

计算机网络第二次作业
李昊宸 2017K8009929044

1. 网络中路由器 A 的路由表如下表所示：

目的网络	距离	下一跳路由器
N1	4	B
N2	1	C
N3	1	F
N4	5	G

现路由器 A 收到路由器 C 发来如下的路由信息：

目的网络	距离
N1	2
N2	3
N3	3
N4	3
N5	4

请给出路由器 A 更新后的路由表。

答：

目的网络	距离	下一跳路由器
N1	3	C
N2	2	C
N3	1	F
N4	4	C
N5	5	C

不同的下一跳，距离更短，更新
相同的下一跳，更新
不同的下一跳，距离相同，不更新
不同的下一跳，距离更短，更新
新的项目，加入

2. 假设网络中某路由器维护如下所示的路由表，现该路由收到目的地址为 206.0.71.128 的数据包，请问路由器应该将数据包转发到哪一个下一跳节点（请给出简单的过程）。

序号	目的网络地址	下一跳节点
1	206.0.68.0/22	H1
2	206.0.68.0/23	H2
3	206.0.70.1/24	H3
4	206.0.71.0/25	H4
5	206.0.71.128/25	H5

答：

206.0.71.128 转换为二进制为：

11001110. 00000000. 01000111. 10000000

路由器查找：

查找第一项：

IP 11001110. 00000000. 01000100. 00000000

M 11111111. 11111111. 11111100. 00000000

匹配！

查找第二项：

IP 11001110. 00000000. 01000100. 00000000
M 11111111. 11111111. 11111110. 00000000
不匹配!

查找第三项:

IP 11001110. 00000000. 01000111. 00000000
M 11111111. 11111111. 11111111. 00000000
不匹配!

查找第四项:

IP 11001110. 00000000. 01000111. 00000001
M 11111111. 11111111. 11111111. 10000000
不匹配!

查找第五项:

IP 11001110. 00000000. 01000111. 10000000
M 11111111. 11111111. 11111111. 10000000
匹配!

由最长前缀匹配算法, 选择第五项, 下一跳节点为 H5。

3. 在数据传输过程中, 每一个 IP 数据包都会独立进行路由决策, 这可能导致具有相同<源地址、目的地址>的数据包沿着不同的路径进行传输。尽管如此, 仍然可以采用 ICMP 机制 (参见下表), 实现路径跟踪 (Tracerout/tracert) 和路径最大传输单元发现 (MTU Discovery) 等功能, 请简单说明这两种功能的实现原理, 以及在“IP 数据独立传输”原则下仍可以进行相关设计的原因。ICMP 机制中定义了如下的差错报告报文:

	类型值	功能解释
差错报告报文	3 (终点不可达)	路由器或主机不能交付数据包时, 向源结点发送该报文
	4 (源点抑制)	路由器或主机因拥塞丢弃数据包, 向源结点发送该报文, 控制结点发送速率
	11 (超时)	路由器收到 TTL 为 0 的数据包时, 丢弃, 并向源结点发送超时报文
	12 (参数)	路由器或主机收到首部参数不正确的数据包 (比如数据包太大), 丢弃, 并向源结点发送该报

答:

路径跟踪:

Tracerout/tracert, 用于确定 IP 数据包访问目标所采取的路径。Tracert 命令使用 IP 生存时间 (TTL) 字段和 ICMP 错误消息来确定从一个主机到网络上其他主机的路由, 其命令格式如下。

Tracert[-d] [-h maximum_hops] [-j computer-list] [-w timeout] target_name

Tracert 诊断程序确定到目标所采取的路由。要求路径上的每个路由器在转发数据包之前至少将数据包上的 TTL 递减 1。数据包上的 TTL 减为 0 时, 路由器应该将“ICMP 已超时”的消息发回源系统。

Tracert 先发送 TTL 为 1 的回应数据包,并在随后的每次发送过程将 TTL 递增 1,直到目标响应或 TTL 达到最大值,从而确定路由。通过检查中间路由器发回的“ICMP 已超时”的消息确定路由。某些路由器不经询问直接丢弃 TTL 过期的数据包,这在 Tracert 实用程序中看不到。

