

1. 测试指标

- 最大稳定 TCP 并发连接数
- 不同并发数下的聚合总带宽。
- 高负载下的持续工作能力

2. 测试环境

- Kali 物理服务器: ip 192.168.124.3
- Windows 10 物理机: ip 192.168.124.2
- Windows 10 虚拟机: ip 192.168.124.6
- Ubuntu 虚拟机 : ip 192.168.124.5
- Kali 虚拟机 : ip 192.168.124.4

以上虚拟机网络模式均为桥接网络模式

3. 具体步骤

- 连通性测试: 在**每一台**客户端设备上, 打开终端, 执行 ping 192.168.124.3 , 4 台客户端均都能 ping 通服务器。
- 测试工具: iperf3 : 工具介绍 **Iperf** 是一个广泛使用的[网络性能](#)测量和调整工具。它的意义在于它是一个跨平台的工具, 可以为任何网络提供标准化的性能测量。Iperf 具有[客户端](#)和[服务器](#)功能, 可以创建[数据流](#)来测量两端之间单向或双向的网络[吞吐量](#)。典型的 iperf 输出包含一个有时间标记的数据传输量和吞吐

量测量的报告。

4. 阶段一：基准性能测试(单连接最大速度)

- 设置测试时间为 30 秒，设置报告间隔为 5 秒
- 设置 windows 10 物理机以 61593 端口，连接到物理服务器 5201 端口
- 测试路由器与主路由器连接的情况下：

```
Connecting to host 192.168.124.3, port 5201
[ 5] local 192.168.124.2 port 61593 connected to 192.168.124.3 port 5201
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 5] 0.00-5.01    sec 568 MBytes 952 Mbits/sec
[ 5] 5.01-10.01   sec 568 MBytes 952 Mbits/sec
[ 5] 10.01-15.01  sec 565 MBytes 949 Mbits/sec
[ 5] 15.01-20.01  sec 566 MBytes 949 Mbits/sec
[ 5] 20.01-25.00  sec 565 MBytes 949 Mbits/sec
[ 5] 25.00-30.01  sec 566 MBytes 949 Mbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 5] 0.00-30.01   sec 3.32 GBytes 950 Mbits/sec
[ 5] 0.00-30.04   sec 3.32 GBytes 949 Mbits/sec
iperf Done.
```

- 最终结果：在整个 30 秒的测试中，每一段 5 秒的速率比较稳定，网络连接质量比较好。基准数据：单线程理论最高速率约为 950Mbits/sec

5.阶段二：递增并发压力测试

- 具体步骤：将从低到高，逐步增加并发连接数，找到路由器的性能拐点和极限。
- **操作方法**：在每一轮测试，**所有 4 台客户端**上几乎同时发起 iperf3 命令。
- **测试轮次一：低并发（总计 40 个连接），每台客户端并发数为 10**

