과제 #2

K-Board v2: over ProcFS

제출 기한: 6/16 (일) 23:59

제출 방법: KEDILMS “과제 #2”

질의응답 프로토콜

1. KEDILMS Q/A 게시판 확인

2. 인터넷 (구글) 검색
    1. 문제가 났을 때의 문장 혹은 키워드로 구글 검색
    2. 한글 자료는 많이 없으므로, 영어 사용 권장

3. KEDILMS Q/A 질문답변 게시판에 질문 올리기
    1. 가능한 자세한 정보를 제공할 것 (명령 수행 화면 등)
    2. 최대한 빠르게 답변하려고 노력 중이며,
    3. 질문 답변은 분반 간에 공유됨

과제 학습 목표 및 내용

- 학습 목표
  - 커널 모듈을 이용한 커널 개발 방법을 학습한다.
  - Proc FS를 이용한 유저-커널간 인터페이스를 학습한다.
  - 3가지 Reader-Writer 동기화 문제 해결 방법을 비교해본다.
- 내용
  - Proc FS를 이용한 K-Board v2 구현
    - 커널 모듈을 기반으로 ProcFS 구현
    - Proc FS를 기반으로 K-Board v2 구현
    - K-Board v2를 이용한 동기화 기법의 구현 및 비교
- 과제 총점수 30점 중 15점
  - 지각 제출 마감: 6/23 (일) 23:59
  - 시간 단위로 감점. 0.05p/hour=1.2p/day

과제 제출 내용

- 보고서와 소스코드를 압축해서 하나의 파일로 제출해야 함
- 보고서 (학번.pdf)
  - 제목, 학번, 이름, 캡처 화면 여러 개, 어려웠던 점 및 해결 방안, 소스코드
  - 유저 프로그램 결과 화면 캡처: 필요한 만큼
    - /proc 내에 구현된 파일들 화면 캡처 필수
  - 소스 코드는 수정한 부분, 핵심적인 부분만 포함할 것. 캡처 무방.
  - 각 소스 코드의 역할 등 간략한 설명 추가
  - Readers, writers 솔루션의 결과 도출 과정 및 분석 내용
  - 캡처 화면, 소스 코드 외의 내용은 A4 5장을 절대 넘기지 말 것
- 소스코드 (학번.zip)
  - 커널: 2개 파일 (모듈 소스 및 Makefile)
  - 유저: 만들어서 사용한 만큼. 각 파일에 대한 간략한 설명 필수. 보고서에 기재할 것. 스크립트를 만들어 썼다면 그것도 포함.

순서

1. Proc FS
2. Proc FS 모듈 예제 프로그램의 활용 및 이해
3. K-Board v2 구현
4. Reader-writer 동기화 문제 확인 및 해결

Proc FS

Proc File System

- /proc
  - 커널-유저 간 편리한 정보 전달을 위한 특수 파일 시스템
    - 파일 시스템 인터페이스를 이용해 커널 공간의 데이터를 접근
      - Open(), close(), read(), write(), …
      - struct file_operations 에 정의되어 있음
    - Pseudo file system
      - 일반 파일 시스템: 스토리지에 저장된 파일의 데이터에 접근
      - Pseudo file system: read(), write()는 편리한 인터페이스일 뿐, 어떤 동작을 하든 자유
        - Proc의 경우, 주로 커널의 데이터를 읽거나, 변경하는데 이용됨
        - CPU, 메모리 정보: /proc/cpuinfo, /proc/meminfo
        - 커널에 명령을 전달: echo 3 > /proc/sys/vm/drop_caches
  - 참고
    - 리눅스 소스 디렉토리에서 Documentation/filesystems/proc.h
    - https://www.kernel.org/doc/Documentation/filesystems/proc.txt

