

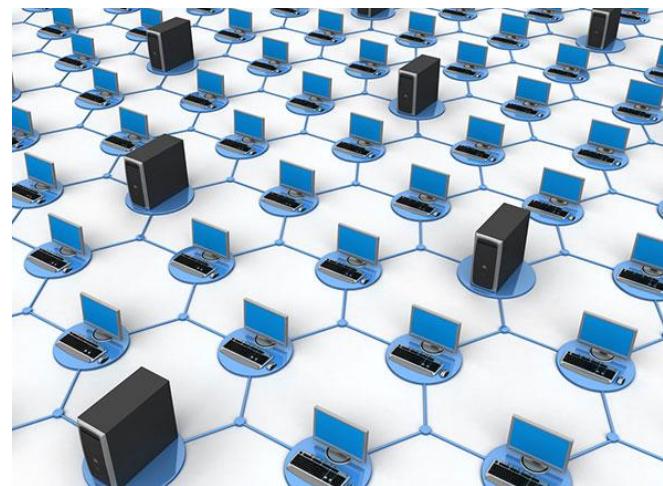
网络技术与信息安全

第7讲：划分子网与构建超网

河南中医药大学信息技术学院
网络技术课程教学组

本章教学计划

- 分类IP地址
- 划分子网
- CIDR



IP地址编址方法的三个历史阶段

□ 分类IP 地址阶段

- 这是最基本的编址方法，在 1981 年就通过了相应的标准协议。

□ 划分子网阶段

- 这是对最基本的编址方法的改进，其标准[RFC 950]在 1985 年通过。

□ CIDR (无分类域间路由选择)

- 这是比较新的无分类编址方法。1993 年提出后很快就得到推广应用。

一、分类IP地址

分类IP地址

□ 回忆与总结：什么是分类IP地址？

- 所谓“分类的IP地址”就是将IP地址划分为5个固定类，包括A类、B类、C类、D类、E类。
- 其中，A、B、C三类地址可以分配给单个主机，D类是组播地址，E类是保留。

分类IP地址

□ 回忆与总结：分类IP地址的结构特点

- IP地址的结构 : { 网络号, 主机号 }
- 每一类地址都由两个的字段组成。第一个字段是**网络号** , 它标志主机 (或路由器接口) 所连接到的网络。第二个字段则是**主机号** , 它标志该主机 (或路由器接口) 。
- 一个主机号在它前面的网络号所指明的网络范围内必须是唯一的。

分类IP地址

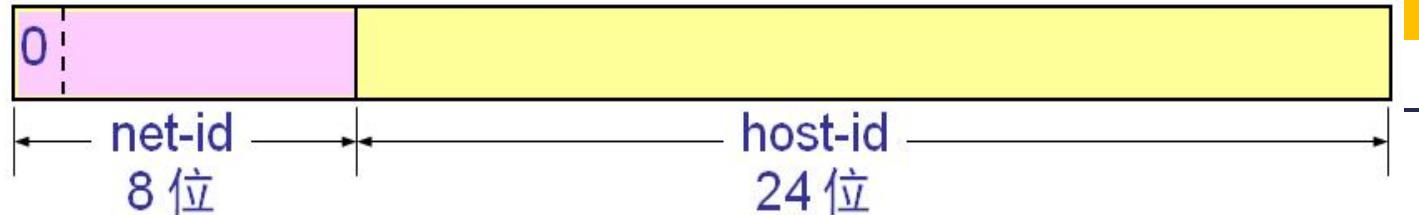
□ 回忆与总结：分类IP地址的“自标志性”

- 在分类编址机制中，仅从地址本身就可以计算出网络号和主机号之间的边界，不必再参考其他外部信息。例如，第1位是“0”，表示是A类地址，其前8位是网络号，后24位是主机号。

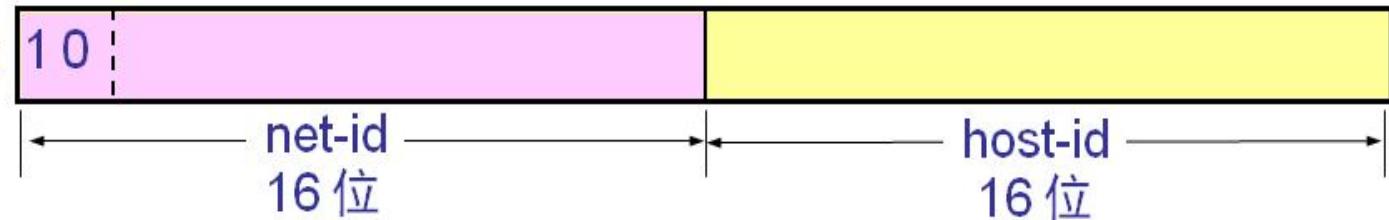
➤ 举例：60.0.1.1和60.2.100.1是在同一网络中吗？

- 分类IP地址的定义方式，可以很快从地址中抽取出主机号或网络号部分，而路由器在决定把一个分组发送何处时使用了地址的网络号部分，地址的快速抽取有助于提高路由器的效率，高效率对于路由器而言特别重要，

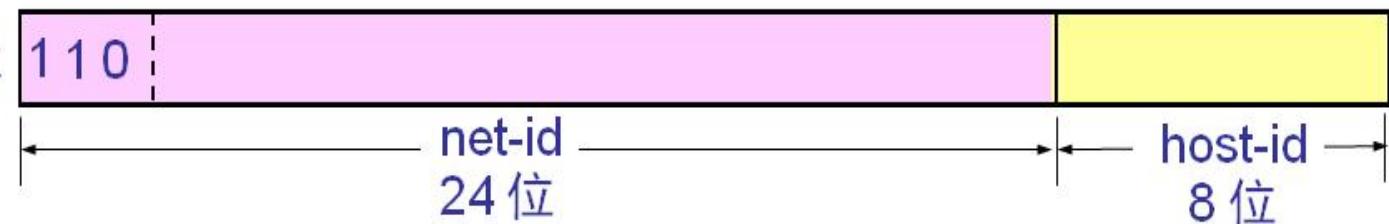
A类地址



B类地址



C类地址



D类地址



E类地址



分类IP地址

□ 回忆与总结： 基于IP地址的通信

- IP地址的**网络号相同**的计算机，通常被视为属于同一个网络（属于同一个广播域），通过数据链路层设备（例如交换机）即可进行通信。
- IP地址的**网络号不相同**的计算机，被视为属于不同的网络，要实现不同网络间通信，需要通过网络层设备（例如路由器）进行通信。

分类IP地址

□ 几种特殊的IP地址——广播地址

- 广播，是指同时向网上的所有主机发送报文。实现广播的一种方式，就是用到广播地址。
- **直接广播地址：**即常说的广播地址，其主机号全为“1”，用来对网络号所指定的网络内的所有主机进行广播，例如，192.168.1.255是192.168.1.0这个网络的广播地址
- **有限广播地址：**32位全为“1”，用于本网络广播。有时会出现需要在本网络内部广播，但不知道本网络的网络号的情况（例如DHCP DISCOVER），这时就需要用到有限广播地址。各路由器均不转发有限广播。

分类IP地址

□ 几种特殊的IP地址——广播地址

- 向广播地址发送数据时，所有同一网段的主机都会收到该数据，即广播地址可以作为目的地址。
- 广播地址不可以作为源地址，因为这是不明确的

分类IP地址

□ 几种特殊的IP地址—— 网络地址

- TCP/IP规定，若主机号全为“0”，则表示该IP地址是“本主机”所连接到的单个网络的网络地址；
 - 例如，175.18.0.0表示“175.18.0.0”这个B类网络的网络地址
 - 例如：211.1.2.3（一个C类地址），其网络地址是211.1.2.0
- **应用：**网络地址的作用是标示这个网段，网络地址的实际应用是在路由寻址和做安全策略时候用的。比如路由器要找192.168.0.100该往哪里转发时候，就找路由表里有没有包含这个地址的网络地址。

分类IP地址

□ 几种特殊的IP地址——私有地址

- 在可供分配的主机IP地址资源中，还可以分为公有地址和私有地址两类。
- 公有IP地址是连接到公用网络的主机使用的，必须是唯一的，需要统一管理和分配，通常从Internet服务提供者处获得。
- 私有IP地址被保留给使用TCP/IP协议联网的内部网络使用的。
 - 内部网络由于不与外部网络互连，因而网络管理者可以使用随意的IP地址，只要内部相互之间IP不重复即可。之所以保留专门的私有IP地址供其使用，其目的是为了避免以后接入公网时引起地址混乱。

分类IP地址

□ 几种特殊的IP地址——私有地址

- A、B、C三类地址中均有部分地址被用作私有地址。

地址类型	私有地址范围	网络个数
A类	10.0.0.0 ~ 10.255.255.255	1个A
B类	172.16.0.0 ~ 172.31.255.255	16个B
C类	192.168.0.0 ~ 192.168.255.255	256个C

二、划分子网

2.1 划分子网的思路

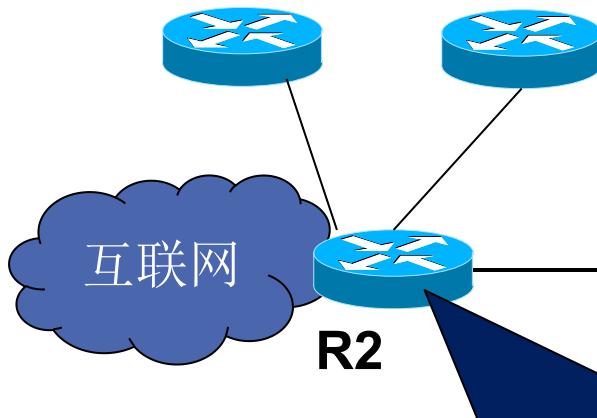
划分子网

2.1 划分子网的思路

□ 分析一个问题

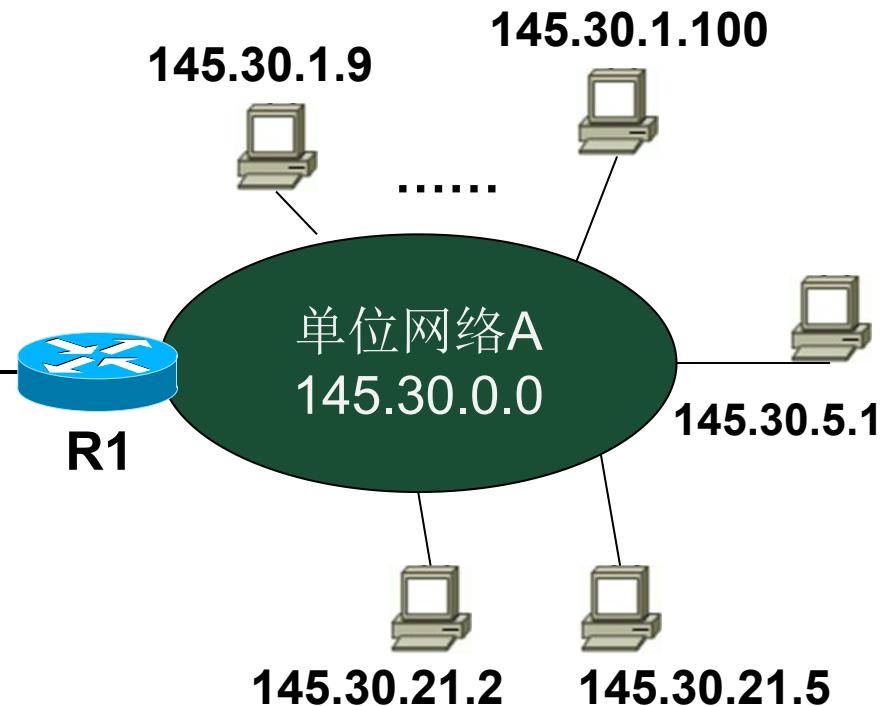
- 一个拥有多个物理网络的单位，如果按照分类的IP地址配置方式，需要为每个物理网络申请一个IP地址段。
- 这个IP地址段必须是A类、B类、C类地址段中的一种。
- (举例说明)

