

39 | 案例篇：怎么缓解 DDoS 攻击带来的性能下降问题？

2019-02-20 倪朋飞



讲述：冯永吉

时长 14:12 大小 13.01M



你好，我是倪朋飞。

上一节，我带你学习了 tcpdump 和 Wireshark 的使用方法，并通过几个案例，带你用这两个工具实际分析了网络的收发过程。碰到网络性能问题，不要忘记可以用 tcpdump 和 Wireshark 这两个大杀器，抓取实际传输的网络包，排查潜在的性能问题。

今天，我们一起来看另外一个问题，怎么缓解 DDoS (Distributed Denial of Service) 带来的性能下降问题。

DDoS 简介

DDoS 的前身是 DoS (Denail of Service)，即拒绝服务攻击，指利用大量的合理请求，来占用过多的目标资源，从而使目标服务无法响应正常请求。

DDoS (Distributed Denial of Service) 则是在 DoS 的基础上，采用了分布式架构，利用多台主机同时攻击目标主机。这样，即使目标服务部署了网络防御设备，面对大量网络请求时，还是无力应对。

比如，目前已知的最大流量攻击，正是去年 Github 遭受的 [DDoS 攻击](#)，其峰值流量已经达到了 1.35Tbps，PPS 更是超过了 1.2 亿 (126.9 million)。

从攻击的原理上来看，DDoS 可以分为下面几种类型。

第一种，耗尽带宽。无论是服务器还是路由器、交换机等网络设备，带宽都有固定的上限。带宽耗尽后，就会发生网络拥堵，从而无法传输其他正常的网络报文。

第二种，耗尽操作系统的资源。网络服务的正常运行，都需要一定的系统资源，像是 CPU、内存等物理资源，以及连接表等软件资源。一旦资源耗尽，系统就不能处理其他正常的网络连接。

第三种，消耗应用程序的运行资源。应用程序的运行，通常还需要跟其他的资源或系统交互。如果应用程序一直忙于处理无效请求，也会导致正常请求的处理变慢，甚至得不到响应。

比如，构造大量不同的域名来攻击 DNS 服务器，就会导致 DNS 服务器不停执行迭代查询，并更新缓存。这会极大地消耗 DNS 服务器的资源，使 DNS 的响应变慢。

无论是哪一种类型的 DDoS，危害都是巨大的。那么，如何可以发现系统遭受了 DDoS 攻击，又该如何应对这种攻击呢？接下来，我们就通过一个案例，一起来看看这些问题。

案例准备

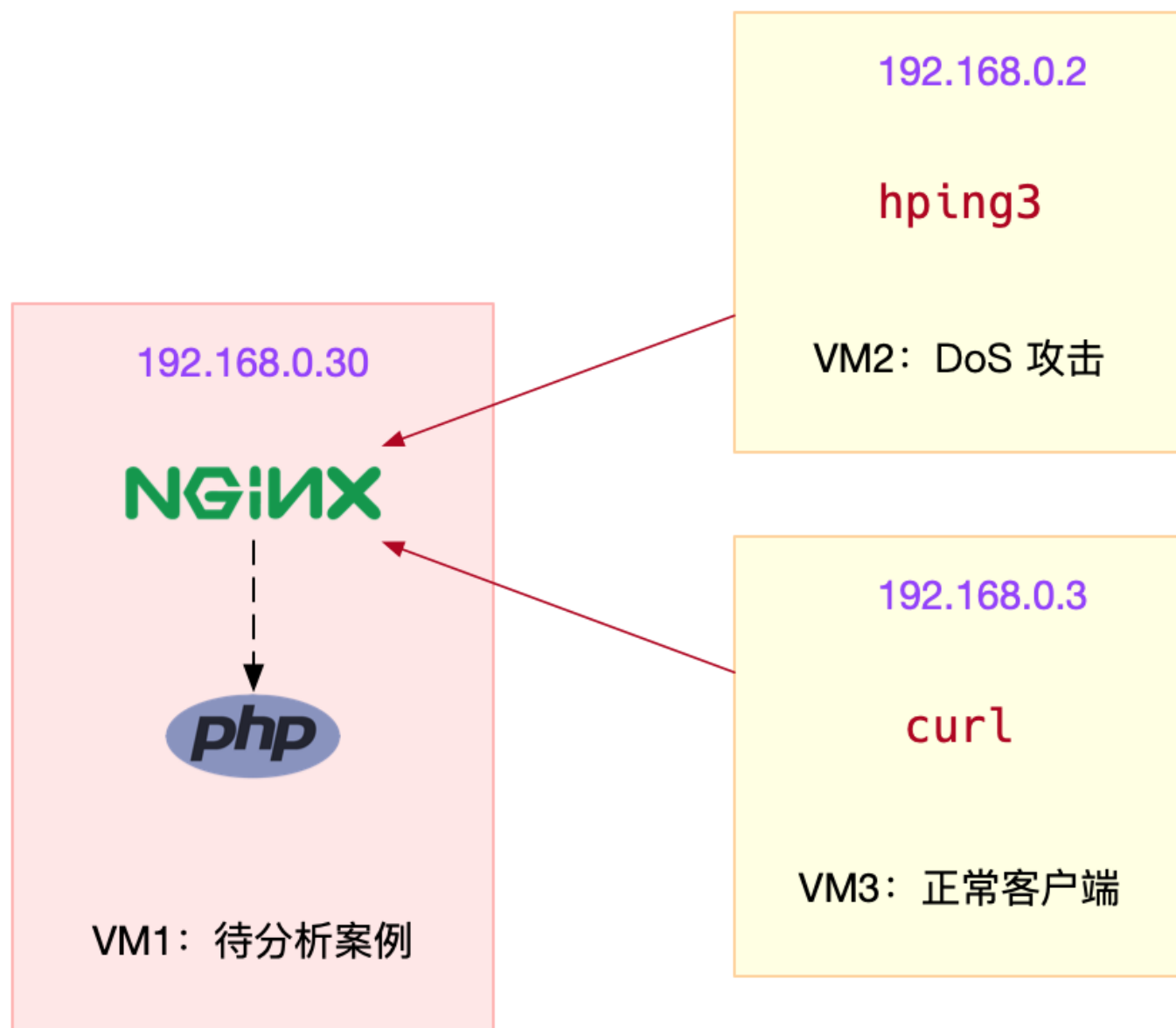
下面的案例仍然基于 Ubuntu 18.04，同样适用于其他的 Linux 系统。我使用的案例环境是这样的：

