Lab6 系统调用实习报告

姓名 姜慧强 学号 1801210840
日期 2019.06.02

目录

内容一：总体概述

本次实验是操作系统高级课程的第六次实验。在 Lab5 阅读文件系统机制，完成文件扩充，间接索引机制实现基础上，主要完成了 Nachos 系统调用相关代码的实践。本次实验完成了 nachos 系统调用原理的阅读，实现相关系统调用正确性的验证。

内容二：任务完成情况

任务完成列表（Y/N）

EXER1	EXER2	EXER3	EXER4	EXER5
Y	Y	Y	Y	Y

具体 Exercise 的完成情况

一、理解 Nachos 系统调用

Exercise1

Userprog/syscall.h 定义了 nachos 的系统调用，包括系统调用号，和系统调用函数。Nachos 内核通过识别用户程序传递的系统调用号确定调用类型。已经实现的系统调用包括。

```
void Halt();
void Exit(int status);
SpaceId Exec(char *name);
void Create(char *name);
OpenFileId Open(char *name);
void Write(char *buffer, int size, OpenFileId id);
int Read(char *buffer, int size, OpenFileId id);
void Close(OpenFileId id);
void Fork(void (*func)());
void Yield();
```

这些函数都是我们平时在写代码时候用的比较多的函数，比如说 Halt 是用来中止用户进程的。Create 是用来创建文件，然后还包括一些读写调用，打开关闭文件，Yield，Fork。

Exception.cc 文件定义了异常处理相关代码。目前支持的异常包括。

```
enum ExceptionType { NoException,           // Everything ok!
                     SyscallException,      // A program executed a system call.
```

```
        PageFaultException,   // No valid translation found
        ReadOnlyException,    // Write attempted to page marked
                  // "read-only"
        BusErrorException,    // Translation resulted in an
                  // invalid physical address
        AddressErrorException, // Unaligned reference or one that
                  // was beyond the end of the
                  // address space
        OverflowException,    // Integer overflow in add or sub.
        IllegalInstrException, // Unimplemented or reserved instr.

        NumExceptionTypes
};
```

处理系统调用的时候，通过 2 号寄存器来传递系统调用类型。

Code/test/start.s 中存储的是辅助用户程序运行的汇编代码。包括初始化用户程序和一些系统调用操作的实现。

```
.globl __start
.ent__start
```

来初始化用户程序，通过 main 函数运行用户程序。

```
 __start:
            jal main
            move$4,$0
            jal Exit /* if we return from main, exit(0) */
            .end __start
```

通过跳转至 main 函数执行用户程序。

```
 Halt:
          addiu $2,$0,SC_Halt
          syscall
          j   $31
          .end Halt
```

系统调用相关，通过把系统调用号放在 2 号寄存器，来实现系统调用。

Exercise2

类比 Halt，完成 Create，Open，Close，Write 的实现。

① Create

通过寄存器 r4 来获取文件名指针，然后通过文件名指针通过 ReadMe 获取文件名。再通过 Create 函数创建文件，最后更新 PC

```
    void CreateSyscallHandler() {
    currentThread->SaveUserState();
```

```
    // First, get the length of filename
    int fileNameBase = machine->ReadRegister(4);
    int value;
    int length = 0;
    do {
        machine->ReadMem(fileNameBase++, 1, &value);
        length++;
    } while(value != '\0');

    // Copy filename
    char *fileName = new char[length];
    fileNameBase -= length; length--;
    for(int i = 0; i < length; i++) {
        machine->ReadMem(fileNameBase++, 1, &value);
        fileName[i] = char(value);
    }
    fileName[length] = '\0';
    DEBUG('a', "File name: %s\n", fileName);

    bool result = fileSystem->Create(fileName, 0);

    if(result)
        DEBUG('a', "Create file %s done\n", fileName);
    else
        DEBUG('a', "Can not create file %s\n", fileName);
    delete fileName;
    currentThread->RestoreUserState();
}
```

② Open

Open 操作也是相似的思路，通过 r4 获得文件名指针，再去获取文件名，最后调用 Open 函数更新 PC 值。

```
void OpenSyscallHandler() {
currentThread->SaveUserState();
    // First, get the length of filename
    int fileNameBase = machine->ReadRegister(4);
    int value;
    int length = 0;
    do {
        machine->ReadMem(fileNameBase++, 1, &value);
        length++;
    } while(value != '\0');

    // Copy filename
```

```
        char *fileName = new char[length];
        fileNameBase -= length; length--;
        for(int i = 0; i < length; i++) {
            machine->ReadMem(fileNameBase++, 1, &value);
            fileName[i] = char(value);
        }
        fileName[length] = '\0';
        DEBUG('a', "File name: %s\n", fileName);

        OpenFile *openFile = fileSystem->Open(fileName);

        if(openFile != NULL)
            DEBUG('a', "Open file %s done\n", fileName);
        else
            DEBUG('a', "Can not open file %s\n", fileName);

        currentThread->RestoreUserState();
        machine->WriteRegister(2, (int)openFile);
    }
```

