

공유 메모리[1]

□ 공유 메모리

- 같은 메모리 공간을 두 개 이상의 프로세스가 공유하는 것
- 같은 메모리 공간을 사용하므로 이를 통해 데이터를 주고 받을 수 있음

□ 공유 메모리 생성: shmget(2)

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

- key : IPC_PRIVATE 또는 ftok로 생성한 키값
- size : 공유할 메모리 크기
- shmflg : 공유 메모리의 속성을 지정하는 플래그
 - IPC_CREAT, IPC_EXCL
- 공유 메모리 식별자를 리턴(shmid_ds 구조체)



□ shm_id_ds 구조체

```
struct shm_id_ds {  
    struct ipc_perm shmmsg_perm;  
    size_t shm_segsz;  
    struct anon_map *shm_amp;  
    pid_t shm_lpid;  
    pid_t shm_cpid;  
    shmatt_t shm_nattch;  
    ulong_t shm_cnattch;  
    time_t shm_atime;  
    int32_t shm_pad1;  
    time_t shm_dtime;  
    int32_t shm_pad2;  
    time_t shm_ctime;  
    int32_t shm_pad3;  
    int32_t shm_pad4[4];  
};
```

- shm_perm: IPC공통 구조체
- shm_segsz: 공유 메모리 세그먼트 크기
- shm_lpid: 마지막으로 shmop동작을 한 프로세스 ID
- shm_cpid : 공유 메모리를 생성한 프로세스ID
- shm_nattach: 공유 메모리를 연결하고 있는 프로세스 수
- shm_atime: 마지막으로 공유 메모리를 연결한 시각
- shm_dtime: 마지막으로 공유 메모리 연결을 해제한 시각
- shm_ctime: 마지막으로 공유 메모리 접근 권한을 변경한 시각



[예제 10-4] 공유 메모리 생성하기(test1.c)

```
...
07 int main(void) {
08     key_t key;
09     int shmid;
10
11     key = ftok("shmfile", 1);
12     shmid = shmget(key, 1024, IPC_CREAT|0644);
13     if (shmid == -1) {
14         perror("shmget");
15         exit(1);
16     }
17
18     return 0;
19 }
```

키 생성

key 값은 학번 뒤의 세자리

공유 메모리 생성.

```
# ex10_4.out
# ipcs -mo
IPC status from <running system> as of 2009년 2월 18일 수요일 오후 03시 06분 01초
T          ID      KEY      MODE      OWNER      GROUP NATTCH
Shared Memory:
m          0      0x100719b  --rw-r--r--  root      other      0
```



공유 메모리[3]

□ 공유 메모리 연결: shmat(2)

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

- shmid : 공유 메모리 식별자 shmget 을 통해 얻은 id
- shmaddr : 공유 메모리를 연결할 주소 (일반적으로 0으로 지정) (char *)NULL or 0 로 설정.
자동적으로 비어있는 페이지로 맵핑됨.
- Shmflg : 공유 메모리에 대한 읽기/쓰기 권한
 - 0(읽기/쓰기 가능), SHM_RDONLY(읽기 전용)

□ 공유 메모리 연결 해제: shmdt(2)

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/shm.h>
int shmdt(char *shmaddr);
```

- Shmaddr: 연결을 해제할 공유 메모리 주소



공유 메모리[4]

□ 공유 메모리 제어: shmctl(2) 쉐어드 메모리에 대한 정보를 획득 가능.

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

■ cmd : 수행할 제어기능

- IPC_RMID : 공유 메모리 제거
- IPC_SET : 공유 메모리 정보 내용 중 shm_perm.uid, shm_perm.gid, shm_perm.mode 값을 세번째 인자로 지정한 값으로 변경
- IPC_STAT : 현재 공유 메모리의 정보를 buf에 지정한 메모리에 저장
- SHM_LOCK : 공유 메모리를 잠근다.
- SHM_UNLOCK : 공유 메모리의 잠금을 해제한다.



[예제 10-5] 공유 메모리 사용하기(test2.c)

□ 부모/자식 프로세스 간 공유 메모리 사용 예제