1. 某单位只有一个网络，其网络地址（B类地址）如下

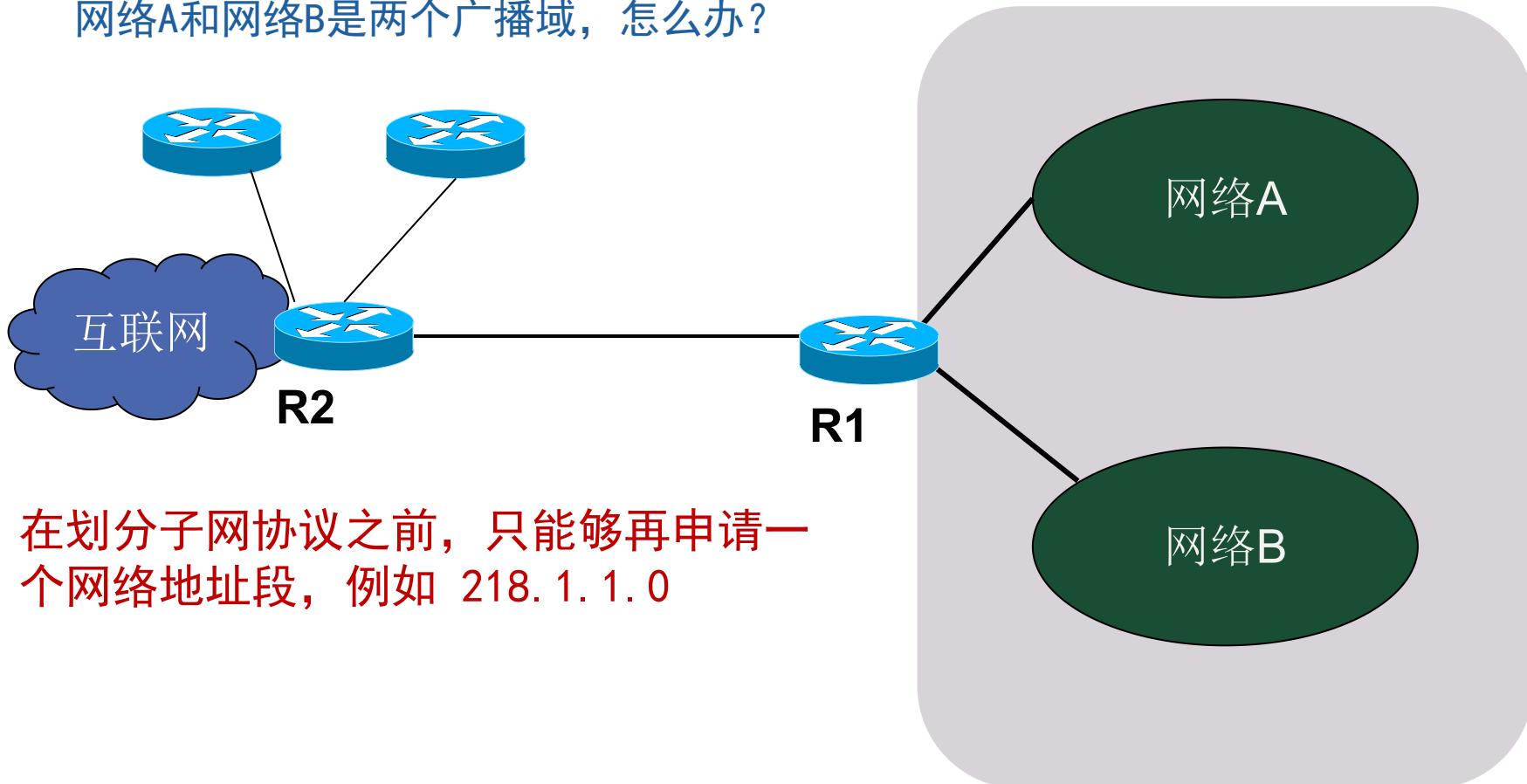


在R2的路由表中，有一条路由指向网络A:

目的地	下一跳
145.30.0.0	R1

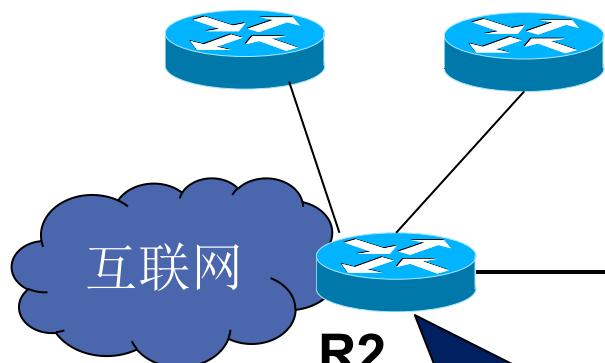


2. 现在，该单位想再建设一个网络B，使得
网络A和网络B是两个广播域，怎么办？



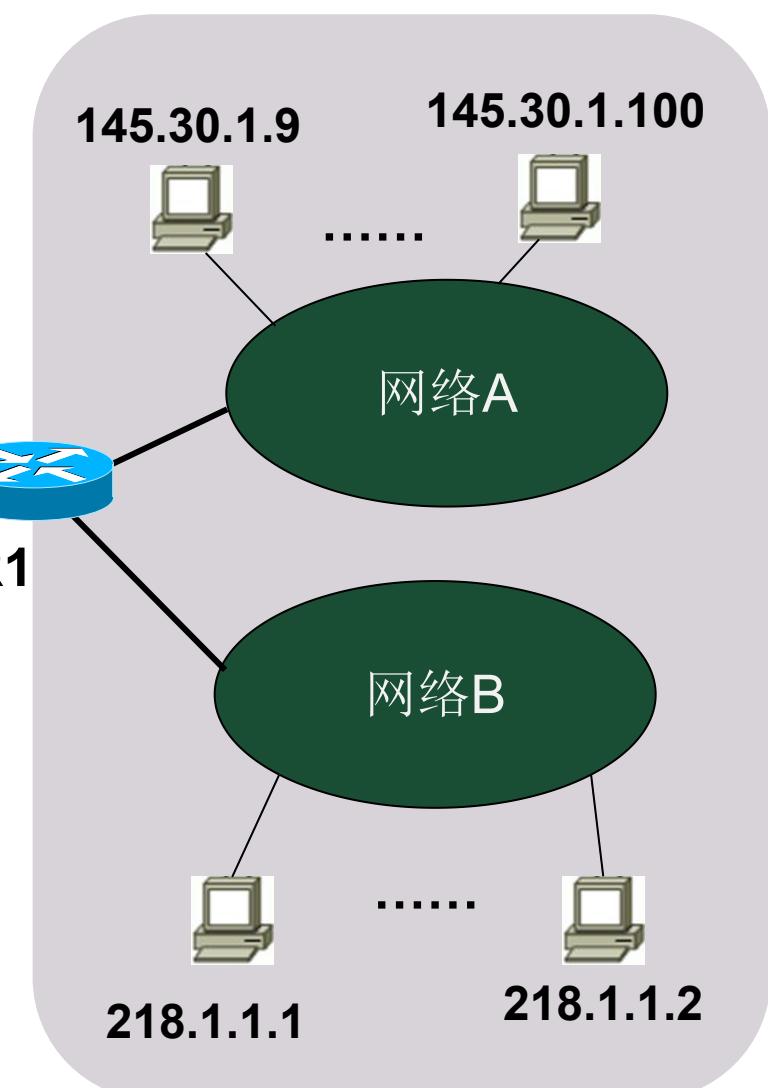
在划分子网协议之前，只能够再申请一个网络地址段，例如 218. 1. 1. 0

3. 注意，此时，互联网上的路由器R2中，到该单位的路由就变成了2条。



在R2的路由表中：

目的地	下一跳
145.30.0.0	R1
218.1.1.0	R1



划分子网

2.1划分子网的思路

□ 这种做法存在的问题

1. 整个园区的网络扩展性较差，每次增加一个新网络，都要申请新的IP地址段，即使原本申请的IP地址段还冗余大量地址。
2. 增加了互联网上的路由器（R2）的路由表记录数量，影响路由转发效率。

思考：能否用原有的IP地址段，实现建设两个网络的地址需求？

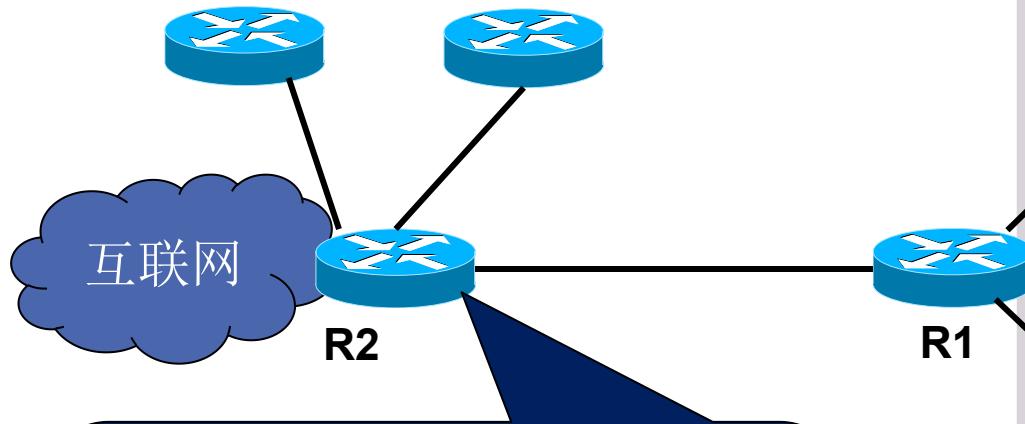
划分子网

2.1划分子网的思路

□ 划分子网的思路——“外统内分”

- 划分子网，即不需要为一个单位中的每一个物理网络单独申请IP地址，而是对已经申请的IP地址进行设置，划分成不同的子网段，使其能够表示单位内部不同的物理网络。
- 划分子网纯属一个单位内部的事情。本单位以外的网络看不见这个网络是由多少个子网组成，因为这个单位对外仍然表现为一个完整的网络，即对外是统一的，对内是划分子网的

举例：对外是统一的，对内
是划分子网的



在R2的路由表中，有如下一条路由：

目的地	下一跳
145.30.0.0	R1

145.30.0.0

子网1
145.30.*.*

子网2
145.30.*.*

子网3
145.30.*.*

2. 划分子网

2.1 划分子网的思路

□ 划分子网的思路——“外统内分”

- 在划分子网的思路下，可把该单位看成是一个“统一的”的大网络，即对外表现出只有一个网络，该网络使用所分配的B类的IP地址段。
- 该单位中的每一个物理网络都看成是该大网络的一个子网（例如子网1、子网2、子网3），**只有该单位本地的路由器R1**知道有多个物理网络（即子网），而且知道如何在它们之间转发通信；
- 该单位之外的互联网路由器（R2）并不知道该单位内部子网情况，也不需要知道，在转发通信时，R2只需将到达145.30.0.0网络的通信转发至R1即可，至于该通信是给哪个子网，由R1负责。

2.2 划分子网的方法

划分子网

2.2 划分子网的方法

□ 划分子网的方法——从主机号借位

- 划分子网的方法：从主机号借用若干位作为子网号，而主机号也就相应减少了若干位。划分子网后，IP地址表示如下：

IP地址 : {<网络号>, <子网号>, <主机号>}

- 凡是从其他网络发送给本单位某个主机的IP数据报，仍然是根据IP数据报的目的网络号找到连接在本单位网络上的路由器。此路由器在收到IP数据报后，根据自己的路由表，再按目的网络号和子网号找到目的子网，并将IP数据报交付给目的主机

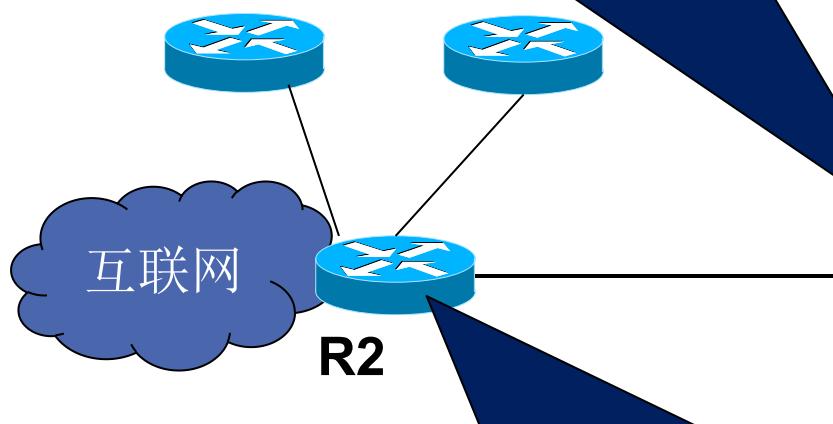
划分子网

2.2 划分子网的方法

口 举例

- 某单位拥有一个B类IP地址，网络地址是145.13.0.0（网络号是145.13.0.0）。凡目的地址为145.13.*.*的数据报都被送到这个网络上的路由器R1。（见下图）
- 现在，要把该网络划分为3个子网。每个子网络中有100台左右的计算机。如何划分？

所有到达145.13.0.0网络的数据包，均被转发到此路由器



在R2的路由表中，有一条路由指向网络A:

目的地	下一跳
145.30.0.0	R1

2. 划分子网

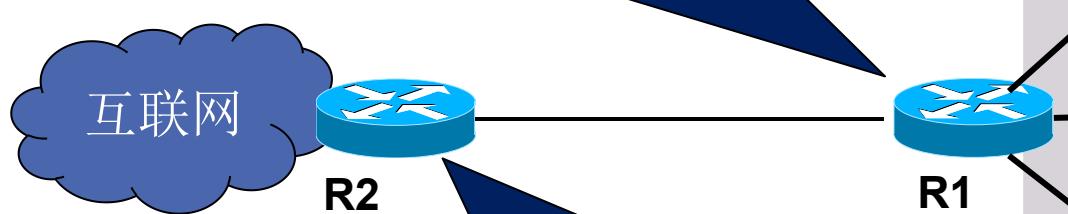
2.2 划分子网的方法

□ 假定从主机位借用8位，用来表示子网号，即可以划分出256（2的8次方）个子网。（注意，此时主机号剩8位）

- 下图中显示了3个子网的信息，其网络号（含子网号）分别是：
145.13.3.0，145.13.7.0和145.13.21.0。（其余子网IP地址备用）在划分子网后，整个网络对外部仍表现为一个网络，其网络地址仍为145.13.0.0。
- 网络145.13.0.0上的路由器R1在收到数据报后，再根据数据报的目的IP地址将其转发到相应的子网。

