中山大學

SUN YAT-SEN UNIVERSITY

实 验 报 告

课程名称： 操作系统

姓　　名： 孙广岩

学　　号： 20354242

专业班级： 智能科学与技术专业 5 班

任课教师： 吴贺俊

2022 年 11 月 11 日

实验报告成绩评定表

评定项目	内　　容	满 分	评　分	总　分
实验态度	态度端正、遵守纪律、出勤情况	10		
实验过程	按要求完成算法设计、代码书写、注释清晰、运行结果正确	30		
实验记录	展示讲解清楚、任务解决良好、实验结果准确	20		
报告撰写	报告书写规范、内容条理清楚、表达准确规范、上交及时、无抄袭，抄袭记 0 分，提供报告供抄袭者扣分。	40		
评语： **指导老师签字：**　　年　　月　　日				

实验 7 虚拟内存管理（内核源码）实验

一、 实验目的

1. 进一步加深对虚拟内存管理方式及其实现过程的理解

二、 实验内容

1. 任务描述

- Linux 是当今流行的操作系统之一。由于其源码的开放性，现代操作系统设计的思想和技术能够不断运用于它的新版本中。因此，读懂并修改 Linux 内核源代码无疑是学习操作系统设计技术的有效方法。
- Linux 内核：内核指的是一个提供设备驱动、文件系统、进程管理、网络通信等功能的系统软件，内核并不是一套完整的操作系统，它只是操作系统的核心。
- Linux 发行版本：一些组织或厂商将 Linux 内核与各种软件和文档包装起来，并提供系统安装界面和系统配置、设定与管理工具，就构成了 Linux 的发行版本。

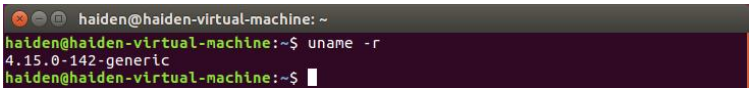
2. 实验方案

首先进行内核编译，之后统计系统缺页次数。

三、实验记录

1. 内核编译

① 查看内核版本



可以看到原来的版本是 4.15.0

② 下载所需内核版本

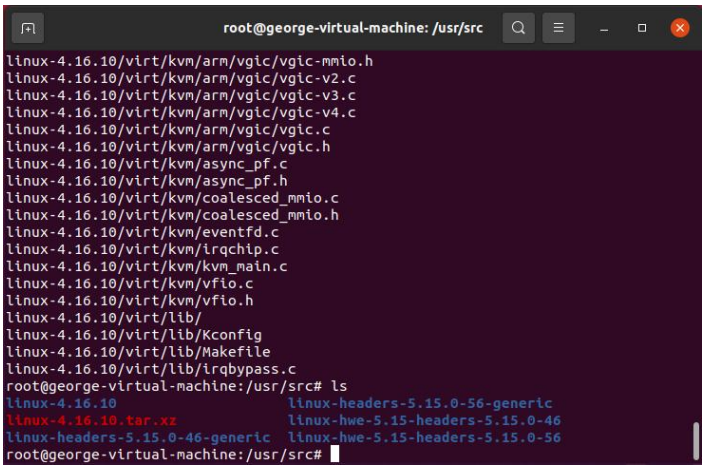
下载地址：https://cdn.kernel.org/pub/linux/kernel/v4.x/linux-4.16.10.tar.xz

我使用了火狐浏览器下载，当然也可以直接 wget 下载/

③ 解压

使用如下命令来解压：

```
cp linux-4.16.10.tar.xz /usr/src
cd /usr/src/
sudo tar -xvf linux-4.16.10.tar.xz
```

