1.10 I/O Redirect

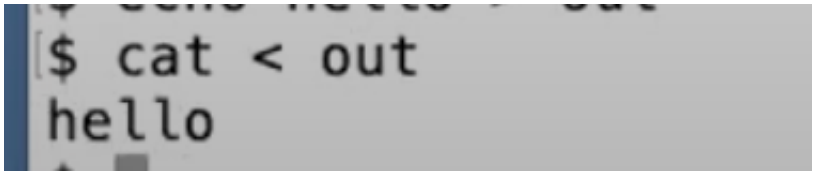
最后一个例子，我想展示一下将所有这些工具结合在一起，来实现I/O重定向。

```
    5
    6  // redirect.c: run a command with output redirected
    7
    8  int
    9  main()
   10  {
   11    int pid;
   12
   13    pid = fork();
   14    if(pid == 0){
   15      close(1);
   16      open("output.txt", O_WRONLY|O_CREATE);
   17
   18      char *argv[] = { "echo", "this", "is", "redirected", "echo", 0 };
   19      exec("echo", argv);
   20      printf("exec failed!\n");
   21      exit(1);
   22    } else {
   23      wait((int *) 0);
   24    }
   25
   26    exit(0);
   27  }
[crash]
```

我们之前讲过，Shell提供了方便的I/O重定向工具。如果我运行下面的指令，

```
$ echo hello > out
$
```

Shell会将echo的输出送到文件out。之后我们可以运行cat指令，并将out文件作为输入，

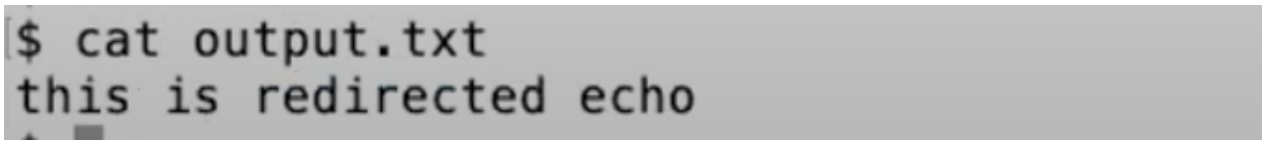


我们可以看到保存在out文件中的内容就是echo指令的输出。

Shell之所以有这样的能力，是因为Shell首先会像第13行一样fork，然后在子进程中，Shell改变了文件描述符。文件描述符1通常是进程用来作为输出的（也就是console的输出文件符），Shell会将文件描述符1改为output文件，之后再运行你的指令。同时，父进程的文件描述符1并没有改变。所以这里先fork，再更改子进程的文件描述符，是Unix中的常见的用来重定向指令的输入输出的方法，这种方法同时又不会影响父进程的输入输出。因为我们不会想要重定向Shell的输出，我们只想重定向子进程的输出。

这里之所以能工作的原因是，代码的第15行只会在子进程中执行。代码的第15行的意义是重定向echo命令的输出，如果我运行整个程序redirect程序。

可以看到没有任何的输出。但是实际上redirect程序里面运行了echo，只是echo的输出重定向到了output.txt。如果我们查看output.txt，



我们可以看到预期的输出。代码第15行的close(1)的意义是，我们希望文件描述符1指向一个其他的位置。也就是说，在子进程中，我们不想使用原本指向console输出的文件描述符1。

代码第16行的open一定会返回1，因为open会返回当前进程未使用的最小文件描述符序号。因为我们刚刚关闭了文件描述符1，而文件描述符0还对应着console的输入，所以open一定可以返回1。在代码第16行之后，文件描述符1与文件output.txt关联。

之后我们执行exec(echo)，echo会输出到文件描述符1，也就是文件output.txt。这里有意思的地方是，echo根本不知道发生了什么，echo也没有必要知道I/O重定向了，它只是将自己的输出写到了文件描述符1。只有Shell知道I/O重定向了。

这个例子同时也演示了分离fork和exec的好处。fork和exec是分开的系统调用，意味着在子进程中有一段时间，fork返回了，但是exec还没有执行，子进程仍然在运行父进程的指令。所以这段时间，尽管指令是运行在子进程中，但是这些指令仍然是父进程的指令，所以父进程仍然可以改变东西，直到代码执行到了第19行。这里fork和exec之间的间隔，提供了Shell修改文件描述符的可能。

对于这里的redirect例子，有什么问题吗?

（沉默了一会）

好吧，我们时间快到了，我来总结一下。我们这节课：

- 看了一些Unix I/O和进程的接口和抽象。这里需要记住的是，接口是相对的简单，你只需要传入表示文件描述符的整数，和进程ID作为参数给相应的系统调用。而接口内部的实现逻辑相对来说是复杂的，比如创建一个新的进程，拷贝当前进程。
- 除此之外，我还展示了一些例子。通过这些例子你可以看到，尽管接口本身是简单的，但是可以将多个接口结合起来形成复杂的用例。比如说创建I/O重定向。

在下周结束之前，需要完成一个实验，这个实验中涉及更多类似于我们课堂上讲的简单小工具。好好做实验，我们下周再见。