Tracert 命令按顺序打印出返回“ICMP 已超时”消息的路径中的近端路由器接口列表。

例: 如果目标 IP 的距离为 2:

第一次发送: 分组 TTL 为 1, 当到达第一个路由器时, 路由器将 TTL 减 1, 此时 TTL 为 0, 路由器回复给源节点 3 号差错报告报文, 并将该分组丢弃。源节点收到差错报告报文, 继续发送。

第二次发送: 分组 TTL 为 2, 当到达第一个路由器时, 路由器将 TTL 减 1, 此时 TTL 为 1; 当到达第二个路由器时, 路由器将 TTL 减 1, 此时 TTL 为 0, 第二个路由器回复给源节点 3 号差错报告报文, 并将该分组丢弃。源节点收到差错报告报文, 继续发送。

第三次发送: 分组 TTL 为 3, 当到达第一个路由器时, 路由器将 TTL 减 1, 此时 TTL 为 2; 当到达第二个路由器时, 路由器将 TTL 减 1, 此时 TTL 为 1; 第二个路由器将分组转发给目的主机, 目的主机回应源节点, 发送停止。

路径最大传输单元发现:

路径 MTU 发现是用来确定到达目的地的路径中最大传输单元(MTU)的大小。通过在 IP 报头中设置不分片 DF(Don't Fragment)标志来探测路径中的 MTU 值, 如果路径中设备的 MTU 值小于此报文长度, 并且发现 DF 标志, 就会发回一个差错报告报文 3, 消息中包含它可接受的 MTU 值。

使用 ping 命令即可测试 PMTU 策略:

```
ping -M pmtudisc_opt
```

例如: 发送长度超过 MTU 值 (1500) 的数据包, 并且设置 IP 头的 DF 位, 系统提示 message too long:

```
ping -c 3 -s 1473 -M do 192.168.1.133
PING 192.168.1.133 (192.168.1.133) 1473(1501) bytes of data.
ping: local error: Message too long, mtu=1500
ping: local error: Message too long, mtu=1500
ping: local error: Message too long, mtu=1500
--- 192.168.1.133 ping statistics ---
3 packets transmitted, 0 received, +3 errors, 100% packet loss, time 1999ms
```

IP 数据独立传输原则下仍可以进行相关设计的原因: 路由路径会在分钟级别内保持稳定, 也就是说短时间内相同源节点相同目的节点的数据报文会沿着同一路径传输。

4. 在互联网中, 某计算机的 IP 地址是 11001010.01100000.00101100.01011000, 请回答下列问题:

- (1) 请用十进制数表示上述 IP 地址?
- (2) 请写出该 IP 地址在没有划分子网时的子网掩码?
- (3) 将该 IP 地址所在的网络划分为 4 个地址空间大小相等的子网 (子网号可以全 0 或全 1)

写出 4 个子网的子网掩码和 IP 地址区间。

答:

- 1) 202. 96. 44. 88
- 2) 该地址属于 C 类 IP 地址，在未划分子网时的子网掩码是 C 类地址的默认子网掩码 255. 255. 255. 0
- 3) 题目要求子网号可以全 0 或全 1，那么只需要借用主机号的 2 位。(默认主机号不可为全 0 和全 1)

