《信息系统安全实验》

指导手册

华中科技大学网络空间安全学院

二零二四年五月

实验一

软件安全

目　录

第一章 实验目标和内容

1.1格式化字符串漏洞实验

1.1.1 实验目的

- ✧ 在缓冲区溢出漏洞利用基础上，理解如何进行格式化字符串漏洞利用。
- ✧ C 语言中的 printf() 函数用于根据格式打印出字符串，使用由 printf() 函数的 % 字符标记的占位符，在打印期间填充数据。格式化字符串的使用不仅限于 printf() 函数；其他函数，例如 sprintf()、fprintf() 和 scanf()，也使用格式字符串。某些程序允许用户以格式字符串提供全部或部分内容。本实验的目的是利用格式化字符串漏洞，实施以下攻击：（1）程序崩溃；（2）读取程序内存；（3）修改程序内存；（4）恶意代码注入和执行。

1.1.2 实验环境

Ubuntu 16.04 LTS 32 位（SEED 1604）的 VMware 虚拟机和本实验需要的辅助代码。简单起见，实验主要集中于 32bit 的系统，如果使用其它操作系统环境（64bit），需要使用 32bit 的编译选项。

1.1.3 实验要求

- ✧ 熟悉格式化字符串漏洞利用的原理。
- ✧ 根据本实验指导书完成实验内容。
- ✧ 提交实验报告。

1.1.4 实验内容

1. 一些设置

关闭和开启 ASLR 设置：

```
$ sudo sysctl -w kernel.randomize_va_space=0
$ sudo sysctl -w kernel.randomize_va_space=2
```

关闭和开启 Stack Guard 保护：

```
$ gcc -fno-stack-protector example.c
$ gcc -fstack-protector example.c
```

关闭和开启栈不可执行：

```
For executable stack:
$ gcc -z execstack -o test test.c
For non-executable stack:
$ gcc -z noexecstack -o test test.c
```

64 位 Linux 中，如果要用 32 为程序进行实验，可用 gcc 的 -m32 编译选项。

如果 gcc 默认开启 pie，需要用 gcc 的 -no-pie 编译选项关闭。

查看程序的保护措施（gdb 中）：

checksec

或者在安装了 pwntools 的系统上，可以使用：

checksec –file=/file/to/check

2. 漏洞程序和 exploit 模板

Prog1: prog1.c

Prog2: prog2.c

build_string.py

exploit.py

3. 实验任务

✓ 任务 1：针对 prog1，完成以下任务

（1） 改变程序的内存数据：将变量 var 的值，从 0x11223344 变成 0x66887799；

（2） 改变程序的内存数据：将变量 var 的值，从 0x11223344 变成 0xdeadbeef；

a) 后半部分数据小于前半部分数据；

b) 为避免 print 大量字符，可以将数据分成 4 个部分分别写入（使用 %hhn ）；

以上任务，需关闭 ASLR；

✓ 任务 2：针对 prog2，完成以下任务

（1） **开启** Stack Guard 保护，并**关闭**栈不可执行保护，通过 shellcode 注入进行利用，获得 shell；

（2） **开启** Stack Guard 保护，并**开启**栈不可执行保护，通过 ret2lib 进行利用，获得 shell（可以通过调用 system("/bin/sh")）；（**提示**：需要查找 ret2lic 中的 system 函数和"/bin/sh"地址）；

以上任务，需关闭 ASLR；

✓ 任务 3：针对 prog2，完成以下任务

开启 Stack Guard 保护，并**开启**栈不可执行保护，通过 GOT 表劫持，调用 win 函数。

以上任务，需**开启** ASLR；

4. 参考资料

"Format_String_manual.pdf"文档

"formatstring-1.2"文档

"软件安全实验-ppt" ppt

第二章 实验指导

2.1 通过 system 函数（或其它函数）的地址和其在 libc 库中的相对偏移，获得 libc 库的基地址

获得当前程序使用的 libc 中的 **system 函数的地址**：

```
gdb ./vuln_program
gdb$ b main #设置断点
gdb$ run
gdb$ p system
```

获得当前程序使用的 libc 的路径：

```
gdb$ vmmap
```

从该路径对应的 libc 中，获得 system 函数的**相对偏移**：

```
readelf -a /usr/lib32/libc.so.6 | grep "system"
```

根据 **system 函数的地址**和它在 libc 中的**相对偏移**，计算出 **libc 的基地址**。

注意：当前程序运行的 vmmap 中得到的 libc，和 ldd ./vuln_program 得到的 libc，可能路径不一致，需要以 vmmap 中的结果为准。

同时，该方法的使用前提是 ASLR 关闭，这样，system 函数的地址不会变化，libc 的基地址也不会变化；

如果 ASLR 开启，那么，就需要在 exploit 中首先通过程序当前进程的内存泄露，获得 libc 的基地址，然后在当前进程实施攻击（同一进程中 libc 保持不变）。

