NachOS Lab1 实习报告

史杨勋惟

1200012741 信息科学技术学院

2016,03,15

目录

1 总体概述

这次 Lab 主要是对 Nachos 线程机制的理解和扩充。其中扩充的部分内容比较少，主要作用是还是在于加深线程机制的理解。以及对不同操作系统的线程机制的理解。

虽然这次的工作量比较小，但是我还是看到了设计一个底层的系统所需要的系统性和复杂性。所谓系统性就是在设计的时候需要从整个系统进行考虑，而不是针对单一功能。所谓复杂性就是要考虑地比较细节，以保证系统的正常运行。

总的来说，这次的主要任务在于对线程机制的理解，在此基础上，做了简要的扩充，添加维护了一些成员，增加了限制，以及实现了一个简单的输出功能。

2 任务完成列表

Exercise 1	Exercise 2	Exercise 3	Exercise 4
Y	Y	Y	Y

3 完成情况

Exercise 1

调研 Linux 或 Windows 中进程控制块的基本实现方式，理解与 Nachos 的异同

首先，我们来看一下 Linux 中的进程管理比较复杂：Linux 为每个线程维护了一个 threadinfo，在 threadinfo 中有一个很重要的数据结构叫 taskstruct，这就是 Linux 中的进程控制块。Linux 进程控制块中有很多属性，如状态，权限，id，父进程等等。Linux 不区分进程线程，只不过进程线程的属性会有不同。taskstruct 有一个 slab 分配器进行统一分配，能够达到对象复用和缓存着色等目的。

相比之下，Nachos 和 Linux 一个比较相似的地方在于 Nachos 也不分进程和线程，都以线程为单位。但是 Nachos 中的线程结构比 Linux 中的要

简单很多很多，只有一些基本的线程属性。而且分配过程也非常简单，直接调用 C++ 的 new 即可。

Exercise 2

阅读源代码，理解 Nachos 现有的线程机制 thread.cc 和 thread.h 是核心，主要有四个主要接口分别是

1. Fork: 线程的创建，通过底层的栈分配使得线程的第一条命令指向一个用户的函数。
2. Finish: 线程的结束。
3. Yield: 线程执行和切换的触发。
4. Sleep: 线程的挂起。切换到其他线程。

每次 Fork 出来的线程都是被放到最后的，所以说我们可以推断出 Nachos 现在的调度方法是 “先到先得”。

threadtest 是一个对 thread 的测试，从中我们可以看到时序相关的信息。其实在创建线程后线程并不会运行，只有 Yield 了的时候才会真正触发线程运行。在这个 threadtest 中，两个线程轮换地相互 Yield 所以就造成了最后轮换运行的输出结果。

Exercise 3

增加用户 ID，线程 ID 两个数据成员 数据成员的增加非常简单，只需要如下在 Thread 数据结构中增加相应的成员即可

```
1 private:
2   int uid;
3   int tid;
```

在 Nachos 现有的线程管理机制中增加对这两个数据成员的维护机制

主要维护的工作在于初始化的时候两个 ID 的分配。

UID 是用户的 ID，应该由用户来确定。在现有的 Nachos 代码中还没有用户区分的功能。再次我使用了 C++ 的函数默认参数功能让用户在创建线程的时候可选地设置 UID。

TID 的分配室友线程分配器分配的。对于分配器的实现方式主要有两种，一种是基于位图的，一种是基于链表的。在此我采用了后者，因为这

样再分配的时候只需要 O(1) 的时间就可以了。我是用的工具是 C++ STL 中的 list。其实我后来发现 Nachos 中本身就有 List 工具，可以现用。不过发现的时候我已经写完这个部分了，所以也没有使用现有的 List。

我的分配函数如下：

```
int allocateTID() {
    if(threadAllocator.empty()) {
        return -1;
    } else {
        int ret = threadAllocator.front();
        threadAllocator.pop_front();
        return ret;
    }
}
```

此函数被添加到了 Thread 的构造函数中。

与分配函数对应的是释放函数，这个比较简单，只要把 TID 重新加回链表即可。所以我只是简单的把语句添加到了析构函数中，没有单独写函数了。

另外我也在 Thread 结构中添加了这两个成员的 getter 函数，getUID 和 getTID，我把这个集成到最后的 TS 功能上了，所以在此就不展示了。

