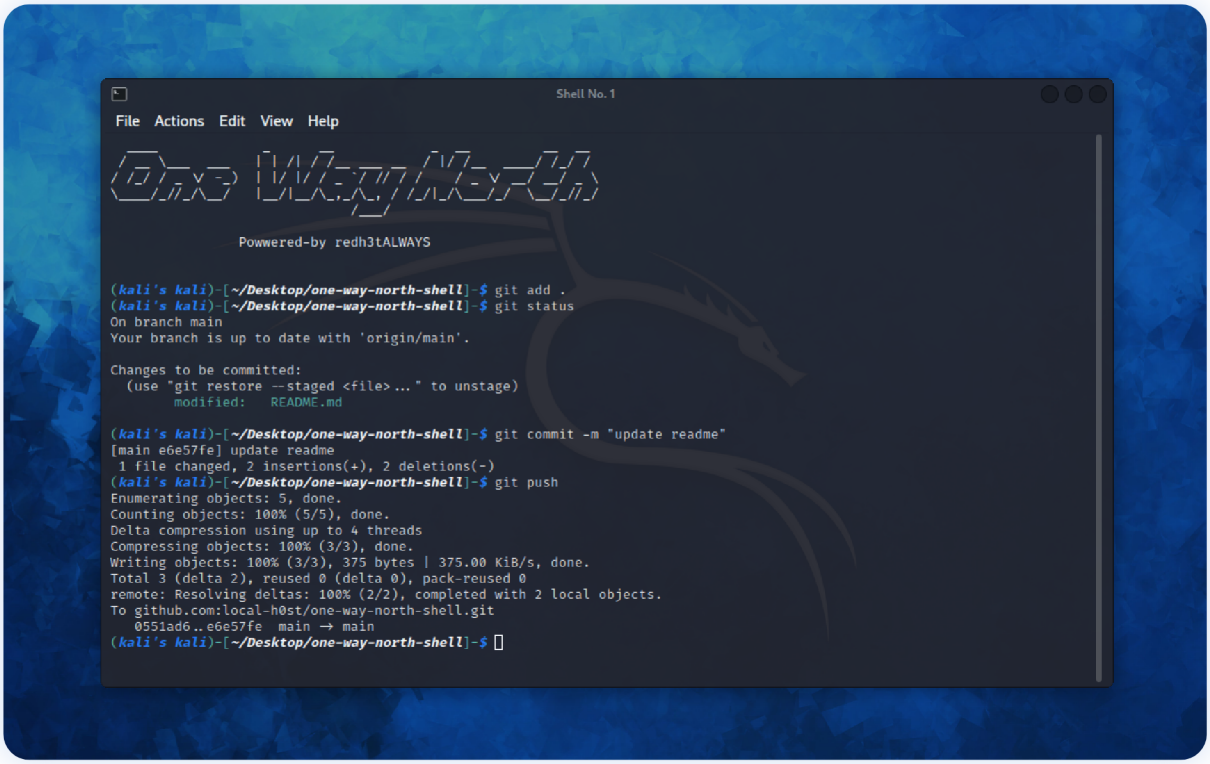
nsh-shell设计与实现

效果预览



使用nsh能够正常完成git相关操作。one-way-north-shell实现代码开源在我的Github仓库。

设计框架速览

shell的核心流程是“获取用户输入-处理输入 ”的循环过程，在进入循环前shell需要进行初始化的工作，因此我的 `main()` 如下实现：

```
int main(void){
    // init
    State.command = (struct COMMAND_FRAG *)malloc(sizeof(struct COMMAND_FRAG));
    initCmdFragNull(State.command);
    printWelcome();
    while(1){
        flushAndPrompt();
        parseCommand();
        executeCommand();
        deleteFragAll(State.command);    // clear history here
    }
    return 0;
}
```

shell当前的状态保存在全局变量`State`中，方便其他函数随时读取和修改。`State`定义如下：

```
struct REDIRECT_INFO{
    int direction;
    char *filename;
    int symbol_count;
    struct REDIRECT_INFO *next;
};

struct COMMAND_FRAG {
    char *binname;
    char *arg;
    struct COMMAND_FRAG *pipe_next;
    struct COMMAND_FRAG *arg_next;
    struct REDIRECT_INFO *redirect;
};

struct STATE_STRUCT {
    char input[STATE_INPUT_LEN];
    struct passwd *current_passwd;
    struct COMMAND_FRAG *command;
} State;
```