在R1的路由表中：

目的地	下一跳
145.13.3.0	子网1
145.13.7.0	子网2
145.13.21.0	子网3



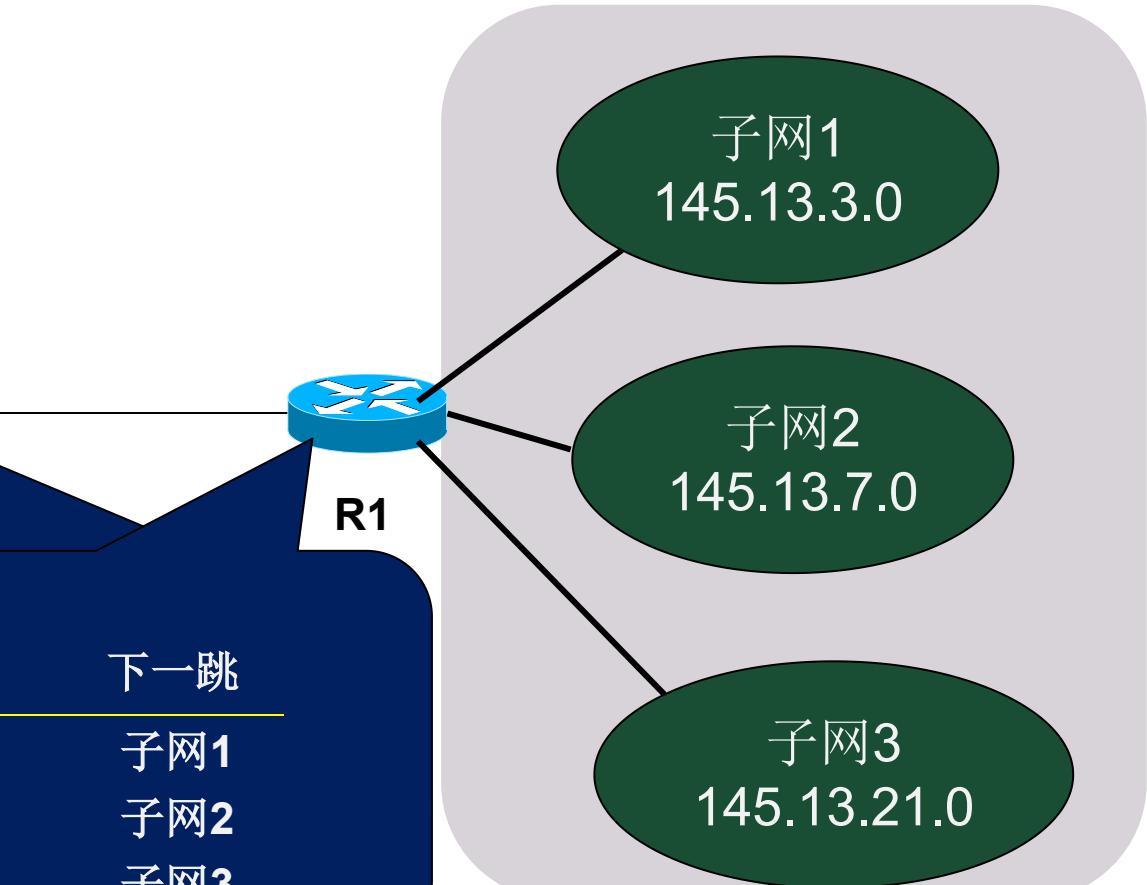
在R2的路由表中：

目的地	下一跳
145.13.0.0	R1

➤ 报文转发举例:



在R1的路由表中:	
目的地	下一跳
145.13.3.0	子网1
145.13.7.0	子网2
145.13.21.0	子网3

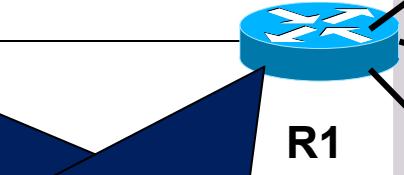


➤ 报文转发举例： 目的IP换为14.13.21.28

目的IP：
145.13.21.28

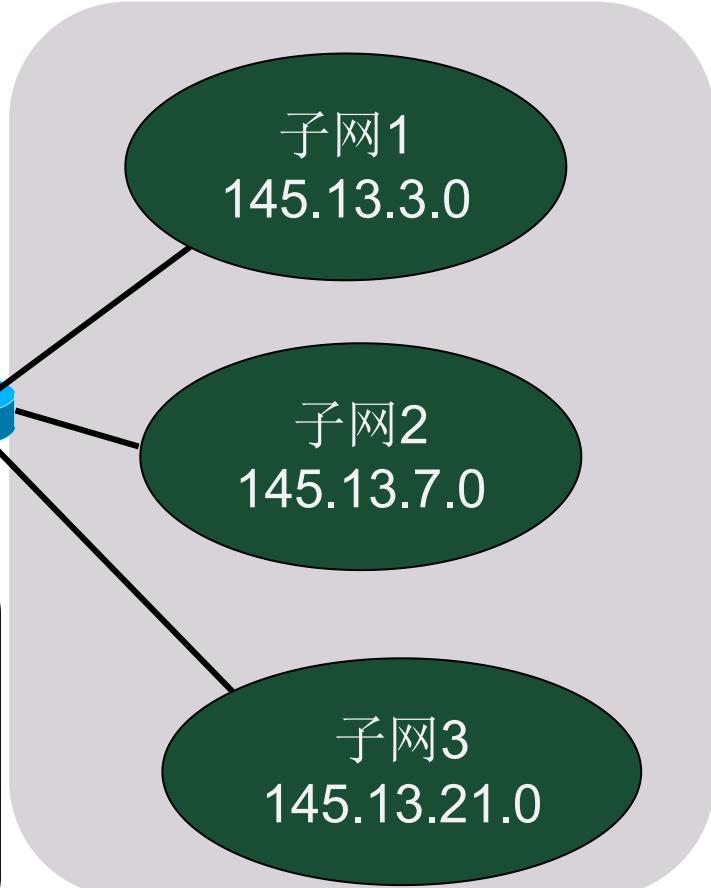


R2



在R1的路由表中：

目的地	下一跳
145.13.3.0	子网1
145.13.7.0	子网2
145.13.21.0	子网3



划分子网

2.2 划分子网的方法

□ 这种做法解决了哪些问题？

■ 问题1：整个园区的网络扩展性较差，每次增加一个新网络，都要申请新的IP地址段。
✓

➤ 解决：对原有地址进行再次规划、分配，没有申请新的地址

■ 问题2：增加了互联网上的路由器（R2）的路由表记录数量。影响路由转发效率。
✓

➤ 解决：互联网上的路由器并不知道内部子网，所以依然认为该单位网络是一个整体，指向该单位网络的路由记录不变。

2.3 子网掩码的作用

2. 划分子网

2.3 子网掩码的作用

□ 划分子网后，如何标志网络号？

- **问题：**假定有一个数据报（其目的地址是145.13.3.10）已经到达了路由器R1。那么路由器R1如何知道145.13.0.0这个B类网络已经划分了子网？R1又如何知道该把这个数据报转发到子网145.13.3.0呢？
- 从IP数据报的头部并不知道源主机或目的主机所连接的网络是否进行了子网划分。这是因为32位的IP地址本身以及数据报的头部都没有包含任何有关子网划分的信息。因此必须另外想办法！
- 使用子网掩码，就可以知道一个IP地址网络是否划分的子网，以及该地址的子网号是什么。

2. 划分子网

2.3 子网掩码的作用

□ 子网掩码的格式

- 子网掩码也是32位，由一串1和跟随的一串0组成。
- 子网掩码中的1对应IP地址中的网络号（包含子网号subnet-id）；
- 子网掩码中的0对应现在（即划分子网后）的主机号。
- 虽然RFC文档中没有规定子网掩码中的一串1必须是连续的，但却极力推荐在子网掩码中选用连续的1，以免出现可能发生的差错。

子网掩码的格式

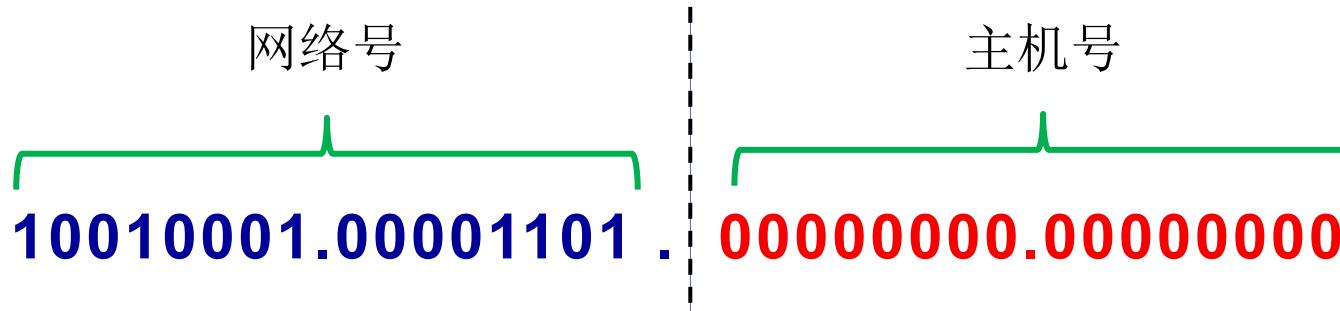


举例：

将B类IP地址段 145.13.0.0划分成两个子网

◆ 举例：将B类IP地址段 145.13.0.0划分成两个子网

□ 步骤1：145.13.0.0网段的二进制地址



根据传统的分类IP地址规则，由于是B类地址，因此前16位是网络号，后16位是主机号。

◆ 举例：将B类IP地址段 145.13.0.0划分成两个子网

□ 步骤2：从主机号中借1位，作为子网位（号）

The diagram shows two rows of binary digits. The top row is **10010001.00001101 . 0 0000000.00000000**. A vertical dashed green line is positioned after the third digit from the left. The bottom row is **11111111.11111111 . 1 0000000.00000000**. This visualizes how borrowing a bit from the host portion creates a new network identifier.

- 使用子网掩码，表示此时IP地址中哪些位是网络位（含子网号），哪些是主机位。注意，子网掩码中的“1”一定是连续的。
- 现在，网络位变成了17位，主机位变成了15位。

◆ 举例：将B类IP地址段 145.13.0.0划分成两个子网

□ 步骤3：分析所划分的子网信息 —— 第1个子网

网络号为： 145.13.0.0

10010001.00001101 . 0 0000000.00000000

子网掩码： 255.255.128.0

11111111.11111111 . 1 0000000.00000000

子网首地址： 145.13.0.0 (主机位全0)

10010001.00001101 . 0 0000000.00000000

子网末地址： 145.13.127.255 (主机位全1)

10010001.00001101 . 0 1111111.11111111

◆ 举例：将B类IP地址段 145.13.0.0划分成两个子网

□ 步骤4：分析所划分的子网信息 —— 第2个子网

网络号为： 145.13.128.0

10010001.00001101 . 1 | 0000000.00000000

子网掩码： 255.255.128.0

11111111.11111111 . 1 0000000.00000000

子网首地址： 145.13.128.0 (主机位全0)

10010001.00001101 . 1 0000000.00000000

子网末地址： 145.13.255.255 (主机位全1)

10010001.00001101 . 1 1111111.11111111

◆ 举例：将B类IP地址段 145.13.0.0划分成两个子网

□ 步骤5：总结一下

子网1: 145.13.0.0

地址范围: 145.13.0.0 ~ 145.13.127.255

子网掩码: 255.255.128.0

子网2: 145.13.128.0

地址范围: 145.13.128.0 ~ 145.13.255.255

子网掩码: 255.255.128.0

从145.13.0.0的主机位中借2位作为网络位，能划分几个子网？

子网掩码：255.255.192.0

11111111.11111111 . 11 000000.00000000

子网1： 10010001.00001101 . 00 000000.00000000

子网2： 10010001.00001101 . 01 000000.00000000

子网3： 10010001.00001101 . 10 000000.00000000

子网4： 10010001.00001101 . 11 000000.00000000

用每个子网的首地址来表示

从145.13.0.0的主机位中借3位作为网络位，能划分几个子网？

子网掩码： 255.255.224.0

11111111.11111111 . 111 00000.00000000

子网1： 10010001.00001101 . 000 00000.00000000

子网2： 10010001.00001101 . 001 00000.00000000

子网3： 10010001.00001101 . 010 00000.00000000

子网4： 10010001.00001101 . 011 00000.00000000

子网5： 10010001.00001101 . 100 00000.00000000

子网6： 10010001.00001101 . 101 00000.00000000

子网7： 10010001.00001101 . 110 00000.00000000

子网8： 10010001.00001101 . 111 00000.00000000

用每个子网的首地址来表示

从145.13.0.0的主机位中借4位作为网络位，能划分几个子网？

子网掩码： 255.255.240.0

11111111.11111111 . 1111 0000.00000000

子网1： 10010001.00001101 . 0000 0000.00000000

子网2： 10010001.00001101 . 0001 0000.00000000

子网3： 10010001.00001101 . 0010 0000.00000000

子网4： 10010001.00001101 . 0011 0000.00000000

.....

.....

