**深 圳 大 学 实 验 报 告**

**课 程 名 称： 计算机系统(2)**

**实验项目名称： 缓冲区溢出攻击实验**

**学 院： 计算机与软件学院**

**专 业： 信息与计算科学（数学与计算机实验班）**

**指 导 教 师： 罗胜**

**报告人： 王曦 学号： 2021192010 班级： 数计班**

**实 验 时 间： 2023年05月20日**

**实验报告提交时间： 2023年05月20日**

**教务处制**

**一、 实验目标：**

1. 理解程序函数调用中参数传递机制；
2. 掌握缓冲区溢出攻击方法；
3. 进一步熟练掌握GDB调试工具和objdump反汇编工具。

**二、实验环境：**

1. 计算机（Intel CPU）
2. Linux 64位操作系统
3. GDB调试工具
4. objdump反汇编工具

**三、实验内容**

本实验设计为一个黑客利用缓冲区溢出技术进行攻击的游戏。我们仅给黑客（同学）提供一个二进制可执行文件bufbomb和部分函数的C代码，不提供每个关卡的源代码。程序运行中有3个关卡，每个关卡需要用户输入正确的缓冲区内容，否则无法通过管卡！

要求同学查看各关卡的要求，运用**GDB调试工具和objdump反汇编工具**，通过分析汇编代码和相应的栈帧结构**，**通过缓冲区溢出办法在执行了getbuf()函数返回时作攻击，使之返回到各关卡要求的指定函数中。第一关只需要返回到指定函数，第二关不仅返回到指定函数还需要为该指定函数准备好参数，最后一关要求在返回到指定函数之前执行一段汇编代码完成全局变量的修改。

实验代码bufbomb和相关工具（sendstring/makecookie）的更详细内容请参考“实验四 缓冲区溢出攻击实验.pptx”。

本实验要求解决关卡1、2、3，给出实验思路，通过截图把实验过程和结果写在实验报告上。

**四、实验步骤和结果**

**因为本次实验用到的可执行文件是32位，而实验环境是64位的，需要先安装一个32位的库，在root权限下安装如下所示：**



图0.1: 安装

**还需要安装sendmail**



图0.2: 安装

**将bullab-handout.tar解压.**

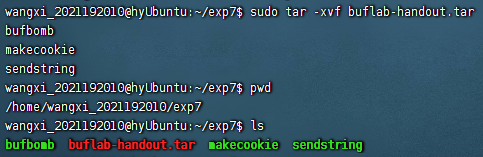


图0.3: 解压

首先利用反汇编命令查看getbuf函数的汇编代码，以便分析getbuf在调用<Gets>时的栈帧结构，将汇编代码保存到1.txt中.