③ Close

Close 与上面的系统调用基本相同，先通过 r4 寄存器获取文件数据结构，然后打开文件数据结构解析函数，最后更新 PC。

```
    void CloseSyscallHandler() {
        currentThread->SaveUserState();
        OpenFile *openFile = (OpenFile *)machine->ReadRegister(4);
        DEBUG('a', "Close File\n");
        delete openFile;
        currentThread->RestoreUserState();
        machine->WriteRegister(2, 0);
    }
```

④ Write

Write 通过 r4 指针获得缓冲区指针，通过寄存器 r5 获得所需要写入的文件长度，通过 r6 打开文件数据结构。然后利用 ReadMe 获取缓存区数据，利用 Write 向缓存区写入数据，最后再更新 PC 指针。

```
    void WriteSyscallHandler() {
        currentThread->SaveUserState();
        int buffer = machine->ReadRegister(4);
        int size = machine->ReadRegister(5);
        OpenFile *openFile = (OpenFile *)machine->ReadRegister(6);
        char *kernelBuffer = new char[size + 1];
        int value, i;
        for(i = 0; i < size; i++) {
```

```
            bool success = machine->ReadMem(buffer++, 1, &value);
            if(!success) {
                buffer--; i--;
                continue;
            }
            kernelBuffer[i] = char(value);
        }
        kernelBuffer[i] = '\0';

        // Write into file
        int result = openFile->Write(kernelBuffer, size);
        delete kernelBuffer;
        currentThread->RestoreUserState();
        machine->WriteRegister(2, result);
    }
```

⑤ Read

Read 操作和 Write 操作基本相同，通过 r4 获取缓存区指针，r5 获取数据长度，r6 获取文件数据结构。利用 Read 函数读取文件内容，获得实际长度，将获取的实际内容写入缓存区，返回实际读入字节数给寄存器 r2，PC+4.

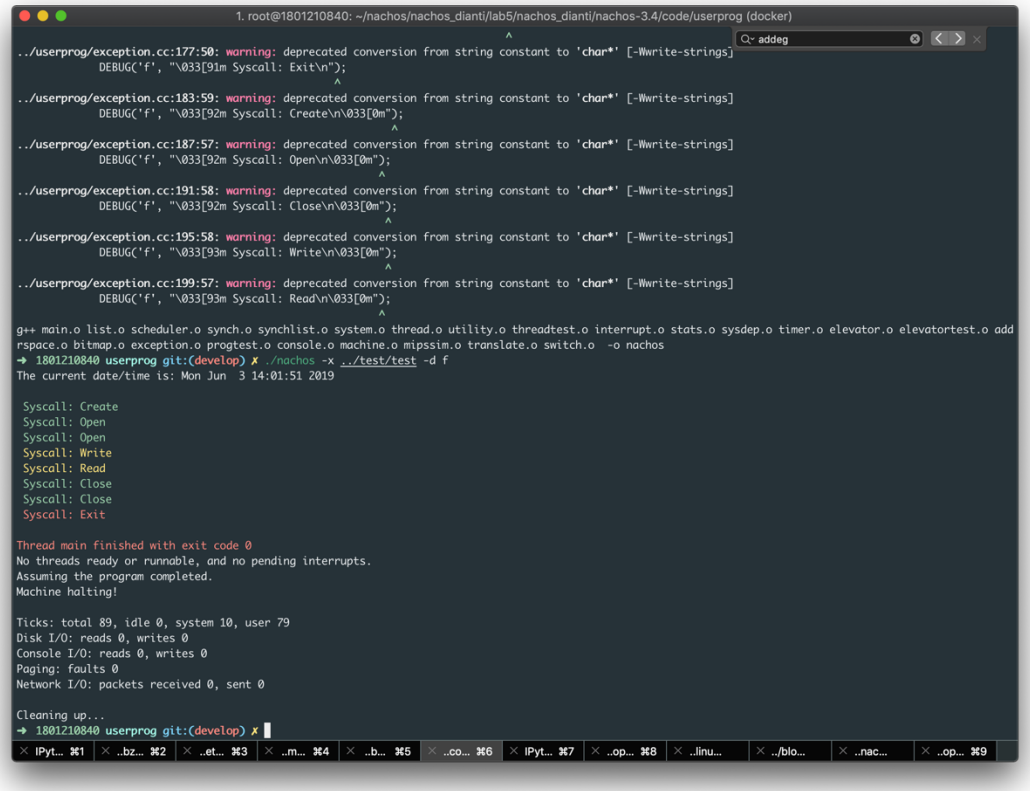
```
    void ReadSyscallHandler() {
        currentThread->SaveUserState();
        int buffer = machine->ReadRegister(4);
        int size = machine->ReadRegister(5);
        OpenFile *openFile = (OpenFile *)machine->ReadRegister(6);

        char *kernelBuffer = new char[size];

        // Read from file into kernel space
        int result = openFile->Read(kernelBuffer, size);

        // Write into user space
        for(int i = 0; i < result; i++) {
            bool success = machine->WriteMem(buffer++, 1, (int)kernelBuffer[i]);
            if(!success) {
                buffer--; i--;
            }
        }
```

```
    delete kernelBuffer;
    currentThread->RestoreUserState();
    machine->WriteRegister(2, result);
}
```

