>
int shmctl(int shmid, int cmd, struct shmid_ds *buf);
```

shmid 공유메모리를 cmd 명령어에 따라 제어한다.

공유 메모리: shm1.c

```
 1 #include <sys/ipc.h>
 ...
 7 int main()
 8 {
 9     int shmid;
10     key_t key;
11     char *shmaddr;
12
13     key = ftok("helloshm", 1);
14     shmid = shmget(key, 1024, IPC_CREAT|0644);
15     if (shmid == -1) {
16         perror("shmget");
17         exit(1);
18     }
19
20     printf("shmid : %d", shmid);
21     shmaddr = (char *) shmat(shmid, NULL, 0);
22     strcpy(shmaddr, "hello shared memory");
23     return(0);
24 }
```

실행 결과

```
$shm1
shmid : 17
$ ipcs -m
------ Shared Memory Segments --------
key            shmid   owner perms bytes nattch status
0x00000000   4       chang 600     16384 1       dest
0xffffffff       17       chang 644     1024   0
...
```

공유 메모리: shm2.c

```
 1 #include <sys/ipc.h>
 ...
 7 int main()
 8 {
 9     int shmid;
10     key_t key;
11     char *shmaddr;
12
13     key = ftok("helloshm", 1);
14     shmid = shmget(key, 1024, 0);
15     if (shmid == -1) {
16         perror("shmget");
17         exit(1);
18     }
19
20     printf("shmid : %d₩n", shmid);
21     shmaddr = (char *) shmat(shmid, NULL, 0);
22     printf("%s₩n", shmaddr);
24     return(0);
25 }
```

실행 결과

```
shmid : 17
hello shared memory
```

부모-자식 프로세스 사이의 메모리 공유: shm3.c

```
 1 #include <sys/ipc.h>
 2 #include <sys/shm.h>
 3 #include <sys/types.h>
 4 #include <sys/wait.h>
 5 #include <unistd.h>
 6 #include <stdlib.h>
 7 #include <stdio.h>
 8
 9  int main()
10 {
11     int shmid;
12     char *shmptr1, *shmptr2;
13
14     shmid = shmget(IPC_PRIVATE,
           10*sizeof(char),IPC_CREAT|0666);
15     if (shmid == -1) {
16         printf("shmget failed₩n");
17         exit(0);
18     }
20  if (fork() == 0) {
21      shmptr1 = (char *) shmat(shmid, NULL, 0);
22      for (int i=0; i<10; i++)
23          shmptr1[i] = i*10;
24      shmdt(shmptr1);
25      exit(0);
26  } else {
27      wait(NULL);
28      shmptr2 = (char *) shmat(shmid, NULL, 0);
29      for (int i=0; i<10; i++)
30          printf("%d ", shmptr2[i]);
31      shmdt(shmptr2);
32      if (shmctl(shmid,IPC_RMID,NULL)==-1)
33          printf("shmctl failed₩n");
34   }
35   return 0;
36 }
```

실행 결과

