OS Lab3 - File System

NachOS 文件系统简介

在 NachOS 里，有两份文件系统的实现：

- 利用宿主机的 File System 接口实现 NachOS 文件操作，直接读写宿主操作系统上的文件
- 维护一个宿主机上的 `DISK` 文件作为 NachOS 的模拟磁盘，在其上进行基于 Sector 的操作

在lab2代码的基础上，将 `code/build.linux/Makefile` line 194 中的 `-DFILESYS_STUB` 去掉，并将 `code/filesys/filesys.h` 中的 Line 67 ~ 94 的 `Write()` 与 `Read()` 两个函数定义拷至该文件后半部分的 `class FileSystem` 定义中，重新编译即可使用内置的虚拟磁盘：

```
$ cd code/build.linux
$ make clean
$ make -j
$ cd ../test
$ ../build.linux/nachos -f
$ ../build.linux/nachos -cp fork fork_in_virtual_disk
$ ../build.linux/nachos -x fork_in_virtual_dist
```

其中， `-f` 参数将格式化 NachOS 虚拟磁盘， `-cp` 将文件从 UNIX 文件系统拷贝到 NachOS 文件系统中， `-x` 参数使 NachOS 在虚拟磁盘中寻找对应名字的可执行文件并执行。更多参数可以参照 `code/threads/main.cc` 中的注释

实验内容与要求

NachOS 自带的文件系统限制诸多，例如：不支持变长文件；不支持目录；不支持多级索引。

本次实验分为两个阶段：

- Part 1：多级索引
- Part 2：多级目录、删除与数据恢复

在本次实验中，你需要对助教提供的 Lab3 部分代码进行完善，对 NachOS 文件系统进行功能扩充。

Part1 多级索引

主要任务

你需要阅读lab3源码中的如下文件：

```
- <root>
  | NachOS-4.0
    | code
      | filesys
>>      | filehdr.cc
>>      | filehrd.h
>>      | filesys.cc
>>      | filesys.h
>>      | openfile.cc
>>      | openfile.h
>>      | synchdisk.cc
        | 其他已有的文件
```

与原版NachOS进行比对，理解NachOS一级索引的工作流程。同时仔细阅读提供的实验代码的注释，思考多级索引与一级索引的不同，并根据提示完成注释中提示的空缺部分

重点与难点

- 当写文件的长度超过文件现有长度，如何对文件进行扩充?
- 多级索引文件偏移如何映射到实际的sector号?

测试方法

```
$ cd code/test
$ ./toTestFileSys.sh > testOutcome.txt; cat testOutcome.txt
$ # toTestFileSys脚本内容如下:
$ nl toTestFileSys.sh
     1  #!/bin/bash
     2  nachos='../build.linux/nachos'
     3  $nachos -f
     4  $nachos -cp h.txt h.txt
     5  $nachos -cp testFileSys testFileSys
     6  $nachos -x testFileSys
```

