



南開大學
Nankai University

计算机学院
计算机网络书面作业 1

姓名：杨馨仪

学号：2011440

专业：计算机科学与技术

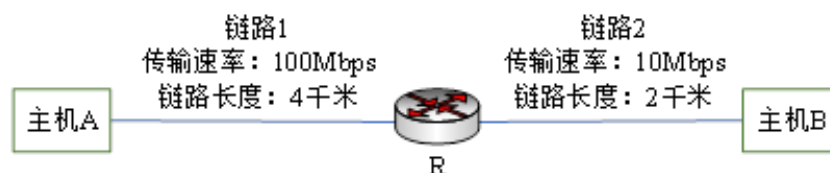
2022 年 11 月 24 日

目录

1 第一题	2
2 第二题	3

1 第一题

网络结构如下图所示，主机 A 与主机 B 之间通过两段链路和一台转发设备 R 进行连接，每条链路的长度和传输速率已经在图中标出，R 采用存储转发机制。主机 A 向主机 B 发送一个长度为 10000 字节的报文，请回答以下问题（设电磁波传播速度为 2×10^8 米/秒）



(1) 如果采用报文交换，请计算端到端的最小时间，即从主机 A 传输报文的第一位开始，到主机 B 接收到报文的最后一位为止所用的时间。

$$\begin{aligned}
 (1) \quad & L_1 = 4000\text{m} \quad L_2 = 2000\text{m} \\
 & \text{PROP}_1 = \frac{L_1}{C} = \frac{4 \times 10^3\text{m}}{2 \times 10^8\text{m/s}} = 2 \times 10^{-5}\text{s} \\
 & \text{PROP}_2 = \frac{L_2}{C} = \frac{2 \times 10^3\text{m}}{2 \times 10^8\text{m/s}} = 1 \times 10^{-5}\text{s} \\
 & R_1 = 1 \times 10^8\text{bps} \quad R_2 = 1 \times 10^7\text{bps} \quad P = 80000\text{bit} \\
 & \text{TRANSP}_1 = \frac{P}{R_1} = \frac{8 \times 10^4\text{b}}{1 \times 10^8\text{bps}} = 8 \times 10^{-4}\text{s} \\
 & \text{TRANSP}_2 = \frac{P}{R_2} = \frac{8 \times 10^4\text{b}}{1 \times 10^7\text{bps}} = 8 \times 10^{-3}\text{s} \\
 & \text{Latency} = \text{PROP} + \text{TRANSP} = 8.83 \times 10^{-3}\text{s}
 \end{aligned}$$

(2) 如果将报文分成 5 个报文分组传输，请计算完成报文传输的最小端到端时延（忽略报文分组的封装开销）。

$$\begin{aligned}
 (2) \quad & \text{Latency} = \text{TRANSP}_1 + \text{PROP}_1 + (\text{TRANSP}_2 - \frac{4}{5}\text{TRANSP}_1) + \text{PROP}_2 \\
 & = 8 \times 10^{-4}\text{s} + 2 \times 10^{-5}\text{s} + (8 \times 10^{-3}\text{s} - 6.4 \times 10^{-3}\text{s}) + 1 \times 10^{-5}\text{s} \\
 & = 8.19 \times 10^{-3}\text{s}
 \end{aligned}$$

(3) 在统计多路复用机制中，端到端的时延具有不确定性，请简要分析影响端到端时延的主要因素。

统计多路复用是一种根据用户实际需要动态分配线路资源的时分复用方法，多个源主机向同一段链路发送分组，每个源主机得到的带宽取决于每个源主机的发送量，发的越多，得到的带宽越大，如果当前只有一台源主机在发送分组，那么整条道路都为它所占据。

因为分组交换的存储转发机制，路由器需要检查分组首部并决定将该分组导向何处，这需要一定的处理时延，而如果在这段时间内有下一个分组到达路由器的话，那么这下一个分组则需要在排在队列中等待处理，这是分组的排队时延。如果分组到达路由器时没有其他分组在传输的话，排队时延是 0，但是，如果流量很大，有很多分组也在排队等待路由器处理的话，那么这个时候排队时延就非常大了。正因为网络流量的变化是难以预测的，所以导致端到端时延也是变动和难以预测的。