`State.input`数组保存了当前用户的输入，是未经处理的raw input；`State.current_passwd`保存了当前用户`/etc/passwd`文件的内容，被用于权限判断、切换用户等操作中；`State.command`是一张链表的头指针，`parseCommand()`函数将解析`State.input`提权可执行文件名、传入参数、管道符、重定向信息等，并将解析结果保存到这张链表中。

解析后`executeCommand()`将根据`State.command`的内容执行命令，命令分为内部和外部，如果是shell内部支持的就会执行相关代码，如果不识别那么就将调用`fork()`和`execvp()`去执行外部程序并返回执行结果。单次循环的最后将清理`State.command`，然后进行下一轮循环。

A dive into the code

篇幅有限，函数亦有不同的重要程度，这里就看两个关键函数。

parseCommand()

```
int parseCommand(){
    char temp[STATE_INPUT_LEN];
    int temp_index = 0;
    int is_binname = 2; // 2 the first, 1 after |, 0 the arg.
    struct COMMAND_FRAG *bin_head = NULL;
    struct COMMAND_FRAG *last_arg = NULL;
    int quot_count = 0;  // only support "
    // first parse redirect as params, then parse redirect info, because redirect
needs higher privilege
```

```
    for(int i = 0; i < STATE_INPUT_LEN && State.input[i] != '\0'; i++){ // last is \n
and then is \0
        if (State.input[i] == '"'){
            quot_count++;
            if(i>0)
                if(State.input[i-1] == '\\'){
                    quot_count--;
                    temp_index--;
                }
        }
        if ((!isspace(State.input[i]) && State.input[i] != '|' && quot_count%2 == 0)
|| quot_count%2 == 1){
            temp[temp_index] = State.input[i];
            temp_index++;
        }
        else{
            // encountered blank char or '|'
            if (temp_index == 0){
                if (State.input[i] == '|')
                    is_binname = 1;
                continue;   // ignore blank
            }
            temp[temp_index] = '\0';
            switch (is_binname) {
            case 2:
                State.command->binname = (char *)malloc((temp_index+1)*sizeof(char));
                strcpy(State.command->binname,temp);
                is_binname = 0;
                bin_head = State.command;
                last_arg = bin_head;
                break;
            case 1:
                bin_head->pipe_next = (struct COMMAND_FRAG *)malloc(sizeof(struct
COMMAND_FRAG));
                bin_head = bin_head->pipe_next;
                initCmdFragNull(bin_head);
                bin_head->binname = (char *)malloc((temp_index+1)*sizeof(char));
                strcpy(bin_head->binname, temp);
                is_binname = 0;
                last_arg = bin_head;
                break;
            default:
                // is_binname = 0, default is common arg.
                last_arg->arg_next = (struct COMMAND_FRAG *)malloc(sizeof(struct
COMMAND_FRAG));
                last_arg = last_arg->arg_next;
                initCmdFragNull(last_arg);
                last_arg->arg = (char *)malloc((temp_index+1)*sizeof(char));
                strcpy(last_arg->arg, temp);
                break;
            }
            temp_index =0;
```

```
        }

        if (State.input[i] == '|' && quot_count%2 == 0)
            is_binname = 1;
    }

    // for every bin parse redirect info
    struct COMMAND_FRAG *current_bin = State.command;
    while (current_bin != NULL){
        parseRedirect(current_bin);
        current_bin = current_bin->pipe_next;
    }
}
```

由于重定向的优先级要高于管道符，因此我采取的策略是，先将重定向符号以及重定向内容当作普通参数，先解析管道符。管道解析结束后再对每个参数判断是否是重定向，如果是，则新增重定向信息，并把此参数从真正的参数列表中删去。

