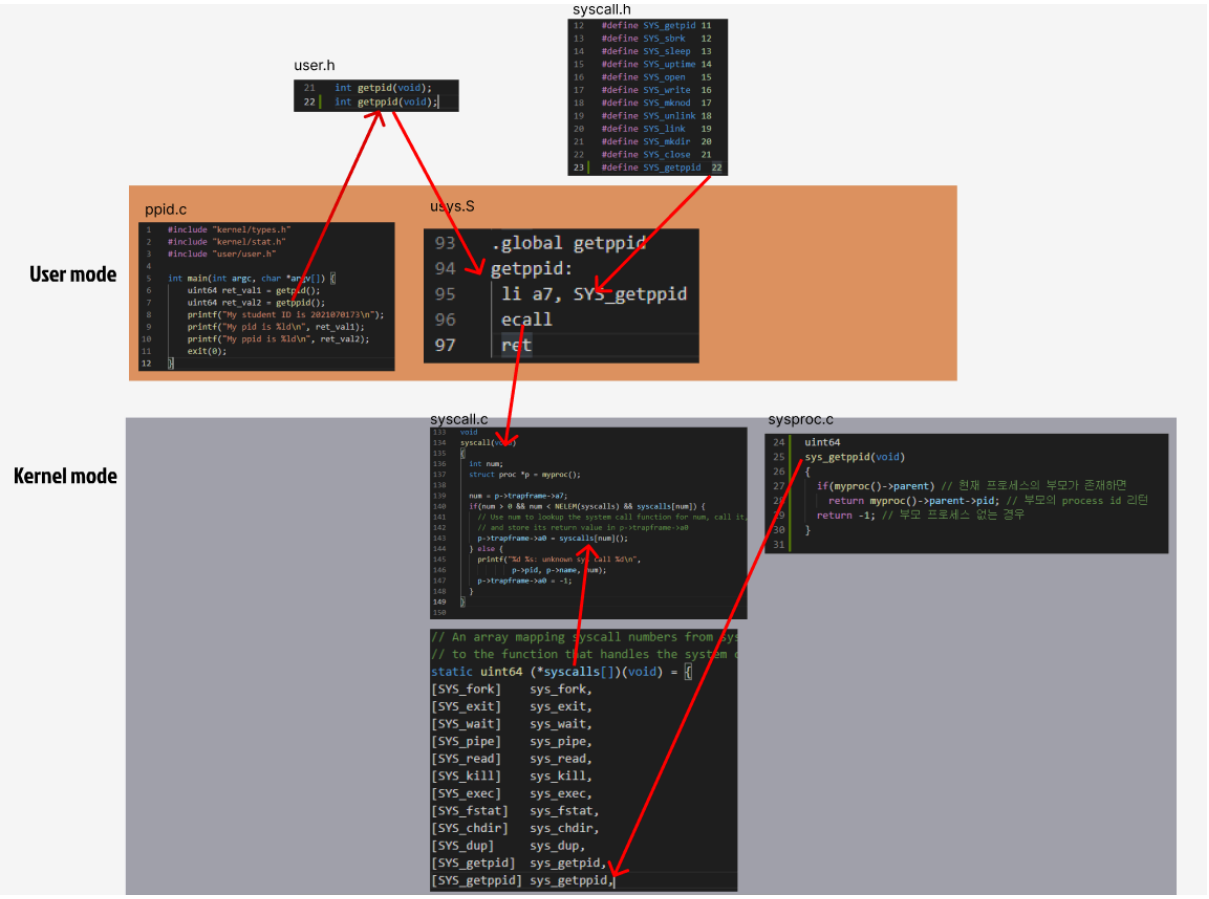
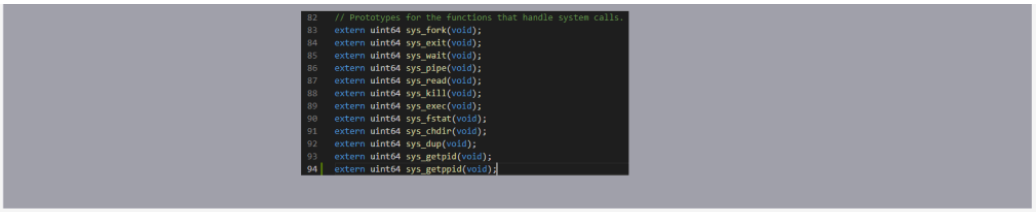
Assignment1 : Implementing a simple system call

Design

현재 프로세스의 부모 프로세스 id를 리턴하는 getppid() 시스템콜을 추가하고, 이를 ppid.c라는 유저 프로그램에서 사용할 수 있도록 만듭니다.

전체 실행 흐름을 보여주는 아키텍처는 다음과 같습니다.