2 第二题

(1) 通过使用 Windows 命令行模式提供的 nslookup 命令查询 www.baidu.com 的 IP 地址，给出结果截图，并对返回的结果进行解释。同时，利用 Wireshark 捕获查询的交互过程，给出结果截图，并进行简要说明。

```
C:\Users\vivia>nslookup www.baidu.com
服务器: public1.114dns.com
Address: 114.114.114.114

非权威应答:
名称:    www.a.shifen.com
Addresses: 220.181.38.150
          220.181.38.149
Aliases:  www.baidu.com
```

- “服务器”是该词查询的 DNS 服务器域名。
- “address”表示的是 DNS 服务器 IP，默认情况下 DNS 服务器端口为 53。
- 服务器是使用缓存的映射关系响应客户端的请求，而不是权威的 Baidu DNS 服务器。缓存会根据 TTL 的值定时的进行更新。由于它对 www.baidu.com 没有管辖权，因此返回的结果中有“非权威应答”的提示。
- “名称”显示的是 www.baidu.com 的别名。
- 直接查询返回的是 A 记录，提供标准的主机名到 IP 的地址映射。目标域名对应物理 IP 可以有多个，此处“Addresses”是百度的 IP 地址。可以看出，这是一个 IPv4 协议的地址；220 说明网络类型为 C 类。
- Aliases 代表目标域名。

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
10.2.0.100	10.136.78.9	4.4.4.4	10.136.78.9	TCP	60	100 [RST] Seq=1000000000 Win=0 Len=0
12.2.0.100	10.136.78.9	4.4.4.4	10.136.78.9	TCP	60	100 [RST] Seq=1000000000 Win=0 Len=0
18.1.0.100	10.136.78.9	114.114.114.114	114.114.114.114	DNS	88	Standard query response 0x00000000 114.114.114.114 in-addr.arpa PTR public1.114dns.com
19.1.0.100	114.114.114.114	10.136.78.9	10.136.78.9	DNS	120	Standard query response 0x00000000 114.114.114.114 in-addr.arpa PTR public1.114dns.com
20.1.0.100	10.136.78.9	114.114.114.114	114.114.114.114	DNS	75	Standard query response 0x00000000 A www.baidu.com
21.2.0.100	114.114.114.114	10.136.78.9	10.136.78.9	DNS	132	Standard query response 0x00000000 A www.baidu.com CNAME www.a.shifen.com A 220.181.38.150 A 220.181.38.149
22.3.0.100	10.136.78.9	114.114.114.114	114.114.114.114	DNS	75	Standard query response 0x00000000 AAAA www.baidu.com
23.3.0.100	114.114.114.114	10.136.78.9	10.136.78.9	DNS	188	Standard query response 0x00000000 AAAA www.baidu.com CNAME www.a.shifen.com
24.4.0.100	fe80::805b:12ff:fe00:0000	fe80::805b:12ff:fe00:0000	fe80::805b:12ff:fe00:0000	ICMPv6	80	Neighbor Solicitation for fe80::805b:12ff:fe00:0000 from 00:00:00:00:00:00
25.4.0.100	fe80::805b:12ff:fe00:0000	fe80::805b:12ff:fe00:0000	fe80::805b:12ff:fe00:0000	ICMPv6	80	Neighbor Advertisement fe80::805b:12ff:fe00:0000 (rtt, seq, adv) is at 00:00:00:00:00:00
26.4.0.100	fe80::805b:12ff:fe00:0000	fe80::805b:12ff:fe00:0000	fe80::805b:12ff:fe00:0000	ICMPv6	80	Router Advertisement from 00:00:00:00:00:00
27.4.0.100	fe80::805b:12ff:fe00:0000	fe80::805b:12ff:fe00:0000	fe80::805b:12ff:fe00:0000	ICMPv6	80	Router Advertisement from 00:00:00:00:00:00
28.4.0.100	10.136.78.9	114.114.114.114	114.114.114.114	TCP	60	44 [RST] Seq=1000000000 Win=0 Len=0
29.4.0.100	114.114.114.114	10.136.78.9	10.136.78.9	TCP	60	44 [RST] Seq=1000000000 Win=0 Len=0
30.4.0.100	114.114.114.114	10.136.78.9	10.136.78.9	TCP	60	44 [RST] Seq=1000000000 Win=0 Len=0