如果存在管道符，那么所有管道上总共n个可执行文件的文件名将被保存在n个 `COMMAND_FRAG` 结构的 `binname` 属性中，然后这n个结构将由 `pipe_next` 属性串联起来。对于每一个可执行文件，其后的m个参数将被保存在m个 `COMMAND_FRAG` 结构的 `arg` 属性中，然后由 `arg_next` 属性串联起来。对于每一个可执行文件，如果存在重定向，那么其保存 `binname` 的 `COMMAND_FRAG` 结构将同时保存其重定向信息，如果存在多个重定向，那么也将以链表的形式串联起来。

举个例子，假设用户输入的命令是 `cat <README.md |grep "Some Thinking" >result.txt` 。用户的输入被解析后， `State.command.binname` 保存第一个可执行文件名 `cat` ， `State.command.arg_next` 指向其第一个参数，这里没有，因此为 `NULL` ，由于有重定向，因此 `State.command.redirect` 指向第一个重定向信息（标准输入重定向到文件README.md）。由于存在管道，因此 `State.command.pipe_next` 指向的 `COMMAND_FRAG` 结构将保存第二个可执行文件的信息， `State.command.pipe_next.binname == "grep"` ，存在参数，因此 `State.command.pipe_next.arg_next.arg == "Some Thinking"` ，由于存在重定向，因此 `State.command.pipe_next.redirect` 将保存“输出重定向到result.txt”这一信息。

此外，在 `parseCommand()` 中可以看到变量 `quot_count` ，这个参数使得nsh支持引号语法，也就是双引号之间的所有特殊字符，例如 `(blank)` ， `|` ， `<` ， `>` 都不会被解析，而是直接当作用户的输入。如果要表示引号 `"` ，就需要用 `\"` 来转义。