子网掩码为 255. 255. 255. 192

11001010.01100000.00101100.00000001 - 11001010.01100000.00101100.00111110

202. 96 .44. 1 - 202. 96 .44. 62

11001010.01100000.00101100.01000001 - 11001010.01100000.00101100.01111110

202. 96 .44. 65 - 202. 96 .44. 126

11001010.01100000.00101100.10000001 - 11001010.01100000.00101100.10111110

202. 96 .44. 129 - 202. 96 .44. 190

11001010.01100000.00101100.11000001 - 11001010.01100000.00101100.11111110

202. 96 .44. 193 - 202. 96 .44. 254

5. 请简述 IP 地址相较于 MAC 地址编址方案有何本质的不同？试分析 IP 地址编址方案的优势与不足。

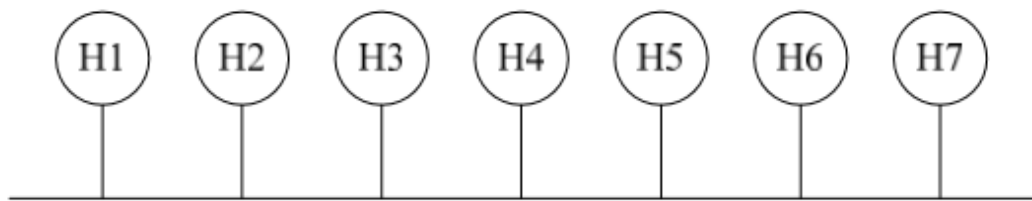
答：

- 1) 对于网络上的某一设备，如一台计算机或一台路由器，其 IP 地址可变（但必须唯一），而 MAC 地址不可变。IP 地址由网络运营商分配，对于某一设备可以更改，但是 MAC 地址分配是由 IEEE 的注册管理机构 RA 和厂商共同在设备出厂时烧写进入设备 ROM，不可更改。
- 2) 长度不同。IP 地址为 32 位，MAC 地址为 48 位。
- 3) 分配依据不同。IP 地址的分配是基于网络拓扑，MAC 地址的分配是基于制造商。
- 4) 寻址协议层不同。IP 地址应用于 OSI 第三层，即网络层，而 MAC 地址应用在 OSI 第二层，即数据链路层。数据链路层协议可以使数据从一个节点传递到相同链路的另一个节点上（通过 MAC 地址），而网络层协议使数据可以从一个网络传递到另一个网络上（ARP 根据目的 IP 地址，找到中间节点的 MAC 地址，通过中间节点传送，从而最终到达目的网络）。
- 5) IP 地址携带地址信息，MAC 地址不携带地址信息。
- 6) 描述的对象不同。MAC 地址描述的是某一台设备，而 IP 地址实际标识的是一个节点和一条链路的接口。打个比方，对于一个小区，MAC 地址描述的是小区的地理位置，而 IP 地址描述的是小区的各个大门。

优点：通过使用 IP 进行通信，可以屏蔽下层网络层的设计细节，比如不同网络的硬件地址体系等，提供了面向所有局域网的统一接口。因为 IP 地址可以复用，也大大降低了路由表的大小。

缺点：32 位的 IP 地址在编码方面有着很多的局限性，这导致了公网上的 IP 地址空间较小，IP 地址资源即将耗尽。

6. 在如下图所示的以太网链路上有 7 台主机，假设 ARP 缓存的有效期为 15 分钟，初始阶段各主机的 ARP 缓存表为空。现假设第 2 分钟，H2 主动向 H5 发起了一次通信；第 7 分钟，H2 主动向 H6 发起了一次通信；第 12 分钟，H3 主动向 H2 发起了一次通信，请采用如下表格方式给出第 15 分钟时，各主机中的 ARP 缓存表。（假设通信过程中各节点的 IP 地址和 MAC 地址均不会发生改变，通信过程本身没有任何延时）



答：

发起询问时，附带自己 MAC 地址进行广播；回应时，附带自己 MAC 地址进行单播

第 2 分钟，H2 向 H5 发起通信，H2 和 H5 都获得了对方的 IP 地址-MAC 地址映射,其他的主机缓存表均为空

H2 ARP 缓存表		
IP 地址	MAC 地址	剩余有效期
H5	H5	15

H5 ARP 缓存表		
IP 地址	MAC 地址	剩余有效期
H2	H2	15

第 7 分钟，H2 向 H6 发起通信，H2 和 H6 都获得了对方的 IP 地址-MAC 地址映射,H5 的缓存表更新时间，其他的主机缓存表均为空

H2 ARP 缓存表		
IP 地址	MAC 地址	剩余有效期
H5	H5	10
H6	H6	15

H5 ARP 缓存表		
IP 地址	MAC 地址	剩余有效期
H2	H2	15

H6 ARP 缓存表		
IP 地址	MAC 地址	剩余有效期
H2	H2	15

第 12 分钟，H3 向 H2 发起通信，H3 和 H2 都获得了对方的 IP 地址-MAC 地址映射,H5 的缓存表未更新，H6 的缓存表未更新，其他的主机缓存表均为空