子网14： 10010001.00001101 . 1101 0000.00000000

子网15： 10010001.00001101 . 1110 0000.00000000

子网16： 10010001.00001101 . 1111 0000.00000000

2. 划分子网

2.3 子网掩码的作用

□ 路由表中的子网掩码信息

- 子网掩码是一个网络或一个子网的重要属性。在RFC950成为互联网的正式标准后，路由器在和相邻路由器交换路由表中的信息时，必须把自己所在网络（或子网）的子网掩码告诉相邻路由器。
- 也就是说，在路由器的路由表中的每一条记录中，除了要给出目的网络地址和下一跳地址外，还必须给出目的网络的子网掩码。
- 使用子网划分后，路由表必须包含以下3项内容：
 目的网络地址、子网掩码、下一跳地址。

2. 划分子网

2.3 子网掩码的作用

□ 路由表中的子网掩码信息

- 使用子网掩码的好处就是不管网络有没有划分子网，只要把子网掩码和IP地址进行逐位的“与”运算，就立即得出网络地址来。这样在路由器处理到来的分组时就可采用同样的算法。

举例	IP地址	11001010 00000001 00000	111 00000010	202.1.7.2
	子网掩码	11111111 11111111 11111	000 00000000	255.255.248.0
	网络地址	11001010 00000001 00000	000 00000000	202.1.0.0

2. 划分子网

2.3 子网掩码的作用

□ 路由表中的子网掩码信息

■ 默认的子网掩码

- 为了更方便地查找路由表，就需要统一路由算法。所以，在划分子网阶段，即使一个网络中没有划分子网，也要使用子网掩码。
- 如果一个网络不划分子网，则该网络就使用默认的子网掩码。
 - A类地址的默认子网掩码是255. 0. 0. 0；
 - B类地址的默认子网掩码是255. 255. 0. 0；
 - C类地址的默认子网掩码是255. 255. 255. 0；

➤ IP地址计算举例：

如果子网掩码是255.255.192.0，那么下面主机（ ）必须通过路由器才能与主机192.23.144.16通信。

- A 192.23.191.21
- B 192.23.127.222
- C 192.23.130.33
- D 192.23.148.127

分析：

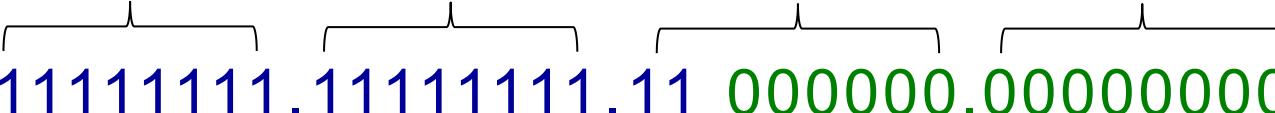
“必须通过路由器进行通信”，说明该地址与目标地址不在同一网络。

1. 先把子网掩码和IP地址都变成二进制
2. 根据子网掩码判断出目标地址以及4个选项IP地址的网络号
3. 看哪个选项IP地址与目标IP地址的网络号不同，即不在同一网络。

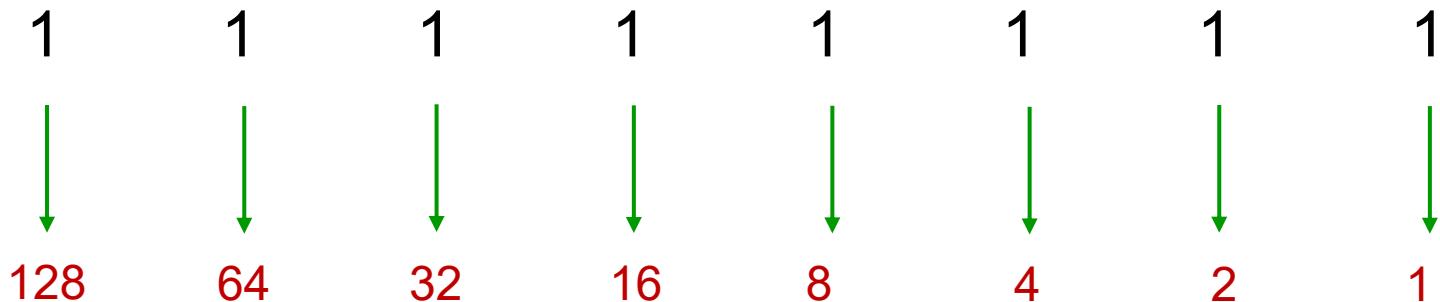
特别说明

□ 在后面的讲述中，会将IP地址或子网掩码描述成4个8位组

第1个8位组 第2个8位组 第3个8位组 第4个8位组

子网掩码  11111111.11111111.11000000.00000000

◆ 每1个8位组二进制和十进制的快速转换



举例

$$(202)_{10} = (1100\ 1010)_2$$

$$(224)_{10} = (1110\ 0000)_2$$

$$(191)_{10} = (1011\ 1111)_2$$

$$(127)_{10} = (0111\ 1111)_2$$

$$(130)_{10} = (1000\ 0010)_2$$

$$(148)_{10} = (1001\ 0100)_2$$

➤ IP地址计算举例：

接下来：

根据子网掩码255.255.192.0的二进制表现形式，把目标主机和A、B、C、D四个答案的IP全用二进制表示，然后根据子网掩码判断谁的网络号与目标主机不同。

目标主机： 192.23.144.16

- A 192.23.191.21 B 192.23.127.222
- C 192.23.130.33 D 192.23.148.127

子网掩码

11111111.11111111.11 000000.00000000

目标地址

11000000.00010111.10 010000.00010000

A 11000000.00010111.10 111111.00010101

B 11000000.00010111.01 111111.11011110

C 11000000.00010111.10 000010.00100001

D 11000000.00010111.10 010100.01111111

B的网络号与目标地址的网络号不同，所以B与目标地址不在同一网络。

➤ IP地址计算举例：

另一种算法：

注意，从子网掩码可以看出，网络位和主机位的分界点，位于第3个8位组中。所以，此处可做如下理解分析：

- 1、在第3个8位组进行了借位，共借了2位，划分成4个子网；
- 2、这4个子网的分界位于第3个8位组，所以相当于将第3个8位组一分为四；
- 3、第3个8位组最大是256，一分为四后，每个子网在第3个8位组的范围就是
0-63，64-127，128-191，192-255

目标主机： 192.23.144.16

- A 192.23.191.21 B 192.23.127.222
C 192.23.130.33 D 192.23.148.127

只对比第3个8位组，可以看出目标主机和A、C、D的IP地址，都属于第3个子网，而B属于第2个子网。

2.4 划分子网应用举例

◆ 划分子网应用举例1

□ 将B类IP地址段 145.30.0.0划分成8个子网，请问：

- 其子网掩码是多少？
- 每个子网的地址范围是什么？
- 每个子网中有多少个有效的IP地址（即单播地址）？

➤ 划分子网应用举例1

□ 子网掩码是什么？

- 因为 $8=2^3$ ，因此要想划分8个子网，需要向主机位借3位。



➤ 划分子网应用举例1

□ 每个子网的范围

子网1 10010001.00011110 . 00000000.00000000

首地址 10010001.00011110 . 00000000.00000000

末地址 10010001.00011110 . 00011111.11111111

145.30.0.0~145.30.31.255

子网2 10010001.00011110 . 00100000.00000000

首地址 10010001.00011110 . 00100000.00000000

末地址 10010001.00011110 . 00111111.11111111

145.30.32.0~145.30.63.255

➤ 划分子网应用举例1

□ 每个子网的范围

子网3 10010001.00011110 . 01000000.00000000

首地址 10010001.00011110 . 01000000.00000000

末地址 10010001.00011110 . 01011111.11111111

145.30.64.0~145.30.95.255



子网4 10010001.00011110 . 01100000.00000000

首地址 10010001.00011110 . 01100000.00000000

末地址 10010001.00011110 . 01111111.11111111

145.30.96.0~145.30.127.255

➤ 划分子网应用举例1

□ 每个子网的范围

子网5 10010001.00011110 . 10000000.00000000

首地址 10010001.00011110 . 10000000.00000000

末地址 10010001.00011110 . 10011111.11111111

145.30.128.0~145.30.159.255

子网6 10010001.00011110 . 10100000.00000000

首地址 10010001.00011110 . 10100000.00000000

末地址 10010001.00011110 . 10111111.11111111

145.30.160.0~145.30.191.255

➤ 划分子网应用举例1

□ 每个子网的范围

子网7 10010001.00011110 . 11000000.00000000

首地址 10010001.00011110 . 11000000.00000000

末地址 10010001.00011110 . 11011111.11111111

145.30.192.0~145.30.223.255

子网8 10010001.00011110 . 11100000.00000000

首地址 10010001.00011110 . 11100000.00000000

末地址 10010001.00011110 . 11111111.11111111

145.30.224.0~145.30.255.255

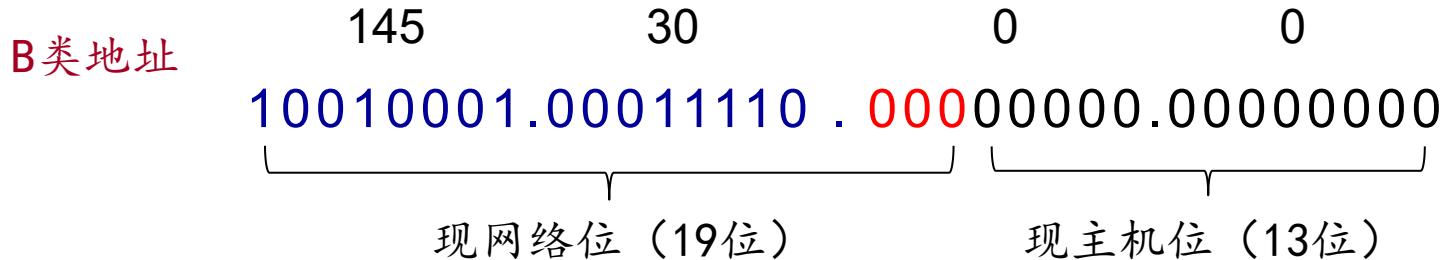
➤ 划分子网应用举例1

□ 每个子网的网络地址

子网1: 10010001.00011110 . 00000000.00000000 145.30.0.0
子网2: 10010001.00011110 . 00100000.00000000 145.30.32.0
子网3: 10010001.00011110 . 01000000.00000000 145.30.64.0
子网4: 10010001.00011110 . 01100000.00000000 145.30.96.0
子网5: 10010001.00011110 . 10000000.00000000 145.30.128.0
子网6: 10010001.00011110 . 10100000.00000000 145.30.160.0
子网7: 10010001.00011110 . 11000000.00000000 145.30.192.0
子网8: 10010001.00011110 . 11100000.00000000 145.30.224.0

➤ 划分子网应用举例1

□ 分析（每个子网中有多少个有效IP地址？）



- 由于每个子网中主机位有13位，所以每个子网中有 2^{13} 个IP地址，但是：
- 主机号全为0，表示本网络的网络地址，例如子网1的网络地址为145.30.0.0，网络地址不能用来分配给单个主机；
- 主机号为全1，代表广播地址，例如子网1的广播地址为145.30.31.255，广播地址不能用来分配给单个主机；
- 所以，每个子网中有效的IP地址有 $2^{13}-2 = 8190$ 个

➤ 划分子网应用举例2

- 使用子网掩码255. 255. 255. 192, 可将C类IP地址段192. 168. 1. 0划分成多少个子网?

□ 分析如下

➤ 划分子网应用举例2

C类地址

192 168 1 0
11000000.10101000 . 00000001.00000000
原网络位 (24位) 原主机位 (8位)

子网掩码

255 255 255 192
11111111.11111111 . 11111111.11000000
现网络位 (26位)

➤ 子网掩码255. 255. 255. 192，可将C类IP地址段划分成多少个子网？

C类地址默认的网络位是24位，现在的网络位变为26位，即从主机位借了2位作为子网号，因此可以划分出 $2^2 = 4$ 个子网。

➤ 划分子网应用举例2

□ 分析 (每个子网的地址范围)

C类地址：192.168.1.0 子网掩码：255.255.255.192

子网1：192.168.1.0~192.168.1.63

 网络地址：192.168.1.0 广播地址：192.168.1.63

子网2：192.168.1.64~192.168.1.127

 网络地址：192.168.1.64 广播地址：192.168.1.127

子网3：192.168.1.128~192.168.1.191

 网络地址：192.168.1.128 广播地址：192.168.1.191

子网4：192.168.1.192~192.168.1.255

 网络地址：192.168.1.192 广播地址：192.168.1.255

➤ 划分子网应用举例3

□ 假设子网掩码是255.255.224.0，判断下面两个主机的IP地址是否在同一网段

- 主机A：172.16.1.25
- 主机B：172.16.33.25

➤ 划分子网应用举例3

□ 分析

	255	255	. 224	0
子网掩码	11111111.11111111 . 111	00000.00000000		
172. 16. 1. 25	10101100.00010000 . 000	00001.00011001		
172. 16. 33. 25	10101100.00010000 . 001	00001.00011001		

