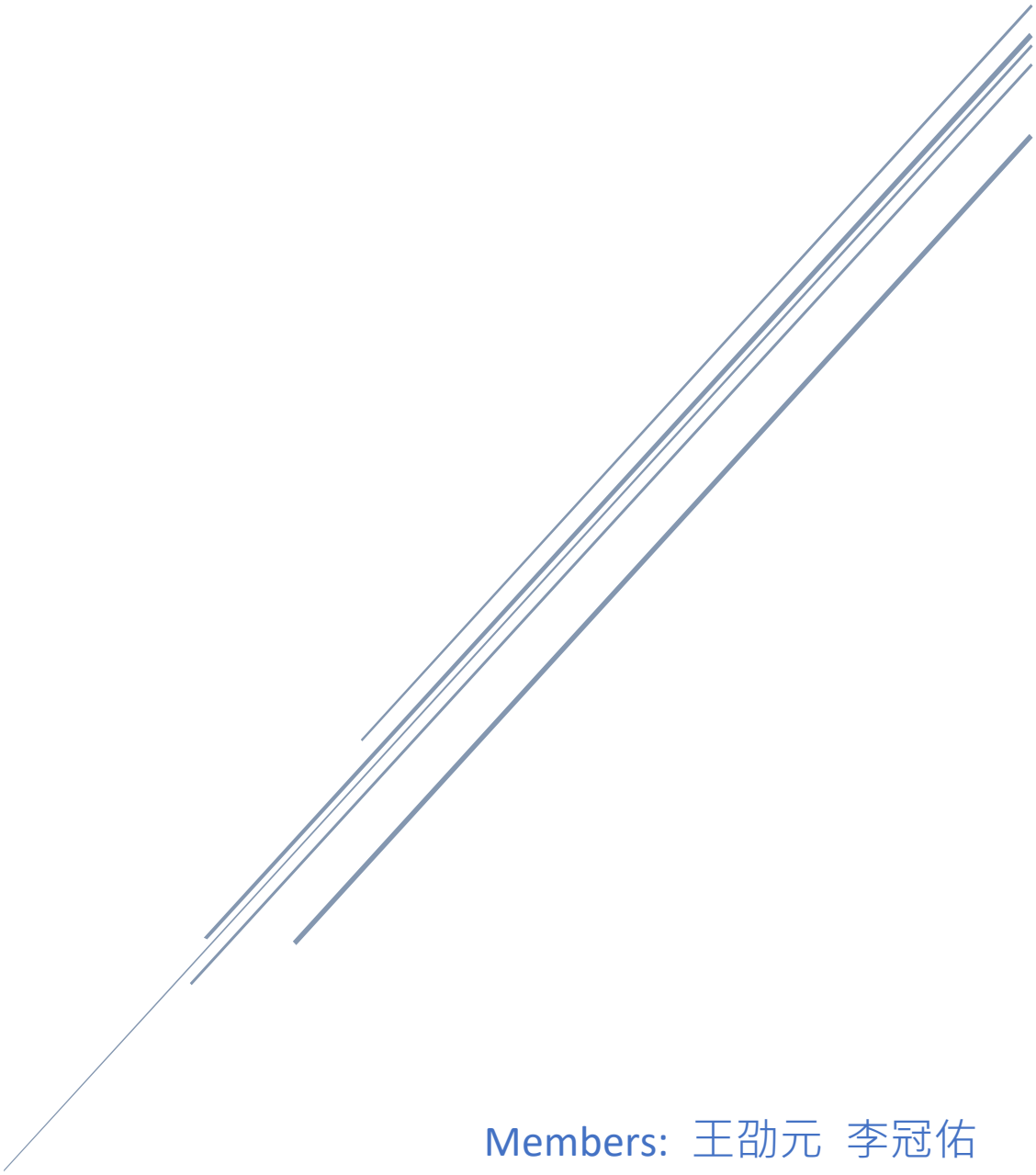
MP1:SYSTEM CALL

Report



Members: 王劭元 李冠佑

Contribution: 50 % 50 %

How system calls work in NachOS in Part II-1

Part 1: Trace code

(a) Explain the purposes and details of each function call listed in the code path above.