机器配置：2 CPU，8GB 内存。

预先安装 docker、sar、hping3、tcpdump、curl 等工具，比如 `apt-get install docker.io hping3 tcpdump curl`。

这些工具你应该都比较熟悉了。其中，hping3 在 [系统的软中断 CPU 使用率升高案例](#) 中曾经介绍过，它可以构造 TCP/IP 协议数据包，对系统进行安全审计、防火墙测试、DoS 攻击测试等。

本次案例用到三台虚拟机，我画了一张图来表示它们之间的关系。



你可以看到，其中一台虚拟机运行 Nginx，用来模拟待分析的 Web 服务器；而另外两台作为 Web 服务器的客户端，其中一台用作 DoS 攻击，而另一台则是正常的客户端。使用多台虚拟机的目的，自然还是为了相互隔离，避免“交叉感染”。

由于案例只使用了一台机器作为攻击源，所以这里的攻击，实际上还是传统的 DoS，而非 DDoS。


接下来，我们打开三个终端，分别 SSH 登录到三台机器上（下面的步骤，都假设终端编号与图示 VM 编号一致），并安装上面提到的这些工具。

同以前的案例一样，下面的所有命令，都默认以 root 用户运行。如果你是用普通用户身份登陆系统，请运行 `sudo su root` 命令切换到 root 用户。

接下来，我们就进入到案例操作环节。


案例分析

首先，在终端一中，执行下面的命令运行案例，也就是启动一个最基本的 Nginx 应用：

 复制代码

```
1 # 运行 Nginx 服务并对外开放 80 端口
2 # --network=host 表示使用主机网络（这是为了方便后面排查问题）
3 $ docker run -itd --name=nginx --network=host nginx
```


然后，在终端二和终端三中，使用 curl 访问 Nginx 监听的端口，确认 Nginx 正常启动。假设 192.168.0.30 是 Nginx 所在虚拟机的 IP 地址，那么运行 curl 命令后，你应该会看到下面这个输出界面：

 复制代码

```
1 # -w 表示只输出 HTTP 状态码及总时间，-o 表示将响应重定向到 /dev/null
2 $ curl -s -w 'Http code: %{http_code}\nTotal time:%{time_total}s\n' -o /dev/null http://
3 ...
4 Http code: 200
5 Total time:0.002s
```

从这里可以看到，正常情况下，我们访问 Nginx 只需要 2ms (0.002s)。

接着，在终端二中，运行 hping3 命令，来模拟 DoS 攻击：

 复制代码

```
1 # -S 参数表示设置 TCP 协议的 SYN（同步序列号），-p 表示目的端口为 80
2 # -i u10 表示每隔 10 微秒发送一个网络帧
3 $ hping3 -S -p 80 -i u10 192.168.0.30
```