executeCommand()

```
int executeOnce(struct COMMAND_FRAG *current_bin, int read_pipe_fd, int
write_pipe_fd){
    // build arg list first
    struct COMMAND_FRAG *temp = current_bin;
    int count = 1;
    while (temp->arg_next!=NULL){
        count++;
        temp = temp->arg_next;
    }
```

```
    char **arg_list = (char **)malloc((count+1)*sizeof(char *));
    arg_list[0] = current_bin->binname;
    arg_list[count] = NULL;
    temp = current_bin->arg_next;
    count = 1;
    while(temp!=NULL){
        if(temp->arg[0] == '"'){
            temp->arg[strlen(temp->arg)-1] = '\0';
            char *str = (char *)malloc(strlen(temp->arg)*sizeof(char));
            strcpy(str,temp->arg+1);
            free(temp->arg);
            temp->arg = (char *)malloc((strlen(str)+1)*sizeof(char));
            strcpy(temp->arg,str);
            free(str);
        }
        arg_list[count] = temp->arg;
        count++;
        temp = temp->arg_next;
    }

    // call fork
    pid_t pid = fork();
    if (pid == 0){      // child process
        // pipe and redirect
        if (write_pipe_fd != -1){
            dup2(write_pipe_fd,STDOUT_FILENO);
            // dup2(write_pipe_fd,STDERR_FILENO);  // pipe shouldn't handle stderr
            close(write_pipe_fd);
        }
        if(read_pipe_fd != -1){
            dup2(read_pipe_fd,STDIN_FILENO);
            close(read_pipe_fd);
        }

        struct REDIRECT_INFO *r = current_bin->redirect;
        while (r != NULL){
            if(r->direction == 1 && write_pipe_fd == -1){
                int w_fd;
                if(r->symbol_count==1){
                    w_fd = open(r->filename, O_WRONLY|O_CREAT|O_TRUNC,
S_IRUSR|S_IWUSR|S_IRGRP|S_IROTH);
                }
                else{
                    w_fd = open(r->filename, O_WRONLY|O_CREAT|O_APPEND,
S_IRUSR|S_IWUSR|S_IRGRP|S_IROTH);
                }
                dup2(w_fd,STDOUT_FILENO);
                close(w_fd);
            }
            else if(r->direction == 2 && read_pipe_fd == -1){
                int r_fd = open(r->filename, O_RDONLY);
                if (r_fd == -1){
```

```
                    perror("redirect");
                    exit(1);
                }
                dup2(r_fd, STDIN_FILENO);
                close(r_fd);
            }
            else{

            }
            r = r->next;
        }
        // execute
        if (execvp(arg_list[0], arg_list) == -1){
            perror("child process: ");
            exit(1);
        }
    }
    else if (pid > 0){  // parent
        wait(NULL);
    }
    else {
        perror("fork failed.");
        exit(1);
    }

    free(arg_list);
    return 1;
}

int executeCommand(){
    if (State.command->binname == NULL)
        return -1;
    struct COMMAND_FRAG *current_bin = State.command;

    int **pipes = (int **)malloc(2*sizeof(int *));
    pipes[0] = (int *)malloc(2*sizeof(int));
    pipes[1] = (int *)malloc(2*sizeof(int));
    pipe(pipes[0]);
    pipe(pipes[1]);

    int index = 0;
    int read_pipe = -1;
    int write_pipe = 0;

    while(1){
        if(current_bin->pipe_next != NULL)
            write_pipe = pipes[index%2][1];
        else{
            // last command, write_pipe is useless, close and ready to quit loop
            write_pipe = -1;
            close(pipes[index%2][0]);
            close(pipes[index%2][1]);
```

```
        }

        switch (isBuildInCmd(current_bin->binname)){
        // TODO add pipe support and redirect support for build-in commands.
        case CMD_SH_HELP:
            printf("help document is not ready yet ~\n");
            break;
        case CMD_CD:
            if (current_bin->arg_next->arg==NULL){
                printf("cd: need one argument.\n");
            }
            else{
                int success;
                if (current_bin->arg_next->arg[0] == '~'){
                    success = chdir(getenv("HOME"));
                    if (current_bin->arg_next->arg[1] == '/')
                        success = chdir(current_bin->arg_next->arg+2);
                }
                else
                    success = chdir(current_bin->arg_next->arg);
                if (success == -1)
                    printf("cd: chdir() failed.");
            }
            break;
        default:
            executeOnce(current_bin,read_pipe,write_pipe);
            break;
        }

        if(current_bin->pipe_next != NULL){
            current_bin = current_bin->pipe_next;
            read_pipe = pipes[index%2][0];
            close(pipes[(index+1)%2][0]);
            close(pipes[(index+1)%2][1]);
            free(pipes[(index+1)%2]);
            pipes[(index+1)%2] = NULL;
            pipes[(index+1)%2] = (int *)malloc(2*sizeof(int));
            pipe(pipes[(index+1)%2]);
            close(pipes[index%2][1]);   // close write end to avoid stuck when read
            // should avoid use the same fd in two different pipes, so the order of
the code matters!
            index++;
        }
        else{
            close(read_pipe);
            break;
        }

    }

    // all pipe fds are well closed, free() an return
    free(pipes[0]);
```

```
        free(pipes[1]);
        free(pipes);
        return 1;
    }
```

`executeCommand()` 识别内部和外部命令，如果nsh支持则直接执行相关代码，否则就调用 `executeOnce()` 去 `fork()` 和 `execvp()` 。在 `executeCommand()` 的循环中，通过判断 `current_bin.pipe_next` 是否存在进行管道识别，并提前使用 `pipe()` 创建好管道以便接下来命令的执行。 `executeOnce()` 通过传入 `COMMAND_FRAG *` 类型的变量 `current_bin` 、管道的读写端 `fd` （如果没有就 `NULL` ），在内部构建传参列表，使用 `dup2()` 按传入 `current_bin` 的信息设置好重定向，然后 `fork()` 和 `execvp()` 。