根据子网掩码判断此处172. 16. 1. 25与172. 16. 33. 25，其网络号不同，所以不在同一网段

判断两个IP地址是否在同一网段，要看其网络号是否相等，而要看网络号是否相等，就要借助子网掩码。

➤ 划分子网应用举例3

□ 另一种算法

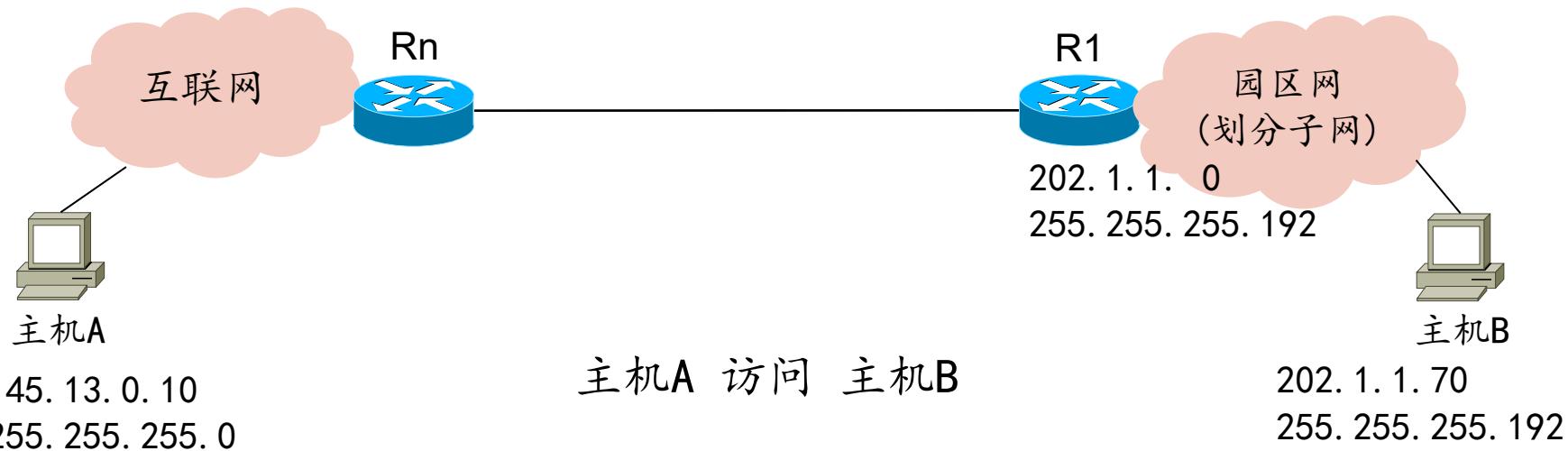
	255	255	. 224	0
子网掩码	11111111.11111111 . 111	00000.00000000		
172. 16. 1. 25	10101100.00010000 . 000	00001.00011001		
172. 16. 33. 25	10101100.00010000 . 001	00001.00011001		

根据子网掩码判断，网络位和主机位的分界位于第3个8位组，即在第3个8位组上借了3位。此处，我们可以理解为将第3个8位组平分为8个子网段，每个子网段的大小是32 ($256/8=32$)。

观察172. 16. 1. 25与172. 16. 33. 25，其第3个8位组的值分别是1和33，肯定不属于同一个子网段。即网络号不同，所以不在同一网段

2.5 划分子网后路由器的转发过程

➤ 举例：划分子网后路由器的转发过程



网络说明：

某单位申请到了一个C类地址202.1.1.0，根据建网需求，其使用子网掩码255.255.255.192将该C类地址划分成4个子网段；

R1为该单位园区网的边界路由器，其路由表中有达到各个子网的路由；

Rn为互联网上的一台路由器，其路由表中有到达该单位园区网的路由；

➤ 举例：划分子网后路由器的转发过程



1. 主机A发出报文

主机A用自己的子网掩码255.255.255.0与自己的IP地址逐位相“与”，得出主机A所在网络的网络地址145.13.0.0。同理，用自己的子网掩码与主机B的IP地址逐位相与，得出主机B所在网络的网络地址202.1.1.0；

➤ 举例：划分子网后路由器的转发过程



1. 主机A发出报文

由于主机A和B的网络地址不同，说明它们不在同一个网段。因此主机A不能把数据包直接交付给主机B，必须先把数据包发给自己的默认网关。由默认网关进行后续的转发。

➤ 举例：划分子网后路由器的转发过程



2. 路由器Rn转发数据包（注意，Rn不需要知道目的网络是否划分子网）

数据包到达路由器Rn，Rn先找路由表中的第一行，看看这一行的目的网络地址和收到的数据包的网络地址是否匹配；

Rn用报文中的目的IP（即202.1.1.70）与第一条路由项中的子网掩码255.255.255.0逐位相“与”，得出网络地址（202.1.1.0）。然后和这一行的目的网络地址（202.1.1.0）进行比较，发现相同，于是将报文转发至R1。

➤ 举例：划分子网后路由器的转发过程



3. 路由器R1将数据包转发至相应子网 (1)

数据包到达路由器R1，R1先找路由表中的第一行，看看这一行的目的网络地址和收到的数据包的网络地址是否匹配；

➤ 举例：划分子网后路由器的转发过程



3. 路由器R1将数据包转发至相应子网 (2)

R1用报文中的目的IP（即202.1.1.70）与第一条路由表项中的子网掩码255.255.255.192逐位相“与”，得出网络地址（202.1.1.64）。然后和这一行的目的网络地址（202.1.1.0）进行比较，发现不匹配。

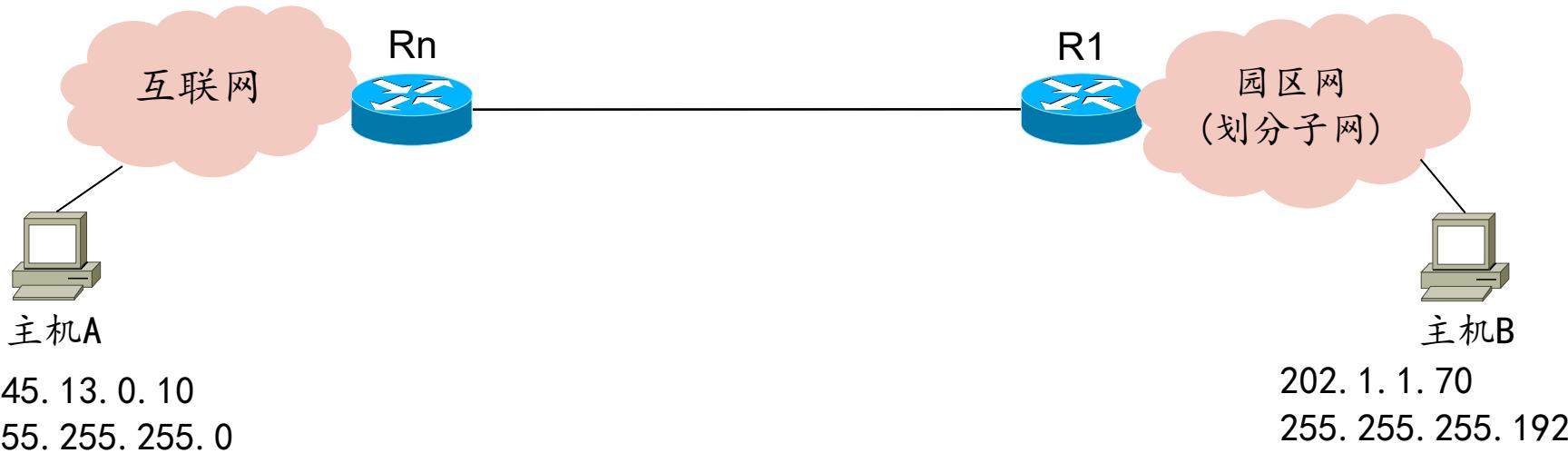
➤ 举例：划分子网后路由器的转发过程



3. 路由器R1将数据包转发至相应子网 (3)

R1 continues to use the destination IP in the message header and compares it with the subnet mask 255.255.255.192 in the second route entry of the routing table. It performs a "AND" operation on the corresponding bits of the destination IP and the subnet mask. This results in the network address 202.1.1.64. Then, it compares this network address with the destination network address in the second row of the routing table (202.1.1.64). Since they match, R1 performs the corresponding forwarding, ultimately reaching host B.

➤ 举例：划分子网后路由器的转发过程



通信完毕

(注意，返程的步骤不再描述)



三、无类别域间路由 (CIDR)

3.1 CIDR产生的背景

CIDR产生的背景

□ IP地址资源的不足

■ 划分子网在一定程度上缓解了因特网在发展中遇到的困难。然而在1992年因特网仍然面临3个必须尽早解决的问题，这就是：

- ① B类地址在1992年已分配了近一半，眼看很快就将全部分配完毕！
- ② 因特网主干网上的 路由表中的项目数急剧增长（从几千个增长到几万个）。
- ③ 整个IPv4的地址空间最终将全部耗尽。

CIDR产生的背景

□ 无分类编址的引入

- IETE认为上面的第3个问题属于更加长远的问题，因此，专门成立IPv6工作组负责研究解决新版本IP的问题。但是，在新版本IP被标准化并得到采纳之前，为了适应网络增长，针对前两个问题，人们发明了一个临时的解决办法。
- 这个临时的编址方法称为无分类编址（classless addressing）。

CIDR产生的背景

□ 什么是无分类编址？

- 无分类编址方法的正式名字是无类别域间路由选择（Classless Inter-Domain Routing，简称CIDR）。除了新的编址方案以外，CIDR还包括了新的转发和路由传播技术。
- 无分类编址（classless addressing），它扩展了子网编址中所用的思路，允许网络前缀具有任意长度并能够被互联网上的路由器所识别。（按照传统分类编址和子网编址方式，互联网上的路由器的路由表中，网络前缀必须是按照A类、B类、C类划分的，子网号的长度由本地路由器管理和识别）。

CIDR产生的背景

□ CIDR消除了分类IP地址的概念

- 在分类IP地址阶段，管理机构分配IP地址时，必须按照类别分配，即分配的地址段要么是一个A类地址段，要么是一个B类或者C类地址段。
- CIDR消除了传统的A类、B类和C类地址的概念，管理机构在分配IP地址段时也不再按照分类IP地址的类别进行分配，而是将IP网络地址空间看成一个整体，并划分成连续的地址块，然后采用分块的方法进行分配。

CIDR产生的背景

□ CIDR消除了分类IP地址的概念

- 应用CIDR以后，管理机构分配地址时就灵活多了，例如，他可以分配一个比B类地址段小，但比C类地址段大的IP地址块；
- 在分类IP地址阶段，互联网上的路由器并不知道各目的网络是否划分子网，因此其路由表中的目的网络都指的是完整的A类或者B类、C类地址段，但应用CIDR以后，互联网路由器的路由表中，目的网络可以不再是一个完整的分类地址，例如可以是一个B类地址段中的一部分，也可以是连续若干个C类地址段等等。

举例：目的网络不再是一个完整的分类地址

□ 一个B类地址段中的一部分（例如：B类地址 128.1.0.0）

- 128.1.0.0 ~128.1.0.255
- 128.1.1.0 ~128.1.1.255
- 128.1.2.0 ~128.1.2.255
- 128.1.3.0 ~128.1.3.255

分配给单位A



举例：目的网络不再是一个完整的分类地址

□ 连续若干个C类地址段

- 202.1.0.0 ~ 202.1.0.255
- 202.1.1.0 ~ 202.1.1.255
- 202.1.2.0 ~ 202.1.2.255
- 202.1.3.0 ~ 202.1.3.255

分配给单位B



3.2 CIDR的三个要点

CIDR的三个要点

□ 要点1：网络前缀

- CIDR使用0—32的任意长度的“网络前缀”来代替分类地址中的网络号和子网号，从而使IP地址从三级编址（使用子网掩码）又回到了两级编址，但这已是无分类的两级编址。它的记法是：

IP地址 : : = {〈网络前缀〉, 〈主机号〉}



CIDR的三个要点

□ 要点1：网络前缀

■ CIDR在表示一个IP地址时，使用“斜线记法”表示该IP地址对应的网络前缀，即在IP地址后面加上斜线“/”，然后写上网络前缀所占的位数（即子网掩码中1的个数）。

- 例如：172.16.80.10/18
- 表示172.16.80.10这个IP地址，其网络前缀是18位，由此可计算出其网络地址是172.16.64.0

IP地址 10101100.00010000 . 01|010000.00001010
网络地址 10101100.00010000 . 01|000000.00000000

172	16	64	0
-----	----	----	---

CIDR的三个要点

□ 要点1：网络前缀

■ 最长前缀匹配原则

- 路由表中每个项目由“网络前缀”和“下一跳地址”组成，在进行路由选择时，可能会得到不止一个匹配结果；
- 应当从匹配结果中选择具有最长网络前缀的路由；这叫做最长前缀匹配，这是因为网络前缀越长，其地址块就越小，因而路由就越具体；
- 二叉线索树的应用

CIDR的三个要点

□ 要点2：地址掩码

- 与子网掩码一样，地址掩码是一串1和一串0组成，而1的个数就是网络前缀的长度。在CIDR中，通过使用32位的地址掩码，可从IP地址中迅速计算出网络地址；
- 虽然CIDR不使用子网了，但由于目前仍有一些网络还使用子网划分和子网掩码，因此CIDR使用的地址掩码也可继续称为子网掩码。
- 地址掩码举例：
 - /18: 11111111.11111111.11000000.0000000 255.255.192.0
 - /25: 11111111.11111111.11111111.10000000 255.255.255.128

CIDR的三个要点

□ 要点2：地址掩码

- 使用CDIR后，路由器的路由表中，除了要给出目的网络地址和下一跳地址外，还必须给出目的网络对应的网络前缀位数，用斜线记法。

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	Flags	NextHop	Interface
10.0.0.4/30	Direct	0	0	D	10.0.0.5	GigabitEthernet0/0/1
10.0.5.0/30	Direct	0	0	D	10.0.5.2	GigabitEthernet0/0/3
172.16.1.0/24	Static	60	0	RD	10.0.0.6	GigabitEthernet0/0/1
192.168.64.0/24	RIP	100	2	D	10.0.0.1	GigabitEthernet0/0/0
192.168.65.0/24	RIP	100	2	D	10.0.0.1	GigabitEthernet0/0/0