H2 ARP 缓存表		
IP 地址	MAC 地址	剩余有效期
H5	H5	5
H6	H6	10
H3	H3	15

H5 ARP 缓存表		
IP 地址	MAC 地址	剩余有效期
H2	H2	10

H6 ARP 缓存表		
IP 地址	MAC 地址	剩余有效期
H2	H2	10

H3 ARP 缓存表		
IP 地址	MAC 地址	剩余有效期
H2	H2	15

第 15 分钟：未列出的缓存表均为空

H2 ARP 缓存表		
IP 地址	MAC 地址	剩余有效期
H5	H5	2
H6	H6	7
H3	H3	12

H3 ARP 缓存表		
IP 地址	MAC 地址	剩余有效期
H2	H2	12

H5 ARP 缓存表		
IP 地址	MAC 地址	剩余有效期
H2	H2	7

H6 ARP 缓存表		
IP 地址	MAC 地址	剩余有效期
H2	H2	7

7. 通过路由聚合技术，多个小地址块可以聚合在在在一起，形成更大的地址块。请问网络前缀长度为 14 的地址块，是否可能由多个 B 类地址块和多个 C 类地址块共同聚合而成？请说明理由

答：

不可能。

B 类地址：10xxxxxx. xxxxxxxx. xxxxxxxx. xxxxxxxx

C 类地址：110xxxxx. xxxxxxxx. xxxxxxxx. xxxxxxxx

B 类地址和 C 类地址的第二位不相同，所以不可能存在于同一个超网中。

8. IP 数据包由“IP 报头+数据”两部分组成，其中 IP 报头长度固定为 20 字节，数据长度可变。采用如下方式对“IP 传输的有效载荷率”进行定义：数据部分长度/数据包长度×100%。假设在一条最大传送单元 MTU（Maximum Transfer Unit）为 1200 字节的链路上传输 IP 数据包，请回答以下问题（采用四舍五入，精确到小数点后两位，即 xx.xx%）。

（1）假设 IP 数据包的长度为 1000 字节，IP 传输的有效载荷率最大是多少？

（2）假设 IP 数据包的长度为 3620 字节，IP 传输的有效载荷率最大是多少？

答：

此题中[数据包的长度]定义不明确，以下分两种情况进行讨论。

一、[数据包的长度]理解成[发送数据的总长度]

1) 数据包的长度为 1000 字节，未超过 MTU，故不用分片传送。数据部分 980 字节，有效载荷率为 $980/1000 \times 100\% = 98.00\%$

报头 20	数据 980
-------	--------

2) 数据包的长度为 3620 字节，超过 MTU，故使用分片传送。一次最多传输 1200 字节，故分成了四个包，其 offset 为：0，1180，2360，3540。报头的长度为 $20 \times 4 = 80$ 字节，有效载荷率为 $3600/3700 \times 100\% = 97.30\%$

报头 20	数据 3600
-------	---------

分片

报头 20	数据 1180
-------	---------

报头 20	数据 1180
-------	---------

报头 20	数据 1180
-------	---------

报头 20	数据 80
-------	-------

9. RIP 和 OSPF 是两类典型的域内路由协议，它们都是基于自治域内各路由节点之间相互交换信息，通过相应的路由算法计算生成路由表。现假设在一个自治域内（域内不再划分为 area 等更小区域）使用 RIP 协议或者 OSPF 协议，请回答下列问题：

（1）各路由节点之间相互交换什么信息？请以一个路由器为例，针对 RIP 和 OSPF 分别进行回答。

（2）对于一条需要被交换的信息来说，该信息被交换的范围（即该信息会被传送给哪些节点）是什么？请针对 RIP 和 OSPF 分别进行回答。

答：

RIP (Routing Information Protocol) 采用距离向量算法，每个路由器仅仅与相邻路由器交换信息，信息内容为当前本路由器知道的所有信息（整个路由表的内容）