正确的测试结果见主页的 `testOutcome.txt`

Part2 多级目录

主要任务

To do。。。

重点与难点

To do。。。

测试方法

To do。。。

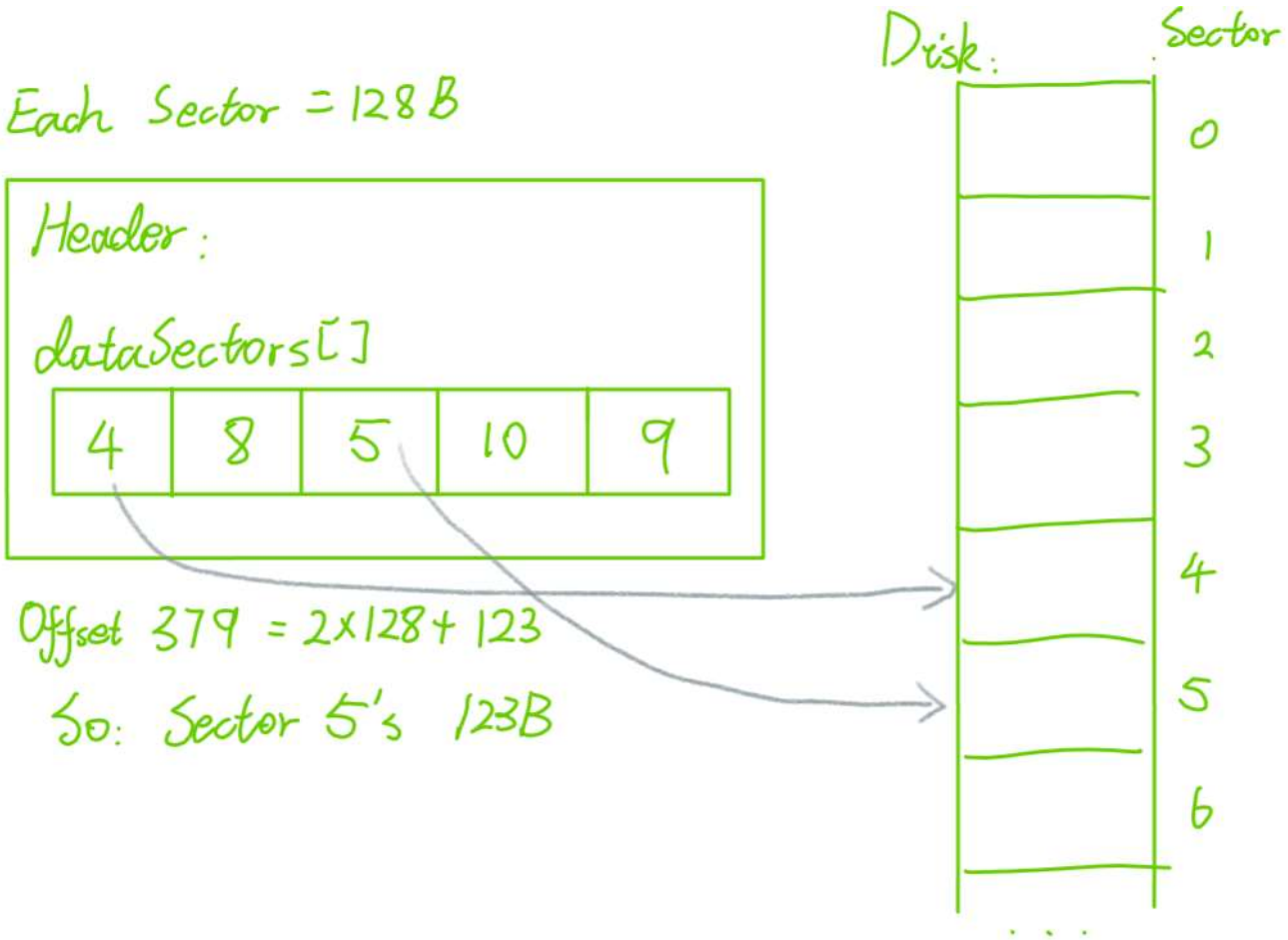
详细培训-那么我们需要干嘛呢??