现在，再回到终端一，你就会发现，现在不管执行什么命令，都慢了很多。不过，在实践时要注意：

如果你的现象不那么明显，那么请尝试把参数里面的 u10 调小（比如调成 u1），或者加上 -flood 选项；

如果你的终端一完全没有响应了，那么请适当调大 u10（比如调成 u30），否则后面就不能通过 SSH 操作 VM1。

然后，到终端三中，执行下面的命令，模拟正常客户端的连接：


 复制代码

```
1 # --connect-timeout 表示连接超时时间
2 $ curl -w 'Http code: %{http_code}\nTotal time:%{time_total}s\n' -o /dev/null --connect-
3 ...
4 Http code: 000
5 Total time:10.001s
6 curl: (28) Connection timed out after 10000 milliseconds
```

你可以发现，在终端三中，正常客户端的连接超时了，并没有收到 Nginx 服务的响应。

这是发生了什么问题呢？我们再回到终端一中，检查网络状况。你应该还记得我们多次用过的 sar，它既可以观察 PPS（每秒收发的报文数），还可以观察 BPS（每秒收发的字节数）。

我们可以回到终端一中，执行下面的命令：

 复制代码


```
1 $ sar -n DEV 1
2 08:55:49      IFACE      rxpck/s      txpck/s      rxkB/s      txkB/s      rxcmp/s      txcmp/s      rxmcs
3 08:55:50      docker0         0.00         0.00         0.00         0.00         0.00         0.00         0
4 08:55:50        eth0    22274.00     629.00    1174.64      37.78         0.00         0.00         0
5 08:55:50         lo         0.00         0.00         0.00         0.00         0.00         0.00         0
```


关于 sar 输出中的各列含义，我在前面的 Linux 网络基础中已经介绍过，你可以点击 [这里](#) 查看，或者执行 man sar 查询手册。

从这次 sar 的输出中，你可以看到，网络接收的 PPS 已经达到了 20000 多，但是 BPS 却只有 1174 kB，这样每个包的大小就只有 54B ($1174 \times 1024 / 22274 = 54$)。

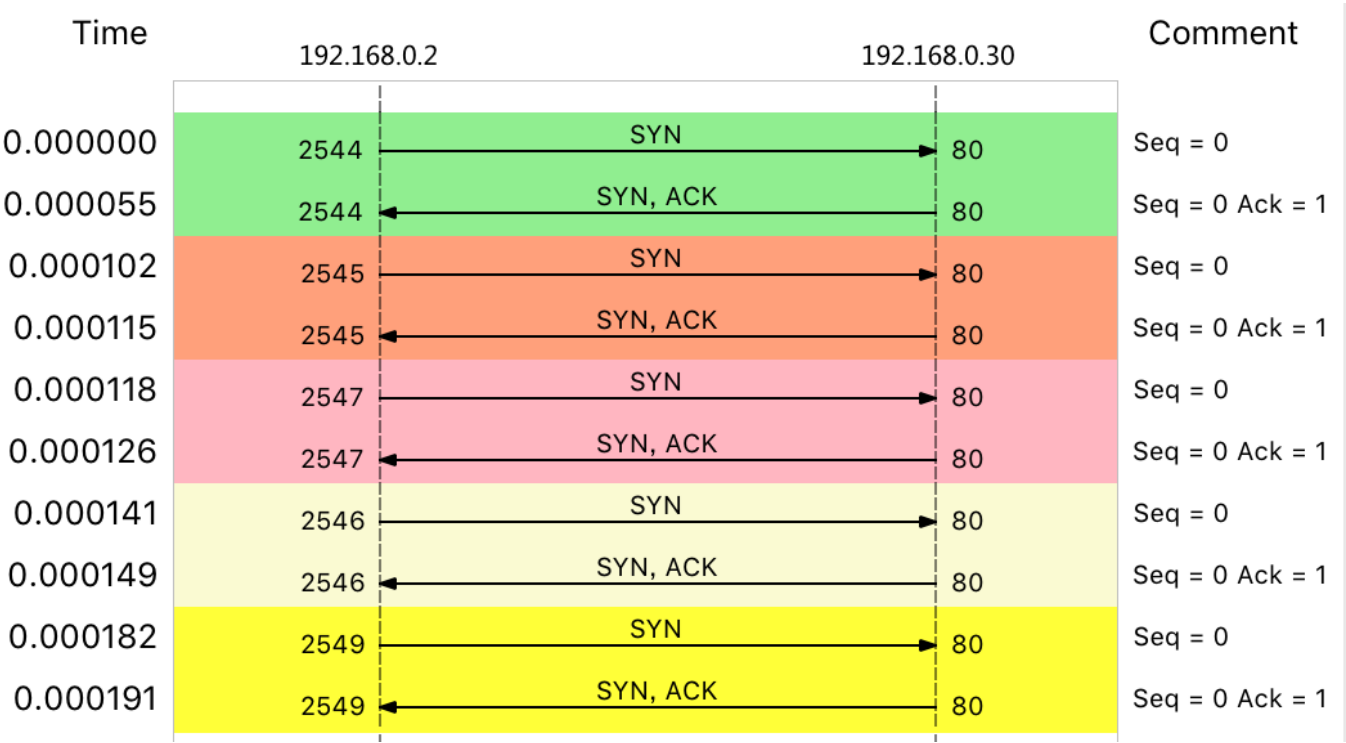
这明显就是个小包了，不过具体是个什么样的包呢？那我们就用 tcpdump 抓包看看吧。