1. *SC_Halt*

Machine::Run():

主要有兩個部分，OneInstruction 和 OneTick，會用一個無窮迴圈不停地跑，不斷的要去讀取 instruction 和記錄時間。模擬使用者 program 的執行。

Machine::OneInstruction():

負責去讀取使用者下一個 instruction，在一開始，會先從 memory 讀取下一個 instruction，並把它 decode，接著就去執行它。透過 switch case 的方式看 opcode 是什麼，來判斷這次要做什麼。在這個例子中，我們會跑到 OP_SYSCALL 裡面，並呼叫 RaiseException 的函式。

Machine::RaiseException(which, badVAddr):

傳進來的 which 是代表為什麼會導致這次 exception，而 badVAddr 則是存放導致 trap 的 virtual address。

一開始會把 badVAddr 放到存放 badVAddr 的 Register 裡，而 Delayedload(0, 0)是若上面有要延後 Load 進來的東西的話，在處理

Exception 前先 load 進來，用(0, 0)只是因為 register0 本來就會是 0，並且在 Delayedload 這個函式的最後也有確保 register0 會是 0。最後呼叫 ExceptionHadler 來處理 Exception。

ExceptionHandler(which):

which 會告知這次的 exception 是什麼造成的，然後再從 register2 中取出告知這次準確的 exception 是什麼並用 type 接起來，像這次就會拿到 which=SyscallException, type = SC_Halt。接著他去呼叫 SysHalt。

SysHalt():

這個 function 單純只有去呼叫 interrupt 下的 function Halt()。這樣就可以達到讓 Nachos Halt 住的功能

Interrupt::Halt():

這個 function 中，他會先去把 kernel 的 status 印出來後，就直接把 kernel delete 掉，達到 SC_Halt 要做的事情。

2. SC_Create:

ExceptionHandler(which):

前面跟上面介紹的一樣，只是這次 switch case 會進到的 case 為 SC_Create。首先先從 argument register 4 裡面拿到存放 filename 的 memory address，接著從 memory 讀取出來。接著就去呼叫 SysCreate，並用 status 記錄回傳的狀態，得到狀態後把它寫進

register2，最後設定 program counter 接下來的值。

SysCreate(filename):

這個 function 是去呼叫 filesystem 下的 create，並 return 有沒有成功 create。

FileSystem::Create(name):

在 ***Create()***裡面，我們使用 sysdep.cc 裡面的 ***OpenForWrite(name)***，若要 Open 的 filename 不存在，就會幫忙直接 create 一個，此外，他會回傳一個 file descriptor 回來，若為-1，代表 create 失敗，***Create()*** 就會直接 return FALSE 回去。接著由於我們只需要 create 一個檔案，還不需要把它打開，因此下面再借助 sysdep.cc 的 ***Close(fd)*** 把檔案關掉，fd 為剛剛 ***OpenForWrite()*** 回傳的 file descriptor。最後沒有錯誤的話就 return TRUE 回去。

3.SC_PrintInt

ExceptionHandler()

當需要執行 system call 時，將會呼叫 ExceptionHandler()，而 system call code 會存於 r2，它會告訴我們現在要做的是哪一個 system call，在這裡依題意我們要執行的 system call 是 SC_PrintInt，我們所要 print 的 argument 會存於 r4，接著就可以呼

叫 SysPrintIn，並將 r4 裡的 argument 當作參數傳入，在做完 system call 後，需要將 system call 的 result 存在 r2，也要做 pc 的 increment，避免一直重複同個 system call，而最後的 ASSERTNOTREACH 是倘若這次 system call 沒有正常 return 的話，就會 assertion fail

SysPrintInt()

SysPrintInt()是作為 SC_PrintInt system call 的 kernal interface，它會去 call synchronize 的 consoleOutput，呼叫 synchConsoleOut 裡的 PutInt 並將剛剛的 argument 傳進去

synchConsoleOut::PutInt()

它先將傳入的 argument 轉為 string，然後跑迴圈將 string 裡的 char 一個一個傳到 consoleOutput->PutChar()裡，並運用 lock->aquire 來控制讓一次只能有一個 writer，直到整個 string 做完後才會 release 讓其他 writer 去做，除此之外，每次回圈都有一個 waitFor->P，這個的目的是要在呼叫 consoleOutput->PutChar() 後，會讓 thread sleep，禁止進行其他 thread，直到獲得 call back 後才會能繼續執行

synchConsoleOut::PutChar()

在這個函式裡他會 call consoleOutput0->PutChar()，寫一個 character 到 console display，這裡和 PutInt 一樣會用 lock->acquire 來控制 writer，並用 waitFor->P 去等 call back

ConsoleOutput::PutChar()