Exercise3

依次完成文件 Create, Open，Read, Write, Close。

```
#include "syscall.h"
int main() {
    char a[6], b[6];
    OpenFileId fd1;
    OpenFileId fd2;
    a[0] = 'a';
    a[1] = '.';
    a[2] = 't';
    a[3] = 'x';
    a[4] = 't';
    a[5] = '\0';
    Create(a);
    fd1 = Open(a);
    fd2 = Open(a);
    Write(a, 5, fd1);
    Read(b, 5, fd2);
    Close(fd1);
    Close(fd2);
    Exit('a' - b[0]);
}
```



Exercise 4

①Eexc

利用寄存器 r4 获得文件名指针，然后建立线程，然后执行用户程序。将线程 ID 返回给寄存器 r2，最后更新 PC。

具体来说，通过 ReadMe 把文件名指针转换为文件名。利用 Open 打开文件，利用 Addrspace 构造地址空间，利用 InitRegister 初始化寄存器，利用 RestoreState 装载页表。然后在 Run 用户程序。

```
void ExecRoutine(int arg) {
    currentThread->space->InitRegisters();
    currentThread->space->RestoreState();
    Machine *p = (Machine *)arg;
    p->Run();
}

void ExecSyscallHandler() {
    currentThread->SaveUserState();
    // First, get the length of filename
    int fileNameBase = machine->ReadRegister(4);
    int value;
    int length = 0;
    do {
```

```
            machine->ReadMem(fileNameBase++, 1, &value);
            length++;
        } while(value != '\0');

        // Copy filename
        char *fileName = new char[length];
        fileNameBase -= length; length--;
        for(int i = 0; i < length; i++) {
            machine->ReadMem(fileNameBase++, 1, &value);
            fileName[i] = char(value);
        }
        fileName[length] = '\0';
        DEBUG('a', "Executable file name: %s\n", fileName);

        OpenFile *executable = fileSystem->Open(fileName);

        if(executable != NULL)
            DEBUG('a', "Open file %s done\n", fileName);
        else {
            DEBUG('a', "Can not open file %s\n", fileName);
            machine->WriteRegister(2, (int)executable);
            return;
        }

        // Create an address space and a new thread
        AddrSpace *addrSpace = new AddrSpace(executable);
        Thread *forked = new Thread(fileName);
        forked->space = addrSpace;

        // Run user program
        forked->Fork(ExecRoutine, (int)machine);
        DEBUG('t', "Exec done\n");
        currentThread->RestoreUserState();
        machine->WriteRegister(2, (int)addrSpace);
    }
```

② Fork

同样利用寄存器 r4 获得函数位置，再复制当前的地址空间，然后在建立线程，设置地址空间，初始化寄存器，装载页表，设置 PC，然后 Run 程序，最后再更新 PC 值。

```
    void ForkRoutine(int arg) {
        currentThread->space->RestoreState();
```

```
    // Set PC to *arg*
    machine->WriteRegister(PCReg, arg);
    machine->WriteRegister(NextPCReg, arg + 4);
    machine->Run();
}

void ForkSyscallHandler() {
    currentThread->SaveUserState(); // Save Registers
    int funcAddr = machine->ReadRegister(4);

    // Create a new thread in the same addrspace
    Thread *thread = new Thread("forked thread");
    thread->space = currentThread->space;
    thread->space->refNum++; // Increase RefNum
    // thread->RestoreUserState();
    thread->Fork(ForkRoutine, funcAddr);
    currentThread->RestoreUserState(); // Save Registers
}
```

③ Exit

同样 r4 获得退出状态，输出相关信息，clear 页表状态，更新 PC 值，结束进程。

```
        else if(type == SC_Exit) {
                    DEBUG('a', "Syscall: Exit\n");
                    int exitCode = machine->ReadRegister(4);
                    printf("\nThread %s finished with exit code %d\n\n",
        currentThread->getName(), exitCode);
                    currentThread->space->refNum--;
                    DEBUG('a', "AddrSpace reference num: %d\n",
        currentThread->space->refNum);
                    if(currentThread->space->refNum == 0) {
                        currentThread->space->Broadcast(exitCode);
                    }
                    currentThread->Finish();
                }
```