Struct file_operations @ include/linux/fs.h

/ include / linux / fs.h Search Identifier

```
1713  struct file_operations {
1714          struct module *owner;
1715          loff_t (*llseek) (struct file *, loff_t, int);
1716          ssize_t (*read) (struct file *, char __user *, size_t, loff_t *);
1717          ssize_t (*write) (struct file *, const char __user *, size_t, loff_t *);
1718          ssize_t (*read_iter) (struct kiocb *, struct iov_iter *);
1719          ssize_t (*write_iter) (struct kiocb *, struct iov_iter *);
1720          int (*iterate) (struct file *, struct dir_context *);
1721          int (*iterate_shared) (struct file *, struct dir_context *);
1722          __poll_t (*poll) (struct file *, struct poll_table_struct *);
1723          long (*unlocked_ioctl) (struct file *, unsigned int, unsigned long);
1724          long (*compat_ioctl) (struct file *, unsigned int, unsigned long);
1725          int (*mmap) (struct file *, struct vm_area_struct *);
1726          unsigned long mmap_supported_flags;
1727          int (*open) (struct inode *, struct file *);
1728          int (*flush) (struct file *, fl_owner_t id);
1729          int (*release) (struct inode *, struct file *);
1730          int (*fsync) (struct file *, loff_t, loff_t, int datasync);
1731          int (*fasync) (int, struct file *, int);
1732          int (*lock) (struct file *, int, struct file_lock *);
1733          ssize_t (*sendpage) (struct file *, struct page *, int, size_t, loff_t *, int);
1734          unsigned long (*get_unmapped_area)(struct file *, unsigned long, unsigned long, unsigned long, unsigned long);
1735          int (*check_flags)(int);
1736          int (*flock) (struct file *, int, struct file_lock *);
1737          ssize_t (*splice_write)(struct pipe_inode_info *, struct file *, loff_t *, size_t, unsigned int);
1738          ssize_t (*splice_read)(struct file *, loff_t *, struct pipe_inode_info *, size_t, unsigned int);
1739          int (*setlease)(struct file *, long, struct file_lock **, void **);
1740          long (*fallocate)(struct file *file, int mode, loff_t offset,
1741                            loff_t len);
1742          void (*show_fdinfo)(struct seq_file *m, struct file *f);
1743  #ifndef CONFIG_MMU
1744          unsigned (*mmap_capabilities)(struct file *);
1745  #endif
1746          ssize_t (*copy_file_range)(struct file *, loff_t, struct file *,
1747                          loff_t, size_t, unsigned int);
1748          int (*clone_file_range)(struct file *, loff_t, struct file *, loff_t,
1749                          u64);
1750          ssize_t (*dedupe_file_range)(struct file *, u64, u64, struct file *,
1751                          u64);
1752  } __randomize_layout;
```

Proc File System

- 시스템콜과 비교하면?
  - Note.
    - 사실 시스템콜과 비교할 대상은 아님
    - ProcFS 는 read(), write() 와 같은 기존에 정의된 시스템콜을 활용하는 것
    - 따라서 성능 면에서는 거의 유사함
      - ProcFS 의 경우, VFS를 거치므로 아주 약간 더 경로가 길지만,
        어차피 시스템콜 이라는 면에서 큰 차이 없음
  - 시스템콜
    - 새로운 시스템콜을 추가하기 위해 커널 수정, 컴파일, 설치, 재부팅 필요
  - ProcFS
    - 마찬가지로 커널 코드이므로 똑같은 과정이 필요하지만,
    - 모듈로 프로그래밍이 가능하므로 커널 수정을 하지 않아도 됨

Useful Entries

- /proc/
  - meminfo
  - cpuinfo
  - partitions
  - kallsyms : 커널의 모든 함수 심볼 및 주소
  - devices : 현재 사용중인 장치 목록 (major and minor number)
  - filesystems : 현재 커널에 등록된 FS 목록
  - diskstats : 부팅 후 각 블록 장치에 이루어진 I/O 요청 정보