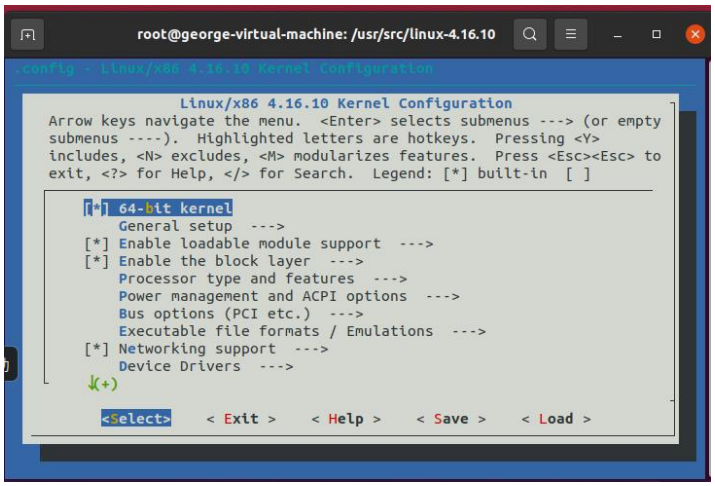


④ 配置内核

安装一些需要使用的包：

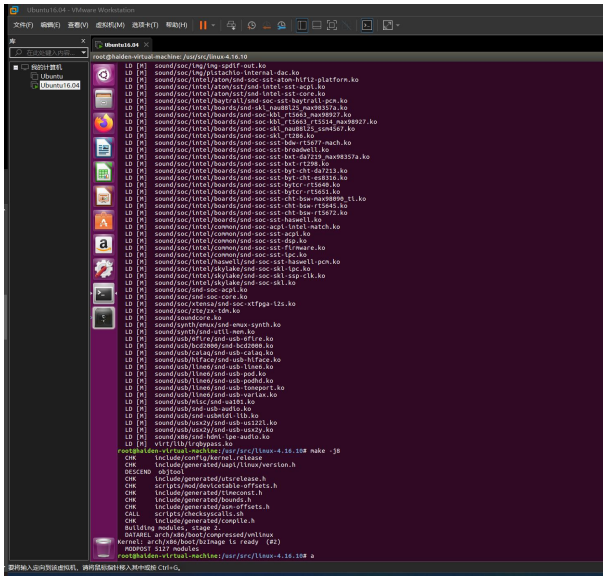
```
sudo apt install make
sudo apt install gcc
sudo apt install libgtk2.0-dev libglib2.0-dev libglade2-dev
sudo apt install flex
sudo apt install bison
apt install libncurses5-dev
```

然后使用 make menuconfig 配置内核：（只需要直接 save 即可）



⑤ 编译内核

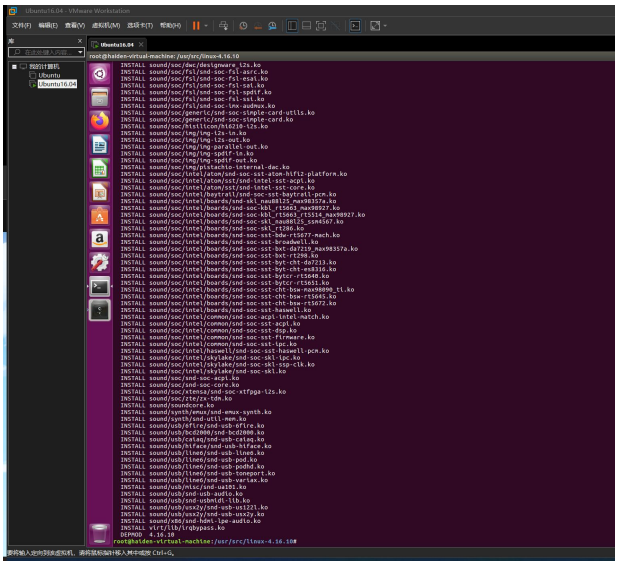
sudo apt install libelf-dev
sudo apt install libelf-dev
sudo make -j8



⑥ 编译和安装

```
root@haiden-virtual-machine:/usr/src/linux-4.16.10# make modules
  CHK     include/config/kernel.release
  CHK     include/generated/uapi/linux/version.h
  CHK     include/generated/utsrelease.h
  CHK     include/generated/bounds.h
  CHK     include/generated/timeconst.h
  CHK     include/generated/asm-offsets.h
  CALL    scripts/checksyscalls.sh
  DESCEND  objtool
  CHK     scripts/mod/devicetable-offsets.h
  Building modules, stage 2.
  MODPOST 5127 modules
```