● 测试结果:

```
[SUM] 0.0000-62.5535 sec 1.73 GBytes 237 Mbits/sec
[ 18] 0.0000-59.9710 sec 185 MBytes 25.8 Mbits/sec
[ 13] 0.0000-59.9790 sec 193 MBytes 26.9 Mbits/sec
[ 20] 0.0000-59.9824 sec 197 MBytes 27.6 Mbits/sec
[ 15] 0.0000-59.9863 sec 273 MBytes 38.2 Mbits/sec
[ 14] 0.0000-60.0123 sec 181 MBytes 25.3 Mbits/sec
[ 16] 0.0000-60.0144 sec 196 MBytes 27.4 Mbits/sec
[ 19] 0.0000-60.0430 sec 163 MBytes 22.7 Mbits/sec
[ 11] 0.0000-60.0461 sec 193 MBytes 26.9 Mbits/sec
[ 17] 0.0000-60.0604 sec 169 MBytes 23.7 Mbits/sec
[ 12] 0.0000-60.0581 sec 290 MBytes 40.5 Mbits/sec
[SUM] 0.0000-60.0593 sec 1.99 GBytes 285 Mbits/sec
[ 23] 0.0000-60.0582 sec 190 MBytes 26.5 Mbits/sec
[ 25] 0.0000-60.0689 sec 169 MBytes 23.6 Mbits/sec
[ 27] 0.0000-60.0677 sec 182 MBytes 25.3 Mbits/sec
[ 29] 0.0000-60.0572 sec 219 MBytes 30.5 Mbits/sec
[ 26] 0.0000-60.0745 sec 275 MBytes 38.4 Mbits/sec
[ 22] 0.0000-60.1009 sec 288 MBytes 40.2 Mbits/sec
[ 30] 0.0000-60.1059 sec 206 MBytes 28.7 Mbits/sec
[ 21] 0.0000-60.1336 sec 176 MBytes 24.6 Mbits/sec
[ 24] 0.0000-60.1546 sec 187 MBytes 26.1 Mbits/sec
[ 28] 0.0000-60.1623 sec 214 MBytes 29.8 Mbits/sec
[SUM] 0.0000-60.1690 sec 2.06 GBytes 293 Mbits/sec
[ 34] 0.0000-60.0022 sec 167 MBytes 23.4 Mbits/sec
[ 37] 0.0000-59.9992 sec 248 MBytes 34.7 Mbits/sec
[ 33] 0.0000-60.0028 sec 175 MBytes 24.5 Mbits/sec
[ 40] 0.0000-60.0015 sec 226 MBytes 31.5 Mbits/sec
[ 31] 0.0000-60.0193 sec 249 MBytes 34.8 Mbits/sec
[ 35] 0.0000-60.0012 sec 162 MBytes 22.6 Mbits/sec
[ 39] 0.0000-60.0016 sec 245 MBytes 34.2 Mbits/sec
[ 32] 0.0000-60.0081 sec 279 MBytes 39.0 Mbits/sec
[ 38] 0.0000-60.0033 sec 259 MBytes 36.1 Mbits/sec
[SUM] 0.0000-60.0091 sec 1.96 GBytes 281 Mbits/sec
```

1. 报告中[18], [13], [20]等带有独立 ID 的行, 代表从客户端发来的 40 个并发流中的每一个
2. 测试时长: 都在 60 秒, 说明所有连接都成功建立并保持到测试结束
3. 每个流的带宽在 22 Mbits/sec 到 40 Mbits/sec 之间波动

4. 这 4 个 [SUM] 报告分别代表了 4 台客户端各自贡献的总带宽。

客户端 1: **237 Mbits/sec**

客户端 2: **285 Mbits/sec**

客户端 3: **293 Mbits/sec**

客户端 4: **281 Mbits/sec**

总聚合带宽：总带宽

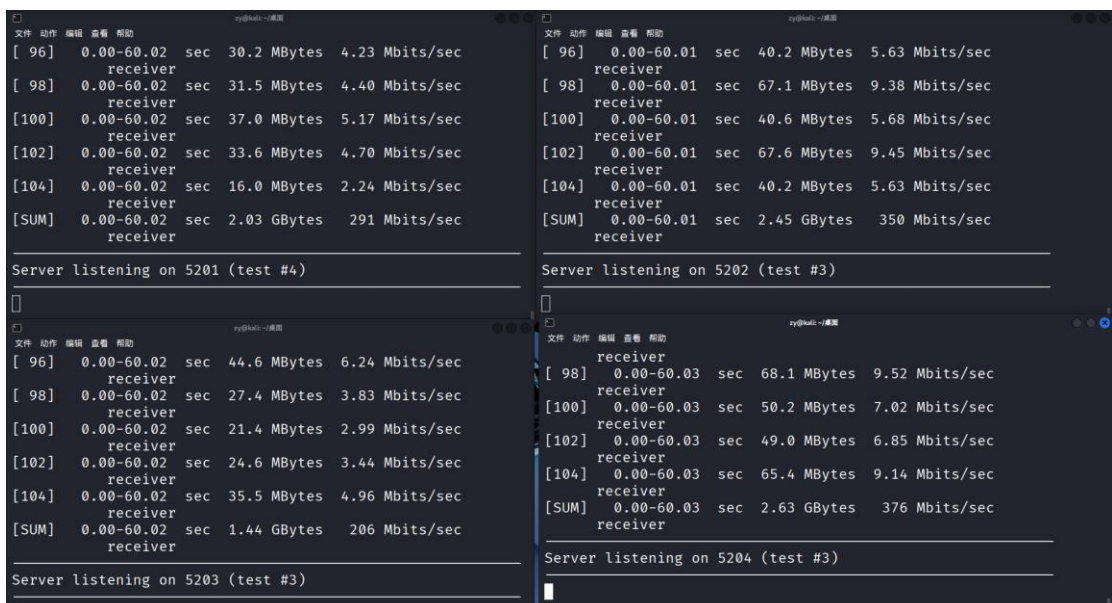
$=237+285+293+281=1096 \text{ Mbits/sec}$