Usage and example

- get : using Read() system call
  - E.g.) cat /proc/<filename>
- put : using Write() system call
  - E.g.) echo <data> > /proc/<filename>
- example
  - /proc/sys/kernel/pid_max
    - 동시에 수행 가능한 최대 프로세스 개수

```
root@ostavbox:/# cat /proc/sys/kernel/pid_max
32768
root@ostavbox:/# echo 65535 > /proc/sys/kernel/pid_max
root@ostavbox:/# cat /proc/sys/kernel/pid_max
65535
root@ostavbox:/#
```

Useful Entries

- /proc/<pid> : per-process information
  - cmdline: 실행 명령어 (프로그램 파일의 경로 및 이름, 실행 파라미터 등)
  - maps: memory map 정보 (mmap() 을 통해 공유중인 파일 리스트 및 영역)
  - fd/ : 사용 중인 파일 정보 (open()을 통해 열린 파일들)

Useful Entries

- Example : cat /proc/filesystems

```
root@ubuntu:/home/m# cat /proc/filesystems
nodev   sysfs
nodev   rootfs
nodev   ramfs
nodev   bdev
nodev   proc
nodev   cpuset
nodev   cgroup
nodev   tmpfs
nodev   devtmpfs
nodev   debugfs
nodev   tracefs
nodev   securityfs
nodev   sockfs
nodev   bpf
nodev   pipefs
nodev   devpts
        ext3
        ext2
        ext4
        squashfs
nodev   hugetlbfs
        vfat
nodev   ecryptfs
        fuseblk
nodev   fuse
nodev   fusectl
nodev   pstore
nodev   mqueue
nodev   autofs
        xfs
        jfs
        msdos
        ntfs
        minix
        hfs
        hfsplus
        qnx4
        ufs
        btrfs
```

Proc FS 사용 방법

- 생성 및 제거
  - struct proc_dir_entry *proc_mkdir(const char *, struct proc_dir_entry *);
    - /proc 아래에 새로운 디렉토리 생성
  - struct proc_dir_entry *proc_create(const char *name, umode_t mode, struct proc_dir_entry *parent, const struct file_operations *proc_fops)
    - Parent 아래에 새로운 파일을 생성하고, 해당 파일에 대해 proc_fops 로 파일 오퍼레이션 연결
  - int remove_proc_subtree(const char *name, struct proc_dir_entry *parent);
    - Parent 이하 모든 파일들 제거 (파일의 삭제만)
  - void proc_remove(struct proc_dir_entry *de);
    - Proc directory entry 제거 (파일, 디렉토리와 연결된 커널 자료 구조들)

Struct proc_dir_entry @ fs/proc/internal.h

/ fs / proc / internal.h

```
34  struct proc_dir_entry {
35          /*
36           * number of callers into module in progress;
37           * negative -> it's going away RSN
38           */
39          atomic_t in_use;
40          refcount_t refcnt;
41          struct list_head pde_openers;   /* who did ->open, but not ->release */
42          /* protects ->pde_openers and all struct pde_opener instances */
43          spinlock_t pde_unload_lock;
44          struct completion *pde_unload_completion;
45          const struct inode_operations *proc_iops;
46          const struct file_operations *proc_fops;
47          union {
48                  const struct seq_operations *seq_ops;
49                  int (*single_show)(struct seq_file *, void *);
50          };
51          proc_write_t write;
52          void *data;
53          unsigned int state_size;
54          unsigned int low_ino;
55          nlink_t nlink;
56          kuid_t uid;
57          kgid_t gid;
58          loff_t size;
59          struct proc_dir_entry *parent;
60          struct rb_root subdir;
61          struct rb_node subdir_node;
62          char *name;
63          umode_t mode;
64          u8 namelen;
65          char inline_name[];
66  } __randomize_layout;
```

Proc FS 사용 방법

- File operation 연결
  - Struct file_operations 의 정의
    - 사용할 operations 들에 대해 실제 서비스 함수들을 정의함
  - 해당 파일에 대해 해당 operation 이 호출 시,
    해당 서비스 함수가 수행됨

```
static const struct file_operations foo_proc_ops = {
        .owner          = THIS_MODULE,
        .open           = foo_proc_open,
        .read           = seq_read,
        .llseek         = seq_lseek,
        .release        = seq_release,
};
```

```
static int foo_proc_open(struct inode *inode, struct file *file)
{
        return single_open(file, foo_simple_show, NULL);
}
```

Proc FS 모듈 예제 프로그램의 활용 및 이해

LKM: Loadable Kernel Module

- 커널이 수행되고 있는 중에, 커널 코드를 추가할 수 있는 방법
  - 커널 코드를 고칠 때마다 커널 컴파일을 할 필요가 없음!