数据帧结构：DNS 为应用层协议，下层传输层采用 UDP，再下层网络层是 IP 协议，然后是数据链路层的以太网帧。

IP 数据包的内容：版本采用 IPv4，源 IP 地址为 10.136.78.9，目标 IP 地址为 114.114.114.114。

UDP 数据帧分析：SP 字段占 2 个字节，源端口号为 62369。DP 字段占 2 个字节，目的端口号为 53。Length 字段占 2 个字节，长度为 54。Checksum 字段占 2 个字节，为校验和。

DNS 报文结构：DNS 报文封装格式如下图所示：

Header	
Question	the question for the name server
Anser	RRs answering the question
Authority	RRs pointing toward an authority
Additional	RRs holding additional information

Header 段是必须存在的，它定义了报文是请求还是应答，也定义了其他段是否需要存在，以及是标准查询还是其他。

头部字段格式如下：

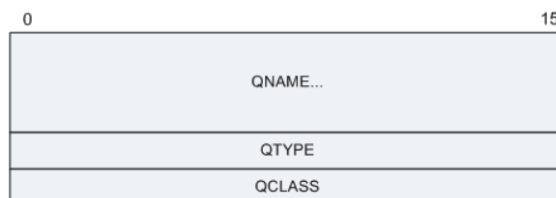
0	5	6	7	8	11	15
ID						
QR	Opcode	AA	TC	RD	RA	RCODE
QDCOUNT						
ANCOUNT						
NSCOUNT						
ARCOUNT						

字段	长度	描述
ID	16 bit	标识字段，客户通过标识字段来确定DNS响应是否与查询请求匹配。
QR	1 bit	操作类型： <ul style="list-style-type: none"> 0：查询报文 1：响应报文
OPCODE	4 bit	查询类型： <ul style="list-style-type: none"> 0：标准查询 1：反向查询 2：服务器状态查询 3~15：保留未用 反向查询是客户端请求服务器根据回答生成导致此回答的问题，这个查询类型的使用并不多。
AA	1 bit	若置位，则表示该域名解析服务器是授权回答该域的。
TC	1 bit	若置位，则表示报文被截断。 使用UDP传输时，应答的总长度超过512字节时，只返回报文的前512个字节内容。
RD	1 bit	客户端希望域名解析服务器采取的解析方式： <ul style="list-style-type: none"> 0：表示希望域名解析服务器采取迭代解析 1：表示希望域名解析服务器采取递归解析
RA	1 bit	域名解析服务器采取的解析方式： <ul style="list-style-type: none"> 0：表示域名解析服务器采取迭代解析 1：表示域名解析服务器采取递归解析
Z	3 bit	全部置0，保留未用。
RCODE	4 bit	响应类型： <ul style="list-style-type: none"> 0：无差错 1：查询格式错 2：服务器失效 3：域名不存在 4：查询没有被执行 5：查询被拒绝 6-15：保留未用
QDCOUNT	16 bit	无符号16位整数表示报文请求段中的问题记录数。
ANCOUNT	16 bit	无符号16位整数表示报文回答段中的回答记录数。
NSCOUNT	16 bit	无符号16位整数表示报文授权段中的授权记录数。
ARCOUNT	16 bit	无符号16位整数表示报文附加段中的附加记录数。

此处我们可以根据报文得知，这是一条查询报文的操作，采用的查询类型为标准查询，客户端希望域名解析服务器采取递归解析；报文请求段中有一个问题记录。

大多数查询中，Question 段包含着问题 (question)，比如，指定问什么。这个段包含 QDCOUNT(usually 1) 个问题，每个问题为下面的格式：

Question 字段的格式如下图所示：



字段	长度	描述
QNAME	变长	域名被编码为一些labels序列，每个labels包含一个字节表示后续字符串长度，以及这个字符串，以0长度和空字符串来表示域名结束。注意这个字段可能为奇数字节，不需要进行边界填充对齐。
QTYPE	2个字节	表示查询类型，取值可以为任何可用的类型值，以及通配码来表示所有的资源记录。
QCLASS	2个字节	表示查询的协议类，比如，IN代表Internet。

此处我们发现报文查询名为：114.114.114.114.in-addr.arpa，查询类型为：PTR (IP 对应的名字)，查询类为：IN (Internet 数据)。此处我们期待得到的响应是 114.114.114.114.in-addr.arpa 的域名