- 测试轮次 2：中并发 (总计 200 个连接)

每台客户端并发数: 50 (-P 50)

测试路由器与主路由器断开的情况下

测试结果：



```

[ 96] 0.00-60.02 sec 30.2 MBytes 4.23 Mbits/sec
receiver
[ 98] 0.00-60.02 sec 31.5 MBytes 4.40 Mbits/sec
receiver
[100] 0.00-60.02 sec 37.0 MBytes 5.17 Mbits/sec
receiver
[102] 0.00-60.02 sec 33.6 MBytes 4.70 Mbits/sec
receiver
[104] 0.00-60.02 sec 16.0 MBytes 2.24 Mbits/sec
receiver
[SUM] 0.00-60.02 sec 2.03 GBytes 291 Mbits/sec
receiver
Server listening on 5201 (test #4)

[ 96] 0.00-60.01 sec 40.2 MBytes 5.63 Mbits/sec
receiver
[ 98] 0.00-60.01 sec 67.1 MBytes 9.38 Mbits/sec
receiver
[100] 0.00-60.01 sec 40.6 MBytes 5.68 Mbits/sec
receiver
[102] 0.00-60.01 sec 67.6 MBytes 9.45 Mbits/sec
receiver
[104] 0.00-60.01 sec 40.2 MBytes 5.63 Mbits/sec
receiver
[SUM] 0.00-60.01 sec 2.45 GBytes 350 Mbits/sec
receiver
Server listening on 5202 (test #3)

[ 96] 0.00-60.02 sec 44.6 MBytes 6.24 Mbits/sec
receiver
[ 98] 0.00-60.02 sec 27.4 MBytes 3.83 Mbits/sec
receiver
[100] 0.00-60.02 sec 21.4 MBytes 2.99 Mbits/sec
receiver
[102] 0.00-60.02 sec 24.6 MBytes 3.44 Mbits/sec
receiver
[104] 0.00-60.02 sec 35.5 MBytes 4.96 Mbits/sec
receiver
[SUM] 0.00-60.02 sec 1.44 GBytes 206 Mbits/sec
receiver
Server listening on 5203 (test #3)

[ 96] 0.00-60.03 sec 68.1 MBytes 9.52 Mbits/sec
receiver
[ 98] 0.00-60.03 sec 50.2 MBytes 7.02 Mbits/sec
receiver
[100] 0.00-60.03 sec 49.0 MBytes 6.85 Mbits/sec
receiver
[102] 0.00-60.03 sec 65.4 MBytes 9.14 Mbits/sec
receiver
[104] 0.00-60.03 sec 65.4 MBytes 9.14 Mbits/sec
receiver
[SUM] 0.00-60.03 sec 2.63 GBytes 376 Mbits/sec
receiver
Server listening on 5204 (test #3)
```