```
...
09  int main(void) {
10      int shmid, i;
11      char *shmaddr, *shmaddr2;
12
13      shmid = shmget(IPC_PRIVATE, 20, IPC_CREAT|0644);
14      if (shmid == -1) {
15          perror("shmget");
16          exit(1);
17      }
18
19      switch (fork()) {
20          case -1:
21              perror("fork");
22              exit(1);
23              break;
```

공유 메모리 생성



[예제 10-5] 공유 메모리 사용하기 (test2.c)

```
24     case 0:
25         shmaddr = (char *)shmat(shmid, (char *)NULL, 0);
26         printf("Child Process =====\n");
27         for (i=0; i<10; i++)
28             shmaddr[i] = 'a' + i;
29         shmdt((char *)shmaddr);
30         exit(0);
31         break;
32     default:
33         wait(0);
34         shmaddr2 = (char *)shmat(shmid, (char *)NULL, 0);
35         printf("Parent Process =====\n");
36         for (i=0; i<10; i++)
37             printf("%c ", shmaddr2[i]);
38         printf("\n");
39         sleep(5);
40         shmdt((char *)shmaddr2);
41         shmctl(shmid, IPC_RMID, (struct shmid_ds *)NULL);
42         break;
43     }
44
45     return 0;
46 }
```

공유 메모리 연결

공유메모리에 데이터 기록 후
공유 메모리 연결 해제

공유 메모리 연결

공유 메모리 내용 출력

공유 메모리 연결 해제

공유 메모리 삭제

ex10_5.out
Child Process =====
Parent Process =====
a b c d e f g h i j

함수로도 삭제 가능.

[예제 10-6] (1) listener (서버역할) – server.c

□ 독립적인 프로세스 간 공유 메모리 사용 예제

```
...
10 void handler(int dummy) {
11     ;
12 }
13
14 int main(void) {
15     key_t key;
16     int shmid;
17     void *shmaddr;
18     char buf[1024];
19     sigset_t mask;
20
21     key = ftok("shmfile", 1);
22     shmid = shmget(key, 1024, IPC_CREAT|0666);
23
24     sigfillset(&mask);
25     sigdelset(&mask, SIGUSR1);
26     sigset(SIGUSR1, handler);
27
28     printf("Listener wait for Talker\n");
```

키 생성

공유 메모리 생성

시그널 처리 지정

SIGUSR1 시그널을 받았다는 의미.

[예제 10-6] (1) listener (서버역할)

```
29     sigsuspend(&mask);
30
31     printf("Listener Start =====\n");
32     shmaddr = shmat(shmid, NULL, 0);
33     strcpy(buf, shmaddr);
34     printf("Listener received : %s\n", buf);
35
36     strcpy(shmaddr, "Have a nice day\n");
37     sleep(3);
38     shmdt(shmaddr);
39
40     return 0;
41 }
```

시그널 올 때까지 대기

시그널이 오면 공유 메모리 연결

메모리 내용 읽고 출력

공유 메모리에 쓰기



[예제 10-6] (2) talker(클라이언트 역할)-client.c

```
...
11 int main(int argc, char **argv) {
12     key_t key;
13     int shmid;
14     void *shmaddr;
15     char buf[1024];
16
17     key = ftok("shmfile", 1);
18     shmid = shmget(key, 1024, 0);
19
20     shmaddr = shmat(shmid, NULL, 0);
21     strcpy(shmaddr, "Hello, I'm talker\n");
22
23     kill(atoi(argv[1]), SIGUSR1);
24     sleep(2);
25     strcpy(buf, shmaddr);
26
27     printf("Listener said : %s\n", buf);
28     system("ipcs -mo");
29     shmdt(shmaddr);
30     shmctl(shmid, IPC_RMID, NULL);
31
32     return 0;
33 }
```

서버와 같은 키 생성

공유 메모리 정보 가져오기

공유 메모리 연결하고 데이터 기록

시그널 발송

sleep 동안 서버로부터 문자열 받음.

서버가 보낸 메시지 읽어 출력

공유 메모리 연결 해제 및 삭제

[예제 10-6] 실행결과