在终端一中，执行下面的 tcpdump 命令：

 复制代码

```
1 # -i eth0 只抓取 eth0 网卡，-n 不解析协议名和主机名
2 # tcp port 80 表示只抓取 tcp 协议并且端口号为 80 的网络帧
3 $ tcpdump -i eth0 -n tcp port 80
4 09:15:48.287047 IP 192.168.0.2.27095 > 192.168.0.30: Flags [S], seq 1288268370, win 512,
5 09:15:48.287050 IP 192.168.0.2.27131 > 192.168.0.30: Flags [S], seq 2084255254, win 512,
6 09:15:48.287052 IP 192.168.0.2.27116 > 192.168.0.30: Flags [S], seq 677393791, win 512,
7 09:15:48.287055 IP 192.168.0.2.27141 > 192.168.0.30: Flags [S], seq 1276451587, win 512,
8 09:15:48.287068 IP 192.168.0.2.27154 > 192.168.0.30: Flags [S], seq 1851495339, win 512,
9 ...
```

这个输出中，Flags [S] 表示这是一个 SYN 包。大量的 SYN 包表明，这是一个 SYN Flood 攻击。如果你用上一节讲过的 Wireshark 来观察，则可以更直观地看到 SYN Flood 的过程：

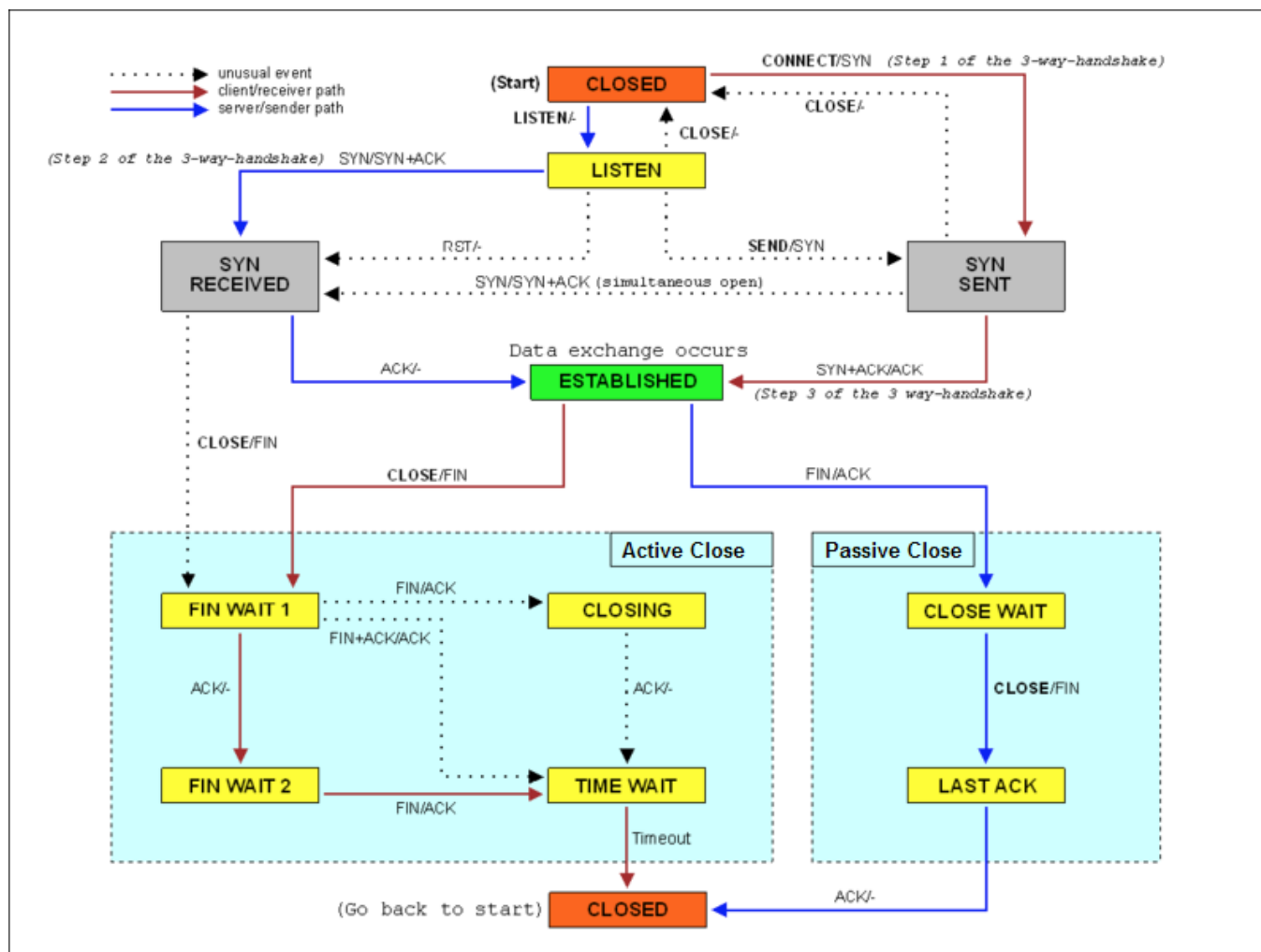


实际上，SYN Flood 正是互联网中最经典的 DDoS 攻击方式。从上面这个图，你也可以看到它的原理：

- 即客户端构造大量的 SYN 包，请求建立 TCP 连接；
- 而服务器收到包后，会向源 IP 发送 SYN+ACK 报文，并等待三次握手的最后一次 ACK 报文，直到超时。

这种等待状态的 TCP 连接，通常也称为半开连接。由于连接表的大小有限，大量的半开连接就会导致连接表迅速占满，从而无法建立新的 TCP 连接。

参考下面这张 TCP 状态图，你能看到，此时，服务器端的 TCP 连接，会处于 SYN_RECEIVED 状态：



(图片来自 [Wikipedia](#))

这其实提示了我们，查看 TCP 半开连接的方法，关键在于 SYN_RECEIVED 状态的连接。我们可以使用 netstat，来查看所有连接的状态，不过要注意，SYN_REVEIVED 的状态，通常被缩写为 SYN_RECV。

我们继续在终端一中，执行下面的 netstat 命令：

复制代码

```
1 # -n 表示不解析名字，-p 表示显示连接所属进程
2 $ netstat -n -p | grep SYN_REC
