

# SYSTEM PROGRAMMING

## WEEK 5: CTAGS

---

Yeonjin Noh

Updated: 2016-09-27

f2fs\_ctags

nygo813@gmail.com

<http://esos.hanyang.ac.kr>

Esos Lab. Hanyang University



# Table of contents



## Ctags란?

프로그래밍 소스코드에서 함수의 정의, 매크로 선언들과 소스 코드의 태그들의 **Database(tags file)**를 생성하는 Unix 명령어

다시말해,

소스코드 내부의 함수 및 변수의 위치를 쉽게 인식 할 수 있도록 **인덱스(index)** 를 만드는 명령어라 정의할 수 있다.



# Ctags의 장점

- 함수의 검색 및 함수가 정의된 곳으로 이동이 가능
- 커널 코드와 같이 큰 규모의 프로젝트의 소스를 분석할 때 유용
- Vim 및 emacs와 호환 가능





# Ctags 설치

먼저 Ctags를 설치하기 전,

```
$ ctags -help
```

명령어로 Ctags가 설치되었는지 확인하고, 없다면 아래와 같이 명령어를 입력한다.

```
$ sudo apt-get install ctags
```



# tags 파일 생성(Skip)

Ctags를 사용하기 위해서는 'tags 파일'을 생성할 필요가 있다.  
'tags 파일'을 생성하기 위해서는 분석을 원하는 폴더로 이동한 후 아래의 명령을 입력한다.

```
$ ctags -R
```

생성된 tags 파일은 ls 명령어를 통해 다음과 같이 확인할 수 있다.

```
class@class: ~/test/linux-3.18.1
class@class:~/test/linux-3.18.1$ ls
arch      Documentation  init          lib           README       sound
block     drivers       ipc           MAINTAINERS  REPORTING-BUGS tags
COPYING   firmware      Kbuild       Makefile     samples      tools
CREDITS   fs            Kconfig      mm            scripts      usr
crypto    include       kernel       net           security     virt
class@class:~/test/linux-3.18.1$
```



# tags 파일 복사(Skip)

Ctags에서 생성한 tags 파일은 절대경로가 아닌 상대경로이기 때문에, 기존에 생성된 tags 파일을 복사하거나 이동시켜서 사용할 수 있다. 아래의 명령어를 통해 'tags파일'을 커널코드로 복사한다.

```
$ cp ../codes/tags /'linux소스 코드 경로'/
```

복사된 tags 파일은 ls 명령어를 통해 다음과 같이 확인할 수 있다.

```
class@class: ~/test/linux-3.18.1
class@class:~/test/linux-3.18.1$ ls
arch      Documentation  init          lib           README       sound
block     drivers       ipc           MAINTAINERS  REPORTING-BUGS tags
COPYING   firmware     Kbuild       Makefile     samples     tools
CREDITS   fs           Kconfig      mm           scripts     usr
crypto    include      kernel       net          security     virt
class@class:~/test/linux-3.18.1$
```





# tags 파일 열기

```
$ vi tags
```

위 명령어를 통해 tags 파일을 열어보면, tags 파일은 아래 그림과 같은 구성을 가진다.

```
class@class: ~/test/linux-3.18.1
f2fs_tokens      fs/f2fs/super.c  /static match_table_t f2fs_tokens = {$/;"      v      file:
f2fs_trim_fs     fs/f2fs/segment.c  /int f2fs_trim_fs(struct f2fs_sb_info *sbi, struct fstrim_range *range$/;"      f
f2fs_truncate    fs/f2fs/file.c  /void f2fs_truncate(struct inode *inode$/;"      f
f2fs_type_by_node fs/f2fs/dir.c  /static unsigned char f2fs_type_by_node[S_IFMT >> S_SHIFT] = {$/;"      v      file:
f2fs_unfreeze    fs/f2fs/super.c  /static int f2fs_unfreeze(struct super_block *sb$/;"      f      file:
f2fs_unlink      fs/f2fs/namet.c  /static int f2fs_unlink(struct inode *dir, struct dentry *dentry$/;"      f      file:
f2fs_unlock      fs/f2fs/f2fs.h  /void f2fs_unlock_all(struct f2fs_sb_info *sbi)$/"      f
f2fs_unlock_op   fs/f2fs/f2fs.h  /void f2fs_unlock_op(struct f2fs_sb_info *sbi, struct f2fs_file_operations *fops)$/"      f
f2fs_vm_page_mkwrite fs/f2fs/f2fs.h  /static int f2fs_vm_page_mkwrite(struct vm_area_struct *vma, struct file *file)$/"      f      file:
f2fs_wait_on_page_writeback fs/f2fs/segment.c  /void f2fs_wait_on_page_writeback(struct page *page$/;"      f
f2fs_write_begin  fs/f2fs/data.c  /static int f2fs_write_begin(struct file *file, struct address_space *mapping$/;"      f      file:
f2fs_write_data_page fs/f2fs/data.c  /static int f2fs_write_data_page(struct page *page$/;"      f      file:
f2fs_write_data_pages fs/f2fs/data.c  /static int f2fs_write_data_pages(struct address_space *mapping$/;"      f      file:
f2fs_write_end    fs/f2fs/data.c  /static int f2fs_write_end(struct file *file$/;"      f      file:
f2fs_write_end_io fs/f2fs/data.c  /static void f2fs_write_end_io(struct bio *bio, int err$/;"      f      file:
f2fs_write_io     fs/f2fs/data.c  /static void f2fs_write_io(struct bio *bio, int err$/;"      f      file:
```