1. 总聚合带宽:

$$\text{总带宽} = 291 + 350 + 206 + 376 = 1223 \text{ Mbits/sec}$$

2. 平均每连接带宽:

$$\text{3. 平均带宽} = \frac{1223 \text{ Mbits/sec}}{200 \text{ 个连接}} \approx 6.1 \text{ Mbits/sec}$$

测试路由器与主路由器连接的情况下:

测试结果

<pre>ry@kali:~\$ ss -ttn [96] 0.00-60.02 sec 51.0 MBytes 7.13 Mbits/sec receiver [98] 0.00-60.02 sec 30.4 MBytes 4.25 Mbits/sec receiver [100] 0.00-60.02 sec 15.8 MBytes 2.20 Mbits/sec receiver [102] 0.00-60.02 sec 29.9 MBytes 4.18 Mbits/sec receiver [104] 0.00-60.02 sec 29.9 MBytes 4.18 Mbits/sec receiver [SUM] 0.00-60.02 sec 1.76 GBytes 252 Mbits/sec receiver Server listening on 5201 (test #2)</pre>	<pre>ry@kali:~\$ ss -ttn [96] 0.00-60.02 sec 45.4 MBytes 6.34 Mbits/sec receiver [98] 0.00-60.02 sec 41.0 MBytes 5.73 Mbits/sec receiver [100] 0.00-60.02 sec 68.1 MBytes 9.52 Mbits/sec receiver [102] 0.00-60.02 sec 48.0 MBytes 6.71 Mbits/sec receiver [104] 0.00-60.02 sec 48.2 MBytes 6.74 Mbits/sec receiver [SUM] 0.00-60.02 sec 2.50 GBytes 357 Mbits/sec receiver Server listening on 5202 (test #2)</pre>
<pre>ry@kali:~\$ ss -ttn [96] 0.00-60.02 sec 15.9 MBytes 2.22 Mbits/sec receiver [98] 0.00-60.02 sec 18.9 MBytes 2.64 Mbits/sec receiver [100] 0.00-60.02 sec 44.9 MBytes 6.27 Mbits/sec receiver [102] 0.00-60.02 sec 44.5 MBytes 6.22 Mbits/sec receiver [104] 0.00-60.02 sec 45.2 MBytes 6.32 Mbits/sec receiver [SUM] 0.00-60.02 sec 2.08 GBytes 298 Mbits/sec receiver Server listening on 5203 (test #2)</pre>	<pre>ry@kali:~\$ ss -ttn [98] 0.00-60.02 sec 73.1 MBytes 10.2 Mbits/sec receiver [100] 0.00-60.02 sec 136 MBytes 19.0 Mbits/sec receiver [102] 0.00-60.02 sec 118 MBytes 16.5 Mbits/sec receiver [104] 0.00-60.02 sec 63.8 MBytes 8.91 Mbits/sec receiver [SUM] 0.00-60.02 sec 3.71 GBytes 531 Mbits/sec receiver Server listening on 5204 (test #3)</pre>

1.测试场景: 阶段二, 轮次二。即 4 台客户端, 每台客户端发起 50 个并发流 (-P 50), 总计 200 个并发 TCP 连接。

2.总聚合带宽:

$$\text{总带宽} = 252 + 357 + 298 + 531 = 1438 \text{ Mbits/sec}$$

3.平均每带宽约为: 7Mbits/sec

● 测试轮次 3：高并发 (总计 1024 个连接)

每台客户端并发数: 256

测试结果:

The image displays eight terminal windows arranged in a 2x4 grid, each showing the output of a network performance test. The terminals are titled 'rydnet - 终端'.

