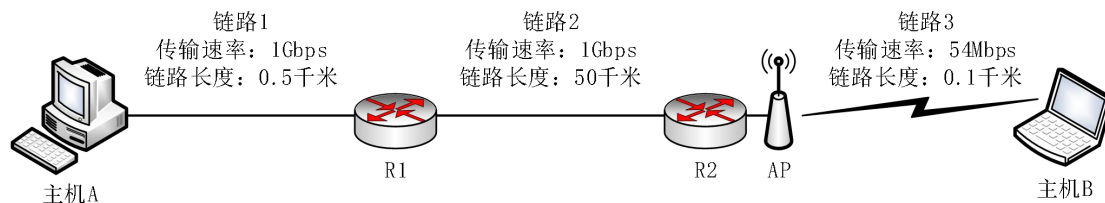


作业 1

习题 1_1 (50 分)

网络的结构如下图所示，主机 A 与主机 B 之间通过 3 段链路和 2 台路由器（R1 与 R2）连接，每条链路的长度和传输速率在图中标出，R1 与 R2 采用存储转发机制，主机 B 向主机 A 发送一个长度为 9000 字节的报文。设电磁波在有线链路中的传播速度分别为 2×10^8 米/秒与 3×10^8 米/秒，忽略 R2 与 AP 之间连接使用的链路，忽略报文在 R1 与 R2 的路由决策与排队的延时。



请回答以下 3 个问题：

- (1) 如果采用报文交换模式，请计算报文传输的最小端到端延时（从主机 B 传输报文第一位开始，到主机 A 接收到报文最后一位所用的时间）（20 分）
- (2) 如果将报文平均分成 3 个分组依次传输，请计算完成报文传输的最小端到端延时（忽略报文封装成分组的开销）（20 分）
- (3) 如果考虑报文在路由器中的路由决策与排队过程，那么端到端延时的不确定性的来源及影响最大的因素（10 分）

习题 1_1:

- (1) 计算从源主机到目的主机发送数据所需要的总时间

(1) 链路3: $T_{prop3} = \frac{0.1 \times 10^3}{3 \times 10^8} = \frac{1}{3} \times 10^{-6} s$
 $T_{trans3} = \frac{9000 \times 8}{54 \times 10^6} = \frac{1}{750} s$
链路2: $T_{prop2} = \frac{50 \times 10^3}{2 \times 10^8} = 2.5 \times 10^{-4} s$
 $T_{trans2} = \frac{9000 \times 8}{1 \times 10^9} = 7.2 \times 10^{-5} s$
链路1: $T_{prop1} = \frac{0.5 \times 10^3}{2 \times 10^8} = 2.5 \times 10^{-6} s$
 $T_{trans1} = \frac{9000 \times 8}{1 \times 10^9} = 7.2 \times 10^{-5} s$
 $\therefore \text{延时 } T = T_{prop1} + T_{trans1} + T_{prop2} + T_{trans2} + T_{prop3} + T_{trans3}$
 $= 0.00173 s$

- (2) 计算分组交换模式下端到端延时

$$\begin{aligned}
 (2) \quad & \frac{9000 \times 8}{3} = 24000 \text{ bit} \\
 \text{链路 3: } & T_{\text{prop}3} = \frac{0.1 \times 10^3}{3 \times 10^8} = \frac{1}{3} \times 10^{-6} \text{ s} \\
 & T_{\text{trans}3} = \frac{24000}{54 \times 10^6} = \frac{4}{9} \times 10^{-3} \text{ s} \\
 \text{链路 2: } & T_{\text{prop}2} = \frac{50 \times 10^3}{2 \times 10^8} = 2.5 \times 10^{-4} \text{ s} \\
 & T_{\text{trans}2} = \frac{24000}{1 \times 10^9} = 2.4 \times 10^{-5} \text{ s} \\
 \text{链路 1: } & T_{\text{prop}1} = \frac{0.5 \times 10^3}{2 \times 10^4} = 2.5 \times 10^{-6} \text{ s} \\
 & T_{\text{trans}1} = \frac{24000}{1 \times 10^9} = 2.4 \times 10^{-5} \text{ s} \\
 \therefore \text{总时 } T' &= 3 \times T_{\text{trans}3} + T_{\text{prop}3} + T_{\text{prop}2} + T_{\text{trans}2} + T_{\text{prop}1} + T_{\text{trans}1} \\
 &= 0.001634 \text{ s}
 \end{aligned}$$

(3) 端到端延时不确定性来源及影响最大因素 (10 分)