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
16	2.087892	10.136.78.9	8.8.8.4	TCP	66	[TCP Retransmission] [TCP port numbers reused] 8284 → 443 [SYN] Seq=0 Win=64240 Len=0 MSS=1460 WS=256 SACK_PERM=1
17	3.221277	10.136.78.9	8.8.4.4	TCP	66	[TCP Retransmission] [TCP port numbers reused] 8284 → 443 [SYN] Seq=0 Win=64240 Len=0 MSS=1460 WS=256 SACK_PERM=1
18	3.155457	10.136.78.9	114.114.114.114	DNS	88	Standard query 0x0001 PTR 114.114.114.114.in-addr.arpa
19	3.181261	114.114.114.114	10.136.78.9	DNS	120	Standard query response 0x0001 PTR 114.114.114.114.in-addr.arpa PTR public1.114dns.com
20	3.182847	10.136.78.9	114.114.114.114	DNS	73	Standard query 0x0002 A www.baidu.com
21	3.286017	114.114.114.114	10.136.78.9	DNS	132	Standard query response 0x0002 A www.baidu.com CNAME www.a.shifen.com A 220.181.38.150 A 220.181.38.149
22	3.286772	10.136.78.9	114.114.114.114	DNS	73	Standard query 0x0003 AAAA www.baidu.com
23	3.236444	114.114.114.114	10.136.78.9	DNS	100	Standard query response 0x0003 AAAA www.baidu.com CNAME www.a.shifen.com
24	3.426210	fe80::939d:112::fe80::865b:12ff::	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fe80::865b:12ff::fe5e:3607 from 0c:7a:15:5f:07:fd	
25	3.426011	fe80::865b:12ff::fe80::939d:112::	ICMPv6	86	Neighbor Advertisement fe80::865b:12ff::fe5e:3607 (rtr, sol, ov) is at 84:5b:12:5e:36:07	
26	3.084938	220.181.38.150	220.181.38.149	TCP	60	443 → 8080 [RST] RST=0 Seq=0 Len=0 Window=0 Len=0 Seq=0
27	3.741197	fe80::865b:12ff::	ff02::1	ICMPv6	118	Router Advertisement from 84:5b:12:5e:36:07
28	4.568991	10.136.78.9	122.14.229.214	TLSv1.2	82	Application Data
29	4.569568	122.14.229.214	10.136.78.9	TCP	60	443 → 3751 [ACK] Seq=1 Ack=29 Win=392 Len=0
30	4.585968	122.14.229.214	10.136.78.9	TLSv1.2	78	Application Data

> Frame 18: 120 bytes on wire (960 bits), 120 bytes captured (960 bits) on interface VME [960AF804:9900-4160-B407]

> Ethernet II, Src: IFT-VME-VME, 00:00:00:00:00:00, Dst: IntelCor_Sf:07:fd (0c:7a:15:5f:07:fd)

> Internet Protocol Version 4, Src: 114.114.114.114, Dst: 10.136.78.9

> User Datagram Protocol, Src Port: 53, Dst Port: 62369

> Domain Name System (response)

Transaction ID: 0x0001

Flags: 0x8180 Standard query response, No error

1..... = Response: Message is a response

.0000 0... = Opcode: Standard query (0)

.... 0... = Authoritative: Server is not an authority for domain

.... 0... = Truncated: Message is not truncated

.... 0... = Recursion desired: Do query recursively

.... 1... = Recursion available: Server can do recursive queries

.... 0... = Z: reserved (0)

.... 0... = Answer authenticated: Answer/authority portion was not authenticated by the server

.... 0... = Non-authenticated data: Unacceptable

.... 0000 = Reply code: No error (0)

Questions: 1

Answer RRs: 1

Authority RRs: 0

Additional RRs: 0

> Queries

114.114.114.114.in-addr.arpa: type PTR, class IN

Name: 114.114.114.114.in-addr.arpa

[Name Length: 28]

[Label Count: 6]

Type: PTR (domain name Pointer) (12)

Class: IN (0x0001)

> Answers

114.114.114.114.in-addr.arpa: type PTR, class IN, public1.114dns.com

Name: 114.114.114.114.in-addr.arpa

Type: PTR (domain name Pointer) (12)

Class: IN (0x0001)

Time to live: 500 (8 minutes, 20 seconds)

Data length: 0

Domain Name: public1.114dns.com

[Request in 18]

[Time: 0.02380000 seconds]