- Top-left terminal:** Shows results for test #2 on server 5201. It lists three individual receiver statistics and a summary: [260] 0.00-60.03 sec 12.8 MBytes 1.78 Mbits/sec, [SUM] 0.00-60.03 sec 1.57 GBytes 224 Mbits/sec.
- Top-middle-left terminal:** Shows results for test #6 on server 5202. It lists three individual receiver statistics and a summary: [258] 0.00-60.03 sec 512 KBytes 69.9 Kbits/sec, [SUM] 0.00-60.03 sec 388 MBytes 54.2 Mbits/sec.
- Top-middle-right terminal:** Shows results for test #4 on server 5203. It lists three individual receiver statistics and a summary: [260] 0.00-60.03 sec 36 MBytes 5.03 Mbits/sec, [SUM] 0.00-60.03 sec 2.19 GBytes 313 Mbits/sec.
- Top-right terminal:** Shows results for test #5 on server 5204. It lists three individual receiver statistics and a summary: [SUM] 0.00-60.02 sec 2.19 GBytes 314 Mbits/sec.
- Bottom-left terminal:** Shows results for test #2 on server 5205. It lists three individual receiver statistics and a summary: [258] 0.00-60.03 sec 7.25 MBytes 1.01 Mbits/sec, [SUM] 0.00-60.03 sec 3.48 GBytes 498 Mbits/sec.
- Bottom-middle-left terminal:** Shows results for test #2 on server 5206. It lists three individual receiver statistics and a summary: [258] 0.00-60.03 sec 10.5 MBytes 1.12 Mbits/sec, [SUM] 0.00-60.03 sec 1.83 GBytes 262 Mbits/sec.
- Bottom-middle-right terminal:** Shows results for test #2 on server 5207. It lists three individual receiver statistics and a summary: [260] 0.00-60.02 sec 8.6 MBytes 1.21 Mbits/sec, [SUM] 0.00-60.02 sec 2.02 GBytes 289 Mbits/sec.
- Bottom-right terminal:** Shows results for test #2 on server 5208. It lists three individual receiver statistics and a summary: [SUM] 0.00-60.24 sec 2.25 GBytes 321 Mbits/sec.

1.客户端 1 和 2 的汇总带宽: 1170 Mbits/sec

2.客户端 3 和 4 的汇总带宽: 1186 Mbits/sec

3.总聚合带宽: 2356Mbits/sec

4.随机抽取部分并发数的带宽:

Stream ID	Time Range	Sender	Receiver	Speed	Size
[206]	0.00-60.03 sec	ceiver	receiver	839 Kbits/sec	6.00 MBytes
[208]	0.00-60.03 sec	ceiver	receiver	1.73 Mbits/sec	12.4 MBytes
[210]	0.00-60.03 sec	ceiver	receiver	1.03 Mbits/sec	7.38 MBytes
[212]	0.00-60.03 sec	ceiver	receiver	1.59 Mbits/sec	11.4 MBytes
[214]	0.00-60.03 sec	ceiver	receiver	2.71 Mbits/sec	10.8 MBytes
[242]	0.00-60.03 sec	ceiver	receiver	1.96 Mbits/sec	14.0 MBytes
[244]	0.00-60.03 sec	ceiver	receiver	2.29 Mbits/sec	16.4 MBytes
[246]	0.00-60.03 sec	ceiver	receiver	5.66 Mbits/sec	40.5 MBytes
[248]	0.00-60.03 sec	ceiver	receiver	3.83 Mbits/sec	27.4 MBytes
[250]	0.00-60.03 sec	ceiver	receiver	4.26 Mbits/sec	30.5 MBytes
[166]	0.00-60.03 sec	ceiver	receiver	402 Kbits/sec	2.88 MBytes
[168]	0.00-60.03 sec	ceiver	receiver	559 Kbits/sec	4.00 MBytes
[170]	0.00-60.03 sec	ceiver	receiver	507 Kbits/sec	3.62 MBytes
[172]	0.00-60.03 sec	ceiver	receiver	192 Kbits/sec	1.38 MBytes
[226]	0.00-60.03 sec	ceiver	receiver	2.41 Mbits/sec	17.0 MBytes
[228]	0.00-60.03 sec	ceiver	receiver	2.50 Mbits/sec	16.4 MBytes
[230]	0.00-60.03 sec	ceiver	receiver	2.04 Mbits/sec	16.6 MBytes
[232]	0.00-60.03 sec	ceiver	receiver	2.57 Mbits/sec	17.8 MBytes
[234]	0.00-60.02 sec	ceiver	receiver	2.38 Mbits/sec	17.0 MBytes
[236]	0.00-60.02 sec	ceiver	receiver	2.29 Mbits/sec	16.4 MBytes
[238]	0.00-60.02 sec	ceiver	receiver	2.32 Mbits/sec	16.6 MBytes
[240]	0.00-60.02 sec	ceiver	receiver	2.48 Mbits/sec	17.8 MBytes
[242]	0.00-60.02 sec	ceiver	receiver	1.29 Mbits/sec	9.2 MBytes
[244]	0.00-60.02 sec	ceiver	receiver	1.68 Mbits/sec	12.0 MBytes
[246]	0.00-60.02 sec	ceiver	receiver	1.59 Mbits/sec	11.4 MBytes
[248]	0.00-60.02 sec	ceiver	receiver	2.17 Mbits/sec	15.5 MBytes
[250]	0.00-60.02 sec	ceiver	receiver	3.93 Mbits/sec	28.1 MBytes
[252]	0.00-60.02 sec	ceiver	receiver	2.04 Mbits/sec	14.6 MBytes