- 관련 명령
  - insmod: 모듈 삽입 (로드 or 탑재)
    - insmod mod_proc.ko (모듈 파일명 입력)
  - rmmod: 모듈 제거
    - rmmod mod_proc (이때는 모듈 이름만)
  - lsmod: 현재 삽입된 모듈 리스트 확인

```
root@hcpark:~/proj2/module# dmesg -c
root@hcpark:~/proj2/module# rmmod mod_proc
rmmod: ERROR: Module mod_proc is not currently loaded
root@hcpark:~/proj2/module# insmod mod_proc.ko
root@hcpark:~/proj2/module# dmesg -c
[ 8087.983642] add_data 10, 20
[ 8087.983645] add_data 30, 40
[ 8087.983659] Created /proc/foo-dir/foo
root@hcpark:~/proj2/module# lsmod | grep mod_proc
mod_proc               16384  0
root@hcpark:~/proj2/module# rmmod mod_proc
root@hcpark:~/proj2/module# dmesg -c
[ 8097.946975] Removed /proc/foo-dir/foo
root@hcpark:~/proj2/module#
```

- 모듈의 삽입, 제거는 printk() 를 이용해 출력 후, dmesg로 확인

LKM: Loadable Kernel Module

- 모듈의 기본 형태

```
#include <linux/module.h>
#include <linux/init.h>

MODULE_LICENSE( "GPL" );
MODULE_AUTHOR( "Module Author" );
MODULE_DESCRIPTION( "Module Description" );

static int __init mod_entry_func( void )
{
  return 0;
}

static void __exit mod_exit_func( void )
{
  return;
}

module_init( mod_entry_func );
module_exit( mod_exit_func );
```

Module macros

Module contructor / destructor

Entry / exit macros

mod_proc.c

- 제공하는 모듈: mod_proc.c
  - ProcFS의 등록, 해제 및 간단한 기능들의 예제 포함
    - 모듈이 등록될 때
      - /proc/foo-dir 디렉토리 및 /proc/foo-dir/foo 파일 생성
      - 두 개의 샘플 foo_info 구조체를 커널 메모리를 할당받아 작성하고, list로 유지함
    - 모듈이 해제될 때는 위의 두 파일과 관련 내용을 삭제함
    - foo 파일을 읽으면, list 를 순회하며 foo_info 구조체의 내용을 출력함
  - 모듈 코드 참고 사이트
    - http://jake.dothome.co.kr/proc/
      - 자세한 설명도 있으니 꼭 한번 읽어볼 것.
      - (감사합니다...)

LKM: 커널 모듈 작성

- 작업 디렉토리
  - 커널 소스와 무관한 디렉토리를 따로 만들어서 사용
- 모듈 컴파일 방법
  - Makefile 작성 →
  - “make” 수행
- 결과물
  - .ko 파일

(Makefile 내용)

```
obj-m += mod_proc.o

all:
	make -C /lib/modules/$(shell uname -r)/build M=$(PWD) modules

clean:
	make -C /lib/modules/$(shell uname -r)/build M=$(PWD) clean
```

```
root@hcpark:~/proj2/module# make clean; make
make -C /lib/modules/4.18.20-hcpark/build M=/root/proj2/module clean
make[1]: Entering directory '/usr/src/linux-source-4.18.0/linux-source-4.18.0'
  CLEAN   /root/proj2/module/.tmp_versions
  CLEAN   /root/proj2/module/Module.symvers
make[1]: Leaving directory '/usr/src/linux-source-4.18.0/linux-source-4.18.0'
make -C /lib/modules/4.18.20-hcpark/build M=/root/proj2/module modules
make[1]: Entering directory '/usr/src/linux-source-4.18.0/linux-source-4.18.0'
  CC [M]  /root/proj2/module/mod_proc.o
  Building modules, stage 2.
  MODPOST 1 modules
  CC      /root/proj2/module/mod_proc.mod.o
  LD [M]  /root/proj2/module/mod_proc.ko
make[1]: Leaving directory '/usr/src/linux-source-4.18.0/linux-source-4.18.0'
root@hcpark:~/proj2/module#
```