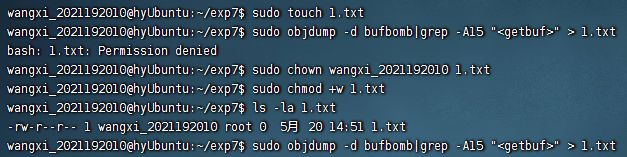


图0.4: 将汇编代码保存到1.txt

汇编代码如下：

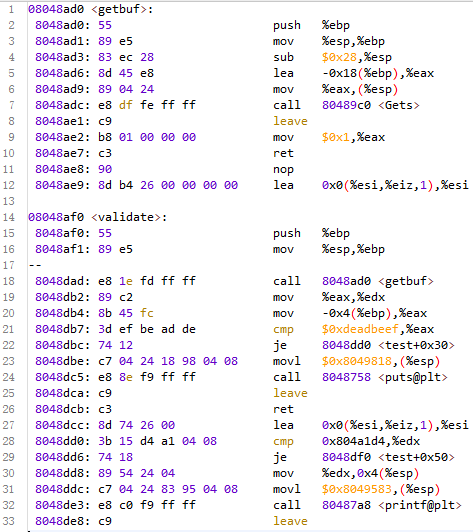


图0.5: 查看getbuf()函数的汇编代码

**步骤1 返回到smoke()**

* 1. **解题思路**

本实验中，bufbomb中的test()函数将会调用getbuf()函数，getbuf()函数再调用gets()从标准输入设备读入字符串。

系统函数gets()未进行缓冲区溢出保护。其代码如下：

***int getbuf()***

***{***

***char buf[12];***

***Gets(buf);***

***return 1;***

***}***

我们的目标是使getbuf()返回时，不返回到test()，而是直接返回到指定的smoke()函数。

为此，我们可以通过构造并输入大于getbuf()中给出的数据缓冲区的字符串而破坏getbuf()的栈帧，替换其返回地址，将返回地址改成smoke()函数的地址。

* 1. **解题过程**

分析getbuf()函数的汇编代码:

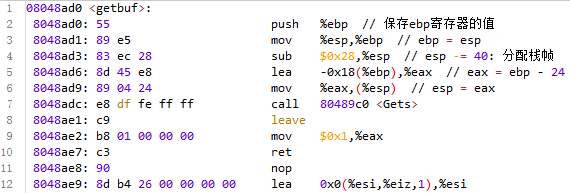


图1.1: getbuf()函数的汇编代码

可以发现，getbuf()在保存%ebp的旧值后，将%ebp指向%esp所指的位置，然后将栈指针减去0x28来分配额外的20个字节的地址空间。字符数组buf的位置用%ebp下0x18(即24)个字节来计算。然后调用Gets（）函数，读取的字符串返回到%ebp-0x18，即%ebp-24。

**具体的栈帧结构如下：**

|  |  |
| --- | --- |
| **栈帧** |  |
| 返回地址 | 属于调用者的栈帧 |
| 保存的%ebp旧值 | %ebp |
| 20-23 |  |
| 16-19 |  |
| 12-15 |  |
| [11][10][9][8] |  |
| [7][6][5][4] |  |
| [3][2][1][0] | buf,%ebp-0x18 |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  | %esp，%ebp-0x24 |

从以上分析可得，只要输入不超过11个字符，gets返回的字符串（包括末尾的null）就能够放进buf分配的空间里。长一些的字符串就会导致gets覆盖栈上存储的某些信息。

随着字符串变长，下面的信息会被破坏：

|  |  |
| --- | --- |
| **输入的字符数量** | **附加的被破坏的状态** |
| **0-11** | **无** |
| **12-23** | **分配后未使用的空间** |
| **24-27** | **保存的%ebp旧值** |
| **28-31** | **返回地址** |
| **32+** | **调用者test()中保存的状态** |

因此，我们要替换返回地址，需要构造一个长度至少为32的字符串，其中的第0~11个字符放进buf分配的空间里，第12~23个字符放进程序分配后未使用的空间里，第24~27个字符覆盖保存的%ebp旧值，第28-31个字符覆盖返回地址。

由于替换掉返回地址后，getbuf()函数将不会再返回到test()中，所以覆盖掉test()的%ebp旧值并不会有什么影响。也就是说我们构造的长度为32的字符串前28个字符随便是啥都行，而后面四个字符就必须能表示smoke()函数的地址。所以我们要构造的字符串就是“28个任意字符+smoke()地址”。任意的28个字符都用十六进制数00填充就行。

用objdump查看smoke()函数的地址为0x08048eb0.



图1.2: 查看smoke()函数的地址

因该系统中数据采用小端法存储, 故需构造的字符串为 “00000000000000000000000000000000000000000000000000000000b08e0408” , 将其保存到in1.txt中.

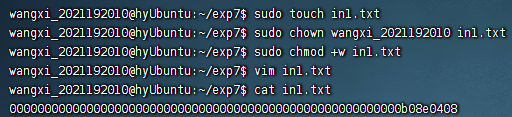


图1.3: 将构造的字符串保存到in1.txt中

将in1.txt中的字符串作为bufbomb的标准输入.