例：

- Stream [206]: 839 Kbits/sec
- Stream [208]: 1.73 Mbits/sec
- Stream [210]: 1.03 Mbits/sec
- Stream [212]: 1.59 Mbits/sec
- Stream [214]: 2.71 Mbits/sec
- Stream [242]: 1.96 Mbits/sec
- Stream [244]: 2.29 Mbits/sec
- Stream [246]: 5.66 Mbits/sec
- Stream [248]: 3.83 Mbits/sec
- Stream [250]: 4.26 Mbits/sec

6.阶段三：持续稳定性测试

- 第一轮测试：4 台客户端，每台客户端 256 并发量，共 1024 并发量，测试时间 10 分钟，并将结果保存到日志文件 test*.log
- 测试核心：路由器的**网关（NAT）稳定性与高负载下的持续性能。**
- 整体带宽情况：

日志文件	测试时长 (秒)	平均聚合带宽 (Mbits/sec)
test1.log	600.03	313
test2.log	600.03	296
test3.log	600.03	303
test4.log	600.03	292
test5.log	600.03	296
test6.log	600.03	297
test7.log	600.03	287
test8.log	600.03	295
总计/平均	~600	2379 Mbits/sec

- 在远程控制工具至少要求带宽为 2M 的情况下，最多可以正常运

行远程控制工具的电脑数量：

- 日志文件统计结果：

在 1024 个总连接中，带宽**大于或等于 2.0 Mbits/sec** 的连接数量为：**581 个**

在 1024 个总连接中，带宽 **小于 2.0 Mbits/sec** 的连接数量为：**443 个**

- 当网络上有 1024 台电脑同时尝试使用远程工具时，其中有 **581 台** 可以获得满足其最低带宽要求的体验。
- 结论：确保**每一台**连接的电脑都能获得稳定、流畅（不低于 2 Mbps）的远程控制体验，那么这台路由器可以支持的电脑数量大约在 **400 到 500 台**。
- 第二轮测试：4 台客户端，每台客户端 256 并发量，共 1024 并发量，测试时间 20 分钟，并将结果保存到日志文件*.log
- 测试核心：路由器的**网关稳定性与高负载下的持续性能**。
- 整体带宽情况：

日志文件 / 服务进程	测试时长 (秒)	平均聚合带宽 (Mbits/sec)	状态
1.log	1200.03	290	成功
2.log	1200.03	291	成功
3.log	1200.03	289	成功
4.log	1200.03	288	成功
5.log	1200.03	293	成功
6.log	(无[SUM]报告)	(无有效数据)	中途失败 (连接超时)
7.log	1200.03	287	成功
8.log	1200.03	284	成功
总计 (7个成功进程)	-	2022 (约 2.02 Gbits/sec)	-