예제 프로그램 수행

- 모듈 컴파일 → 등록 → read() 수행 → 모듈 해제
- 코드를 잘 분석해서 사용 방법을 익힐 것

```
root@hcpark:~/proj2/module# dmesg -c
[14248.617208] Removed /proc/foo-dir/foo
root@hcpark:~/proj2/module# dmesg -c
root@hcpark:~/proj2/module# rmmod mod_proc; make clean; make && insmod mod_proc.ko
rmmod: ERROR: Module mod_proc is not currently loaded
make -C /lib/modules/4.18.20-hcpark/build M=/root/proj2/module clean
make[1]: Entering directory '/usr/src/linux-source-4.18.0/linux-source-4.18.0'
  CLEAN   /root/proj2/module/.tmp_versions
  CLEAN   /root/proj2/module/Module.symvers
make[1]: Leaving directory '/usr/src/linux-source-4.18.0/linux-source-4.18.0'
make -C /lib/modules/4.18.20-hcpark/build M=/root/proj2/module modules
make[1]: Entering directory '/usr/src/linux-source-4.18.0/linux-source-4.18.0'
  CC [M]  /root/proj2/module/mod_proc.o
  Building modules, stage 2.
  MODPOST 1 modules
  CC      /root/proj2/module/mod_proc.mod.o
  LD [M]  /root/proj2/module/mod_proc.ko
make[1]: Leaving directory '/usr/src/linux-source-4.18.0/linux-source-4.18.0'
root@hcpark:~/proj2/module# dmesg -c
[14267.141422] add_data 10, 20
[14267.141425] add_data 30, 40
[14267.141436] Created /proc/foo-dir/foo
root@hcpark:~/proj2/module# cat /proc/foo-dir/foo
30 + 40 = 70
10 + 20 = 30
root@hcpark:~/proj2/module# rmmod mod_proc
root@hcpark:~/proj2/module# dmesg -c
[14324.987718] Removed /proc/foo-dir/foo
root@hcpark:~/proj2/module#
```

K-Board v2 구현

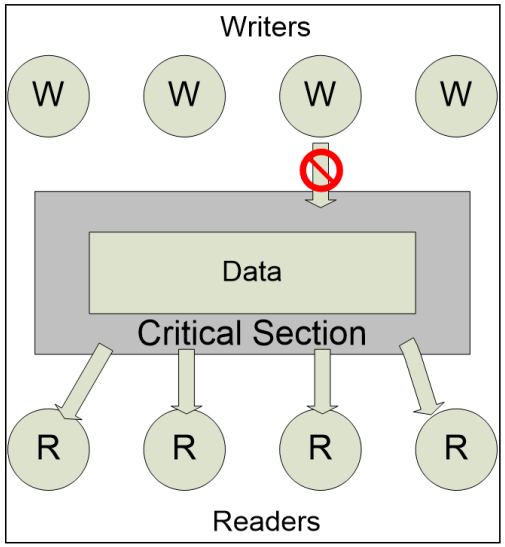
K-Board v2 작성

- 구현 내용
  - os_kboard.c 에서 구현한 내용을 모듈로 이전
    - 예제 프로그램을 참고하여, 필요한 부분 수정, 확장하여 진행
  - Enqueue, dequeue 인터페이스를 Proc FS의 write(), read()로 변경
    - /proc/kboard/writer
  - Queue 내용에 대해 Read 만 수행할 수 있는 인터페이스 제공
    - /proc/kboard/reader
  - Count 값과 버퍼 상태를 볼 수 있는 인터페이스도 구현
    - /proc/kboard/count, /proc/kboard/dump
  - 참고
    - K-Board의 초기화는 모듈을 내리고 새로 로드할 때 수행 가능함