3 tcp      0      0 192.168.0.30:80      192.168.0.2:12503    SYN_RECV  -
4 tcp      0      0 192.168.0.30:80      192.168.0.2:13502    SYN_RECV  -
5 tcp      0      0 192.168.0.30:80      192.168.0.2:15256    SYN_RECV  -
6 tcp      0      0 192.168.0.30:80      192.168.0.2:18117    SYN_RECV  -
7 ...
```

从结果中，你可以发现大量 SYN_RECV 状态的连接，并且源 IP 地址为 192.168.0.2。

进一步，我们还可以通过 `wc` 工具，来统计所有 `SYN_RECV` 状态的连接数：

[📄 复制代码](#)

```
1 $ netstat -n -p | grep SYN_RECV | wc -l
2 193
```

找出源 IP 后，要解决 SYN 攻击的问题，只要丢掉相关的包就可以。这时，`iptables` 可以帮你完成这个任务。你可以在终端一中，执行下面的 `iptables` 命令：

[📄 复制代码](#)

```
1 $ iptables -I INPUT -s 192.168.0.2 -p tcp -j REJECT
```

然后回到终端三中，再次执行 `curl` 命令，查看正常用户访问 Nginx 的情况：

[📄 复制代码](#)

```
1 $ curl -w 'Http code: %{http_code}\nTotal time:%{time_total}s\n' -o /dev/null --connect-
2 Http code: 200
3 Total time:1.572171s
```



现在，你可以发现，正常用户也可以访问 Nginx 了，只是响应比较慢，从原来的 2ms 变成了现在的 1.5s。

不过，一般来说，SYN Flood 攻击中的源 IP 并不是固定的。比如，你可以在 `hping3` 命令中，加入 `--rand-source` 选项，来随机化源 IP。不过，这时，刚才的方法就不适用了。

幸好，我们还有很多其他方法，实现类似的目标。比如，你可以用以下两种方法，来限制 syn 包的速率：

[📄 复制代码](#)

```
1 # 限制 syn 并发数为每秒 1 次
2 $ iptables -A INPUT -p tcp --syn -m limit --limit 1/s -j ACCEPT
3
4 # 限制单个 IP 在 60 秒新建立的连接数为 10
5 $ iptables -I INPUT -p tcp --dport 80 --syn -m recent --name SYN_FLOOD --update --second
```