我写的时候踩了三个坑，一个是 `pipe(pipe_fd)` 创建的管道是有读写方向的，写入端必须是 `pipe_fd[1]` ，读取端必须是 `pipe_fd[1]` ，否则会失败。另一个是读写 `pipe` 时，一端没有关闭将影响到另一端的正常操作，表现为写端不关闭会导致读取完毕后卡住不返回，读端不关闭会导致写端无法写入。还有一个是，两条 `pipe` 使用的4个 `fd` 一定不能有重合，否则会导致逻辑混乱。例如两条管道 `p1[2] = {3,4},p1[2]` ，关闭 `p1[1]` 释放 `fd = 4` ， `p1[0]` 端没关闭，此时因为关闭而释放的 `fd = 4` 可以再次被 `pipe(p2)` 函数分配，得到 `p2[2] = {4,5}` ，此时两条管道如下： `p1[0] = 3, p1[1] closed, p2[0] = 4, p2[1] = 5` ，由于 `fd = 4` 曾经是管道 `p1` 的写端，而管道 `p1` 的读端仍在工作，但 `fd = 4` 却被分配给了另一条管道，这就会造成读写错误。

其他函数

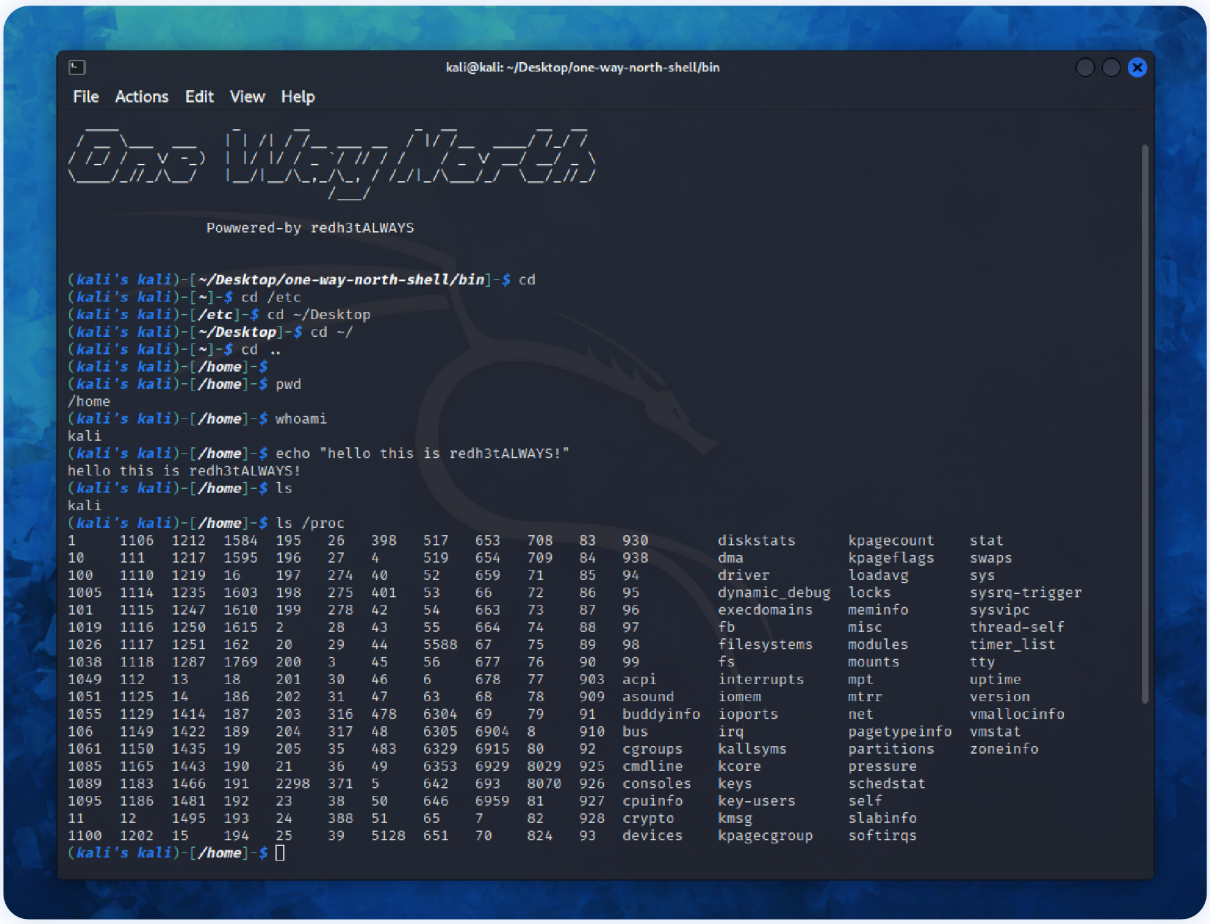
其他函数诸如输出Prompt，垃圾回收等，相对没有那么核心，倘若放上来篇幅过长，因此报告中省略了，在[我的仓库]中可以看到相关内容。