make modules_install



⑦ 安装内核

```
root@haiden-virtual-machine:/usr/src/linux-4.16.10# make install
sh ./arch/x86/boot/install.sh 4.16.10 arch/x86/boot/bzImage \
        System.map "/boot"
run-parts: executing /etc/kernel/postinst.d/apt-auto-removal 4.16.10 /boot/vmlinuz-4.16.10
run-parts: executing /etc/kernel/postinst.d/dkms 4.16.10 /boot/vmlinuz-4.16.10
 * dkms: running auto installation service for kernel 4.16.10
Kernel preparation unnecessary for this kernel.  Skipping...

Building module:
cleaning build area....(bad exit status: 2)
make KERNELRELEASE=4.16.10 VM_UNAME=4.16.10 MODULEBUILDDIR=/var/lib/dkms/open-vm-tools/10.0.7/build -C vmxnet....(bad exit status: 2)
ERROR (dkms apport): kernel package linux-headers-4.16.10 is not supported
Error! Bad return status for module build on kernel: 4.16.10 (x86_64)
Consult /var/lib/dkms/open-vm-tools/10.0.7/build/make.log for more information.

run-parts: executing /etc/kernel/postinst.d/initramfs-tools 4.16.10 /boot/vmlinuz-4.16.10
update-initramfs: Generating /boot/initrd.img-4.16.10
run-parts: executing /etc/kernel/postinst.d/pm-utils 4.16.10 /boot/vmlinuz-4.16.10
run-parts: executing /etc/kernel/postinst.d/unattended-upgrades 4.16.10 /boot/vmlinuz-4.16.10
run-parts: executing /etc/kernel/postinst.d/update-notifier 4.16.10 /boot/vmlinuz-4.16.10
run-parts: executing /etc/kernel/postinst.d/zz-update-grub 4.16.10 /boot/vmlinuz-4.16.10
Generating grub configuration file ...
Warning: Setting GRUB_TIMEOUT to a non-zero value when GRUB_HIDDEN_TIMEOUT is set is no longer supported.
Found linux image: /boot/vmlinuz-4.16.10
Found initrd image: /boot/initrd.img-4.16.10
Found linux image: /boot/vmlinuz-4.15.0-142-generic
Found initrd image: /boot/initrd.img-4.15.0-142-generic
Found linux image: /boot/vmlinuz-4.15.0-140-generic
Found initrd image: /boot/initrd.img-4.15.0-140-generic
Found memtest86+ image: /boot/memtest86+.elf
Found memtest86+ image: /boot/memtest86+.bin
done
```

⑧ 重新启动，检查新内核

```
haiden@haiden-virtual-machine: ~
haiden@haiden-virtual-machine:~$ uname -r
4.16.10
haiden@haiden-virtual-machine:~$
```