① 不确定性来源

- **排队时延**: 在路由器中, 当数据包到达速度超过路由器处理速度时, 数据包会在队列中排队等待处理, 排队时间长短取决于网络流量状况, 具有不确定性。
- **路由决策**: 路由器进行路由决策时, 如路由算法选择、路由表更新等操作会花费时间, 不同的路由算法和网络拓扑变化会导致路由决策时间不同, 影响端到端延时。
- **处理时延**: 路由器处理数据包时, 需要进行如查找路由表、数据包分类等操作, 这些操作的耗时会因路由器性能、数据包复杂程度等因素而变化, 增加了端到端延时的不确定性。
- **网络拥塞**: 当网络中数据流量过大时, 会导致链路拥塞, 数据包传输速度变慢, 传输延迟增加, 而网络流量的动态变化使得拥塞程度难以预测, 从而使端到端延时不确定。

② 影响最大因素

路由器的排队时延通常是影响端到端延时不确定性最大的因素。因为在网络流量高峰时, 路由器队列可能会积压大量数据包, 导致排队等待时间大幅增加, 严重影响端到端延时, 甚至可能导致数据包丢失。

习题 1_2 (50 分)

通过 Windows 命令行模式下的 nslookup 命令查询 www.163.com, 同时打开 Wireshark 软件捕获上述 nslookup 相关的 DNS 报文。

请回答以下 3 个问题:

- (1) 提供 nslookup 查询结果截图, 并对查询结果进行全面分析 (20 分)
- (2) 提供 Wireshark 捕获结果截图 (仅过滤出 DNS 报文), 并说明每条 DNS 报文的用途 (20 分)
- (3) 提供某个 DNS 报文详细信息截图, 说明 DNS 服务使用哪种传输层协议, 以及哪些措施可提高 DNS 服务可靠性 (10 分)

习题 1_2:

(1) nslookup 查询结果分析

```
C:\WINDOWS\system32\nslookup>
默认服务器: 41.45.30.222.in-addr.arpa
Address: 222.30.45.41

> www.163.com
服务器: 41.45.30.222.in-addr.arpa
Address: 222.30.45.41

非权威应答:
名称: www.163.com.w.kunluncan.com
Addresses: 2400:a980:ff:7:3::3fa
           2400:a980:ff:7:3::3f9
           58.205.221.109
           58.205.221.111
           58.205.221.80
           58.205.221.79
           58.205.221.110
           58.205.221.112
           58.205.221.107
           58.205.221.108
Aliases: www.163.com
          www.163.com.163jiasu.com
```

① 默认服务器信息

默认服务器为 41.45.30.222.in-addr.arpa，其对应的 IP 地址是 222.30.45.41。表明在执行 nslookup 命令时，查询是由这个 DNS 服务器来处理的。

② 查询域名及结果

- 查询的域名是 www.163.com。
- 得到的是“非权威应答”，这意味着结果并非直接来自该域名的权威 DNS 服务器，可能是来自缓存或者其他中间 DNS 服务器。
- 该域名有多个别名 (Aliases)，包括 www.163.com.163jiasu.com 和 www.163.com.w.kunluncan.com。

- 域名对应的 IP 地址 (Addresses) 有多个:
IPv6 地址: 2400:a980:ff:7:3::3fa 和 2400:a980:ff:7:3::3f9。
IPv4 地址: 58.205.221.109、58.205.221.111、58.205.221.80、58.205.221.79、58.205.221.110、58.205.221.112、58.205.221.107、58.205.221.108。

(2) Wireshark 捕获结果及 DNS 报文用途

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
34	9.796453	10.136.51.51	222.30.45.41	DNS	85	Standard query 0x0001 PTR 41.45.30.222.in-addr.arpa
35	9.798308	222.30.45.41	10.136.51.51	DNS	99	Standard query response 0x0001 PTR 41.45.30.222.in-addr.arpa PTR 41.45.30.222.in-addr.arpa
52	17.613990	10.136.51.51	222.30.45.41	DNS	71	Standard query 0x0002 A www.163.com
53	17.615731	222.30.45.41	10.136.51.51	DNS	272	Standard query response 0x0002 A www.163.com CNAME www.163.com.163jiasu.com CNAME www.163.com.w.kunluncan.com A 58.2...
54	17.617891	10.136.51.51	222.30.45.41	DNS	71	Standard query 0x0003 AAAA www.163.com
55	17.619286	222.30.45.41	10.136.51.51	DNS	200	Standard query response 0x0003 AAAA www.163.com CNAME www.163.com.163jiasu.com CNAME www.163.com.w.kunluncan.com AAA...