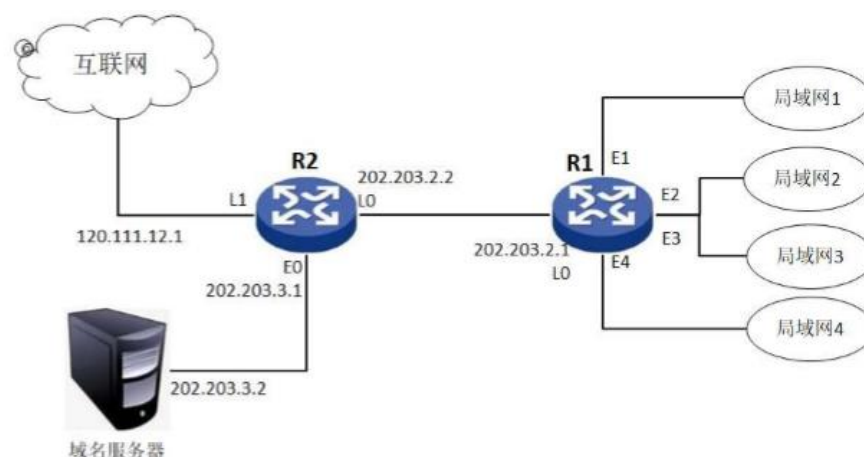
OSPF (Open Shortest Path First) 采用链路状态算法，每个路由器都与其他所有路由器交换信息，信息内容是与本路由器与相邻的路由器之间的链路状态（自己确切知道的信息）

10. 某公司网络拓扑图如下所示，路由器 R1 通过接口 E1、E2、E3、E4 分别连接局域网 1、局域网 2、局域网 3、局域网 4，通过接口 L0 连接路由器 R2，并通过路由器 R2 连接域名服务器与互联网。R1 的 L0 接口的 IP 地址是 202.203.2.1；R2 的 L0 接口的 IP 地址是 202.203.2.2，L1 接口的 IP 地址是 120.111.12.1，E0 接口的 IP 地址是 202.203.3.1；域名服务器的 IP 地址是 202.203.3.2。

（1）将 IP 地址空间 202.203.1.0/24 划分为 4 个子网，分别分配给局域网 1、局域网 2、局域网 3、局域网 4，每个局域网需分配的 IP 地址数不少于 60 个。请给出子网划分结果，说明理由或给出必要的计算过程。

（2）请给出 R1 的路由表，使其明确包括到局域网 1、局域网 2、局域网 3、局域网 4 的路由、域名服务器的主机路由和互联网的路由。

（3）请采用路由聚合技术，给出 R2 到局域网 1、局域网 2、局域网 3、局域网 4 的路由。



答：

1) 依照第 4 题的要求，子网号可全 0 或全 1，那么拿出 2 位主机号来划分子网，剩余 6 位用来表示主机号。6 位主机号可提供 $2^6 - 2 = 62$ 个 IP 地址，满足 60+1（包括路由器端口自己）个 IP 地址的需求。

子网掩码：255.255.255.192

局域网 1：202.203.1.0/26

局域网 2：202.203.1.64/26

局域网 3：202.203.1.128/26

局域网 4：202.203.1.192/26

2) R1 的路由表:

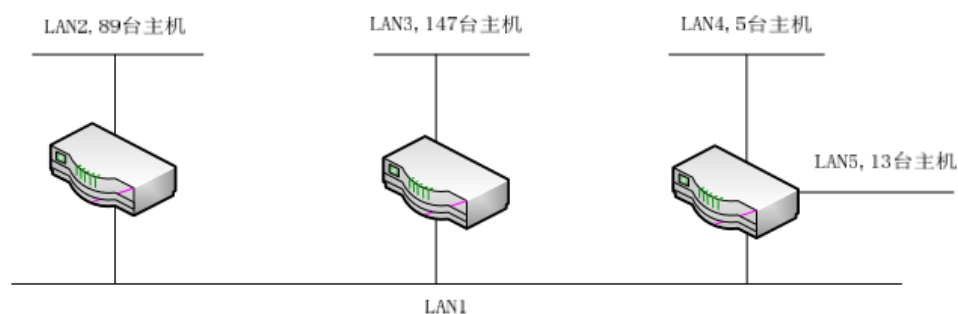
目的网络 IP 地址	子网掩码	下一跳 IP 地址	接口
202. 203. 1. 0	255. 255. 255. 192	直接	E1
202. 203. 1. 64	255. 255. 255. 192	直接	E2
202. 203. 1. 128	255. 255. 255. 192	直接	E3
202. 203. 1. 196	255. 255. 255. 192	直接	E4
202. 203. 3. 2	255. 255. 255. 255	202. 203. 2. 2	L0
0. 0. 0. 0	0. 0. 0. 0	202. 203. 3. 2	L0