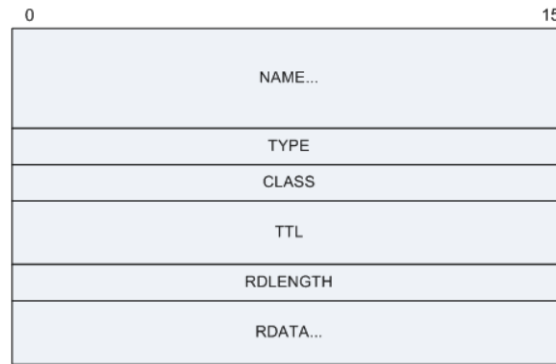
按照前面那张图的分析方法，我们分析这个报文。

根据 IP 数据包的内容，我们知道版本采用 IPv4，源 IP 地址为 114.114.114.114，目标 IP 地址为 10.136.78.9。

根据 UDP 数据帧分析，源端口号为 53，目的端口号为 62369，长度为 86。

根据 DNS 报文，我们知道这是一条响应报文，采用的查询类型为标准查询，域名解析服务器采取递归解析；报文请求段中有一个问题记录与一条回答记录。

接下来我们先来了解资源记录字段的格式：



字段	长度	描述
NAME	不定长	资源记录包含的域名。
TYPE	2个字节	表示资源记录的类型，指出RDATA数据的含义。
CLASS	2个字节	表示RDATA的类。
TTL	4字节	无符号整数，表示资源记录可以缓存的时间。0代表只能被传输，但是不能被缓存。
RDLENGTH	2个字节	无符号整数，表示RDATA的长度。
RDATA	不定长	字符串，表示记录，格式跟TYPE和CLASS有关。比如，TYPE是A，CLASS是IN，那么RDATA就是一个4个字节的ARPA网络地址。

依照上图我们分析 “Answers”：Name 为 114.114.114.114.in-addr.arpa，资源记录的类型为：PTR，RDATA 的类为：IN（Internet 数据），资源记录可以缓存的时间为 506 秒，数据长度为 20，得到的是域名 public1.114dns.com。

根据 IP 数据包的内容，我们知道版本采用 IPv4，源 IP 地址为 10.136.78.9，目标 IP 地址为 114.114.114.114。

根据 UDP 数据帧分析，源端口号为 62370，目的端口号为 53，长度为 39。

根据 DNS 报文，我们知道这是一条请求报文，采用的查询类型为标准查询，域名解析服务器采取递归解析；报文请求段中有一个问题记录。

此处我们发现报文查询名为：www.baidu.com，查询类型为：A（IPv4 的 32 位地址），查询类为：IN（Internet 数据）。此处我们期待得到的响应是 www.baidu.com 的 IPv4 的 32 位地址。

7 of 10

16.2.407092	10.136.78.9	8.8.4.4	TCP	66 [TCP Retransmission] [TCP Port numbers reused] 8280 → 443 [SYN] Seq=64200 Len=0 MSS=1460 WS=256 SACK_PERM
17.2.322177	10.136.78.9	8.8.4.4	TCP	66 [TCP Retransmission] [TCP Port numbers reused] 8280 → 443 [SYN] Seq=64200 Len=0 MSS=1460 WS=256 SACK_PERM
18.3.154547	10.136.78.9	114.114.114.114	DNS	88 Standard query 0x0001 PTR 114.114.114.114.in-addr.arpa
19.3.181281	114.114.114.114	10.136.78.9	DNS	128 Standard query response 0x0001 PTR 114.114.114.114.in-addr.arpa PTR public.114dns.com
20.3.182847	10.136.78.9	114.114.114.114	DNS	73 Standard query 0x0002 A www.baidu.com
21.3.280817	114.114.114.114	10.136.78.9	DNS	132 Standard query response 0x0002 A www.baidu.com CNAME www.a.shifen.com A 220.181.38.150 A 220.181.38.149
22.3.280772	10.136.78.9	114.114.114.114	DNS	73 Standard query 0x0003 AAAA www.baidu.com
23.3.236444	114.114.114.114	10.136.78.9	DNS	100 Standard query response 0x0003 AAAA www.baidu.com CNAME www.a.shifen.com
24.3.426210	fe80::9304:112::fe80::805b:12ff::	ICMPv6	86 Neighbor Solicitation for fe80::805b:12ff::fe5e:3607 from 0c7a:15:5f:07::fd	
25.3.420311	fe80::805b:12ff::fe80::9304:112::	ICMPv6	86 Neighbor Advertisement fe80::805b:12ff::fe5e:3607 (rtt, col, cur) is at 84:5b:12:5e:36:07	
26.3.784978	240c:928:1400::2001:250:401:65::	TCP	80 443 → 8247 [SYN, ACK] Seq=814200 Len=0 MSS=1420 SACK_PERM WS=128	
27.3.761197	fe80::805b:12ff::fe80::	ICMPv6	118 Router Advertisement from 84:5b:12:5e:36:07	
28.4.548091	10.136.78.9	122.14.229.214	TLSv1.2	82 Application Data
29.4.589968	122.14.229.214	10.136.78.9	TCP	60 443 → 3791 [ACK] Seq=1 Ack=29 Win=392 Len=0
30.4.589968	122.14.229.214	10.136.78.9	TLSv1.2	78 Application Data