可以看到成功更换了内核。

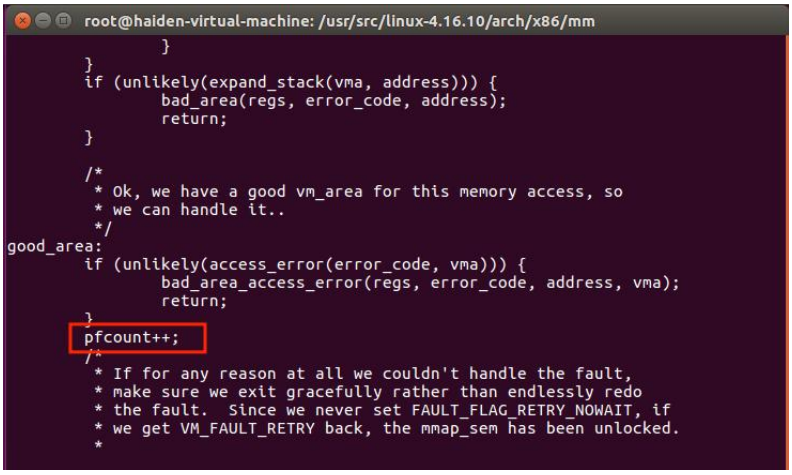
2. 统计系统缺页次数

① 在内核源码中找到 include/linux/mm.h 文件，声明变量 pfcount，用于统计缺页次数。

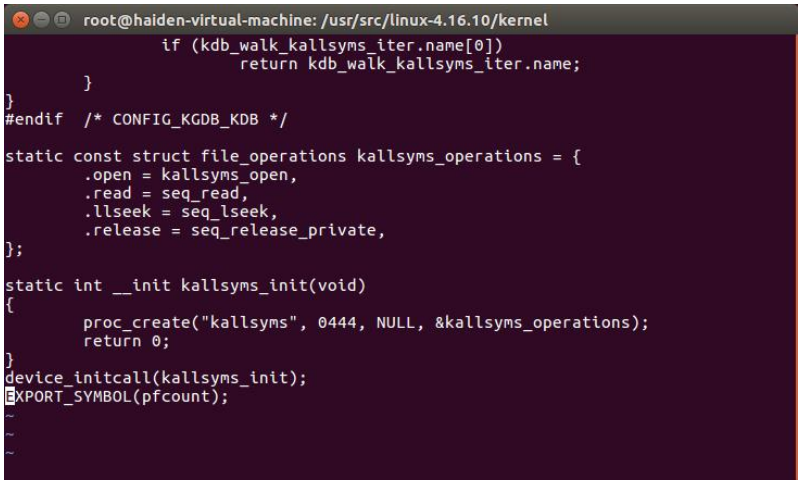
```
root@haiden-virtual-machine: /usr/src/linux-4.16.10/include/linux
struct file_ra_state;
struct user_struct;
struct writeback_control;
struct bdi_writeback;

void init_mm_internals(void);

#ifndef CONFIG_NEED_MULTIPLE_NODES      /* Don't use mapnrs, do it properly */
extern unsigned long max_mapnr;

static inline void set_max_mapnr(unsigned long limit)
{
        max_mapnr = limit;
}
#else
static inline void set_max_mapnr(unsigned long limit) { }
#endif

extern unsigned long totalram_pages;
extern void * high_memory;
extern int page_cluster;
extern unsigned long volatile pfcount;
#ifdef CONFIG_SYSCTL
```

② 在/arch/x86/mm/fault.c 文件中定义变量 pfcount，并在 do_page_fault()函数中找到 good_area，让变量 pfcount 递增 1，实现了缺页次数的统计。

```
root@haiden-virtual-machine: /usr/src/linux-4.16.10/arch/x86/mm
         */
        if (major) {
                tsk->maj_flt++;
                perf_sw_event(PERF_COUNT_SW_PAGE_FAULTS_MAJ, 1, regs, address);
        } else {
                tsk->min_flt++;
                perf_sw_event(PERF_COUNT_SW_PAGE_FAULTS_MIN, 1, regs, address);
        }

        check_v8086_mode(regs, address, tsk);
}
NOKPROBE_SYMBOL(__do_page_fault);
unsigned long volatile pfcount;
static nokprobe_inline void
trace_page_fault_entries(unsigned long address, struct pt_regs *regs,
                         unsigned long error_code)
{
        if (user_mode(regs))
                trace_page_fault_user(address, regs, error_code);
        else
                trace_page_fault_kernel(address, regs, error_code);
}
```



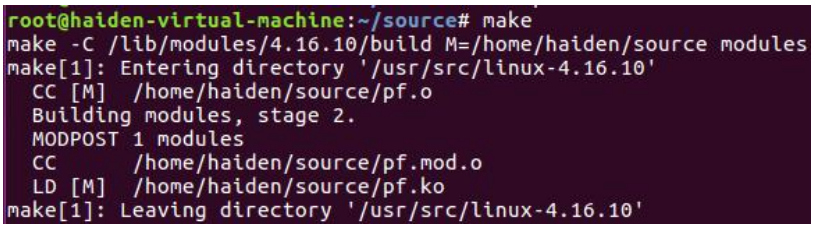
③ 修改 kernel/kallsyms.c 文件，在文件最后插入 EXPORT_SYMBOL(pfcount);



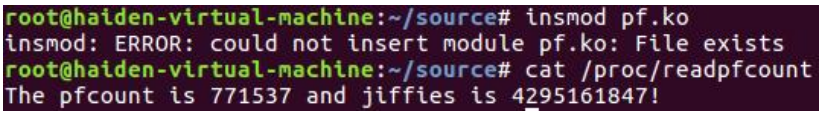
④ 重新编译内核，与前面操作一致。

⑤ 编写测试程序和 Makefile，请参见提供的示例代码。

⑥ 编译测试程序，并加载内核



⑦ 加载内核成功后，输入如下命令，测试实验结果。



insmod 命令这里有 error 是因为之前运行了一次所以已经激活了，当时没有截到图，可以看到最终成功打印出实验结果。

测试程序中我将第 9 行的 extern unsigned long pfcount; 改为了 extern unsigned long volatile pfcount; 不然会报错。