이를 통해 각 함수, 변수에 따라 태그가 생성된 것을 알 수 있다.



# Ctags 사용법

태그 파일을 연 상태에서 vi를 command line 모드로 변경하고,

```
:tj '함수(태그명)'
```

명령어를 입력하여 원하는 함수 및 변수의 위치로 이동할 수 있다. 만약 검색된 태그가 여러개인 경우에는 태그의 목록을 아래 그림과 같이 출력한다.

```
class@class: ~/class/codes
# pri kind tag file
1 F l page /home/class/class/linux-3.18.1/arch/microblaze/lib/uaccess_old.S
page: /* Create room on stack and save registers for storign values */
2 F m page /home/class/class/linux-3.18.1/arch/mips/include/asm/octeon/cvmx-mio-defs.h
struct:cvmx_mio_boot_reg_tmx::cvmx_mio_boot_reg_tmx_cn38xx
uint64_t page:6;
3 F m page /home/class/class/linux-3.18.1/arch/mips/include/asm/octeon/cvmx-mio-defs.h
struct:cvmx_mio_boot_reg_tmx::cvmx_mio_boot_reg_tmx_s
uint64_t page:6;
4 F m page /home/class/class/linux-3.18.1/arch/s390/include/asm/kvm_host.h
struct:s390_map_info typedef:struct:s390_map_info::page
struct page *page;
5 F m page /home/class/class/linux-3.18.1/drivers/block/drbd/drbd_int.h
struct:drbd_md_io typedef:struct:drbd_md_io::page
struct page *page;
6 F m page /home/class/class/linux-3.18.1/drivers/block/xen-blkback/common.h
struct:grant_page typedef:struct:grant_page::page
struct page *page;
7 F m page /home/class/class/linux-3.18.1/drivers/block/xen-blkback/common.h
struct:persistent_gnt typedef:struct:persistent_gnt::page
Type number and <Enter> (empty cancels):
```

다음 태그로 이동은 :tn을 사용하며, :ta는 첫번째 태그의 위치로 즉시 이동한다.

이 외에도, 변수나 함수 위에서 'Ctrl + J'를 입력하면 함수의 위치로 즉시 이동할 수 있다.



# Ctags 사용법

:tp

혹은

:po

명령어를 통해 이전 태그로 돌아갈 수 있으며, :tp나 :po 대신 '**Ctrl + t**'를 사용하여 즉시 전 태그로 돌아갈 수도 있다.