2.2 获取“/bin/sh”

从上述 libc 中，可以获得"/bin/sh"的偏移（需要安装 ropper 工具）：

ropper --file /usr/lib32/libc.so.6 --string "/bin/sh"

进一步可以根据 libc 基地址，计算出“/bin/sh”的地址。

其它 libc 函数的地址，可以以同样的方法（libc 基地址+相对偏移）获得。

如：readelf -a /usr/lib32/libc.so.6 | grep "read"

2.3 构造输入

Echo string

$ echo $(printf "\x58\xd1\xff\xff").%x.%x.%x.%x.%x.%x.%x.%x.%x.%x.%x.%x.%x > input

$ echo $(printf "\x8e\xf3\xff\xbf@@@@\x8c\xf3\xff\xbf")

_%.8x_%.8x_%.8x_%.8x_%.49102x%hn_%.13144x%hn > input

$ echo $(printf "\x04\xec\xff\xbf").%.100x.%6\$n > input

也可以通过 python 脚本构造输入（见 exploit.py 文件）。

2.4 通过 gdb 查看函数栈信息

gdb 可以用来更加清楚的查看函数的栈信息。以下面的程序为例。

```
#include <string.h>

void overflow (char* inbuf)
{
   char buf[64];
   strcpy(buf, inbuf);
}

int main (int argc, char** argv)
{
   overflow(argv[1]);
   return 0;
}
```

1. 使用 gdb

$gdb test

（1）反汇编 overflow 函数，可以看到，strcpy 函数调用在+16 的位置。那么，可以在这个函数调用的后一条指令处设置断点。

disas overflow

```
gdb-peda$ disas overflow
Dump of assembler code for function overflow:
   0x0804840b <+0>:     push   ebp
   0x0804840c <+1>:     mov    ebp,esp
   0x0804840e <+3>:     sub    esp,0x48
   0x08048411 <+6>:     sub    esp,0x8
   0x08048414 <+9>:     push   DWORD PTR [ebp+0x8]
   0x08048417 <+12>:    lea    eax,[ebp-0x48]
   0x0804841a <+15>:    push   eax
   0x0804841b <+16>:    call   0x80482e0 <strcpy@plt>
   0x08048420 <+21>:    add    esp,0x10
   0x08048423 <+24>:    nop
   0x08048424 <+25>:    leave
   0x08048425 <+26>:    ret
End of assembler dump.
```

（2）设置断点。

将断点设置在 strcpy 函数之后，目的是及时获取 strcpy 函数执行之后（断点处）overflow 函数栈结构。

br *overflow+21

```
gdb-peda$ br *overflow+21
Breakpoint 1 at 0x8048420
```

（3）执行程序。程序的输入尚没有导致溢出。

r $(python c ‘print “A”*64’)

i frame

```
gdb-peda$ i frame
Stack level 0, frame at 0xbfffec30:
 eip = 0x8048420 in overflow; saved eip = 0x804844a
 called by frame at 0xbfffec60
 Arglist at 0xbfffec28, args:
 Locals at 0xbfffec28, Previous frame's sp is 0xbfffec30
 Saved registers:
  ebp at 0xbfffec28, eip at 0xbfffec2c
```

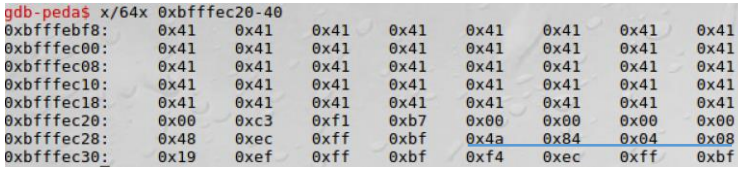
“eip at 0xbfffec2c”，当前活动的是 overflow 的栈桢，也就是说

0xbfffec2c 保存的是 overflow 函数的 ret 地址。

（4）查看栈的结构

查看栈地址 0xbfffec2c 附近的栈内容。

x/64x 0xbfffec20-40



图中，下划线处即为 0xbfffec2c 的内容，也就是保存的 ret 地址。同时，0x41(即字符 A，作为程序的输入导入) 一直到 0xbfffec1c。那么，0xbfffec2c -0xbfffec1c = 16，可以知道，ret 地址在：buf 基址+64+16 处。

x/32x $esp　　# 查看 esp 附近 32 个地址的内容
x/32x $ebp　　# 查看 ebp 附近 32 个地址的内容

2.5 查看程序信息

可以在 gdb 中查看，也可以通过各种反汇编工具，如 IDA，ghidra，objdump 等查看。

objdump -s -d vuln_program

例如：查看 plt 和 got 信息