```
# listener &
[1]      4946
# Listener wait for Talker
Listener Start =====
Listener received : Hello, I'm talker
# talker 4946
Listener said : Have a nice day
IPC status from <running system> as of 2009년 2월 18일 수요일 오후 07시 53분 12초
T          ID          KEY          MODE          OWNER          GROUP NATTCH
Shared Memory:
m          4          0x100719b  --rw-rw-rw-    root          other          2
# ipcs
IPC status from <running system> as of 2009 년 2월 18일 수요일 오후 07시 53분 57초
T          ID          KEY          MODE          OWNER          GROUP
Message Queues:
Shared Memory:
Semaphores:
```



□ 세마포어

- 프로세스 사이의 동기를 맞추는 기능 제공
- 한 번에 한 프로세스만 작업을 수행하는 부분에 접근해 잠그거나, 다시 잠금을 해제하는 기능을 제공하는 정수형 변수
- 세마포어를 처음 제안한 에츨허르 데이크스트라가 사용한 용어에 따라 잠금함수는 p 로 표시하고 해제함수는 v 로 표시

□ 세마포어 기본 동작 구조

- 중요 처리부분(critical section)에 들어가기 전에 p 함수를 실행하여 잠금 수행
- 처리를 마치면 v 함수를 실행하여 잠금 해제

```
p(sem); // 잠금  
중요한 처리 부분  
v(sem); // 잠금 해제
```



세마포어[2]

□ p 함수의 기본 동작 구조

```
p(sem) {  
    while sem=0 do wait;  
    sem 값을 1 감소;  
}
```

- sem의 초기값은 1
- sem이 0이면 다른 프로세스가 처리부분을 수행하고 있다는 의미이므로 1이 될 때까지 기다린다.
- sem이 0이 아니면 0으로 만들어 다른 프로세스가 들어오지 못하게 함

□ v 함수의 기본 동작 구조

```
v(sem) {  
    sem 값을 1 증가;  
    if (대기중인 프로세스가 있으면)  
        대기중인 첫 번째 프로세스를 동작시킴  
}
```



세마포어[3]

□ 세마포어 생성: semget(2)

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/sem.h>
int semget(key_t key, int nsems, int semflg);
```

- **nsems** : 생성할 세마포어 개수
- **semflg** : 세마포어 접근 속성 (IPC_CREAT, IPC_EXCL)

□ semid_ds 구조체

```
struct semid_ds {
    struct ipc_perm sem_perm;
    struct sem *sem_base;
    ushort_t sem_nsems;
    time_t sem_otime;
    int32_t sem_pad1;
    time_t sem_ctime;
    int32_t sem_pad2;
    int sem_binary;
    long sem_pad3[3];
};
```

- **sem_perm**: IPC공통 구조체
- **sem_base**: 세마포어 집합에서 첫번째 세마포어의 주소
- **sem_nsems**: 세마포어 집합에서 세마포어 개수
- **sem_otime**: 세마포어 연산을 수행한 마지막시간
- **sem_ctime**: 세마포어 접근권한을 마지막으로 변경한 시간
- **sem_binary**: 세마포어 종류를 나타내는 플래그

□ sem 구조체

▪ 세마포어 정보를 저장하는 구조체

```
struct sem {  
    ushort_t    semval;  
    pid_t       sempid;  
    ushort_t    semncnt;  
    ushort_t    semzcnt;  
    kcondvar_t  semncnt_cv;  
    kcondvar_t  semzcnt_cv;  
};
```

- **semval** : 세마포어 값
- **sempid** : 세마포어 연산을 마지막으로 수행한 프로세스 PID
- **semncnt**: 세마포어 값이 현재 값보다 증가하기를 기다리는 프로세스 수
- **semzcnt**: 세마포어 값이 0이 되기를 기다리는 프로세스 수