# Ctags 사용법

또한, 태그 파일을 연 상태에서,

```
:stj '함수(태그명)'
```

명령어를 입력하면 아래와 같이 분할된 창에서 태그를 볼수 있다.

```
class@class: ~/test/linux-3.18.1
#define PAGE_CACHE_SIZE      PAGE_SIZE
#define PAGE_CACHE_MASK      PAGE_MASK
#define PAGE_CACHE_ALIGN(addr) (((addr)+PAGE_CACHE_SIZE-1)&PAGE_CACHE_MASK)

#define page_cache_get(page)    get_page(page)
#define page_cache_release(page) put_page(page)
void release_pages(struct page **pages, int nr, bool cold);

/*
 * speculatively take a reference to a page.
 * If the page is free (count == 0), then count is untouched, and 0
 */
#include/linux/pagemap.h
f2fs_unlock_all fs/f2fs/f2fs.h /^static inline void f2fs_unlock_all(struct f2fs_sb_info *sbi);$;" f
f2fs_unlock_op fs/f2fs/f2fs.h /^static inline void f2fs_unlock_op(struct f2fs_sb_info *sbi);$;" f
f2fs_vm_page_mkwrite fs/f2fs/file.c /^static int f2fs_vm_page_mkwrite(struct vm_area_struct *vma,$;" f file:
f2fs_wait_on_page_writeback fs/f2fs/segment.c /^void f2fs_wait_on_page_writeback(struct page *page,$;" f
f2fs_write_begin fs/f2fs/data.c /^static int f2fs_write_begin(struct file *file, struct address_space *mapping,$;" f file:
f2fs_write_data_page fs/f2fs/data.c /^static int f2fs_write_data_page(struct page *page,$;" f file:
f2fs_write_data_pages fs/f2fs/data.c /^static int f2fs_write_data_pages(struct address_space *mapping,$;" f file:
f2fs_write_end fs/f2fs/data.c /^static int f2fs_write_end(struct file *file,$;" f file:
f2fs_write_end_io fs/f2fs/data.c /^static void f2fs_write_end_io(struct bio *bio, int err);$;" f file:
f2fs_write_failed fs/f2fs/data.c /^static void f2fs_write_failed(struct address_space *mapping, loff_t to);$;" f
tags
#include/linux/pagemap.h" 674L, 19878C
```



# Vim 연동

Vim에서도 Ctags를 동작시키기 위해서는 아래의 과정이 필요하다.

```
$ vi /.vimrc
```

먼저, vimrc 파일을 열고 아래와 같이 tags 파일의 경로를 추가한다.

```
$ set tags=/'source코드 경로'/tags
```

위 과정이 완료되면 Vim에서도 Ctags를 사용할 수 있다.



# Ctags 명령어

:ta [tags] or Ctrl + ]	Tag가 정의된 위치를 나열하고 선택한 위치로 점프, 현재 위치는 stack에 push 된다.
:ts [tags] or :tj [tags]	
:po or Ctrl + t	Stack 을 pop 하고 그 위치로 점프
:sts [tags]	[tags]가 정의된 위치를 나열하고 선택한 위치로 창을 수평 분할하여 새로 생성된 창에 표시.
:stj [tags]	
:tn	tj나 ts로 점프했을 때 다음 tag로 점프
:tp	tj나 ts로 점프했을 때 이전 tag로 점프
:tr	tj나 ts로 점프했을 때 처음 tag로 점프
:tl	tj나 ts로 점프했을 때 마지막 tag로 점프
:pts [tags]	[tag]가 정의된 위치를 나열하고 선택한 위치로 창을 수평 분할하여 새로 생성된 창에 표시하지만 현재 위치에 표시

:ptj [tag]	미리보기 윈도우에 tag가 정의된 형식을 보임
:ptn	ptj나 pts로 점프했을 때 다음 tag로 점프
:ptp	ptj나 pts로 점프했을 때 이전 tag로 점프
:ptr	ptj나 pts로 점프했을 때 처음 tag로 점프
:ptl	ptj나 pts로 점프했을 때 마지막 tag로 점프





# f2fs-tool 다운로드 및 설치

f2fs-tools는 리눅스의 파티션을 F2FS 형식으로 포맷할 수 있게 하며,

```
$sudo apt-get install f2fs-tools
```

위 명령어를 통해 설치할 수 있다, 만약 위 명령어대로 설치가 안될 경우

```
$ git clone https://git.kernel.org/pub/scm/linux/kernel/git/jaegeuk/f2fs-tools.git
$ sudo apt-get install uuid-dev pkg-config autoconf libtool libselenium-dev
$ autoreconf --install
$ ./configure
$ make
```

명령어를 차례로 입력하여 설치한다.