Exercise 5

① EXEC

```c
#include "syscall.h"
int main() {
    char a[5];
    int exitCode = -1;
    SpaceId sp;

    a[0] = 't';
    a[1] = 'e';
    a[2] = 's';
    a[3] = 't';
    a[4] = '\0';

    sp = Exec(a);

    exitCode = Join(sp);
    Exit(exitCode);
}
```

相应的改写./test 的 MakeFile

测试结果如下：

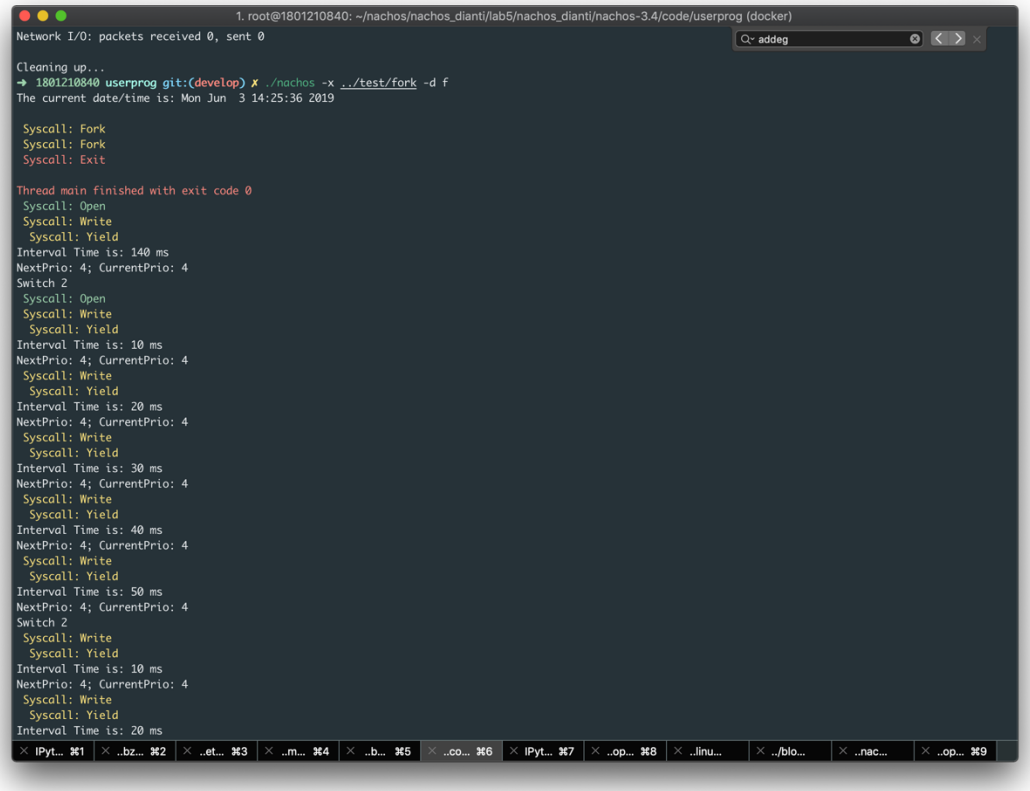
② Fork

```c
#include "syscall.h"
```

```
void ThreadA() {
    char a[6], ch = 'a';
    int i;
    OpenFileId fd;
    a[0] = 'a';
    a[1] = '.';
    a[2] = 't';
    a[3] = 'x';
    a[4] = 't';
    a[5] = '\0';
    fd = Open(a);
    for(i = 0; i < 10; i ++) {
        Write(&ch, 1, fd);
        Yield();
    }
}

void ThreadB() {
    char a[6], ch = 'b';
    int i;
    OpenFileId fd;
    a[0] = 'a';
    a[1] = '.';
    a[2] = 't';
    a[3] = 'x';
    a[4] = 't';
    a[5] = '\0';
    fd = Open(a);
    for(i = 0; i < 10; i ++) {
        Write(&ch, 1, fd);
        Yield();
    }
}

int main() {
    Fork(ThreadA);
    Fork(ThreadB);
}
```

相应的改写./test 的 MakeFile

测试结果如下：



内容三：遇到的困难以及解决方法

这次实验最大的困难是时间短，很多地方都是强行上手，完成报告的情况比较粗糙。总体而言，这一节的内容相较于前面的内容量上来说没有那么大。通过本次实验加深了自己对系统调用的认识。

内容四：收获及感想

本次实验是 Nachos 实验的最后一个单元，通过这次实验加深了自己对系统调用过程的认识。也加深了自己对动手能力。

内容五：对课程的意见和建议

内容六：参考文献

[1] Stevens, W. R. (2002). UNIX 环境高级编程: 英文版. 机械工业出版社.