到这里，我们已经初步限制了 SYN Flood 攻击。不过这还不够，因为我们的案例还只是单个的攻击源。

如果是多台机器同时发送 SYN Flood，这种方法可能就直接无效了。因为你很可能无法 SSH 登录（SSH 也是基于 TCP 的）到机器上去，更别提执行上述所有的排查命令。

所以，这还需要你事先对系统做一些 TCP 优化。


比如，SYN Flood 会导致 SYN_RECV 状态的连接急剧增大。在上面的 netstat 命令中，你也可以看到 190 多个处于半开状态的连接。

不过，半开状态的连接数是有限制的，执行下面的命令，你就可以看到，默认的半连接容量只有 256：

 复制代码


```
1 $ sysctl net.ipv4.tcp_max_syn_backlog
2 net.ipv4.tcp_max_syn_backlog = 256
```

换句话说，SYN 包数再稍微增大一些，就不能 SSH 登录机器了。所以，你还应该增大半连接的容量，比如，你可以用下面的命令，将其增大为 1024：

 复制代码

```
1 $ sysctl -w net.ipv4.tcp_max_syn_backlog=1024
2 net.ipv4.tcp_max_syn_backlog = 1024
```

另外，连接每个 SYN_RECV 时，如果失败的话，内核还会自动重试，并且默认的重试次数是 5 次。你可以执行下面的命令，将其减小为 1 次：

 复制代码

```
1 $ sysctl -w net.ipv4.tcp_synack_retries=1
2 net.ipv4.tcp_synack_retries = 1
```


除此之外，TCP SYN Cookies 也是一种专门防御 SYN Flood 攻击的方法。SYN Cookies 基于连接信息（包括源地址、源端口、目的地址、目的端口等）以及一个加密种子（如系统启动时间），计算出一个哈希值（SHA1），这个哈希值称为 cookie。

然后，这个 cookie 就被用作序列号，来应答 SYN+ACK 包，并释放连接状态。当客户端发送完三次握手的最后一次 ACK 后，服务器就会再次计算这个哈希值，确认是上次返回的 SYN+ACK 的返回包，才会进入 TCP 的连接状态。

因而，开启 SYN Cookies 后，就不需要维护半开连接状态了，进而也就没有了半连接数的限制。


注意，开启 TCP syncookies 后，内核选项 net.ipv4.tcp_max_syn_backlog 也就无效了。

你可以通过下面的命令，开启 TCP SYN Cookies：

 复制代码

```
1 $ sysctl -w net.ipv4.tcp_syncookies=1
2 net.ipv4.tcp_syncookies = 1
```

注意，上述 sysctl 命令修改的配置都是临时的，重启后这些配置就会丢失。所以，为了保证配置持久化，你还应该把这些配置，写入 /etc/sysctl.conf 文件中。比如：

 复制代码

```
1 $ cat /etc/sysctl.conf
2 net.ipv4.tcp_syncookies = 1
3 net.ipv4.tcp_synack_retries = 1
4 net.ipv4.tcp_max_syn_backlog = 1024
```

不过要记得，写入 /etc/sysctl.conf 的配置，需要执行 sysctl -p 命令后，才会动态生效。

当然案例结束后，别忘了执行 docker rm -f nginx 命令，清理案例开始时启动的 Nginx 应用。

DDoS 到底该怎么防御

到这里，今天的案例就结束了。不过，你肯定还有疑问。你应该注意到了，今天的主题是“缓解”，而不是“解决” DDoS 问题。

为什么不是解决 DDoS，而只是缓解呢？而且今天案例中的方法，也只是让 Nginx 服务访问不再超时，但访问延迟还是比一开始时的 2ms 大得多。

实际上，当 DDoS 报文到达服务器后，Linux 提供的机制只能缓解，而无法彻底解决。即使像是 SYN Flood 这样的小包攻击，其巨大的 PPS，也会导致 Linux 内核消耗大量资源，进而导致其他网络报文的处理缓慢。

虽然你可以调整内核参数，缓解 DDoS 带来的性能问题，却也会像案例这样，无法彻底解决它。

在之前的 [C10K、C100K 文章](#) 中，我也提到过，Linux 内核中冗长的协议栈，在 PPS 很大时，就是一个巨大的负担。对 DDoS 攻击来说，也是一样的道理。

所以，当时提到的 C10M 的方法，用到这里同样适合。比如，你可以基于 XDP 或者 DPDK，构建 DDoS 方案，在内核网络协议栈前，或者跳过内核协议栈，来识别并丢弃 DDoS 报文，避免 DDoS 对系统其他资源的消耗。