**1.3 最终结果截图**

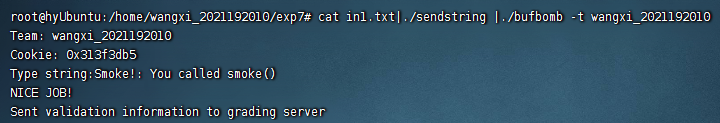


图1.4: 成功调用smoke()函数

**步骤2 返回到fizz()并准备相应参数**

**2.1 解题思路**

这一关要求返回到fizz()并传入自己的cookie值作为参数，破解的思路和第一关是类似的，构造一个超过缓冲区长度的字符串将返回地址替换成fizz()的地址，只是增加了一个传入参数，所以在读入字符串时，要把fizz()函数读取参数的地址替换成自己的cookie值，具体细节见解题过程。

**2.2 解题过程**

首先还是利用objdump查看并分析fizz()函数的汇编代码：

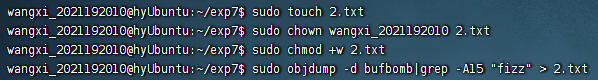


图2.1: 用objdump获得fizz()函数的汇编代码

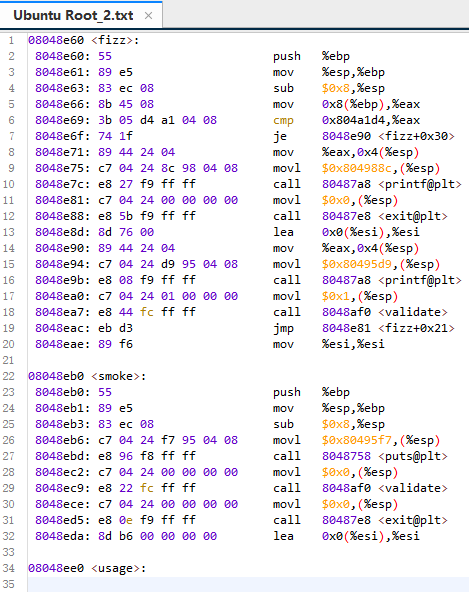


图2.2: fizz()函数的汇编代码

从汇编代码可知，fizz()函数被调用时首先保存%ebp旧值并分配新的空间，然后读取%ebp-0x8地址处的内容作为传入的参数，要求传入的参数是自己的cookie值。也就是说传入的参数其实是存在%ebp-0x8处的，具体的栈帧结构如下：

|  |  |
| --- | --- |
| **栈帧** |  |
| 传入的参数 | %ebp+0x8 |
|  | %ebp+0x4 |
| 保存的%ebp旧值 | %ebp |
|  |  |
|  | %esp |

对应到getbuf()函数中的栈帧结构如下：

|  |  |
| --- | --- |
| **栈帧** |  |
|  | 需要替换成cookie传入fizz() |
|  | 任意替换 |
| 返回地址 | 属于调用者的栈帧 |
| 保存的%ebp旧值 | %ebp，需要替换成fizz()的地址 |
|  | 任意替换 |
|  | 任意替换 |
|  | 任意替换 |
| [11][10][9][8] |  |
| [7][6][5][4] |  |
| [3][2][1][0] | buf,%ebp-0x18 |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  | %esp，%ebp-0x24 |

由以上结构不难判断出，我们需要读入buf的字符串为“28个任意字符+fizz()的地址+4个任意的字符+自己的cookie值”，每个字符还是用十六进制数表示。

先用objdump得到fizz()函数的地址为0x08048e60.



图2.3: 用objdump得到fizz()函数的地址

用makecookie生成自己的cookie值.



图2.4: 生成自己的cookie值

需构造的字符串为”00000000000000000000000000000000000000000000000000000000608e040800000000b53d3f31”, 将其保存到in2.txt中.