這裡會先用 putBusy 來判斷現在是否有在有在寫其他 character，如果有得話就 abort，沒有的話就繼續做下去，將 character display 完後，它就會在未來 schedule 一個 interrupt，然後就 return

Interrupt::Schedule()

在 Schedule 裡頭，他會 new 一個 pendingInterrupt，並將這個 interrupt 之後會發生的時間，哪個 hardware device 產生的以及發生時要 call 哪個 object 記錄起來，然後判斷發生的時間是否在現在的時間之後，是的話就會將這個 interrurpt insert 到 pending 的 list 裡面，等待 interrupt 時間到達

Machine::Run()

這個函式作用是執行 instruction，它有一個無窮迴圈會去執行每個 instruction，將 instruction 傳到 OneInstruction()裡去 decode，並且，每執行一個 instruction 他都會 call OneTick()，去看現在是在什麼 mode 以更新 simulated time

Interrupt::OneTick()

首先，它會去更新 simulated time，若是 userMode 就+=1，若是 SystemMode 則是+=10，更新完 simulated time 後，再來就是要去檢查是否有 interrupt 要執行，所以它會先 disabled interrupt，接著 call CheckIfDue()去看是否有 interrupt 要 handle，之後再將 interrupt enable，如果這時 timer device handler 有要求 context switch 的話，就會切回 system mode 去 switch thread，結束後再切回原本的 mode

Interrupt::CheckIfDue()

它會先檢查有沒有把 interrupt disabled，如果沒有就 abort，有的話就繼續往下進行，再來，會到 pending 的 list 裡面看有沒有 interrupt 要 handle，如果沒有的話就 return false 回去，有的話就會將 list 裡最前面的 interrupt 取出來，接著就會看這個 interrupt 能不能做時間的快進，若 Ready queue 裡沒有其他 process(也就是 AdvanceClock == TRUE)，他就會將 simulated time 改為這個 interrupt 本來 schedule 發生的時間，反之就 return false，最後，就是要來 fire 這個 interrupt，它會將這個 interrupt 從 list 最前面 remove 掉，做完後就會去 call interrupt handler 去 call back，再來會去看看現在 pending list 裡面是否有其他 interrupt，若有且這些 interrupt 時間小於等於現在時間，就會繼續去 fire 這些 interrupt，直到沒有 interrupt 或 interrupt 時間還沒到才會結束回圈

ConsoleOutput::CallBack()

這是一個 call back function，在 interrupt fire 後，這裡就可以將 putBusy 改回 false，代表可以去寫下一個 character，記錄將寫過的 charater 加一，最後再 call back 回去

synchConsoleOut::CallBack()

這裡代表已經等到在 waiting 的 call back 了，因此就可以設 waitFor->V，允許去執行其他的 thread

(b) Explain how the arguments of system calls are passed from user program to kernel in each of the above use cases.

1. SC_Halt

由於這個函式只是要讓系統停掉，不需要任何變數來告訴系統，只需層層呼叫函示下去即可，所有在 ExceptionHandler 內，就沒有看到他有傳遞 arguments

2. SC_Create

從 ExceptionHandler 可以看到，有一個 int 的變數 val 會從 register4 拿值出來後，去 mainMemory[val]的位置拿出一個 filename 的 address 出來。

這邊 val 取出來的值是一個 index，代表我們要去拿取的東西，現在被存在 mainMemory 得第幾個 index，而接下來就用變數.

char* filename 到 memory 的第 val 個 index 中，取出我們命名的 filename 的「位置」，接著就以 pass by reference 的方式，繼續向下傳遞到最後，讓 sysdep.cc 中的 ***OpenForWrite()***可以用這個 address 幫我們創建檔案

3.SC_PrintInt

SC_PrintInt 的 argument 會存在 r4 裡面，可以直接從 register 裡面拿出來存在 value 裡面，不需要用 address 從 MainMemory 裡拿，接下來就拿 val 用 pass by value 的方法傳入 SysPrintInt 這個 kernal interface 裡，一層層傳遞到 sydep.cc 的 writeFile 中去寫檔案

Part 2 Implementation

*(a) OpenFileId Open(char *name)*

首先，在 ***ExceptionHandler*** 的地方，多加上 SC_Open 這個在 syscall.h 內有定義好的 case。進到這個 case 後，先從 Register4 拿出存放 filename 的 address，接著再用 readmemory 的方式，讀取欲打開的 filename。接著就呼叫一個我們寫的 system call ***Open(filename)***，並且會讓他回傳 status，執行完會把 status 記錄在 register2 中。最後再處理 program counter。