□ 세마포어 제어: semctl(2)

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/sem.h>
int semctl(int semid, int semnum, int cmd, ...);
```

- **semnum** : 기능을 제어할 세마포어 번호
- **cmd** : 수행할 제어 명령
- **...** : 제어 명령에 따라 필요시 사용할 세마포어 공용체 주소(선택사항)

```
union semun {
    int          val;
    struct semid_ds * buf;
    ushort_t     *array;
} arg;
```

□ cmd에 지정할 수 있는 값

- **IPC_RMID, IPC_SET, IPC_STAT** : 메시지 큐, 공유 메모리와 동일 기능
- **GETVAL** : 세마포어의 semval 값을 읽어온다.
- **SETVAL** : 세마포어의 semval 값을 arg.val로 설정한다.
- **GETPID** : 세마포어의 sempid 값을 읽어온다.
- **GETNCNT, GETZCNT** : 세마포어의 semncnt, semzcnt 값을 읽어온다.
- **GETALL** : 세마포어 집합에 있는 모든 세마포어의 semval 값을 arg.array에 저장
- **SETALL** : 세마포어 집합에 있는 모든 세마포어의 semval 값을 arg.array의 값으로 설정



세마포어[6]

□ 세마포어 연산: semop(2)

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/sem.h>
int semop(int semid, struct sembuf *sops, size_t nsops);
```

- **sops** : sembuf 구조체 주소
- **nsops** : sops가 가리키는 구조체 크기

세마포어 연산을 의미

```
struct sembuf {
    ushort_t    sem_num;
    short        sem_op;
    short        sem_flg;
};
```

□ 세마포어 연산

- sembuf 구조체의 **sem_op** 항목에 지정

```
if (sem_op < 0) {                /* 세마포어 잠금 */
    wait until semval >= | sem_op |;
    semval -= | sem_op |;
}
else if (sem_op > 0)             /* 세마포어 잠금 해제 */
    semval += sem_op;
else
    wait until semval is 0;
```

세마포어[7]

1. sem_op가 음수 : 세마포어 잠금 기능 수행

- semval 값이 sem_op의 절댓값과 같거나 크면 semval 값에서 sem_op의 절댓값을 뺀다.
- semval 값이 sem_op의 절댓값보다 작고 sem_flg에 IPC_NOWAIT가 설정되어 있으면 semop 함수는 즉시 리턴
- semval 값이 sem_op 값보다 작는데 sem_flg에 IPC_NOWAIT가 설정되어 있지 않으면 semop 함수는 semncnt 값을 증가시키고 다음 상황을 기다린다.

- ① semval 값이 sem_op의 절댓값보다 같거나 커진다. 이 경우 semncnt 값을 감소하고 semval 값에서 sem_op의 절댓값을 뺀다.
- ② 시스템에서 semid가 제거된다. 이 경우 errno가 EIDRM으로 설정되고 -1을 리턴한다.
- ③ semop 함수를 호출한 프로세스가 시그널을 받는다. 이 경우 semncnt 값을 감소하고 시그널 처리함수를 수행한다.

```
if (semval >= ABS(sem_op)) {  
    set semval to semval - ABS(sem_op)  
}  
else  
{  
    if ((sem_flag & IPC_NOWAIT)) return -1 immediately  
    else {  
        wait until semval reaches or exceeds ABS(sem_op)  
        then subtract ABS(sem_op) as above  
    }  
}
```



세마포어[8]

1. **sem_op가 양수면** 이는 세마포어의 잠금을 해제하고 사용중이던 공유자원을 돌려준다.
이 경우 sem_op 값이 semval 값에 더해진다.
2. **sem_op 값이 0일 경우**
 - semval 값이 0이면 semop 함수는 즉시 리턴한다.
 - semval 값이 0이 아니고, sem_flg에 IPC_NOWAIT가 설정되어 있으면 semop 함수는 즉시 리턴한다.
 - semval 값이 0이 아니고, sem_flg에 IPC_NOWAIT가 설정되어 있지 않으면 semop 함수는 semzcnt 값을 증가시키고 semval 값이 0이 되길 기다린다.