多级索引

索引是一种将文件内容组织在磁盘上的方式。

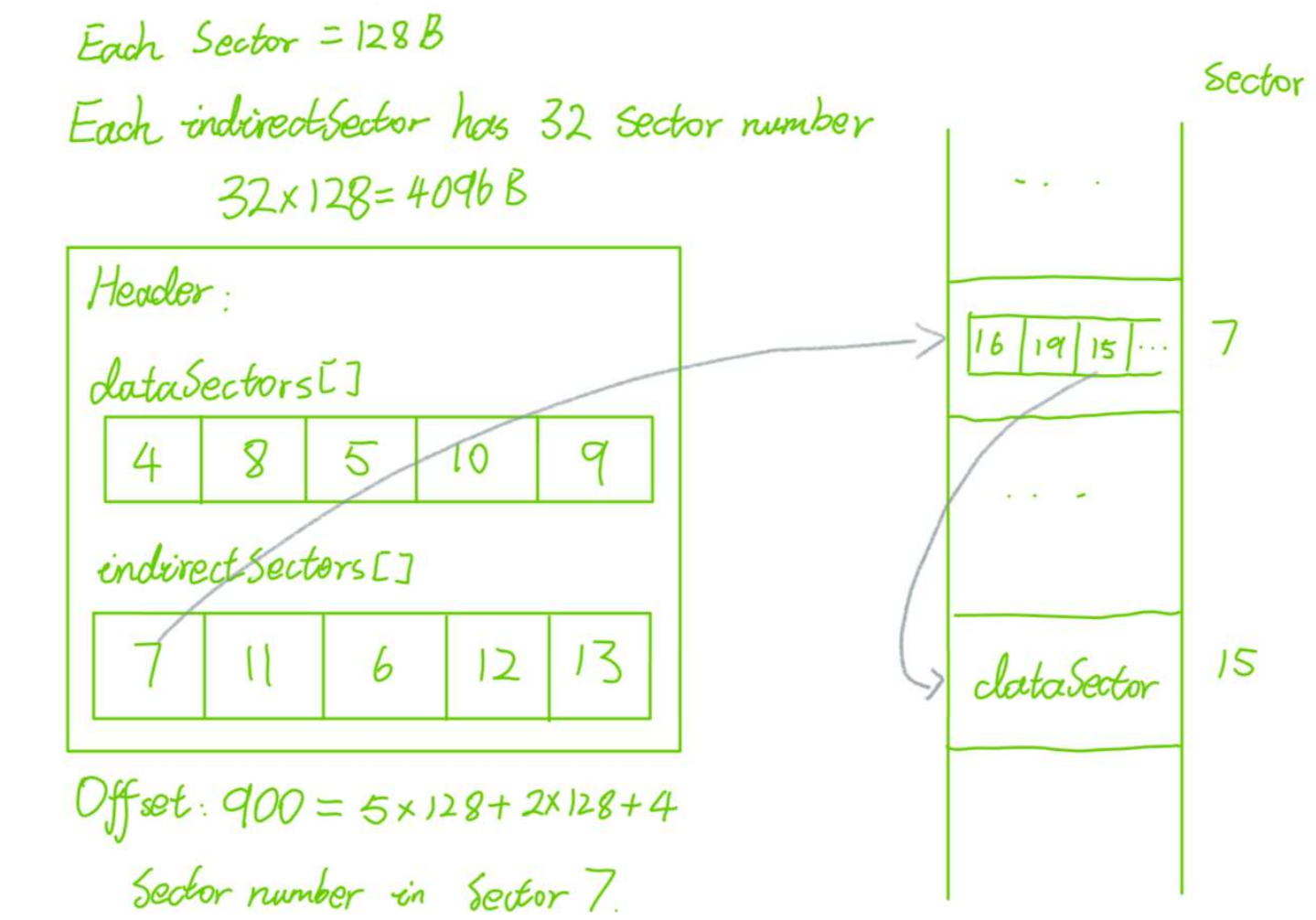
当用户想要访问一个指定文件的指定偏移时，需要查找索引表，然后根据索引表的提供的sector号去访问文件内容。

- 一级索引:
  在文件Header中有一个sector号的数组。
  由于每个sector大小固定，访问指定偏移时，只需要将偏移除以sector大小即可知道sector号在数组第几个，根据该sector号去这个sector上获取文件内容。该sector称为 `dataSector`



这样带来的好处是文件不用连续存放，可以分散在磁盘各个位置，提高利用率，并且访问每次访问指定偏移所需的读取磁盘的次数恒定为2(访问header算一次)。
坏处则十分显然：文件最大大小受到header大小的限制

- 二级索引：
  相比一级索引，二级索引就是将sector号数组放在磁盘上，而不是放在header中。这个存放sector号数组的sector称为 `indiretSector` 。
  访问指定偏移时，首先看该偏移是否在一级索引可以寻找到的位置，若不在，则计算sector号其应该在哪一个 `indirectSector` ，在其中获取sector号数组，接下来类似一级索引



你需要做的-补洞!

首先,如果你用grep(global search regular expression(RE) and print out the line)命令匹配"洞",就会得到:

```
# zevin @ ubuntu in ~/Desktop/lab3pt1/NachOS-4.0/code [10:13:18]
$ grep -r 洞 ./
./filesys/filehdr.cc:        // 洞1:begin
./filesys/filehdr.cc:        //    这个洞要注意边界条件(如doneSec等)
./filesys/filehdr.cc:        // 洞1:end
./filesys/filehdr.cc:        // 洞2:begin
./filesys/filehdr.cc:        // 洞2:end
./filesys/filehdr.cc:    // 洞3:begin
./filesys/filehdr.cc:    //    这个洞需要的控制/判断逻辑很少,主要是计算,
./filesys/filehdr.cc:    // 洞3:end
./filesys/filehdr.cc:        // 洞4:begin
./filesys/filehdr.cc:        //   这个洞要注意边界条件(如doneSec等)
./filesys/filehdr.cc:        // 洞4:end
./filesys/openfile.cc:    // 洞5:begin
./filesys/openfile.cc:    // 洞5:end
./filesys/filesys.cc:    // 洞6:begin
./filesys/filesys.cc:    // 洞6:end
```

所以,这次实验一共有6个"洞"需要勇敢的你来填补!

这6个洞按照顺序分别在这六个成员函数中.

```
FileHeader::Allocate()
FileHeader::Deallocate()
FileHeader::ByteToSector()
FileHeader::expandFile()
OpenFile::WriteAt()
FileSystem::Open()
```

等等!