Exercise 4

在 Nachos 中增加对线程数量的限制，是的 Nachos 中最多能够同时存在 128 个线程

正如上面这个练习中所设计的，空闲线程被出示化成列表，所以只需将这个链表初始化成 128 个元素就行了，这个只需要修改宏定义即可。这个练习主要的难点在于线程超出限额的处理方式。我认为主要可以采取下面三种方式。

1. 直接退出系统。
2. 不创建该线程。
3. 睡眠直到有空闲链表有余。

第一种方式相对来说最方便，但是这种方式会产生内存泄漏的问题。第三种方式比较复杂，需要涉及线程间通信的相关问题。所以中和来看，我选择了第二种方法。由于创建线程的本质是调用了 Fork 接口，所以只要

在 Fork 成员函数中添加一个判断就行，如果空闲链表没有多余，直接返回即可。

在这里我设计了如下的测试

```
void doVoid(int tid) {
    printf("forked thread run with tid %d\n", tid);
    return;
}

void ThreadTest2() {
    DEBUG('t', "Entering ThreadTest2");
    for(int i = 0; i <= 129; ++i) {
        Thread *t = new Thread("forked thread");
        t->Fork(doVoid, t->getTID());
    }
}
```

得到的结果是

```
forked thread cannot fork, no space for new thread
forked thread cannot fork, no space for new thread
forked thread cannot fork, no space for new thread
forked thread run with tid 1
forked thread run with tid 2
forked thread run with tid 3
```

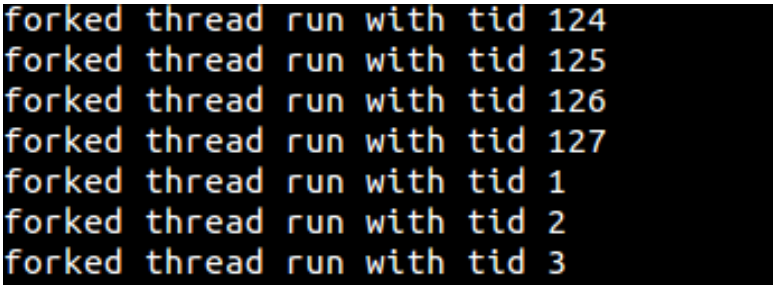
由于没有主动触发运行，所以所有的 fork 线程都是在退出的时候被触发的，所以在创建第 128 个线程的时候会有报错，因为已经有 127 个还在等待的线程以及 main 线程了。

为了探究时序的问题，我对 ThreadTest2 做了小小的修改，添加了一句 Yield

```
void ThreadTest2() {
    DEBUG('t', "Entering ThreadTest2");
    for(int i = 0; i <= 129; ++i) {
        Thread *t = new Thread("forked thread");
        t->Fork(doVoid, t->getTID());
        currentThread->Yield();
    }
}
```

得到的结果是

从中可以看出，Yield 会触发等待线程队列的队头被执行，所以这里当每个线程被创建前前一个线程就会运行结束，这也是为什么在 tid=127 后



创建的线程又重新从 1 开始了（0 是 main 线程）。

增加一个 TS 功能，能够显示当前系统中的所有现成的信息和状态 我觉得这是一个开放性的设计，因为要求中也没有规定 TS 这个功能具体要实现的什么程度。从我个人的角度来看，这个 TS 和调试信息模式有点相似，都是向外输出内部运行情况的，所以我参照调试模式，把 TS 作为一种模式可在命令行参数中激活。如：