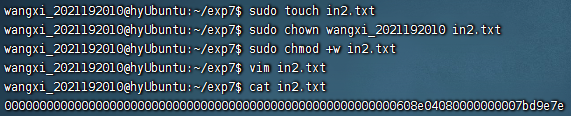


图2.5: 将需构造的字符串保存到in2.txt中

将in2.txt中的字符串作为bufbomb的标准输入.

**2.3 最终结果截图**

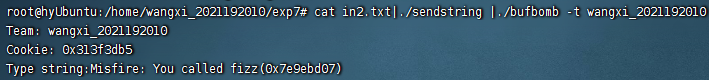


图2.6: 成功调用fizz()函数

**步骤3 返回到bang()且修改global\_value**

* 1. **解题思路**

这一关要求先修改全局变量global\_value的值为自己的cookie值，再返回到band()。为此需要先编写一段代码，在代码中把global\_value的值改为自己的cookie后返回到band()函数。将这段代码通过GCC产生目标文件后读入到buf数组中，并使getbuf函数的返回到buf数组的地址，这样程序就会执行我们写的代码，修改global\_value的值并调用band()函数。具体细节见解题过程。

* 1. **解题过程**

首先，为了能精确地指定跳转地址，先在root权限下关闭Linux的内存地址随机化：



图3.1: 关闭Linux的内存地址随机化

用objdump查看bang()函数的汇编代码, 将其保存到3.txt中.

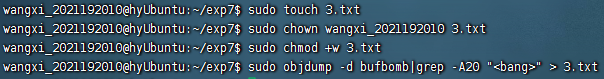


图3.2: 用objdump查看bang()函数的汇编代码

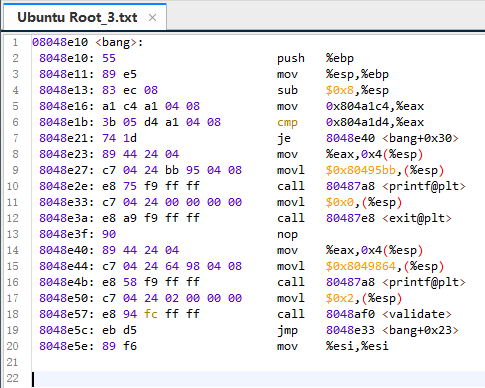


图3.3: bang()函数的汇编代码

很明显，bang()函数首先读取0x804a1c4和0x804a1d4的地址的内容并进行比较，要求两个地址中的内容相同：



图3.4: bang()函数比较两地址处的内容

用gdb调试命令查看：

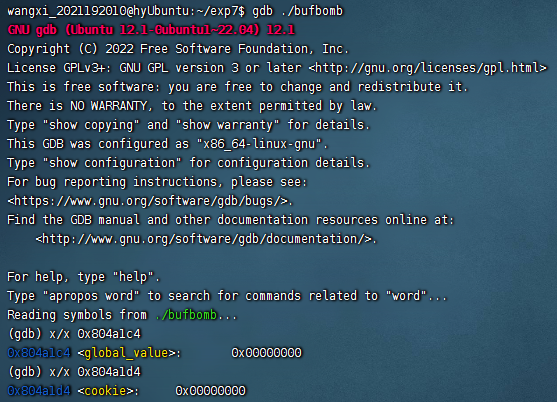


图3.5: 用gdb查看对应地址处的值

可以发现，0x804a1c4就是全局变量global\_value的地址，0x804a1d4是cookie的地址。因此，我们只要在自己写的代码中，把地址0x804a1d4的内容存到地址0x804a1c4就行了。

再利用objdump得到bang()函数的入口地址为0x08048e10:

\

图3.6: 用objdump查看bang()函数地址

到这里，就可以确定我们自己写的代码要干的事情了。首先是将global\_value的值设置为cookie的值，也就是将0x804a1c4的值设置为0x804a1d4的值，然后将bang()函数的入口地址0x08048e10压入栈中，这样当函数返回的时候，就会直接取栈顶作为返回地址，从而调用bang()函数。接着函数返回，此时返回的地址就是上一条语句中压入栈中的地址，也就是bang()函数的入口地址了。

新建文件3.s, 写入图3.8所示的代码.