shell 功能测试

测试过程如下：

1. 测试常用单条命令
2. 测试单条命令，带重定向
3. 测试多条命令带管道
4. 测试多条命令带管道和重定向

常用单条命令



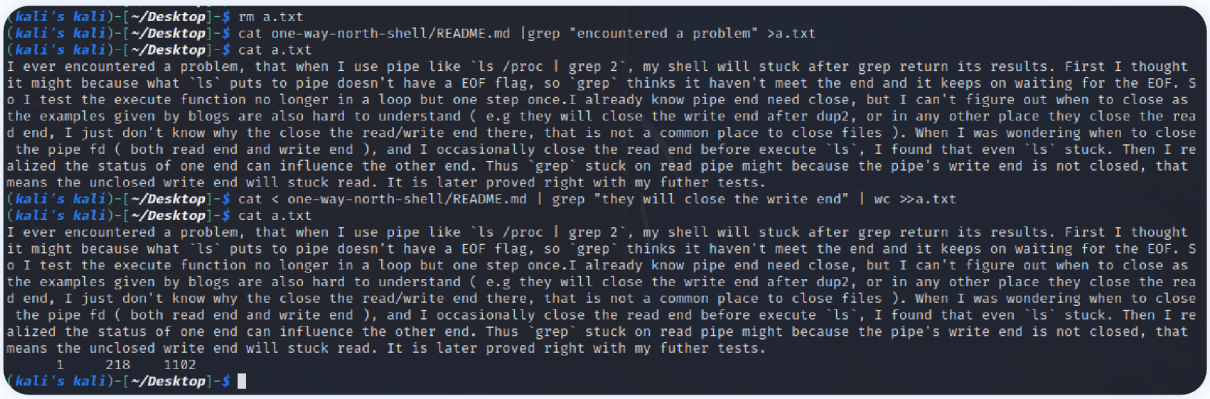
单条命令带重定向

```
(kali's kali)-[~/Desktop]-$ echo "aaaaaaaaaa redh3tALWAYS writing ..." >a.txt
(kali's kali)-[~/Desktop]-$ cat a.txt
aaaaaaaaaa redh3tALWAYS writing ...
(kali's kali)-[~/Desktop]-$ echo bbbbb >> a.txt
(kali's kali)-[~/Desktop]-$ cat a.txt
aaaaaaaaaa redh3tALWAYS writing ...
bbbbb
(kali's kali)-[~/Desktop]-$ cat <a.txt
aaaaaaaaaa redh3tALWAYS writing ...
bbbbb
(kali's kali)-[~/Desktop]-$
```

多条命令带管道

```
(kali's kali)-[~/Desktop]-$ cat "git proxy.md"|grep https
git config --global https.proxy socks5://192.168.56.1:7890
(kali's kali)-[~/Desktop]-$ ls /proc|wc -l
262
(kali's kali)-[~/Desktop]-$
```