> Frame 23: 100 bytes on wire (800 bits), 100 bytes captured (800 bits) on interface UDeviceWIFI_908AF904-9906-4169-B407
> Ethernet II, Src: IETC-V00R-MIID_08 (08:00:5e:9b:01:08), Dst: IntelCor_5f:07:fd (0c7a:15:5f:07:fd)
> Internet Protocol Version 4, Src: 114.114.114.114, Dst: 10.136.78.9
> User Datagram Protocol, Src Port: 53, Dst Port: 62371
> Domain Name System (response)
Transaction ID: 0x0003
> Flags: 0x0100 Standard query response, No error
> ..0000 0... .. = Response Message is a response
> ..0000 0... .. = Opcode: Standard query (0)
> ..0... .. = Authoritative: Server is not an authority for domain
> ..0... .. = Truncated: Message is not truncated
> ...1... .. = Recursion desired: Do query recursively
> ...1... .. = Recursion available: Server can do recursive queries
> ...0... .. = Z: reserved (0)
> ...0... .. = Answer authenticated: Answer/authority portion was not authenticated by the server
> ...0... .. = Non-authenticated data: Unacceptable
> ...0000 0... .. = Reply code: No error (0)
Questions: 1
Answer RRs: 1
Authority RRs: 0
Additional RRs: 0
> Queries
> www.baidu.com: type AAAA, class IN
Name: www.baidu.com
[Name Length: 13]
[Label Count: 3]
Type: AAAA (IPv6 Address) (28)
Class: IN (0x0001)
> Answers
> www.baidu.com: type CNAME, class IN, cname www.a.shifen.com
Name: www.baidu.com
Type: CNAME (Canonical Name for an alias) (5)
Class: IN (0x0001)
Time to live: 572 (9 minutes, 33 seconds)
Data Length: 15
CNAME: www.a.shifen.com
[Response Len: 22]
[Time: 0.029672080 seconds]

0000 0c 7a 15 5f 07 fd 00 00 5c 00 01 00 00 00 45 00 -2...^...E-
0010 00 5c 00 00 00 00 97 11 e5 21 72 72 72 72 0a 08 -V....Irrrr-
0020 4e 09 00 25 f3 a3 00 42 c5 fd 00 03 01 00 00 01 -N-5-B.....
0030 00 01 00 00 00 00 03 77 77 77 05 62 61 69 64 75 -...w...baidu
0040 03 63 6f 6d 00 1c 00 01 c0 0c 00 05 00 01 00 -COM.....
0050 00 02 3d 00 0f 03 77 77 01 61 00 73 68 69 66 -...w...a-shif
0060 65 6e c0 16 -en-