不过，对于流量型的 DDoS 来说，当服务器的带宽被耗尽后，在服务器内部处理就无能为力了。这时，只能在服务器外部的网络设备中，设法识别并阻断流量（当然前提是网络设备要能扛住流量攻击）。比如，购置专业的入侵检测和防御设备，配置流量清洗设备阻断恶意流量等。

既然 DDoS 这么难防御，这是不是说明，Linux 服务器内部压根儿就不关注这一点，而是全部交给专业的网络设备来处理呢？

当然不是，因为 DDoS 并不一定是因为大流量或者大 PPS，有时候，慢速的请求也会带来巨大的性能下降（这种情况称为慢速 DDoS）。

比如，很多针对应用程序的攻击，都会伪装成正常用户来请求资源。这种情况下，请求流量可能本身并不大，但响应流量却可能很大，并且应用程序内部也很可能要耗费大量资源处理。

这时，就需要应用程序考虑识别，并尽早拒绝掉这些恶意流量，比如合理利用缓存、增加 WAF (Web Application Firewall)、使用 CDN 等等。

小结

今天，我们学习了分布式拒绝服务 (DDoS) 时的缓解方法。DDoS 利用大量的伪造请求，使目标服务耗费大量资源，来处理这些无效请求，进而无法正常响应正常的用户请求。

由于 DDoS 的分布式、大流量、难追踪等特点，目前还没有方法可以完全防御 DDoS 带来的问题，只能设法缓解这个影响。

比如，你可以购买专业的流量清洗设备和网络防火墙，在网络入口处阻断恶意流量，只保留正常流量进入数据中心的服务器中。

在 Linux 服务器中，你可以通过内核调优、DPDK、XDP 等多种方法，来增大服务器的抗攻击能力，降低 DDoS 对正常服务的影响。而在应用程序中，你可以利用各级缓存、WAF、CDN 等方式，缓解 DDoS 对应用程序的影响。

思考

最后给你留一个思考题。

看到今天的案例，你可能会觉得眼熟。实际上，它正是在 [系统的软中断 CPU 使用率升高案例](#) 基础上扩展而来的。当时，我们是从软中断 CPU 使用率的角度来分析的，也就是说，DDoS 会导致软中断 CPU 使用率 (softirq) 升高。

回想一下当时的案例和分析思路，再结合今天的案例，你觉得还有没有更好的方法，来检测 DDoS 攻击呢？除了 tcpdump，还有哪些方法查找这些攻击的源地址？

欢迎在留言区和我讨论，也欢迎把这篇文章分享给你的同事、朋友。我们一起在实战中演练，在交流中进步。

Linux 性能优化实战

10 分钟帮你找到系统瓶颈

倪朋飞

微软资深工程师
Kubernetes 项目维护者



新版升级：点击「 请朋友读」，10位好友免费读，邀请订阅更有**现金**奖励。

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得转载

上一篇 38 | 案例篇：怎么使用 tcpdump 和 Wireshark 分析网络流量？

下一篇 40 | 案例篇：网络请求延迟变大了，我该怎么办？

精选留言 (14)

写留言



怀特

2019-02-21

5

这个专栏太超值，我跟追剧一样的追到现在，收获已经巨大！

谢谢倪工的分享。

更谢谢倪工对留言一丝不苟的回复---这份对听众的耐心，其他专栏的作者没有一个能比得上的。

继续追剧！

展开

作者回复: 哈哈，谢谢热心回复和支持

**李燕平²⁰...**

2019-02-20

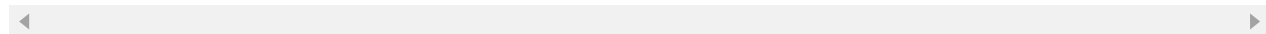
👍 3

服务器插上网线就像开车上路。

DDoS攻击可以理解为撞车，提升汽车本身的安全系数会有用。

大量DDoS攻击可以理解为撞上大货车，需要护卫车队来保护主车。

作者回复: 赞👍

**Christmas**

2019-03-01

👍 2

Sysc backlog并不是在配置了sync cookie之后就失效了吧，netstat -s 看到的listen状态的recv 和send不是分别表示连接队列配置和当前活跃队列长度吗，比如监听某个端口的进程不响应了，那么这里的recv队列就会慢慢变长然后溢出。溢出之后，linux可以选择drop掉什么也不做，或者返回connection reset通知客户端

**明翼**

2019-02-20

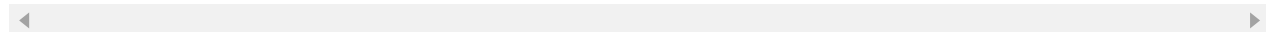
👍 2

检测DDOS攻击，我没有什么这方面经验想了下：

1、既然攻击，肯定不是正常业务，所以在sar -n DEV 4 命令看运行包的时候，不光要注意收到的包的大小，还要注意平时在监控业务的时候观察正常的业务的收包量，做一个横向比较，确定异常流量；还有一点特别重要，我觉得tcp连接交互基本都是双向的，那么回包数量和发包的数量不能相差太大，如果太大了可能有问题。...