多条命令带管道和重定向

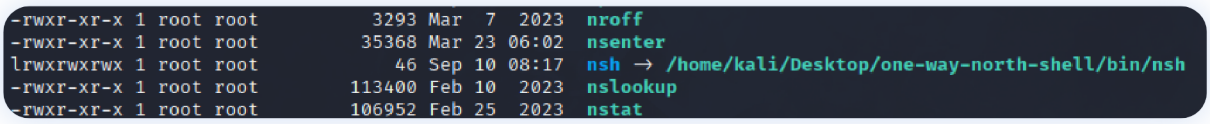


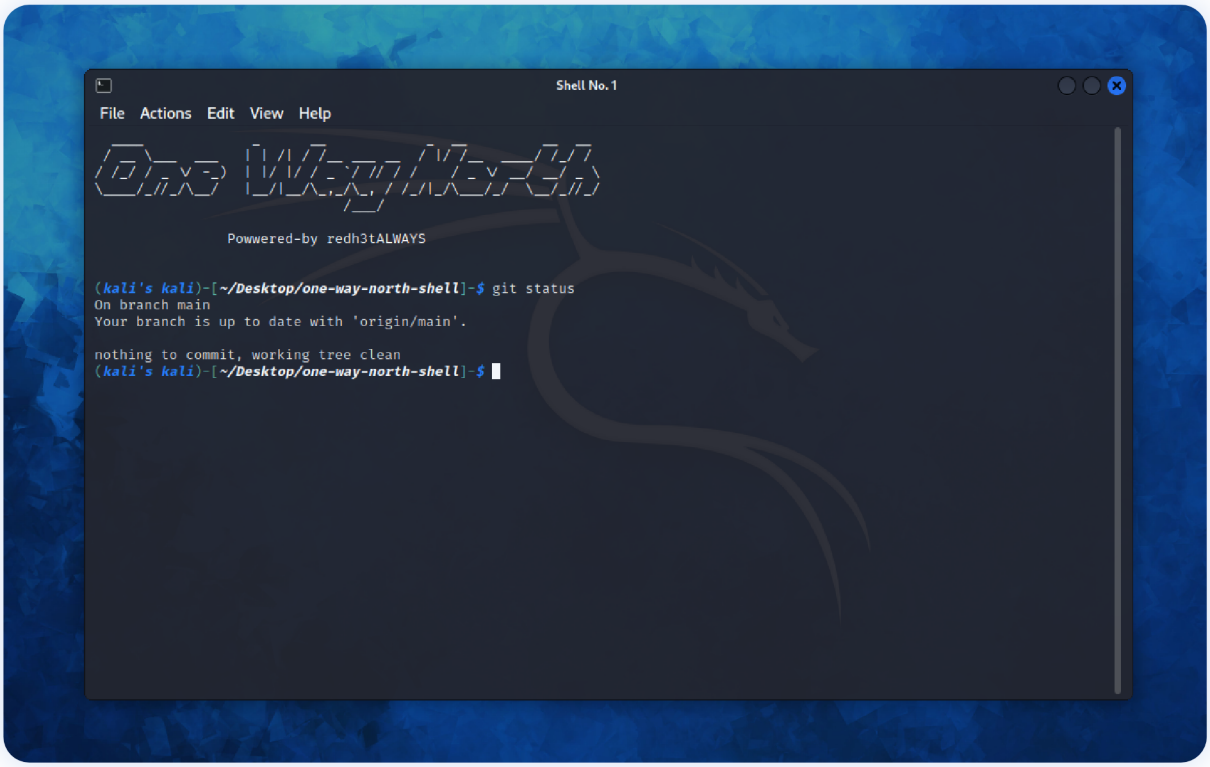
以上测试均符合预期，功能正常执行！

替换默认shell

修改 `/etc/passwd` 文件，将kali用户的默认shell改为nsh，并将编译后的nsh可执行文件放入 `/usr/bin` 目录下（我这里采用symbol link，这样编译之后默认shell直接能用新编译的nsh），重启kali，打开Terminal默认就是我的nsh了：

```
su root
cd /usr/bin
ln -s /home/kali/Desktop/one-way-north-shell/bin/nsh nsh
```




Shell No. 1
File Actions Edit View Help
Powwered-by redh3tALWAYS
(kali's kali)-[~/Desktop/one-way-north-shell]-$ git status
On branch main
Your branch is up to date with 'origin/main'.
nothing to commit, working tree clean
(kali's kali)-[~/Desktop/one-way-north-shell]-$