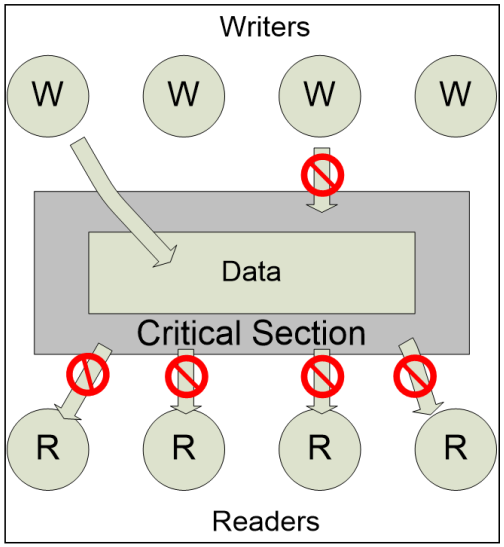
Reader-writer 동기화 문제 확인 및 해결

Readers-Writers Problem

- 여러 Readers와 Writers가 하나의 공유 데이터를 읽거나 쓰기 위해 접근
- Readers: 공유 데이터를 읽는다.
  - 여러 Reader는 동시에 데이터를 읽을 수 있다.
- Writers: 공유 데이터에 쓴다.
  - Writer가 데이터를 수정하기 위해서는, reader혹은 다른 writer가 작업을 하고 있지 말아야 한다.



<여러 reader는 동시에 read가능>



<하나의 writer만 write가능>

Readers-Writers on K-Board

- Readers-writers problem 에 대한 3가지 solution 을 비교 분석함
  - Readers-Writers on K-Board
    - Readers: Queue 의 임의 위치에 대해 읽기만을 진행함
    - Writers: Queue 에 대해 enqueue, dequeue를 수행함
  - 과제 수행 내용
    - 3가지 솔루션의 구현
      - Spinlock 과 semaphore 사용 (kernel/locking/spinlock.c, semaphore.c)
    - Readers 와 writers를 병렬 수행함
      - 프로세스를 사용하여도 되고,
      - 쓰레드를 사용하는 경우 추가 점수 2점 부여 (pthread 이용)
    - 분석: 성능 분석을 통한 Starvation 문제의 확인
      - Performance: 단위 시간 당 읽고, 쓰는 데이터(item)의 횟수
      - Issue: 어떻게 여러 프로세스/쓰레드의 성능 결과를 합산할 것인가?
        - 과제의 핵심적인 내용이 아니므로, 최대한 간단한 방법을 고안해서 쓸 것

Semaphore in Linux kernel

- Semphore definition and its init code

* static 으로 선언된 함수는 해당 파일 내에서만 접근 가능함
따라서 sema_init() 을 사용하려면 모듈 파일 내에 똑같이 구현해주면 됨
필요한 헤더 파일들을 include 해서 사용할 것.

/ include / linux / semaphore.h

```
15  /* Please don't access any members of this structure directly */
16  struct semaphore {
17          raw_spinlock_t          lock;
18          unsigned int            count;
19          struct list_head        wait_list;
20  };
```

```
32  static inline void sema_init(struct semaphore *sem, int val)
33  {
34          static struct lock_class_key __key;
35          *sem = (struct semaphore) __SEMAPHORE_INITIALIZER(*sem, val);
36          lockdep_init_map(&sem->lock.dep_map, "semaphore->lock", &__key, 0);
37  }
```

- Wait(S) and Signal (S) = down(sem) and up(sem)