Implementation

구현한 코드와 동작과정은 다음과 같습니다.

1. `ppid.c`

```c
#include "kernel/types.h"
#include "kernel/stat.h"
#include "user/user.h"

int main(int argc, char *argv[]) {
    uint64 ret_val1 = getpid();
    uint64 ret_val2 = getppid();
    printf("My student ID is 2021070173\n");
    printf("My pid is %ld\n", ret_val1);
    printf("My ppid is %ld\n", ret_val2);
    exit(0);
}
```

유저 프로그램을 작성합니다. 이는 시스템콜 호출을 위한 유저 모드의 프로그램입니다.

ppid가 실행되면 getppid()의 유저 모드 함수가 실행됩니다.

(`user.h` 파일에 getppid() 함수의 프로토타입을 적었습니다.)

```c
int getpid(void);
int getppid(void);
```

2. `Makefile`에 운영체제에 포함될 사용자 프로그램들이 정의된 UPROGS 목록에 제가 만든 ppid프로그램을 추가하여 사용할 수 있도록 합니다.

```
125  UPROGS=\
126      $U/_cat\
127      $U/_echo\
128      $U/_forktest\
129      $U/_grep\
130      $U/_init\
131      $U/_kill\
132      $U/_ln\
133      $U/_ls\
134      $U/_mkdir\
135      $U/_rm\
136      $U/_sh\
137      $U/_stressfs\
138      $U/_usertests\
139      $U/_grind\
140      $U/_wc\
141      $U/_zombie\
142      $U/_ppid\
```

3. usys.pl

entry("getppid") 를 등록해주면

usys.S에 다음이 생성된다.

```
93   .global getppid
94   getppid:
95    li a7, SYS_getppid
96    ecall
97    ret
```

유저 프로그램에서 getppid함수를 호출하면, 컴파일러는 usys.S의 어셈블리코드로 연결합니다.

- `li a7, SYS_getppid` RISC5 프로세서의 a7 레지스터에 SYS_getppid값을 저장합니다. 이때 `syscall.h` 에 아래와 같이 SYS_getppid를 22로 정의했으므로 a7레지스터에는 22가 저장됩니다.

```
#define SYS_getpid 11
#define SYS_sbrk   12
#define SYS_sleep  13
#define SYS_uptime 14
#define SYS_open   15
#define SYS_write  16
#define SYS_mknod  17
#define SYS_unlink 18
#define SYS_link   19
#define SYS_mkdir  20
#define SYS_close  21
#define SYS_getppid  22
```

- `ecall` : 사용자모드에서 커널 모드로 변경되는 함수입니다.
  - 커널은 해당하는 시스템콜 핸들러를 실행합니다. (아래의 syscall.c)
- `ret` : 시스템 콜이 완료되면 호출한 함수로 반환합니다.

4. syscall.c

시스템콜 핸들러가 구현되어 있습니다.

```
void
syscall(void)
{
  int num;
  struct proc *p = myproc();

  num = p->trapframe->a7;
  if(num > 0 && num < NELEM(syscalls) && syscalls[num]) {
    // Use num to lookup the system call function for num, call it,
    // and store its return value in p->trapframe->a0
    p->trapframe->a0 = syscalls[num]();
  } else {
    printf("%d %s: unknown sys call %d\n",
            p->pid, p->name, num);
    p->trapframe->a0 = -1;
  }
}

```

num에는 a7레지스터 값인 22가 담기고,

143번째 줄에서 syscall[num]()이 호출되면 아래 로직이 실행되고,

a0에 `sys_getppid()` 의 결과인 부모 프로세스의 id가 담겨 리턴됩니다.

제가 만든 시스템콜 getppid를 등록해주었습니다.

```
// An array mapping syscall numbers from sys
// to the function that handles the system c
static uint64 (*syscalls[])(void) = {
[SYS_fork]    sys_fork,
[SYS_exit]    sys_exit,
[SYS_wait]    sys_wait,
[SYS_pipe]    sys_pipe,
[SYS_read]    sys_read,
[SYS_kill]    sys_kill,
[SYS_exec]    sys_exec,
[SYS_fstat]   sys_fstat,
[SYS_chdir]   sys_chdir,
[SYS_dup]     sys_dup,
[SYS_getpid]  sys_getpid,
[SYS_getppid] sys_getppid,
```

`syscalls[]`는 시스템콜을 처리하기 위한 함수 포인터 배열이며,

시스템콜 번호에 해당하는 인덱스 [23]에 시스템 콜을 처리하는 함수의 포인터 `sys_getgpid`가 들어가 있습니다.