我們在 ksyscall.h 中定義了一個會回傳 OpenfileId 的 Open 函數，在這個函數裡，他會直接回傳 ***kernel->fileSystem->OpenAFile(filename)*** 的回傳值。

接著在 filesys.h 中的 FILESYS_STUB 中，完 ***OpenAFile(filename)***。

首先，先讓要回傳的 id 值為-1，接著用迴圈去檢查 OpenFileTable 還有沒有空位，有空位就會讓 id = i。當迴圈結束若 id 仍為-1，代表現在能打開的 file 數量已經到上限了，所以就會 return -1 回去。

若 id 不為-1，代表我們可打開這個 file 並賦予他我們給予的 id 值，但由於要 new 一個 Openfile 的物件，我們需要真正的 file descriptor，我們選擇透過 sysdep.cc 中 ***OpenforReadWrite(filename, crashOnError)***的回傳值來得到。

OpenForReadWrite 的參數 crashOnError 由於我們不希望他一打不開就 crash 掉，故設定 False。此外，此函數中是使用 linux 的 open 來實踐打開一個 file，linux 的 open 若沒成功打開 file 的話，會回傳一個-1 值。

所以在 ***OpenAFile*** 中，拿來接 ***OpenforReadWrite*** 的變數為-1 的話，代表沒有成功打開檔案，故我們 ***OpenAFile*** 的 function 也會直接 return -1。

若成功打開，我們便以拿到的 file descriptor，new 出一個新的 Openfile 在 OpenFileTable[id]的位置。最後 return id 回去讓 user 使用。這邊可以先特別注意到，這邊 Openfile 在 new 的時候，會把真正的 file descriptor 存到 private 變數 file 底下。

(b) int Close(OpenFileId id)

首先，在 ***ExceptionHandler*** 的地方，多加上 SC_Close 這個在 syscall.h 內有定義好的 case。進到這個 case 後，我們先從 register4 中讀取想要關掉的 OpenFileId。接著就呼叫一個我們寫的 system call ***Close(OpenFileId)***，並且會讓他回傳 status，執行完會把 status 記錄在

register2 中。最後再處理 program counter。

我們在 ksyscall.h 中直接回傳 ***kernel->filesystem->CloseFile(id)***的值。

接著在 filesys.h 中的 FILESYS_STUB 中，完成 ***CloseFile(OpenFileId)***。首先先判斷 id 是否在 0-19 之間且 OpenFileTable[id]!=NULL，若其中一項不符合就直接 return -1 回去。

接著我們想使用 sysdep.cc 中的 Close function 來幫我們關掉 Openfile，由於這個 function 需要的是真正的 file descriptor，因此我們需要拿到在 Open 時有提到的，Openfile 裡面的 file（存真正的 file descriptor），但由於他是 private 的，因此我們在 Openfile 的 class 裡再加一個 public function ***int Getfd()***，讓他回傳 Openfile 的 file 回來。我

```
int success = Close(OpenFileTable[id]->Getfd());
```

們就會像下圖一樣來 Close file。

且 sysdep.cc 裡的 ***close*** 是用 linux 的 close 來關掉的，當回傳 0 代表成功關檔，回傳-1 代表關檔失敗。於是我們就判斷 success 若>=0 就回傳 1，success<0 則回傳-1（這次題目的要求）。

*(c)Write/Read(char *buffer, int size, OpenFileId id)*

首先，先將 SC_Write 和 SC_Read 的 assembly code 寫在 Start.S 裡，他會將 system call 的 code 和後來 return 回來的 value 都存在 r2，這些 assembly code 可以讓我們在不拉進整個 C library 的情況下，也可以 make system call 到 Nachos 的 kernal

```
    .globl Write
    .ent    Write
Write:
    addiu $2,$0,SC_Write
    syscall
    j    $31
    .end Write
```

```
    .globl Read
    .ent    Read
Read:
    addiu $2,$0,SC_Read
    syscall
    j    $31
    .end Read
```

下一步就是要 define 我們的 system call code，我們會將 write 和 read 都 define 在 sysall.h 中，他會透過剛剛的 assembly code 告訴 kernal 我們現在是要做什麼 system code

```
#define SC_Read 7
#define SC_Write    8
```