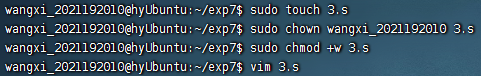


图3.7: 创建并写入3.s

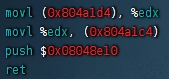


图3.8: 3.s中的代码

用gcc编译3.s得到3.o, 用objdump将其汇编代码输出到code.txt中, 代码如下:

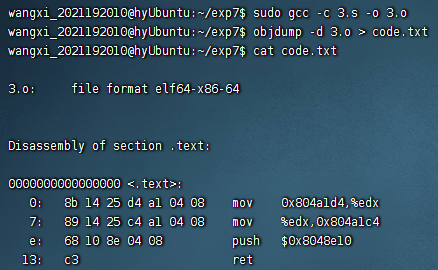


图3.9: 3.o的汇编代码

用gdb断点调试获得buf[]数组的地址. 具体地, 先在getbuf()函数中的0x08048adc处设置及断点, 程序运行至此断点时查看ebp寄存器中的值, 为0xffffbe28. 由第一关中对getbuf()函数的栈帧的分析知: buf[]数组的首地址为%ebp - 0x18, 即0xffffbe10.

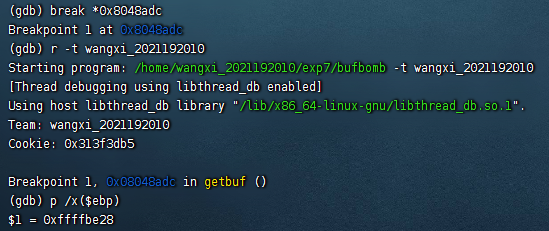


图3.10: 用gdb断点调试得到getbuf()函数中ebp寄存器的值

综上, 需构造的字符串为3.o对应的汇编代码对应的机器代码(20个字符) + 8个任意字符(此处取0) + buf[]数组的首地址, 即”8b1425d4a10408891425c4a1040868108e0408c3000000000000000010beffff”, 将其保存到in3.txt中.

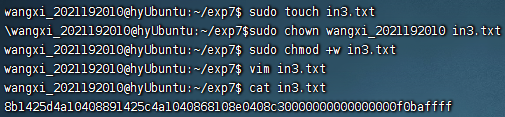


图3.11: 将构造的字符保存到in3.txt中

将in3.txt中的字符串作为bufbomb的标准输入.

**3.3 最终结果截图**

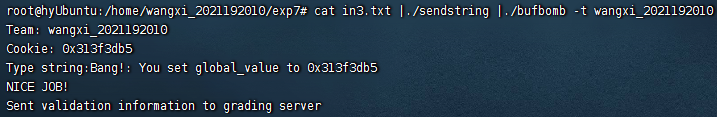


图3.12: 成功修改全局变量的值并调用bang()函数

**五、实验总结与体会**

本次实验中需反复用gdb查看寄存器的值以确定数组元素的地址, 也需反复地用objdump生成汇编命令. 实验过程中遇到了小端法、不同用户名的cookie不同、不同用户的函数的首地址可能不同等问题, 需借助gdb的断点调试获得正确的地址和寄存器的值等.

通过本次实验, 了解到了缓冲区溢出的危害性, 学习了缓冲区溢出攻击的方法及其防护方法, 如设置金丝雀值、内存地址随机等.

通过本次实验, 学习了如何分析函数的栈帧和使用Linux的管道grep.

|  |
| --- |
| **指导教师批阅意见：**  **成绩评定：**  指导教师签字：    年 月 日 |
| 备注： |