즉, `syscalls[num]()`은 `sys_getppid()`와 마찬가지인 것입니다.

```
82  // Prototypes for the functions that handle system calls.
83  extern uint64 sys_fork(void);
84  extern uint64 sys_exit(void);
85  extern uint64 sys_wait(void);
86  extern uint64 sys_pipe(void);
87  extern uint64 sys_read(void);
88  extern uint64 sys_kill(void);
89  extern uint64 sys_exec(void);
90  extern uint64 sys_fstat(void);
91  extern uint64 sys_chdir(void);
92  extern uint64 sys_dup(void);
93  extern uint64 sys_getpid(void);
94  extern uint64 sys_getppid(void);
```

(커널 내의 시스템콜 함수가 사용자 모드에서 호출될 수 있도록 추가)

5. sysproc.c

시스템 콜을 처리하는 함수를 구현한 부분이다.

부모 프로세스의 pid를 구하는 로직이 실행된다.

```
24  uint64
25  sys_getppid(void)
26  {
27    if(myproc()->parent) // 현재 프로세스의 부모가 존재하면
28      return myproc()->parent->pid; // 부모의 process id 리턴
29    return -1; // 부모 프로세스 없는 경우
30  }
31
```

Results

vscode에서 WSL환경을 연동하여 진행하였습니다.

```
sso0711@DESKTOP-IH8REUE:~$ qemu-system-riscv64 --version
QEMU emulator version 8.2.2 (Debian 1:8.2.2+ds-0ubuntu1.6)
Copyright (c) 2003-2023 Fabrice Bellard and the QEMU Project developers
sso0711@DESKTOP-IH8REUE:~$ riscv64-linux-gnu-gcc --version
riscv64-linux-gnu-gcc (Ubuntu 13.3.0-6ubuntu2~24.04) 13.3.0
Copyright (C) 2023 Free Software Foundation, Inc.
This is free software; see the source for copying conditions.  There is NO
warranty; not even for MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.
```

```
sso0711@DESKTOP-IH8REUE:~/assignment-2021070173$ ls
LICENSE  Makefile  README  README.md  fs.img  kernel  mkfs  user
sso0711@DESKTOP-IH8REUE:~/assignment-2021070173$ make qemu
```

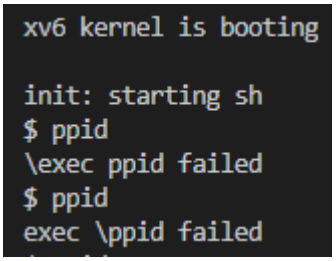
```
xv6 kernel is booting

init: starting sh
$ ppid
My student ID is 2021070173
My pid is 3
My ppid is 2
$
```

xv6부팅 후 유저 프로그램 ppid를 실행하면,

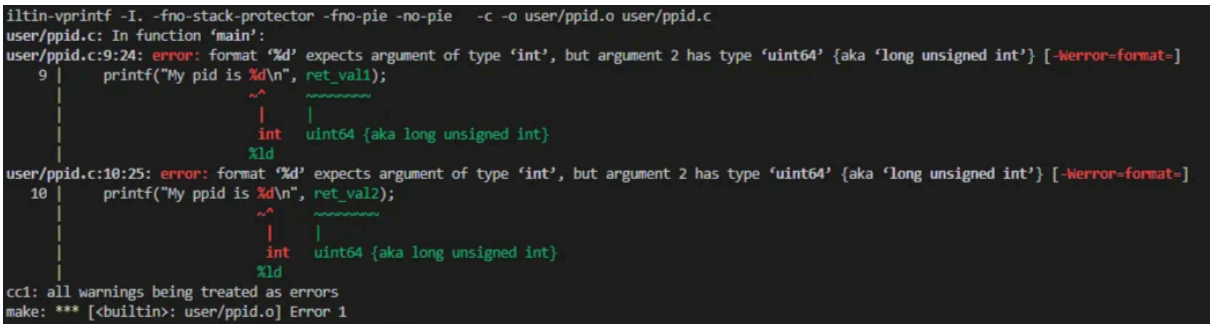
나의 학번과 현재 프로세스 id, 부모 프로세스 id가 차례로 출력됩니다.

Trouble shooting

1. 내가 만든 유저 프로그램인 ppid.c를 Makefile에 등록해주지 않아 컴파일 되지 않아 생긴 문제였다.



2. getpid와 getppid 함수의 리턴 타입은 uint64이므로 서식 지정자는 %ld로 적어주어야 했다.



3. 코드변경 후 make clean을 하면 usys.S의 변경사항이 사라져 제대로 실행되지 않았다. (make qemu만 할 시에는 정상 작동)

이전에는 usys.S 파일을 직접 수정하였었는데,

usys.pl을 통해 usys.S 코드가 생성되는 것이므로

usys.pl에 entry를 등록해주는 방법으로 바꾸었다.