CIDR的三个要点

□ 要点3：地址块

- CIDR把网络前缀都相同的连续的IP地址组成“CIDR地址块”；
- IP地址管理者在分配IP地址时，不再是分配1个A类地址段或1个B类、C类的地址段，而是可以分配一个“地址块”。这个地址块的范围可以很灵活，可以比一个B类地址范围小，同时比一个C类地址范围大。还可以比一个C类地址范围还要小。
- 使用CIDR的一个好处就是可以更加有效地分配IPv4的地址空间，可根据客户的需要分配适当大小的CIDR地址块。然而在分类地址的环境中，向一个组织分配IP地址，就只能以/8, /16, /24为单位来分配。这就很不灵活，容易造成IP地址的浪费。

CIDR的三个要点

□ 要点3：地址块

- 只要知道CIDR地址块中的任何一个地址，就可以知道这个地址的网络地址、起始地址（即最小地址）和最大地址，以及地址块中的地址数。
- 可以用地址块中的起始地址（即地址中地址数值最小的一个）和网络前缀的位数指明这个地址块。例如前面的地址块可记为128.14.32.0/20。

CIDR的三个要点

□ 要点3：地址块

■ 举例：地址块计算

- 已知IP地址128.14.35.7/20，是某CIDR地址块中的一个地址，求该地址块中的网络地址、IP地址最大值、最小值、地址数

IP 地址	10000000 00001110 0010 0011 00000111	128.14.35.7
块中最小值	10000000 00001110 0010 0000 00000000	128.14.32.0
块中最大值	10000000 00001110 0010 1111 11111111	128.14.47.255
网络地址	128.14.32.0	
块中地址数	$2^{12}=4096$ 个地址（因为主机号为12位）	

CIDR的三个要点

□ 要点3：地址块

■ CIDR地址块可继续划分

- 分配到一个**CIDR**地址块的组织，仍然可以在本组织内部根据需要划分子网。这些子网也都只有一个网络前缀和一个主机号字段。当然，子网的网络前缀比整个组织的网络前缀要长一些。
- 例如，某单位分配到**202.1.0.0/20**这个地址块，他仍然可以再继续划分子网（例如从主机号中借用**1**位，将地址块平分成**2**个子网）。这时每一个子网的网络前缀就变成**21**位（原来的**20**位加上从主机号借来的**1**位），比该单位的网络前长**1**位。

举例：地址块再划分

- 某单位分配到202.1.0.0/20这个地址块.....

从主机号中借1位，作为子网位（号），即网络前缀的位数变为 21

IP地址	11001010 00000001 00000 000 00000000	202.1.0.0
地址掩码 (/21)	11111111 11111111 11111 000 00000000	255.255.248.0

举例：地址块再划分

□ 某单位分配到202.1.0.0/20这个地址块

- 将网络前缀延长1位， $202.1.0.0/20$ 地址块可被平分为两个子网
 - 分析第1个子网的信息

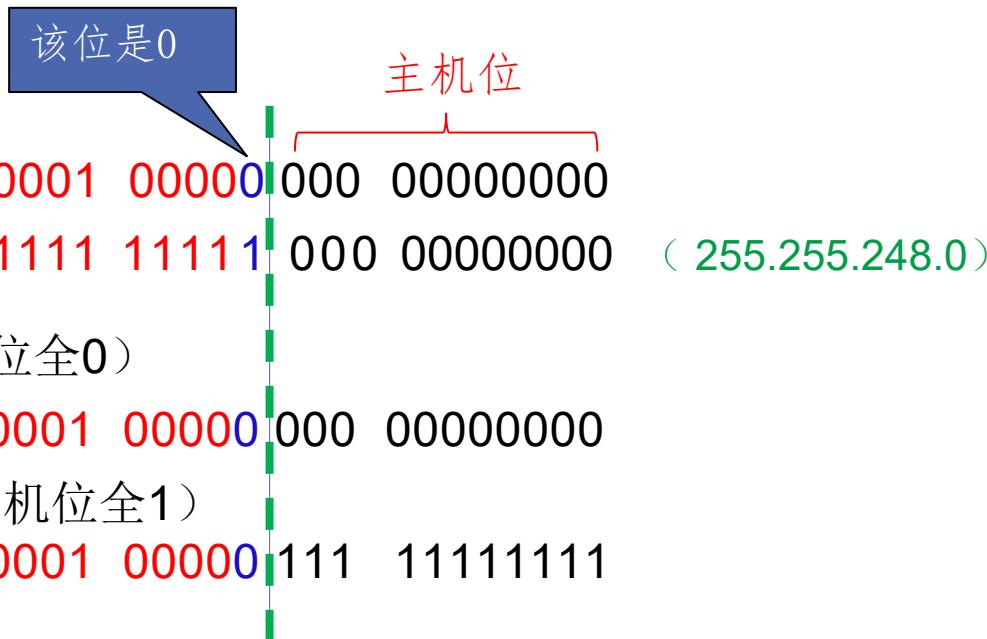
网络地址: 202.1.0.0

二进制形式：

地址掩码 (/21):

子网首地址:

子网末地址：



举例：地址块再划分

□ 某单位分配到202.1.0.0/20这个地址块

- 将网络前缀延长1位，202.1.0.0/20地址块可被平分为两个子网
- 分析第2个子网的信息

网络地址:	202.1.8.0	该位是1	主机位
二进制形式:	11001010 00000001 00001000 00000000		
地址掩码 (/21):	11111111 11111111 11111000 00000000	(255.255.248.0)	
子网首地址:	202.1.8.0 (主机位全 0)		
	11001010 00000001 00001000 00000000		
子网末地址:	202.1.15.255 (主机位全 1)		
	11001010 00000001 00001111 11111111		

举例：地址块再划分

□ 某单位分配到202.1.0.0/20这个地址块

- 将网络前缀延长2位，202.1.0.0/20地址块可被平分为4个子网
- 各子网的网络地址（即首地址）的信息

地址掩码 (/22): 11111111 11111111 111111| 00 00000000 255.255.252.0

子网1: 11001010 00000001 000000| 00 00000000

子网2: 11001010 00000001 000001| 00 00000000

子网3: 11001010 00000001 000010| 00 00000000

子网4: 11001010 00000001 000011| 00 00000000

3.3 构建超网与路由聚合

构建超网与路由聚合

□ CIDR也被称为“构建超网”

■ 一个地址块中，可能包含多个分类的地址段。

- 例如一个C类的地址块，其网络前缀的位数是/24，若一个地址块是/22，
相当于包含4个连续的C类地址块；/20相当于包含16个C类地址块。
- 因此，网络前缀越短，其地址块所包含的地址数就越多；

■ 因此在文献中有时称CIDR编址为“构建超网”

◆ 不同地址块包含的分类的地址段数量

CIDR 前缀长度	点分十进制	包含的地址数	相当于包含分类的网络数
/13	255.248.0.0	512 K	8 个 B类或 2048 个 C类
/14	255.252.0.0	256 K	4 个 B类或 1024 个 C类
/15	255.254.0.0	128 K	2 个 B类或 512 个 C类
/16	255.255.0.0	64 K	1 个 B类或 256 个 C类
/17	255.255.128.0	32 K	128 个 C类
/18	255.255.192.0	16 K	64 个 C类
/19	255.255.224.0	8 K	32 个 C类
/20	255.255.240.0	4 K	16 个 C类
/21	255.255.248.0	2 K	8 个 C类
/22	255.255.252.0	1 K	4 个 C类
/23	255.255.254.0	512	2 个 C类
/24	255.255.255.0	256	1 个 C类
/25	255.255.255.128	128	1/4 个 C类
/26	255.255.255.192	64	知乎 Q&A 作者 Steven
/27	255.255.255.224	32	1/8 个 C类

构建超网与路由聚合

□ 利用CIDR地址块来标记目的网络

■ 目的：利用CIDR地址块来标记目的网络，减少路由表中记录数量；

➤ 将若干连续的小地址块，构建成一个大的地址块，变成“超网”。如果用“大”的地址块，来表示路由表中的目的网络，就可使得路由表中的一条记录可以表示原来传统分类地址的多条路由记录，从而大大减少路由表中的路由记录数量，使路由表得以优化。

■ 举例说明

构建超网与路由聚合

□ 某大学（A）建设校园网，需要申请4000个IP地址

■ 在分类IP地址阶段

- 分析1：一个C类地址段不够
- 分析2：申请一个B类IP地址段会造成IP地址大量浪费；
- 分析3：申请16个C类地址段，总地址数可达到4096个地址，但互联网路由器的路由表中就需要16条记录；
- 假设申请的IP地址是211.69.32.0~211.69.47.255

给A大学分配IP地址的问题

211.69.32.0

211.69.33.0

211.69.34.0

211.69.35.0

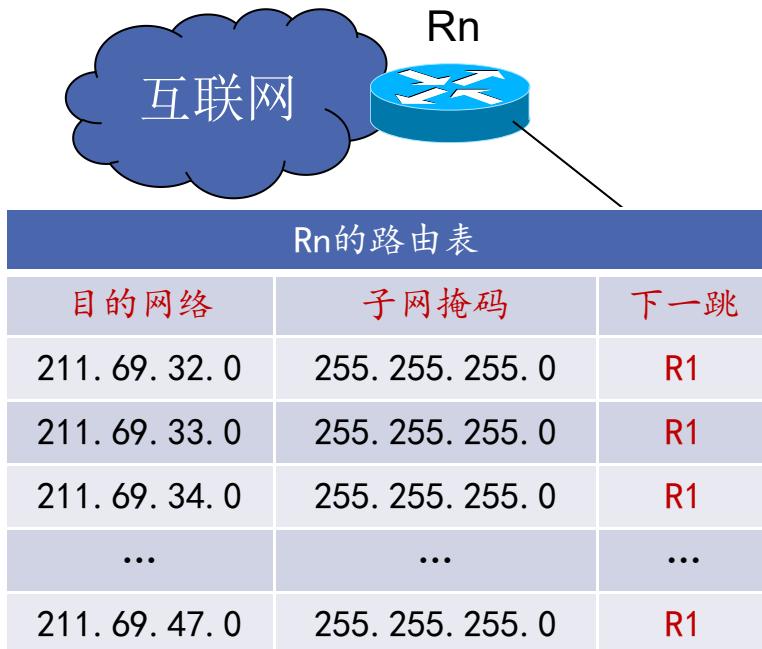
211.69.36.0

211.69.37.0

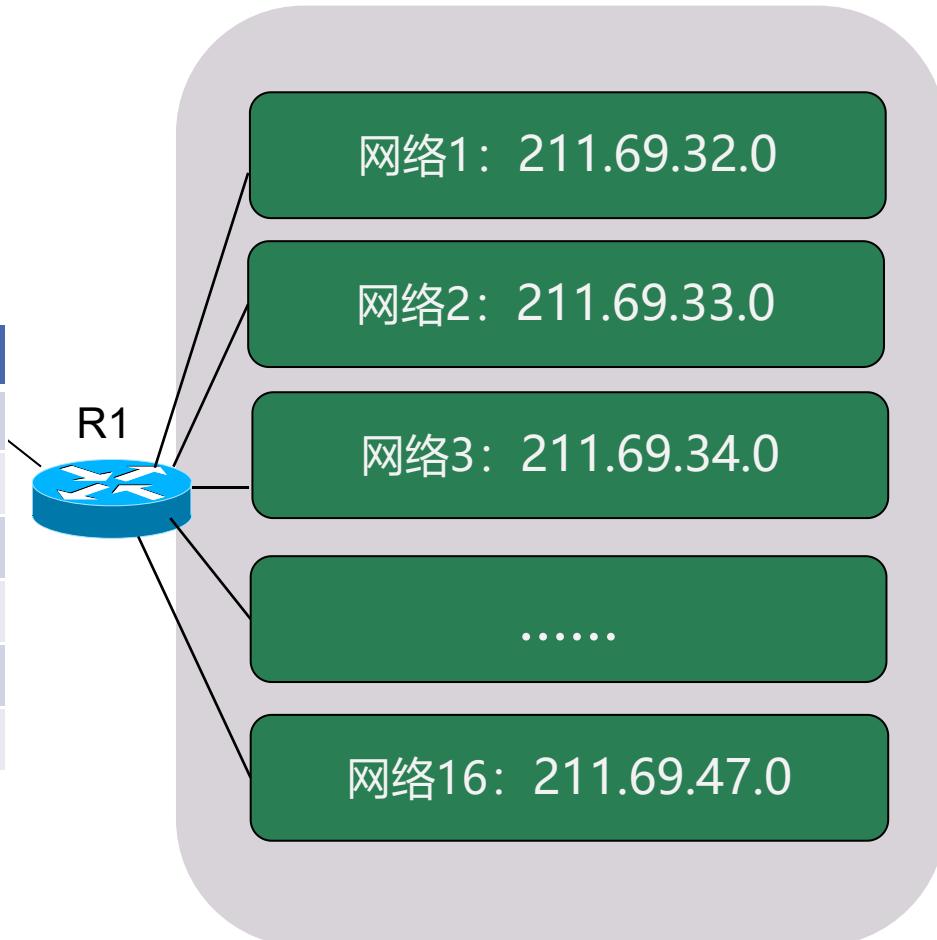
.....