# f2fs 커널 수정

먼저, cd명령어를 통해 linux-3.18.1 폴더로 이동한다.

```
$ cd /'경로'/linux-3.18.1/
```

그 후, 아래 명령어를 통해 미리 컴파일된 '원본' f2fs.ko 파일을 복사한다.

```
$ cp fs/f2fs/f2fs.ko ../modules/f2fs_ori.ko
```

복사가 완료되면 vi를 실행해 command line 모드로 진입한다.

```
$ vi
```



# f2fs 커널 수정 - 전역 변수 선언

아래 명령어처럼 Ctags를 이용해 함수가 정의된 곳(segment.h)으로 이동한다.

```
:tj nr_pages_to_write
```

nr\_pages\_to\_write 함수 상단에 아래와 같이 전역 변수를 선언한다.

```
////////////////////////////////////  
/* 실습용 코드 : 전역 변수들을 선언해준다 */  
extern unsigned long long len_user_data;  
extern unsigned long long len_fs_write;  
////////////////////////////////////  
static inline long nr_pages_to_write(struct f2fs_sb_info *sbi, int type,  
                                     struct writeback_control *wbc)  
{  
    ...  
}
```



# f2fs 커널 수정 - 전역 변수 초기화

아래 명령어처럼 Ctags를 이용해 변수가 정의된 곳(statement.c)으로 이동한다.

```
:tj inmem_entry_slab
```

inmem\_entry\_slab 변수 아래에서 선언한 변수의 값을 초기화해준다.

```
...
static struct kmem_cache *inmem_entry_slab;
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
/* 실습용 코드 : 선언한 전역 변수들을 초기화 한다 */
unsigned long long len_user_data = 0;
    // User에서 File System에 쓰여진 데이터의 양
unsigned long long len_fs_write = 0;
    // File System에서 Block Layer에 쓰여진 데이터의 양
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
/*
 * __reverse_ffs is copied from include/asm-generic/bitops/__ffs.h since
 * MSB and LSB are reversed in a byte by f2fs_set_bit.
 */
static inline unsigned long __reverse_ffs(unsigned long word)
```



# f2fs 커널 수정 - User to FS

아래 명령어처럼 Ctags를 이용해 함수가 정의된 곳으로 이동한다.

```
:tj f2fs_write_begin
```

f2fs\_write\_begin 함수 내부에 아래와 같이 코드를 입력한다.

```
static int f2fs_write_begin(struct file *file, struct address_space *mapping,
                           loff_t pos, unsigned len, unsigned flags,
                           struct page **pagep, void **fsdata)
{
    ...
    trace_f2fs_write_begin(inode, pos, len, flags);
    //////////////////////////////////////
    /* 실습용 코드 : User영역에서 File system에 쓰는 Data의 크기를 기록 */
    len_user_data += len;
    //////////////////////////////////////
    f2fs_balance_fs(sbi);
    ...
}
```



# f2fs 커널 수정 - FS to Block Layer 1

아래 명령어처럼 Ctags를 이용해 함수가 정의된 곳으로 이동한다.

```
:tj __submit_merged_bio
```

\_\_submit\_merged\_bio 함수 내부에 아래와 같이 코드를 입력한다.

```
static void __submit_merged_bio(struct f2fs_bio_info *io)
{
    ...
    //////////////////////////////////////
    /* 실습용 코드 : File system에서 Block Layer에 쓰는 Data의 크기를 기록 */
    if(!is_read_io(fio->rw)){
        len_fs_write += io->bio->bi_vcvt * 4096;
    }
    //////////////////////////////////////
    io->bio = NULL;
}
```



## f2fs 커널 수정 - FS to Block Layer 2

아래 명령어처럼 Ctags를 이용해 함수가 정의된 곳으로 이동한다.

```
:tj f2fs_submit_page_bio
```

f2fs\_submit\_page\_bio 함수 내부에 아래와 같이 코드를 입력한다.

```
int f2fs_submit_page_bio(struct f2fs_sb_info *sbi, struct page *page,
                        block_t blk_addr, int rw)
{
    ...
    //////////////////////////////////////
    /* 실습용 코드 : File system에서 Block Layer에 쓰는 Data의 크기를 기록 */
    if(!is_read_io(rw)){
        len_fs_write += bio->bi_vcnt * 4096;
    }
    //////////////////////////////////////
    submit_bio(rw, bio);
    return 0;
}
```



# f2fs 커널 수정 - Data의 양 표시

아래 명령어처럼 Ctags를 이용해 함수가 정의된 곳으로 이동한다.

```
:tj stat_show
```

stat\_show 함수 내부에 아래와 같이 코드를 입력한다.

```
static int stat_show(struct seq_file *s, void *v)
{
    ...
    seq_printf(s, "(OverProv:%d Resv:%d)]\n\n",
               si->overp_segs, si->rsvd_segs);
    //////////////////////////////////////
    /* 실습용 코드 : User영역, File System, Block Layer 간 쓰여진 data의 양 표시 */
    seq_printf(s, "Buffered Write Information :\n");
    seq_printf(s, " - User to FS: %llu bytes\n", len_user_data);
    seq_printf(s, " - FS to Block Layer: %llu bytes\n\n", len_fs_write);
    //////////////////////////////////////
    ...
}
```