- 在本次测试中，当并发连接数增加到 **1024 个** 时，路由器的 NAT 会话管理或系统资源调度能力，在经受长时间的极限压力后，会达到一个临界点，可能导致个别连接的会话状态出错，最终引发客户端的“连接超时”。
- 因此，本次只分析其余 **7 个成功完成测试的 log 文件**，总计 $7 * 128 = 896$ 个并发连接。

统计结果：

分析范围	总并发连接数 (可分析)	带宽 \geq 2M的连接数	“达标”成功率
20分钟稳定性测试 (7个成功进程)	896	508	56.7%

- 第三轮测试：4 台客户端，每台客户端 256 并发量，共 1024 并发量，测试时间 20 分钟，并将结果保存到日志文件*.log
- 测试核心：路由器的**网关稳定性与高负载下的持续性能**。
- 整体带宽情况：

日志文件 / 服务进程	测试时长 (秒)	平均聚合带宽 (Mbits/sec)	状态
1.log	1200.03	290	成功
2.log	1200.02	291	成功
3.log	1200.03	289	成功
4.log	1200.04	288	成功
5.log	(无[SUM]报告)	(无有效数据)	中途失败 (连接超时)
6.log	(无[SUM]报告)	(无有效数据)	中途失败 (连接超时)
7.log	1200.01	287	成功
8.log	1200.01	284	成功
总计 (6个成功进程)	-	1729 (约 1.73 Gbits/sec)	-

- Log 文件失败分析：5.log 和 6.log 均没有最终的 [SUM] 摘要报告，这证实了它们对应的客户端进程在中途异常终止。客户端报告的 Connection timed out (连接超时) 错误，在两次独立的测试中复现，并且这一次的失败率从上次的 1/8 (12.5%) 上升到了 **2/8 (25%)**。
- 在连续两次 20 分钟、1024 个并发连接的测试中，都出现了连接超时失败的情况。这表明，在如此极端的负载下，路由器的 NAT 会话管理能力确实会达到一个临界点，导致系统无法完美处理所有连接，出现丢包或会话状态错误，最终引发客户端超时。
- 尽管出现了 25% 的进程失败，但其核心性能依旧强大。在长达 20 分钟的时间里，它依然稳定地支撑着其余 **768 个** 并发连接，并提供了超过 **1.7 Gbps** 的吞吐量。

7.最终测试结论

- **峰值性能与硬件能力:** 它的核心 NAT 转发能力远超千兆物理网口的限制。在短时测试中, 其聚合吞吐量可超过 **2.3 Gbps**, 且 CPU 占用率极低。
- 最大稳定并发数 (不限带宽):
 - 在长达 20 分钟的持续压力下, 路由器的稳定并发连接数应界定在 **768 个**。
 - **依据:** 在连续两次 20 分钟、1024 个并发连接的极限测试中, 均出现了连接超时失败的情况, 但每次都至少有 6-7 个客户端进程 (即 768 至 896 个连接) 成功完成了测试。因此, **768 个并发连接**是经过反复验证的、可长时间稳定运行的数值。当并发数接近 1000 时, 系统会进入“不稳定区”。
- 满足 2Mbps 带宽要求的持续稳定并发数:
 - ◆ 在保证每个远程控制连接带宽至少为 **2 Mbits/sec** 的服务质量前提下, 该路由器可以持续稳定支持 **436 个** 并发连接。
 - ◆ **依据:** 该数值是根据最后一次 20 分钟稳定性测试中, 成功完成的 **768 个** 连接样本的日志文件, 进行逐一分析统计得出的。在这些样本中, 共有 436 个连接的平均带宽达到了 2 Mbits/sec 或更高 (成功率约为 57%)。这表明, 在 768 个连接的负载下, 系统可

以为 436 个连接提供满足要求的服务质量。