在补洞之前

当然了,在开始补洞之前,你还需要理解这个洞,也就要阅读相关源码.
这次你需要关注的lab3相关源码是哪些呢?也许聪明的你已经想到了,就是这些:

如果你用grep递归匹配 `lab\s?3` (这是正则表达式,以后如果掌握了可能大大提高字符串匹配效率),就会得到如下结果:

```
# zevin @ ubuntu in ~/Desktop/lab3pt1/NachOS-4.0/code [10:18:34]
$ grep -r -E "LAB\s?3" ./
./filesys/synchdisk.cc:/* ++++++++++++++ LAB 3 请阅读如下两个成员函数 ++++++++++++++ */
./filesys/filehdr.cc:/* ++++++++++++++ LAB 3 ++++++++++++++++++++ */
./filesys/filehdr.cc:/* ++++++++++++++++ LAB3 ++++++++++++ */
./filesys/filehdr.cc:/* +++++ LAB3 +++++ */
./filesys/filehdr.cc:    /* ++++++++++++++++++ LAB 3 +++++++++++++++ */
./filesys/filehdr.cc:/* +++++ LAB3 +++++ */
./filesys/openfile.cc:    /*++++ LAB3 ++++*/
./filesys/filesys.h:    /* ++++ LAB3 ++++ */
./filesys/filesys.h:    //LAB3
./filesys/openfile.h:           //LAB3
./filesys/filesys.cc:    /* +++++ LAB3 +++++ */
./filesys/filesys.cc:/* ++++++++++++++++++ LAB3 可能需要阅读这里 ++++++++++++++++++ */
./filesys/filehdr.h:/* LAB3 */
./filesys/filehdr.h:    /* +++LAB3+++ */
./filesys/filehdr.h:    /* ++++ LAB3 ++++ */
./userprog/ksyscall.h:/* ++++ LAB3 ++++ */
./userprog/syscall.h://LAB3
```

你可以参照前几次实验同样位置的源码，理解清楚本次多级索引在此基础上增加了哪些工作量

补洞

如果你看得差不多了,勇敢的你就可以开始补洞了!
我们的建议是按照洞的序号进行填补.
一开始在填补洞1和洞2时,你可能会有一点点吃力.这时不要怀疑自己,静下心来看看洞1和洞2所在的成员函数中已经实现了的部分.
理解了这些内容,再结合上一小节阅读的源码,相信聪明的你马上就能敲击键盘,完成这几个洞了.

这次的注释像上次实验一样给的很详尽,流程和需要考虑的问题也很清晰.只有个别地方可能需要你小小的动动脑筋.
下面开始给出进一步的提示:

- 洞1： `FileHeader::Allocate`
  首先,你需要对 `indirectSectors` 进行处理，方法类似于:
  ```
  dataSectors[i] = freeMap->FindAndSet();
  ```
  然后，对 `sectors[NumInDirectIndex]` 数组元素一次进行类似操作，注意继续统计 `doneSec`， 直到这次的 `sectors[]` 用完，或者 `doneSec` 达到 `numSectors` 的大小。
  最后，你需要将 `sectors[]` ，用 `SynchDisk` 中的某接口写入到 `indirectSectors[j]` 中。
- 洞2： `FileHeader::Deallocate`
  和洞1很相似,这里为了 `deallocate`， 首先要读 `indirectSectors[j]` (用什么接口呢？)，然后进行 `allocate` 的逆操作，然后将对应的使用了的 `sector` 进行 `clear` 操作，最后别忘了 `indirectSectors[j]` 也要 `clear`
- 洞3： `FileHeader::ByteToSector`
  返回 `offset` 这个字节所在的sector号。
  分为在*direct sector*和在*indirect sector*两种情况。这里需要理解多级索引的地址计算，加油!
- 洞4： `FileHeader::expandFile`
  在write的文件大小超过原本大小的时候变长。找到 `indirectSectors[j]!=-1` 时的sector，或者 `indirectSectors[j]==-1` 的第一个sector，并进行修改，修改的操作和 `allocate` 洞1十分相似，别忘了将修改的 `secetors[]` 写回到 `indirectSectors[j]` 的块中。
- 洞5： `OpenFile::WriteAt`
  先计算需要的sector总数目，然后调用 `FileHeader` 类里的 `expandFile()` 函数。
  之后修改hdr，也就是写回(`FileHeader::WriteBack`)，最后写回freeMap
- 洞6： `FileSystem::Open`
  这里处理open。
  根据得到的sector，添加到 `openedFile` 里面。
  注意不要修改 `openedFile[0,1,2]` ，从 `openedFile[3]` 开始分配