/ kernel / locking / semaphore.c

```
43  /**
44   * down - acquire the semaphore
45   * @sem: the semaphore to be acquired
46   *
47   * Acquires the semaphore.  If no more tasks are allowed to acquire the
48   * semaphore, calling this function will put the task to sleep until the
49   * semaphore is released.
50   *
51   * Use of this function is deprecated, please use down_interruptible() or
52   * down_killable() instead.
53   */
54  void down(struct semaphore *sem)
55  {
56          unsigned long flags;
57
58          raw_spin_lock_irqsave(&sem->lock, flags);
59          if (likely(sem->count > 0))
60                  sem->count--;
61          else
62                  __down(sem);
63          raw_spin_unlock_irqrestore(&sem->lock, flags);
64  }
65  EXPORT_SYMBOL(down);
```

/ kernel / locking / semaphore.c

```
172 /**
173  * up - release the semaphore
174  * @sem: the semaphore to release
175  *
176  * Release the semaphore.  Unlike mutexes, up() may be called from any
177  * context and even by tasks which have never called down().
178  */
179 void up(struct semaphore *sem)
180 {
181         unsigned long flags;
182
183         raw_spin_lock_irqsave(&sem->lock, flags);
184         if (likely(list_empty(&sem->wait_list)))
185                 sem->count++;
186         else
187                 __up(sem);
188         raw_spin_unlock_irqrestore(&sem->lock, flags);
189 }
190 EXPORT_SYMBOL(up);
```

수행 예: Solution 1

- 6 Readers and 6 Writers (동시에 5초간 수행)
  - Reads: 386,397, Writes: 259,319
  - Starvation 의 확인이 안됨
    - Readers의 숫자가 많지 않아, wrt 세마포어를 양보하는 경우가 많음

```
ps |grep test
29293 pts/1    00:00:00 testEnqueue
29295 pts/1    00:00:00 testDequeue
29298 pts/1    00:00:00 testRead
29301 pts/1    00:00:00 testRead
29303 pts/1    00:00:00 testEnqueue
29304 pts/1    00:00:00 testDequeue
29305 pts/1    00:00:00 testRead
29306 pts/1    00:00:00 testEnqueue
29307 pts/1    00:00:00 testRead
29308 pts/1    00:00:00 testRead
29309 pts/1    00:00:00 testRead
29310 pts/1    00:00:00 testDequeue
```

```
dmesg -c
[180320.537453] reader_386397, writer_259319
```

수행 예: Solution 1

- 14 Readers and 14 Writers (동시에 5초간 수행)
  - Reads: 501,916, Writes: 765
  - Starvation 의 확인
    - Readers의 숫자가 많아져 wrt를 양보하지 않는 경우가 starvation을 발생시킬 만큼 충분히 많아짐
- Readers, writers 의 비율은 동등하게 유지하면서, 프로세스의 숫자를 변경해가며 테스트해볼 것
- 참고
  - 현재 예제의 경우, ProcFS 내부에서 reads, writes 의 개수를 합산한 것
  - 간단하게 각 프로세스별로 read, write 를 수행한 횟수를 출력하고, 단순 합산해도 됨

참고자료

- Google search
  - 가급적 최근 문서들을 참고하고, 버전 정보를 꼭 확인할 것.
    리눅스 커널은 버전에 따라 내용이 많이 달라짐
- Documentation: In your kernel source tree
  - Documentation 디렉토리 내에 문서들이 잔~~뜩 있음
- Web-based Cross Reference
  - https://elixir.bootlin.com/linux/v4.18/source

과제 수행 팁 0. 질문 요령

- 학번 이름 IP 주소 등을 알려주면 처리하기 빠름
  - Console 로그인이 가능한 계정이 있다면 알려줄 것
- 문제가 되는 소스 코드를 바로 메일에 첨부해주면 좋음
  - 스크린샷도 OK.
  - 정확히 어디서 문제가 나는지 모르는 경우, 전체 코드를 다 보여줄 것
- 일과 시간이 아니면 답장을 빠르게 보내주기 어려움
  - 답장이 안 올 경우, 실망하지 말고 다시 보내주세요
- 데드라인이 다가올 수록, 질문 처리 속도가 느려짐
  - 가능하면 빨리 진행해보자!
- (그리고 “안녕하세요” 정도는 하고 시작합시다...)