211.69.47.0

在没有CIDR之前，需要申请16个C类地址，并且互联网上的路由器中，需要增加16条路由记录，这些记录其实都指向A大学。



互联网路由器的路由表中就需要16条记录；



给A大学分配IP地址的问题

211.69.32.0

211.69.33.0

211.69.34.0

211.69.35.0

211.69.36.0

211.69.37.0

.....

211.69.47.0

对这16个C类地址段进行分析

➤ 分析IP地址块 211.69.32.0~211.69.47.255

211.69.32.0 :	11010011.01000101 . 0010	0000.00000000
211.69.33.0 :	11010011.01000101 . 0010	0001.00000000
211.69.34.0 :	11010011.01000101 . 0010	0010.00000000
211.69.35.0 :	11010011.01000101 . 0010	0011.00000000
	
211.69.46.0 :	11010011.01000101 . 0010	1110.00000000
211.69.47.0 :	11010011.01000101 . 0010	1111.00000000

可以看出，从211.69.32.0~211.69.47.255，所有IP地址的前20位正好相同。因此可以用斜线记法211.69.32.0/20表示这个地址块；

➤ 分析IP地址块 211.69.32.0~211.69.47.255

211.69.31.0 :	11010011.01000101 . 0001 1111.00000000
211.69.32.0 :	11010011.01000101 . 0010 0000.00000000
211.69.33.0 :	11010011.01000101 . 0010 0001.00000000
211.69.34.0 :	11010011.01000101 . 0010 0010.00000000
211.69.35.0 :	11010011.01000101 . 0010 0011.00000000
.....	
211.69.46.0 :	11010011.01000101 . 0010 1110.00000000
211.69.47.0 :	11010011.01000101 . 0010 1111.00000000
211.69.48.0 :	11010011.01000101 . 0011 0000.00000000

进一步分析：211.69.32.0/20可以且仅可以表示211.69.32.0~211.69.47.255这个地址块

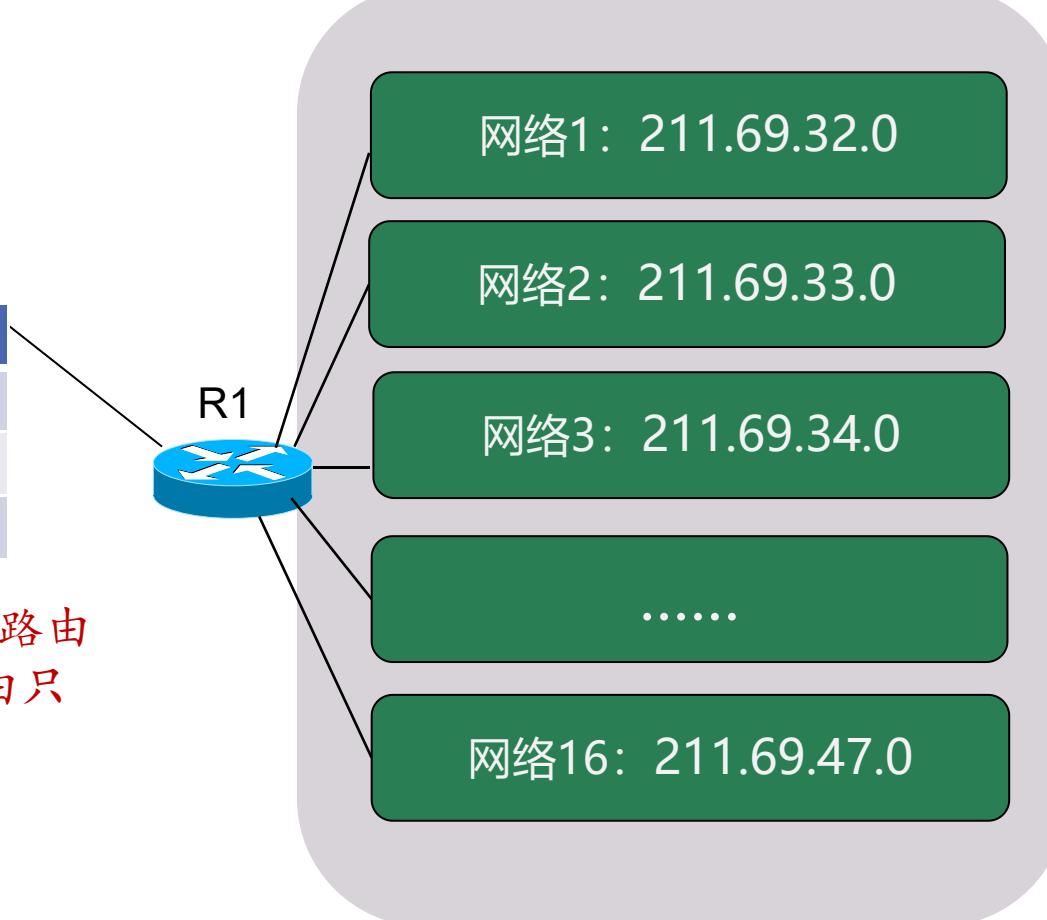
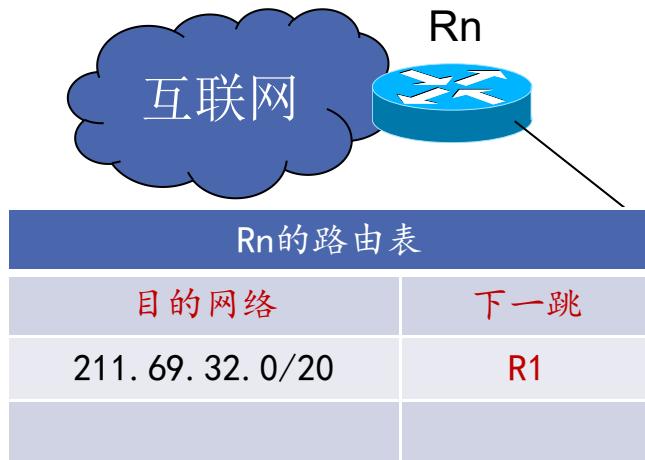
给A大学分配IP地址的问题

211.69.32.0
211.69.33.0
211.69.34.0
211.69.35.0
211.69.36.0
211.69.37.0
.....
211.69.47.0

因此，可以用该地址块的首地址
(211.69.32.0) 加上网络前缀，表示该地
址块。即

211.69.32.0 / 20

这样，在互联网路由器的路由表中，只需
要一条指向 211.69.32.0 /20的记录就行了。



使用CIDR后，互联网路由器的路由表中，指向A大学校园网的路由只需要1条记录即可。

构建超网与路由聚合

□ 路由聚合

- 这种使用CIDR地址块来表示路由表中的目的网络，从而将多条路由记录合并成少数几条，甚至一条记录的方式，称为路由聚合。
- 路由聚合，可使得路由表中的一条记录可以表示原来传统分类地址的很多条路由，从而大大优化路由表；
- 构建超网，是实现路由聚合的**前提！**

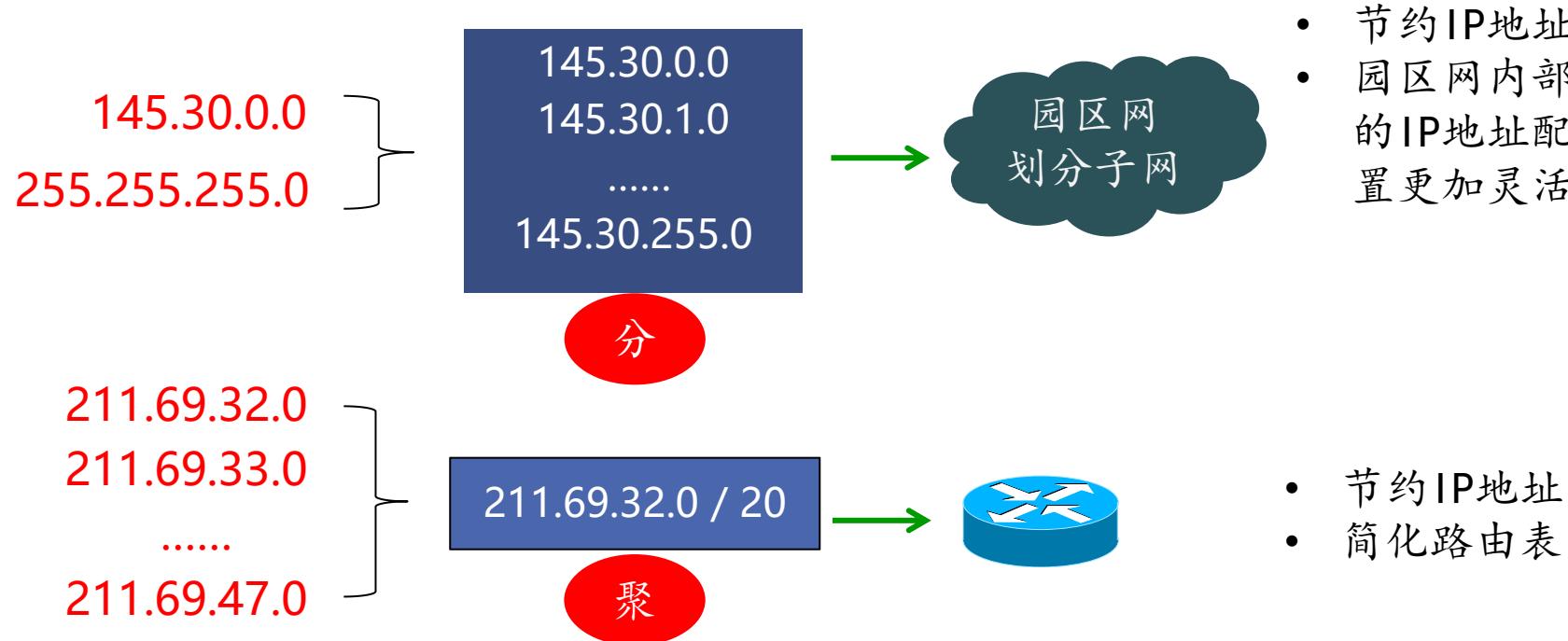
构建超网与路由聚合

□ 构建超网的应用

- 例如一个中等规模的单位。采用分类编址方案时，该单位可以申请一个B类网络地址，但这可能造成IP地址的大量浪费；
- 也可以申请多个C类网络地址，但这会造成路由表项目数大量增加。
- 根据CIDR的编址方式，允许一个ISP给该单位分配一个C类地址块（即多个连续的C类网络地址），而不是分配一个B类网络。这块地址的数量可以比一个B类网络地址少得多，即满足了需求又节约了IP地址；
- 通过构建超网实现路由聚合，在路由表中可将这若干个连续的C类地址聚合为一个目的网络地址，即只需要一条路由。