[예제 10-7] (1) 세마포어 생성과 초기화 (test3.c)

```
...
09 union semun {
10     int val;
11     struct semid_ds *buf;
12     unsigned short *array;
13 };
14
15 int initsem(key_t semkey) {
16     union semun semunarg;
17     int status = 0, semid;
18
19     semid = semget(semkey, 1, IPC_CREAT | IPC_EXCL | 0600);
20     if (semid == -1) {
21         if (errno == EEXIST)
22             semid = semget(semkey, 1, 0);
23     }
24     else {
25         semunarg.val = 1;
26         status = semctl(semid, 0, SETVAL, semunarg);
27     }
28
29     if (semid == -1 || status == -1) {
30         perror("initsem");
31         return (-1);
32     }
33
34     return semid;
35 }
```

semun 공용체 선언

세마포어 생성 및 초기화 함수

세마포어 생성

세마포어 값을 1로 초기화

[예제 10-7] (2) 세마포어 연산

```
36
37 int semlock(int semid) {
38     struct sembuf buf;
39
40     buf.sem_num = 0;
41     buf.sem_op = -1;
42     buf.sem_flg = SEM_UNDO;
43     if (semop(semid, &buf, 1) == -1) {
44         perror("semlock failed");
45         exit(1);
46     }
47     return 0;
48 }
49
50 int semunlock(int semid) {
51     struct sembuf buf;
52
53     buf.sem_num = 0;
54     buf.sem_op = 1;
55     buf.sem_flg = SEM_UNDO;
56     if (semop(semid, &buf, 1) == -1) {
57         perror("semunlock failed");
58         exit(1);
59     }
60     return 0;
61 }
```

세마포어 잠금 함수

sem_op 값을 음수로 하여 잠금기능 수행

세마포어 잠금 해제 함수

sem_op 값을 양수로 하여 잠금해제기능 수행

[예제 10-7] (3) 세마포어 호출

```
63 void semhandle() {
64     int semid;
65     pid_t pid = getpid();
66
67     if ((semid = initsem(1)) < 0)
68         exit(1);
69
70     semlock(semid);
71     printf("Lock : Process %d\n", (int)pid);
72     printf("** Lock Mode : Critical Section\n");
73     sleep(1);
74     printf("Unlock : Process %d\n", (int)pid);
75     semunlock(semid);
76
77     exit(0);
78 }
79
80 int main(void) {
81     int a;
82     for (a = 0; a < 3; a++)
83         if (fork() == 0) semhandle();
84
85     return 0;
86 }
```

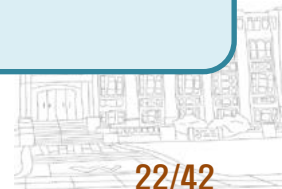
세마포어 생성 함수 호출

세마포어 잠금 함수 호출

처리부분

세마포어 잠금 해제 함수 호출

자식 프로세스를 3개 만든다.



[예제 10-7] 실행결과

□ 세마포어 기능을 사용하지 않을 경우

```
# ex10_7.out
Lock : Process 5262
** Lock Mode : Critical Section
Lock : Process 5263
** Lock Mode : Critical Section
Lock : Process 5264
** Lock Mode : Critical Section
Unlock : Process 5263
Unlock : Process 5262
Unlock : Process 5264
```

5262 프로세스가 처리부분을 실행하는 중에 다른 프로세스도 같이 수행된다.

□ 세마포어 기능을 사용할 경우

```
# ex10_7.out
Lock : Process 5195
** Lock Mode : Critical Section
Unlock : Process 5195
Lock : Process 5196
** Lock Mode : Critical Section
Unlock : Process 5196
Lock : Process 5197
** Lock Mode : Critical Section
Unlock : Process 5197
```

5262 프로세스가 처리부분을 실행하는 중에 다른 프로세스는 실행하지 않고 차례로 실행한다.