# f2fs 모듈 컴파일

cd명령어를 통해 다시 linux-3.18.1 폴더로 이동한다.

```
$ cd /'경로'/linux-3.18.1/
```

그 후, 아래 명령어를 통해 수정된 f2fs 커널의 모듈을 컴파일한다.

```
$ make modules
```

컴파일이 완료되면 '새로운' f2fs.ko 파일을 복사한다.

```
$ cp fs/f2fs/f2fs.ko ../modules/f2fs_new.ko
```







# f2fs 모듈 적재(Load)

rmmod명령어를 통해 f2fs 모듈을 제거한다.

```
$ sudo rmmod f2fs
```

만약 F2FS 모듈이 없는 경우에는 아래와 같이

```
'ERROR: Module f2fs does not exist in /proc/modules'
```

경고문이 출력된다.

모듈이 제거 후 f2fs\_ori.ko, f2fs\_new.ko파일이 있는 폴더로 이동 한다.

```
$ cd ../modules
```

모듈은 아래와 같이 insmod명령어로 적재(Load) 할 수 있다.

```
$ sudo insmod f2fs_new.ko
```



# 파티션 F2FS 포맷

cd명령어를 통해 codes 폴더로 이동한다.

```
$ cd ../codes
```

실험에 사용할 파티션은 시스템이 사용하는 파티션이 아닌 다른 파티션을 사용한다. 여기서는 /dev/sdb1을 사용하도록 한다.

codes폴더 내부의 mkfs.f2fs 파일로 /dev/sdb1 파티션을 포맷한다.

```
$ sudo ./mkfs.f2fs l mnt /dev/sdb1
```

성공적으로 포맷 시 아래 문구가 출력된다.

```
Info: format successful
```



# F2FS 파일시스템 마운트

F2FS로 포맷된 파티션을 다음과 같은 명령어로 마운트시킨다.

```
$ sudo mount -t f2fs /dev/sdb1 ./mnt/
```

폴더를 마운트 한 후 F2FS의 상태를 보여주는

```
$ sudo cat /sys/kernel/debug/f2fs/status
```

명령어를 입력하여 아래와 같은 화면이 출력되면,

```
class@class: ~/class/codes
class@class:~/class/codes$ sudo cat /sys/kernel/debug/f2fs/status

====[ partition info(sdb1). #0 ]====
[SB: 1] [CP: 2] [SIT: 2] [NAT: 2] [SSA: 1] [MAIN: 56(OverProv:25 Resv:18)]

Buffered Write Information :
- User to FS: 0 bytes
- FS to Block Layer: 0 bytes
```

F2FS 환경에서 File System 및 Block Layer에 쓰여지는 Data의 양을 확인할 수 있다.



# F2FS 파일시스템 실습 1

F2FS의 상태를 보여주는 아래 명령어를 이용하여

```
$ sudo cat /sys/kernel/debug/f2fs/status
```

F2FS 마운트 폴더인 mnt 내부에서 다음과 같은 명령어들을 실행하며 Data 양의 변화를 살펴보자.

```
$ sudo mkdir test  
$ sudo cat /proc/modules >> a.txt  
$ sudo rm -r test  
$ sudo cp a.txt b.txt  
$ sudo rm a.txt  
$ sudo rm b.txt
```



# F2FS 파일시스템 실습 2

F2FS의 상태를 보여주는 아래 명령어를 이용하여

```
$ sudo cat /sys/kernel/debug/f2fs/status
```

F2FS 마운트 폴더인 mnt 내부에 테스트 프로그램인 'sysp'를 실행한 후 Data 양의 변화를 살펴보자.

```
$ cd mnt  
$ cp ../codes/sysp .  
$ sudo ./sysp
```

## sysp 테스트 프로그램

sysp 테스트 프로그램은 f\_0.txt부터 f\_9.txt까지 총 10개의 3Kbyte 파일을 Buffered write한 후, 마지막 f\_9.txt 파일에 대해서만 fsync() 함수를 실행하는 프로그램이다.