- 第 34 行报文:
源地址是 222.30.45.41，目的地址是 10.136.97.229，协议是 DNS。这是一个标准查询 (Standard query)，查询类型为 PTR (指针记录)，查询的域名是 41.45.30.222.in-addr.arpa。这是发送了一个 PTR 查询，用于反向 DNS 查找，即通过 IP 地址查找对应的域名。
- 第 35 行报文:
源地址是 10.136.97.229，目的地址是 222.30.45.41，协议是 DNS。这是对上述 PTR 查询的响应，包含了 PTR 记录，回复了与 41.45.30.222.in-addr.arpa 对应的信息。
- 第 52 行报文:
源地址是 10.136.97.229，目的地址是 222.30.45.41，协议是 DNS。这是一个标准查询，查询类型为 A (IPv4 地址记录)，查询的域名是 www.163.com。目的是获取 www.163.com 对应的 IPv4 地址。
- 第 53 行报文:
源地址是 222.30.45.41，目的地址是 10.136.97.229，协议是 DNS。这是对 A 查询的响应，包含了 CNAME (规范名称) 记录，指出 www.163.com 是别名，对应的是 www.163.com.163jiasu.com 和 www.163.com.w.kunluncan.com。
- 第 54 行报文:

源地址是 10.136.97.229，目的地址是 222.30.45.41，协议是 DNS。这是一个标准查询（Standard query），查询类型为 AAAA（IPv6 地址记录），查询的域名是 www.163.com，用于获取 www.163.com 对应的 IPv6 地址。

第 55 行报文：

源地址是 222.30.45.41，目的地址是 10.136.97.229，协议是 DNS。这是对 AAAA 查询的响应，包含了 CNAME 记录，再次指出 www.163.com 是别名，对应的是 www.163.com.163jia.su.com 和 www.163.com.w.kunluncan.com。

(3) DNS 报文详细信息及相关问题

52	17.613990	10.136.51.51	222.30.45.41	DNS	71 Standard query 0x0002 A w
> Frame 52: 71 bytes on wire (568 bits), 71 bytes captured (568 bits) on interface \De					
> Ethernet II, Src: Intel_39:ed:e2 (c4:75:ab:39:ed:e2), Dst: IETF-VRRP-VRID_08 (00:00:!!					
0000 00 00 5					
0010 00 39 d					
0020 2d 29 c					
0030 00 00 0					
0040 6f 6d 0					
Internet Protocol Version 4, Src: 10.136.51.51, Dst: 222.30.45.41					
0100 = Version: 4					
... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)					
> Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)					
Total Length: 57					
Identification: 0xd39a (54170)					
> 000. = Flags: 0x0					
...0 0000 0000 0000 = Fragment Offset: 0					
Time to Live: 128					
Protocol: UDP (17)					
Header Checksum: 0x0000 [validation disabled]					
[Header checksum status: Unverified]					
Source Address: 10.136.51.51					
Destination Address: 222.30.45.41					
[Stream index: 8]					
User Datagram Protocol, Src Port: 52211, Dst Port: 53					
Source Port: 52211					
Destination Port: 53					
Length: 37					
Checksum: 0x4939 [unverified]					
[Checksum Status: Unverified]					
[Stream index: 1]					
[Stream Packet Number: 1]					
> [Timestamps]					
UDP payload (29 bytes)					
Domain Name System (query)					
Transaction ID: 0x0002					
> Flags: 0x0100 Standard query					
Questions: 1					

1. DNS 服务使用的传输层协议

从图中的报文信息可以看到：Protocol: UDP (17)，表明 DNS 查询使用的是 UDP 传输协议。

UDP 是一种无连接的、不可靠的传输层协议。它的特点是没有连接建立和拆除的过程，数据传输速度快，但在传输过程中可能会出现丢失或损坏数据包的情况。

2. 提高 DNS 服务可靠性的措施

① 使用 TCP 传输协议

TCP 提供可靠的数据传输，包括确认机制和重传机制。当发送方发送数据后，会等待接收方的确认信息，如果在一定时间内没有收到确认，就会重传数据。这确保了数据包的完整性和顺序性。不过，TCP 的开销相对较大，因为它有连接建立和拆除的过程。

② 负载均衡

使用 DNS 负载均衡器或者 DNS 轮询机制，将请求分发到多个 DNS 服务器。例如，DNS 轮询机制会按照顺序依次将请求分配到不同的 DNS 服务器。这样可以减少单个 DNS 服务器的负载，避免某一台服务器因请求过多而出现性能下降或故障的情况，从而提高响应速度和可靠性。

③ DNS 缓存

在 DNS 服务器上缓存最近查询的结果。当有新的相同域名查询请求时，可以直接从缓存中获取结果，减少了查询时间和网络流量。同时，合理设置缓存的过期时间也很重要，以确保缓存的数据不会因为域名对应的 IP 地址发生变化而导致错误。

④ 冗余部署

部署多个 DNS 服务器，并采用热备份或集群技术。在主 DNS 服务器出现故障时，备份服务器可以立即接管服务，确保 DNS 服务的不间断运行。