根据 IP 数据包的内容，我们知道版本采用 IPv4，源 IP 地址为 114.114.114.114，目标 IP 地址为 10.136.78.9。

根据 UDP 数据帧分析，源端口号为 53，目的端口号为 62371，长度为 66。

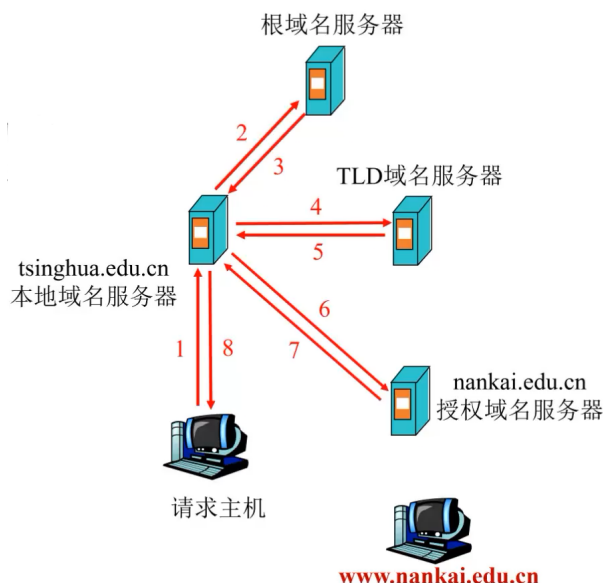
根据 DNS 报文，我们知道这是一条响应报文，采用的查询类型为标准查询，域名解析服务器采取递归解析；报文请求段中有一个问题记录与一条回答记录。

分析 “Answers”：我们得到 www.a.shifen.com 的别名为 www.baidu.com。

(2) 以反复解析为例，说明域名解析的基本工作过程（可以结合图例）。给出内容分发网络（CDN）中 DNS 重定向的基本方法，说明原始资源记录应该如何修改，并描述重定向过程。

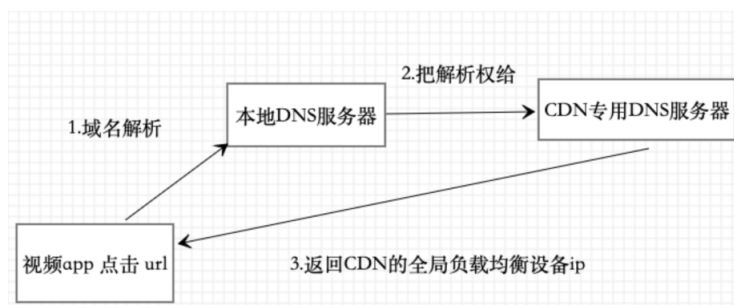
域名解析的基本工作过程（反复解析）：

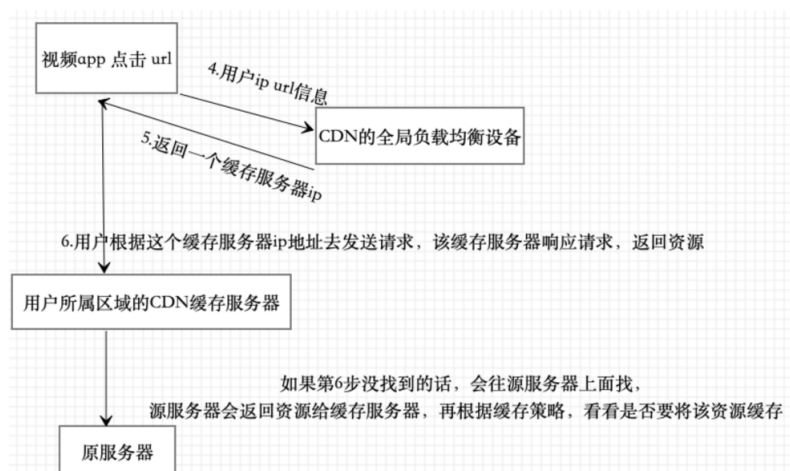
1. 主机想知道某个域名的 IP 地址，先查缓存是否存在。若存在直接返回，若不存在向 DNS 服务器发送一个 DNS 查询报文，该报文包含被查询的域名。
2. 若本地 DNS 缓存中存在该 IP 地址的映射，则直接跳到第 8 步，否则本地 DNS 服务器将该报文转发到根 DNS 服务器。
3. 根 DNS 服务器观察其所属的 TLD 服务器，并向本地 DNS 服务器返回负责该域名的 TLD 的 IP 地址列表。
4. 本地 DNS 服务器向这些 TLP 服务器之一发送查询报文。
5. 该 TLD 服务器观察其所属的权威 DNS 服务器，并用该权威服务器的地址做出响应，发回本地 DNS 服务器。
6. 本地 DNS 再向该权威 DNS 服务发送查询报文。
7. 权威 DNS 服务器根据该域名进行查询，用该域名的 IP 地址进行响应，发回本地 DNS 服务器。本地 DNS 服务器缓存中存入该域名到 IP 地址的映射。
8. 本地 DNS 服务器将该 IP 地址返回请求主机，请求主机缓存该域名到 IP 地址的映射。至此，查询结束，一共发送了 8 份报文（4 份查询报文和 4 份回答报文）