과제 수행 팁 1. 문제 상황 대비 설정

- 부트 메뉴 항상 보이게 해둘 것
  - 부팅이 잘 안되는 경우, 부트 메뉴에서 기존 커널 (원래 설치된 커널)을 선택해서 정상 부팅하고, 문제를 해결해야 하므로
  - 항상 부트 메뉴는 선택할 수 있게 해둘 것
  - 과제 0 슬라이드 참고
- J-Cloud instance console 화면에서 로그인할 수 있는 계정을 만들어둘 것
  - SSH 연결이 안되는 경우, 콘솔에서 로그인해서 확인할 수 있도록.
  - 과제 용도가 아닌, 일반적인 상황에서는 추천하지 않는 방법
    - 보안상 위험할 수 있음
  - root 계정으로 해두면 편함
    - # passwd root
    - (비밀번호 입력 두 번)
    - (콘솔에서 로그인 확인. root//입력한 패스워드)

과제 수행 팁 2. 인스턴스에서 파일 가져오기

- Zmodem 을 이용하는 방법 (lrzsz 를 검색해보고 사용)
  - # apt-get install lrzsz
  - # zip temp.zip *.c; sz temp.zip
    - (zip 을 이용해 압축해서 전송하면 더욱 편리함)
  - Xshell을 이용할 것
    - Putty 에서는 기본 지원이 안됨.
    - (Xshell 편해요..키페어 파일도 변환 안 해도 되고, 여러 프로세스 동시 수행도 편합니다. 공짜인데, 왜 다들 이거 안 쓰고 putty 쓰는 걸까요..)
  - 파일을 인스턴스에 전송하는 방법
    - Xshell 쓰면 그냥 파일을 drag & drop 으로 전송 가능 (lrzsz 필요)
- 그 외
  - MobaXterm 이라는 무료 SSH 클라이언트를 사용하면, 편리한 SFTP 지원
  - FTP 등을 활용하는 방법이 있지만, jcloud 에서는 현재 포트가 막혀있음. 필요하면 열어달라고 신청해서 사용할 것

과제 수행 팁 3. 인스턴스 연결이 안될때

- 연결이 안되는 이유는?
  - 인스턴스가 비정상인 경우
    - 커널 컴파일 및 설치가 잘못 된 경우
  - J-Cloud 가 비정상인 경우
    - 과제 1 진행 중에는 공지된 점검 외에 그런 경우가 없었음
- 해결 방법
  1. J-Cloud 에서 instance console 화면을 확인함. 필요하면 로그인해서.
     1. 부팅 중에 오류가 났다면? -> 부트 메뉴에서 정상 커널 (4.15 등 원래 우분투에 설치되어있던 커널)을 골라서 정상 부팅 한 후, 커널 재컴파일 및 재설치
     2. 부팅이 완료가 잘 됐다면? -> 네트워크 디바이스 드라이버가 잘못 로딩된 경우가 있음. Instance 화면에서 log 메시지를 확인해보면 확인할 수 있음. 마찬가지로 다른 커널로 재부팅 후, 커널 재컴파일 및 재설치
     3. 부팅도 문제없고, 로그 메시지에도 문제가 없다면?
        -> instance hard reboot 을 시도해보고, 안되면 메일로 질문할 것. IP 알려줄 것

과제 수행 팁 4. 프로세스의 동시 수행

1. 유닉스 명령어 & 를 찾아볼 것. 단점: 프로세스를 종료시키는게 불편함
2. Xshell 을 이용한 방법
   1. 동일한 인스턴스에 여러 번 접속함 (한 xshell 창에 최대 4개까지 띄울 수 있음)
   2. 각 접속 탭에서 수행할 명령 입력 (엔터 치지 말 것)
   3. “도구” -> “키 입력을 모든 세션으로” 를 선택하면 모든 탭에 동시에 명령을 내릴 수 있음. 반대로 다시 선택하면 해제됨.