展开 ∨

作者回复: 嗯，sar和netstat都是最常用的工具

**ichiro**

2019-02-27

👍 1

最近服务会出现干核现象，一个单进程程序发现把一个cpu耗尽，用top发现一个cpu的，软中断很高，通过watch -d cat /proc/softirq，发现网络中断很高，然后配置多网卡队列，把中断分散到他cpu，缓解了进程cpu的压力，但同时带来担忧，配置多网卡队列绑定，会不会带来cpu切换，缓存失效等负面影响？另外，老师还有别的建议吗？

作者回复: 会的，实际上优化网络都会占用更多的cpu和内存。所以还要看优化是不是值得，是不是最需要优化的瓶颈



且听风吟

2019-02-20

👍 1

net.ipv4.tcp_max_tw_buckets
net.ipv4.tcp_tw_reuse
net.ipv4.tcp_tw_recycle
net.ipv4.tcp_keepalive_time
net.ipv4.tcp_timestamps...

展开 ∨

作者回复: 嗯，后面有的



加盐铁论

2019-02-26

👍

打卡，加油💪！

展开 ∨



forever

2019-02-25

👍

我之前在生产环境中遇到过多次ddos攻击，最好的被打到55G.最初的时候遇到攻击束手无策，还被人勒索过，说给钱就不攻击！哈哈☺因为没经验，后来就打游击战，那时候攻击的是我们负载均衡的ip，当攻击发生时我就换ip这样能暂时缓解，当然提前要把ip给准备好，比如白名单添加等！后来业务壮大，换ip的时间成本比网站不能访问的成本要高，最后我们用了阿里云的高防，就这样攻击就告一段落了！虽然高防很贵，但是比起被攻...

展开 ∨

作者回复: 🙏谢谢分享



ninuxer

👍

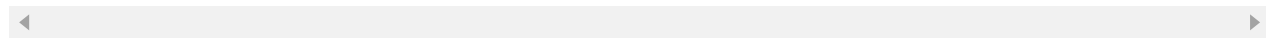


2019-02-25

打卡day42

真正的ddos要靠运营商的流量清洗之类的了

作者回复: 是的，流量型DDoS还是要靠硬件来抗



hq

2019-02-24



很厉害，老师。一直都没有搞懂很多的原理，都是模糊。运维需要的知识太多了，特别我们创业公司。跟你一起学习，我对Linux很有兴趣。



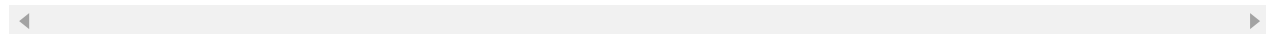
安小依

2019-02-21



随机化源 IP 和 多台机器分布式攻击 有什么区别，为什么限制 syn 包速率的方式不适用于多台机器分布式的

作者回复: 总的流量大小不同，比如单机再怎么随机化总是受限于网络带宽，而多机组合产生的流量就要大得多了



腾达

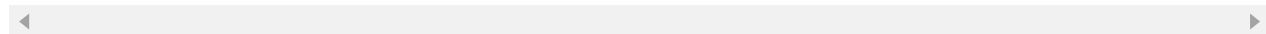
2019-02-21



使用iptables过滤包，并不能使的ksoftirq/0,还有softirq里的Net_Rx降低，是这样吗？

展开 ▾

作者回复: 嗯 是的



我来也

2019-02-20

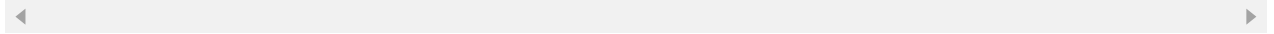


[D39打卡]

老师留的课后思考题,回答不上来.😓

目前因为都是云服务器,云服务商一般都会主动推送这些被攻击的风险信息.
之前工作中确实遇到过Ddos攻击.基本上都是云服务器把云主机的ip加入黑名单,封禁30...
展开 ▾

作者回复: 但还有一种是应用层的攻击, 请求流量可能不大, 而响应流量特别大, 这种问题还是需要应用程序考虑的



夜空中最亮...

2019-02-20



谷歌的QUIC 协议对 DDoS 有好的应对办法了吗, 对QUIC 协议理解的不是很透彻, 请老师赐教

展开 ▾

作者回复: QUIC跟解决DDoS没关系, 它的目的是降低TCP带来的延迟