```
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90
```

10.5 메모리 관리 함수

메모리 관리 함수

- # include <string.h>
- void *memset(void *s, int c, size_t n);

  s에서 시작하여 n 바이트만큼 문자 c로 설정한 다음에 s를 반환한다.

- int memcmp(const void *s1, const void *s2, size_t n);

  s1과 s2에서 첫 n 바이트를 비교해서, 메모리 블록 내용이 동일하면 0을 반환하고 s1이 s2보다 작으면 음수를 반환하고, s1이 s2보다 크다면 양수를 반환한다.

- void *memchr(const void *s, int c, size_t n);

  s가 가리키는 메모리의 n 바이트 범위에서 문자 c를 탐색한다.
  c와 일치하는 첫 바이트에 대한 포인터를 반환하거나,
  c를 찾지 못하면 NULL을 반환한다.

메모리 관리 함수

- # include <string.h>
- void *memmove(void *dst, const void *src, size_t n);

  src에서 dst로 n 바이트를 복사하고, dst를 반환한다.

- void *memcpy(void *dst, const void *src, size_t n);

  src에서 dst로 n 바이트를 복사한다. 두 메모리 영역은 겹쳐지지 않는다.
  만일 메모리 영역을 겹쳐서 쓰길 원한다면 memmove() 함수를 사용해라.
  dst를 반환한다.

- 참고 char *strncpy(char *dst, const char *src, size_t n);

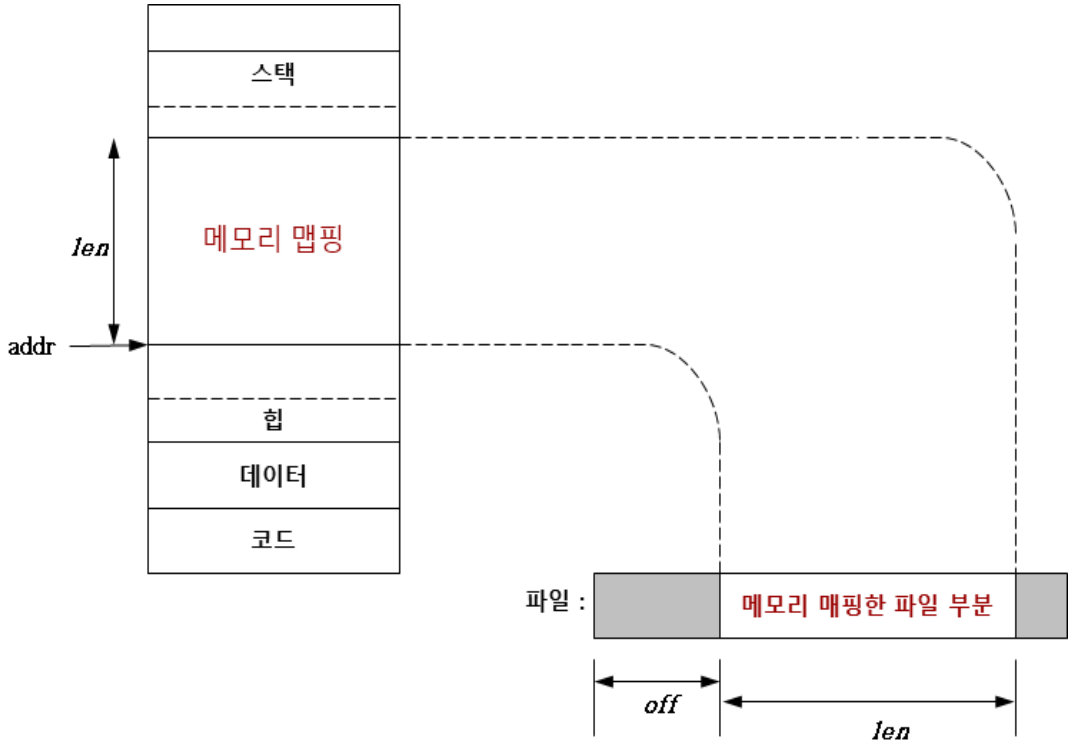
mem.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>

void main()
{
    char str[32]="Do you like Linux?";
    char *ptr,*p;

    ptr = (char *) malloc(32);
    memcpy(ptr, str, strlen(str));
    puts(ptr);
    memset(ptr+12,'l',1);
    puts(ptr);

    p = (char *) memchr(ptr,'l',18);
    puts(p);
    memmove(str+12,str+7,10);
    puts(str);
}
```

```
$ mem
Do you like Linux?
Do you like linux?
like linux?
Do you like like Linux
```

메모리 맵핑

- 메모리 맵핑
  - 파일의 일부 영역에 메모리 주소를 부여할 수 있다.
  - 마치 변수를 사용하는 것처럼 파일을 사용할 수 있다.



메모리 매핑 시스템 호출

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/mman.h>
caddr_t mmap(caddr_t addr, size_t len, int prot, int flag, int fd, off_t off);
```

fd가 나타내는 파일의 일부 영역(off부터 len 크기)에 메모리 주소를 부여하고 메모리 맵핑된 영역의 시작 주소(addr)를 반환한다.

- 매개 변수
  - addr: 메모리 맵핑에 부여할 메모리 시작 주소,
    이 값이 NULL이면 시스템이 적당한 시작 주소를 선택한다.
  - len: 맵핑할 파일 영역의 크기로 메모리 맵핑의 크기와 같다.
  - prot: 매핑된 메모리 영역에 대한 보호 정책을 나타낸다.
    PROT_READ(읽기), PROT_WRITE(쓰기), PROT_EXEC(실행), PROT_NONE(접근 불가)
  - fd: 대상 파일의 파일 디스크립터
  - off: 맵핑할 파일 영역의 시작 위치

메모리 매핑을 사용한 cat 명령어 구현:mmap.c

```
 1 #include <stdio.h>
 ...
 8
 9 int main(int argc, char *argv[])
10 {
11     struct stat sbuf;
12     char *p;
13     int fd;
14
15     if (argc < 2) {
16         fprintf(stderr, "사용법: %s 파일이름₩n", argv[0]);
17         exit(1);
18     }
19
20     fd = open(argv[1], O_RDONLY);
21     if (fd == -1) {
22         perror("open");
23         exit(1);
24     }
```

메모리 매핑을 사용한 cat 명령어 구현:mmap.c

```
26      if (fstat(fd, &sbuf) == -1) {
27          perror("fstat");
28          exit(1);
29      }
30
31      p = mmap(0, sbuf.st_size, PROT_READ, MAP_SHARED, fd, 0);
32      if (p == MAP_FAILED) {
33          perror("mmap");
34          exit(1);
35      }
36
37      for (long l = 0; l < sbuf.st_size; l++)
38          putchar(p[l]);
39
40      close(fd);
41      munmap(p, sbuf.st_size);    // 메모리 매핑 해제
42      return 0;
43  }
```