再來，就是到 kyscall.h 這個 kernal 的 interface 裡去定義我們的 SysWrite 和 SysRead，在這兩個 function 裡會分別去 call filsystem 的 Writefile 和 ReadFile，引數是由 exception.cc 傳入的 buffer，size 和 id，作完後會將結果直接 return 回去

在 filsystem 的 Writefile 和 ReadFile 裡，首先我們要去 handle 錯誤的狀況，我們要判斷這個 id 是否有超過 20 的 file limit，若超過就 return -1，再來要判斷這個 id 在 OpenFileTable 裡是否存在，若不存在一樣 return -1，以上兩項都正確後才可以做下面的 Write 和 Read 的部分，我們會利用傳入的 id 從 OpenFileTable 上找到我們要 write 或 read 的檔案，若讀寫正確的話，它會返回寫了或讀了多少個 character，反之則返回 0，所以如果接收到 0 我們就 return -1 回去，反之就 return 讀或寫的 character 數量回去

```
int WriteFile(char *buffer, int size, OpenFileId id){
    if (id < 0 || id >= 20)
        return -1;
    if (OpenFileTable[id] == NULL)
        return -1;

    int result = OpenFileTable[id]->Write(buffer, size);
    if (!result)
        return -1;
    else
        return result;
}
```

```
int ReadFile(char *buffer, int size, OpenFileId id){
    if (id < 0 || id >= 20)
        return -1;

    if (OpenFileTable[id] == NULL)
        return -1;
    int result = OpenFileTable[id]->Read(buffer, size);
    if (!result)
        return -1;
    else
        return result;
}
```

接下來，我們就可以去 exception.cc 裡增加 SC_Read 和 SC_Write 兩種 type 的 exception，再來我們需要拿到三種參數，buffer 可以透過 r4 從 mainMemory 已拿到，size 和 id 則分別直接從 r5，r6 裡拿，然侯就可以去呼叫 SysWrite 或 Sysread 了，並將 buffer，size，id 當作引述傳進去，return 回來後要將結果存回 r2 裡，並 increment pc

```
val = kernel->machine->ReadRegister(4);
{
    char *buffer = &(kernel->machine->mainMemory[val]);
    int size = (int)kernel->machine->ReadRegister(5);
    int id = (int)kernel->machine->ReadRegister(6);
```

Part 3 Difficulties encountered in the homework

1. 這是我們第一次需要 Trace 這麼大型的 code，之前程設的 project 要 trace 的也大概也不到這個的一半。並且在一開始對於一個作業系統的運作沒有那麼熟悉，對於 Code 要去哪裡找也沒什麼概念，所以我們在一開始的時候真的蠻徬徨的，不太知道到底從哪裡著手。如果沒有作業資訊的流程要我們一步一步 trace 下去的話，可能要看好久才知道要從哪裡開始。
2. 再來就是自己 implement 的時候，也找了好久要從哪裡開始做，也不太敢隨便直接動 code，很怕他整組壞掉，我們也找了一兩天才發現其實在 filesys.h 的檔案裡面有註解，類似提示我們是要從這邊開始的意思，我們才

從這個線索開始慢慢推回去，然後也看到 syscall.h 裡面有 SC_Open 等等都被註解起來，才完全大概瞭解這次作業的 implement 要從何開始。

3. 再來就是 debug 的時候，因為我們一開始就只有把我們的邏輯寫進去，但當然不可能一次就對，所以我們又完全不知道是哪裡出錯了，我們也是想了好久才想到，但我們覺得如果可以好好利用輸出一些 debug 訊息的話應該可以更快知道錯在哪，所以下次會試著多寫一點 For debug 的 code。

Part 4 Feedback

這次作業剛開始的時候，發現單純從老師投影片理解的 system call 過程，與自己親自去慢慢 trace code，找出 function 和 function 之間的關聯性的感覺真的差很多，真正 trace code 起來才發現之前的觀念都太表面了，對於整個 system call 怎麼在 code 上呈現很不熟悉，以至於剛開始 trace 的時候速度很慢，要花比較多時間去理解一些 function 的作用是什麼，若沒有這個 function 會發生什麼事之類的，但在 trace 完一個 system call 後，會發現自己對這整個過程又更加了解了，之後 trace 的速度也會變快，我覺得這個作業很有意義，因為它可以幫助我們，要求我們，去把一些之前模糊的觀念弄的更清楚，我們也必須要弄清楚才能去寫之後的 code，不知不覺中就學到了蠻多東西的，謝謝辛苦的助教和老師