访问互联网使用缺省表项

3) R2 的路由表项:

目的网络 IP 地址	子网掩码	下一跳 IP 地址	接口
202. 203. 1. 0	255. 255. 255. 0	202. 203. 2. 1	L0

11. 一个自治系统有 5 个局域网, 如图所示 LAN2 至 LAN5 上的主机数分别为: 89、147、5 和 13, 该自治系统分配到的 IP 地址块为 130.138.118/23, 试给出每一个局域网的地址块 (包括前缀)



答:

LAN3: 147 个主机, 加上路由器端口自身, 需满足 148 个 IP 地址号。 $2^7-2 < 148 < 2^8-2$, 故主机位为 8 位, 分配地址块 130. 138. 118. 0/24

10000010. 10001010. 01110110. 00000000 / 24

LAN2: 89 个主机, 加上路由器端口自身, 需满足 90 个 IP 地址号。 $2^6-2 < 90 < 2^7-2$, 故主机位为 7 位。分配地址块 130. 138. 119. 0/25

10000010. 10001010. 01110111. 00000000 / 25

LAN5: 13 个主机, 加上路由器端口自身, 需满足 14 个 IP 地址号。 $2^4-2 = 14$, 建议使用 5 位以上主机位。为了与 LAN2 地址相连, 使用 6 位主机位, 分配地址块 130. 138. 119. 128/26

10000010. 10001010. 01110111. 10000000 / 26

LAN4: 5 个主机, 加上路由器端口自身, 需满足 6 个 IP 地址号。 $2^3-2 = 6$, 建议使用 4 位以上主机位。为了与 LAN5 地址相连, 使用 5 位主机位, 分配地址块 130. 138. 119. 192/27

10000010. 10001010. 01110111. 11000000 / 27

LAN1: 三个路由器端口, 使用剩下的区段足够。分配地址块 130. 138. 119. 224/27

10000010. 10001010. 01110111. 11100000 / 27

12. OSPF 是链路状态路由协议，其通过 Dijkstra 算法每次从“未选择节点集”选择一个距离源节点最近的节点加入到“已选择节点集”当中，然后更新“未选择节点集”中各节点到源节点的距离。在下图所示的拓扑中，源节点 S 执行算法生成路由表，请按照 {已选则节点集, 未选择节点集}的形式，逐步给出算法的执行过程。(注：1. 只描述每个步骤完成后，两个集合中的节点标号即可；2. 对于距离相同的多个节点，优先选择“节点标号字母顺序”较小的节点；3. 算法开始执行时的状态为{ {S}, {A, B, C, D, E, F, G} }。

目标节点	距离	下一跳节点	{S}, {A, B, C, D, E, F, G}
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			

目标节点	距离	下一跳节点	{S, C}, {A, B, D, E, F, G}
A			
B			
C	1	C	
D			
E			
F			
G			

目标节点	距离	下一跳节点	{S, C, A}, {B, D, E, F, G}
A	2	A	
B			
C	1	C	
D			
E			
F			
G			

目标节点	距离	下一跳节点	{S, C, A, D}, {B, E, F, G}
A	2	A	
B			
C	1	C	
D	4	A	
E			
F			
G			

目标节点	距离	下一跳节点
A	2	A
B		
C	1	C
D	4	A
E	4	C
F		
G		

{S, C, A, D, E}, {B, F, G}

目标节点	距离	下一跳节点
A	2	A
B	5	C
C	1	C
D	4	A
E	4	C
F		
G		

{S, C, A, D, E, B}, {F, G}

目标节点	距离	下一跳节点
A	2	A
B	5	C
C	1	C
D	4	A
E	4	C
F	6	C
G		

{S, C, A, D, E, B, F}, {G}

目标节点	距离	下一跳节点
A	2	A
B	5	C
C	1	C
D	4	A
E	4	C
F	6	C
G	6	A

{S, C, A, D, E, B, F, G}, {}