./nachos -q 2 –ts

就可以在 TS 模式下执行相应的测试。

我维护了一个全局变量 enableTS，默认为 false。只有当命令行参数处理过程中识别到 –ts 后 enableTS 才会被赋值为 true。

这里另一个需要考虑的是 TS 输出的时机。我在这里选择的是 Yield 的时候，既每当调用一个线程的 Yield，就会自动生成 TS 信息。具体的输出方法主要调用了 List 的 Mapcar，这个和函数式语言中的 map 非常相像，即对 List 中的所有元素做同一个操作。具体代码如下：

```
1  void TS_print(int arg) {
2      Thread *t = (Thread *) arg;
3      printf("Thread %s with threadID %d and userID %d %s\n",
4                  t->getName(),
5                  t->getTID(),
6                  t->getUID(),
7                  t->getStatus());
8  }
9
10 void TS() {
11     if(!enableTS) {
12         return;
13     }
14     printf("---------------TS-------------\n");
15     printf("Thread %s with threadID %d and userID %d %s\n",
16                 currentThread->getName(),
```

```
17                  currentThread->getTID(),
18                  currentThread->getUID(),
19                  currentThread->getStatus());
20      if(!scheduler->getReadyList()->IsEmpty()) {
21          scheduler->getReadyList()->Mapcar(TS_print);
22      }
23      printf("------------------------------\n");
24  }
```

以下为 TS 模式下原来的 ThreadTest 的输出。

```
------------------------------
*** thread 0 looped 2 times
--------------TS-------------
Thread main with threadID 0 and userID 0 RUNNING
Thread forked thread with threadID 1 and userID 0 READY
------------------------------
*** thread 1 looped 2 times
--------------TS-------------
Thread forked thread with threadID 1 and userID 0 RUNNING
Thread main with threadID 0 and userID 0 READY
------------------------------
*** thread 0 looped 3 times
--------------TS-------------
Thread main with threadID 0 and userID 0 RUNNING
Thread forked thread with threadID 1 and userID 0 READY
------------------------------
*** thread 1 looped 3 times
--------------TS-------------
Thread forked thread with threadID 1 and userID 0 RUNNING
Thread main with threadID 0 and userID 0 READY
------------------------------
*** thread 0 looped 4 times
--------------TS-------------
Thread main with threadID 0 and userID 0 RUNNING
Thread forked thread with threadID 1 and userID 0 READY
------------------------------
*** thread 1 looped 4 times
--------------TS-------------
Thread forked thread with threadID 1 and userID 0 RUNNING
Thread main with threadID 0 and userID 0 READY
------------------------------
No threads ready or runnable, and no pending interrupts.
Assuming the program completed.
Machine halting!

Ticks: total 130, idle 0, system 130, user 0
Disk I/O: reads 0, writes 0
Console I/O: reads 0, writes 0
Paging: faults 0
Network I/O: packets received 0, sent 0
```

这个 test 本质上就是两个线程交互地互相运行。所以 TS 的结果是正确的。

4 遇到的困难以及解决办法

我遇到的主要困难有如下：

底层代码

Nachos 中有一些直接与硬件相关的代码。这些代码比较底层，具体实现细节也不是特别重要。但是如果想要真正理解这个系统，底层代码还是需要理解的。对此我还翻出了久违的 ICS 书，把一些栈的结构都看了一遍，才完全理解了底层的代码，如 Thread 中的 StackAllocate。

中断处理

中断处理一直是我在操作系统学习上的一个软肋，我一直不能很好的判断什么地方应该关中断。不过我还是按照了常规思路，在 TS 功能中设置了中断开关，因为 TS 功能涉及到了长时间的遍历链表和输出，在这个过程中应该尽可能的保证不要被打断。

测试设计与时序分析

测试的设计也不是很方便，要设计出具有代表性的测试用例，既要对各种可能情形进行考虑，还要深入理解一些时序关系。对此我打开了所有调试信息，并且人工地模拟了代码的执行，分析好了时序。并且设计出了相应的测试用例来测试时序关系。

5 收获与感想

这是对一个操作系统的源码扩展的第一次尝试，虽然不是很难，但毕竟初上手，还有一些生疏。

在此过程中，我发现即使工作量已经很小了，但是需要注意的地方很多。需要系统化地考虑整个系统的设计。这次 Lab 是针对线程机制的，在

调研，阅读代码，编写代码，攥写报告的过程中，我对操作系统的线程机制有了更深的理解。

与此同时我还遇到了一些小麻烦，最后找到了解决办法。但我认为可能这些方法还算不上完美，如果真正的要设计好一个系统还是需要尽善尽美的。所以在后面的 Lab 中我会尽可能地花更多的时间设计出质量更好的代码。

6 意见与建议

对于实验来暂无重要的建议。但平时上课发言加分我觉得还是不妥，不如改成发言发奖品但不记名。

7 参考资料

- 《现代操作系统》
- 《深入理解计算机系统》
- 《Linux 内核设计与实现》