CDN 中 DNS 重定向的基本方法：

1. 当用户点击网站页面上的内容 URL，先经过本地 DNS 系统解析，如果本地 DNS 服务器没有相应域名的缓存，则本地 DNS 系统会将域名的解析权交给 CNAME 指向的 CDN 专用 DNS 服务器。
2. CDN 的 DNS 服务器将 CDN 的全局负载均衡设备 IP 地址返回给用户。
3. 用户向 CDN 的全局负载均衡设备发起 URL 访问请求。
4. CDN 全局负载均衡设备根据用户 IP 地址，以及用户请求的 URL，选择一台用户所属区域的区域负载均衡设备，并将请求转发到此设备上。
5. 基于以下这些条件的综合分析之后，区域负载均衡设备会选择一个最优的缓存服务器节点，并从缓存服务器节点处得到缓存服务器的 IP 地址，最终将得到的 IP 地址返回给全局负载均衡设备：（1）根据用户 IP 地址，判断哪一个边缘节点距用户最近；（2）根据用户所请求的 URL 中携带的内容名称，判断哪一个边缘节点上有用户所需内容；（3）查询各个边缘节点当前的负载情况，判断哪一个边缘节点尚有服务能力。
6. 全局负载均衡设备把服务器的 IP 地址返回给用户。
7. 用户向缓存服务器发起请求，缓存服务器响应用户请求，将用户所需内容传送到用户终端。如果这台缓存服务器上并没有用户想要的内容，而区域均衡设备依然将它分配给了用户，那么这台服务器就要向它的上一级缓存服务器请求内容，直至追溯到网站的源服务器将内容拉到本地。





资源记录修改方式：原始资源记录包含域名，类型，RDATA 的类，可缓存时间，长度和 RDATA 记录。CDN 资源记录应该在此基础上增加对全局负载均衡设备 IP 地址，缓存服务器 IP 地址。方便下一次想要访问同一服务器时，可以根据资源记录找到对应的缓存服务器 IP 地址，直接访问缓存服务器。

(3) 在 DNS 域名系统中，域名解析时使用 UDP 协议提供的传输层服务（DNS 服务器使用 UDP 的 53 端口），而 UDP 提供的是不可靠的传输层服务，请你解释 DNS 协议应如何保证可靠机制。

在 DNS 报文格式中包括了 ID, OP, CODE, RD, QDCOUNT, RCODE 等字段（具体含义在前文有解释），可以用来进行一定的校验。例如本地 DNS 服务器拿到响应报文，可以检查 ID, OP, CODE, RD, QDCOUNT 是否与之前发送的请求报文所匹配。再者响应报文中，也包含着发送过去的问题，可以依据它进行进一步的比较。响应报文中的 RCODE 字段可以返回响应是否无差错，还是发生了服务器失效，域名不存在，查询没有被执行等错误，也可以用于保证得到响应报文结果的无误。

DNS 服务器的任务即是确定域名的解析，提供多个的 DNS 解析服务器这点很重要。根据用户网站情况的不同、程度不等，可以提供两台双链路以上 DNS 解析服务器。这样的作用是用户的 DNS 解析服务可以进行轮循处理，只要保证一个 DNS 服务器运转正常，即可确认网站的访问将不受故障影响，尽量减少宕机的比率。

通过链路负载均衡功能将流量分配到不同的服务器上，可减少各种灾害带来的影响，当一个地方的 DNS 服务器受到危害时，可通过轮循机制保持 DNS 的正常解析。同时，可自动判断用户的来源路线，让用户网站的解析请求重新导向最近的服务节点，通过就近访问解决网络拥挤问题，提高网站响应速度，避免由于带宽引起的各种不可靠问题的发生。

还可以根据 DNS 安全扩展 DNSSEC，通过对数据进行数字签名来防止攻击，以确保其有效性。例如，在“google.com”查找中，根 DNS 服务器将为.COM 域名服务器签写一个密钥，然后.COM 域名服务器将为 google.com 的权威性域名服务器签写一个密钥。它为 DNS 创建了一个父子信任链，该链一直行进到根区域。在 DNS 的任何层上此信任链都不能受损，否则请求可能收到在途攻击。