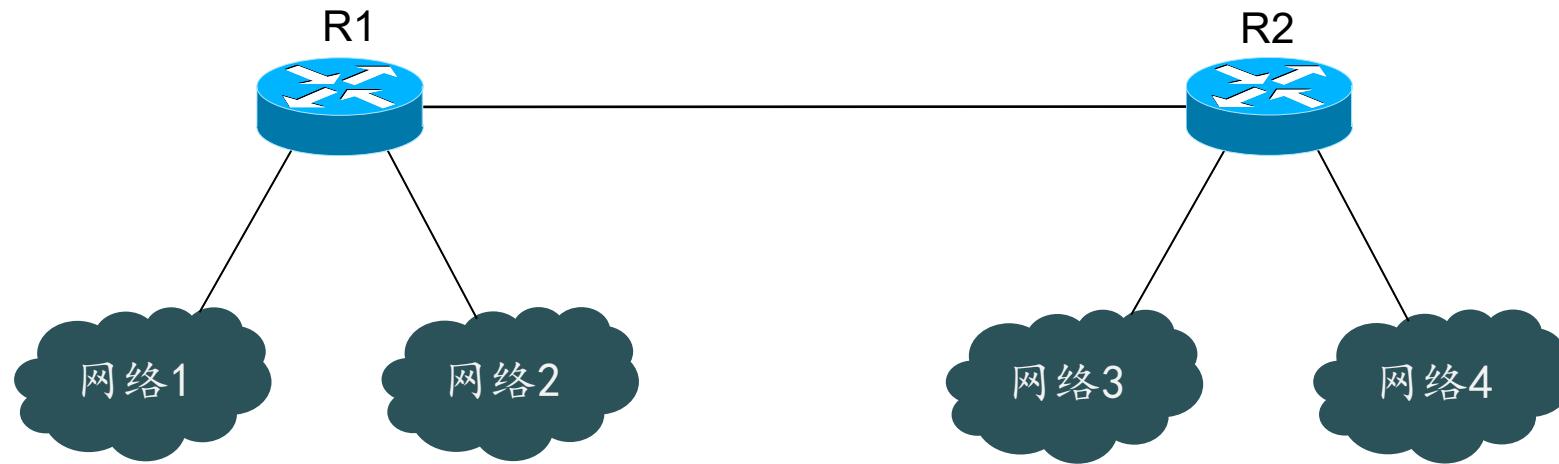
构建超网与路由聚合

□ 构建超网与划分子网的对比



构建超网应用案例1

➤ 构建超网应用案例1



网络拓扑结构如上图，现规划整个网络1～网络4的IP地址

➤ 构建超网应用案例1



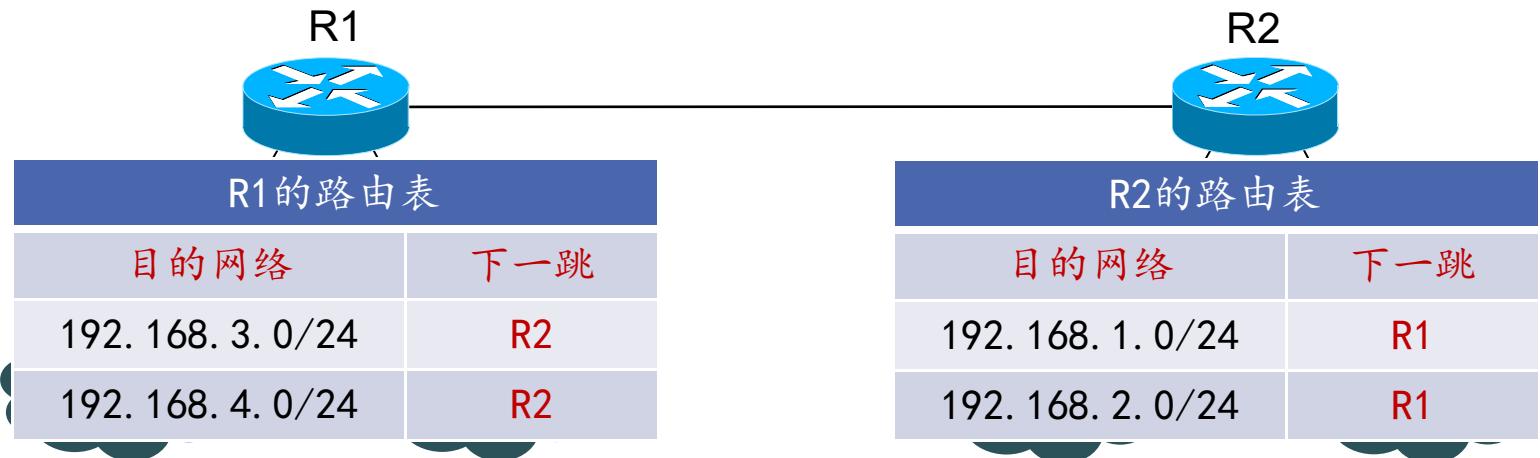
➤ IP地址规划方案1

网络1: 192.168.1.0/24
网络2: 192.168.2.0/24
网络3: 192.168.3.0/24
网络4: 192.168.4.0/24

➤ IP地址规划方案2

网络1: 192.168.0.0/24
网络2: 192.168.1.0/24
网络3: 192.168.2.0/24
网络4: 192.168.3.0/24

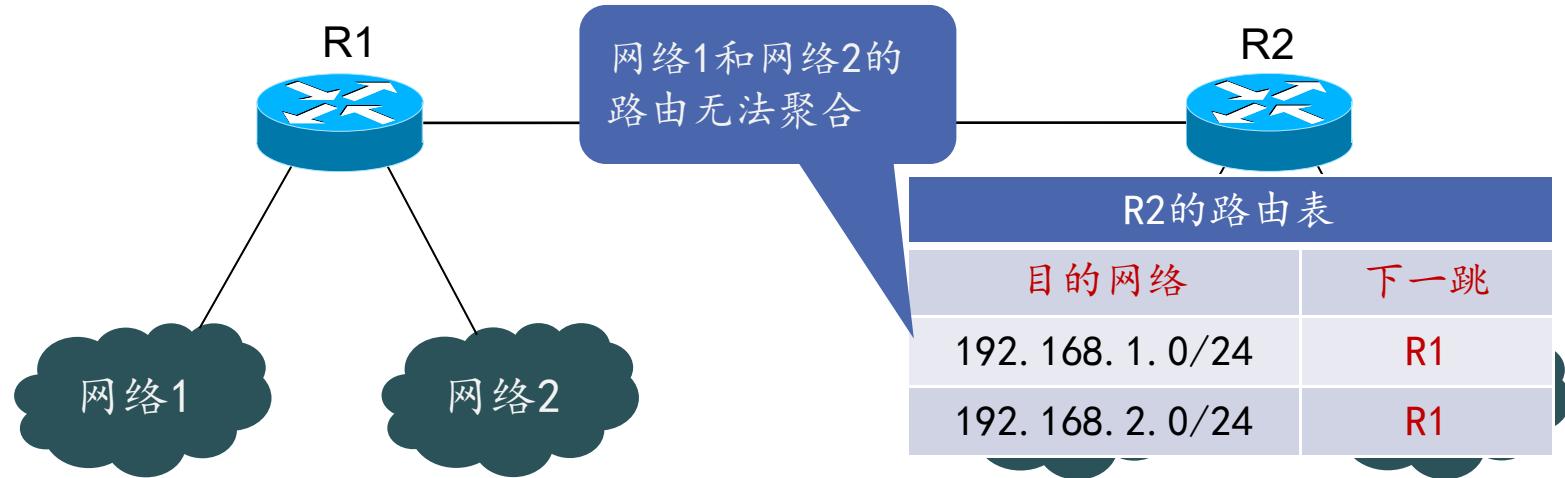
➤ 构建超网应用案例1



➤ 分析方案1

为保证通信，在路由器R1中必须有网络3和网络4的路由，同理，R2中应该有网络1和网络2的路由

➤ 构建超网应用案例1

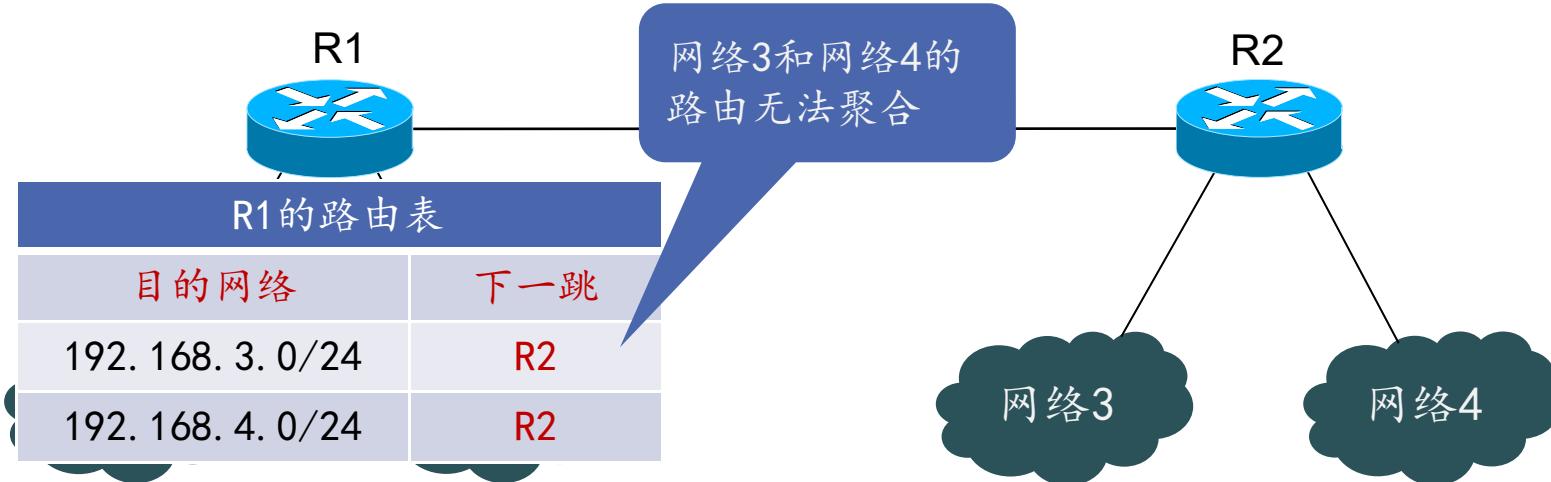


192.168.1.0/24 : 11000000.10101000 . 0000 001.00000000

192.168.2.0/24 : 11000000.10101000 . 0000 0010.00000000

虽然192.168.1.0/24和192.168.2.0/24是连续地址段，且它们的前22位相同，但并不能用192.168.0.0/22地址块来表示网络1和网络2，因为它表示的是与192.168.0.0这个地址的前22位相同的所有IP地址组成地址块。但这个地址块中还包含192.168.0.0/24和192.168.3.0/24这两个地址段。

➤ 构建超网应用案例1

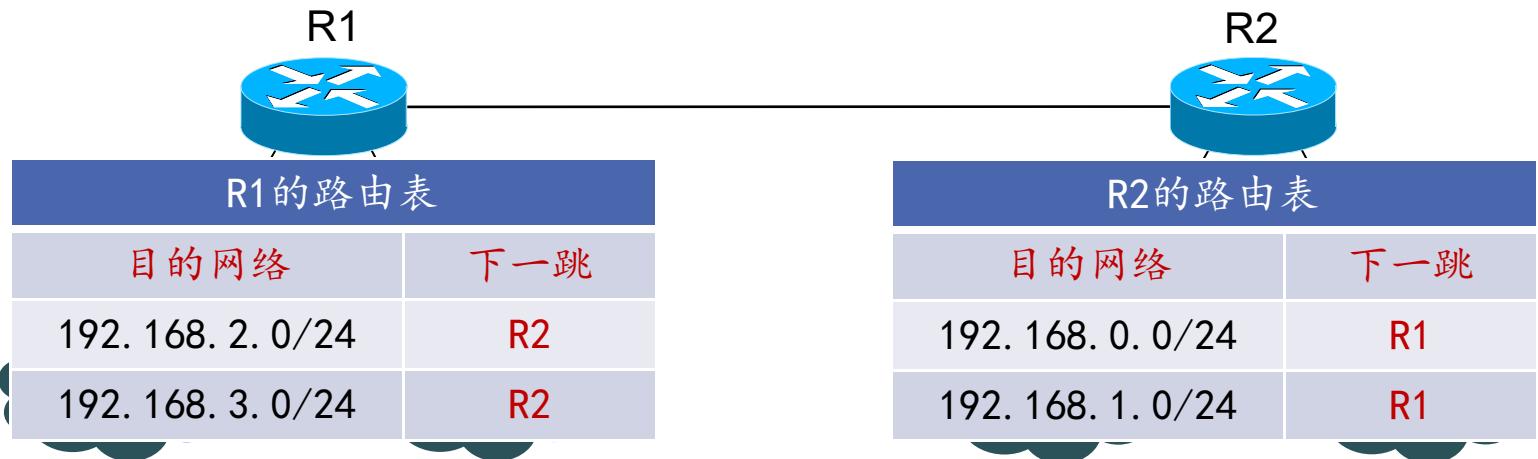


192.168.3.0/24 : **11000000.10101000 . 0000 0011.00000000**

192.168.4.0/24 : **11000000.10101000 . 0000 0100.00000000**

虽然192.168.3.0/24和192.168.4.0/24是连续地址段，且它们的前21位相同，但并不能用192.168.0.0/21地址块来表示网络3和网络4。因为这个地址块中还包含其他地址，例如192.168.5.0/24 ~192.168.7.0/24。

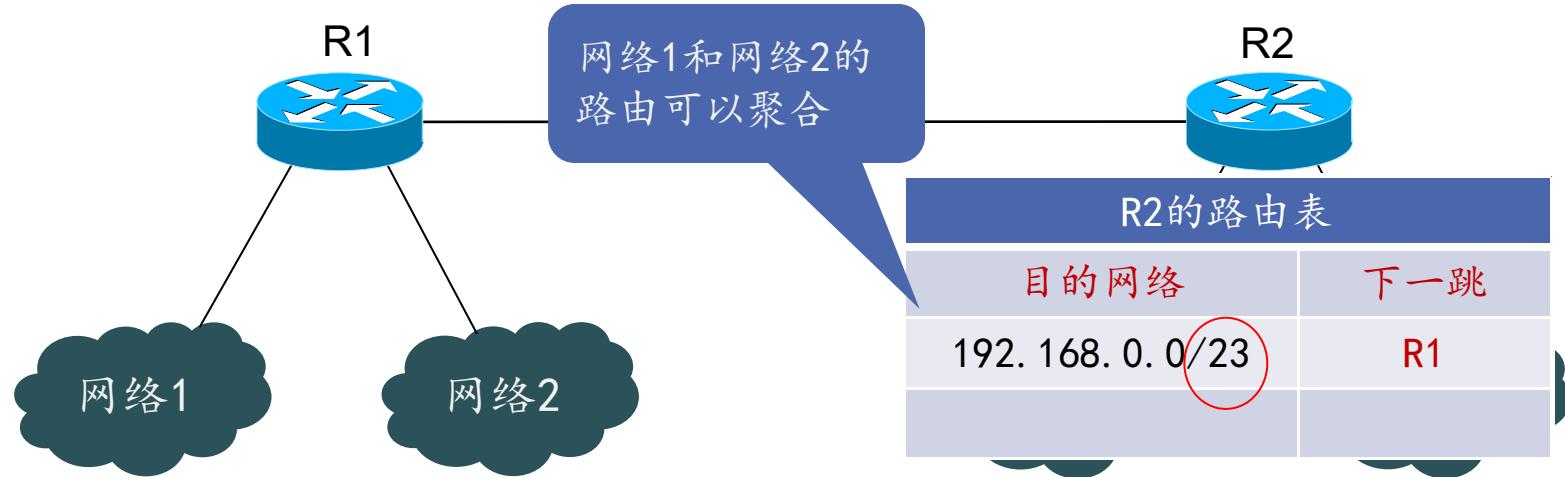
➤ 构建超网应用案例1



➤ 分析方案2

为保证通信，在路由器R1中必须有网络3和网络4的路由，同理，R2中应该有网络1和网络2的路由

➤ 构建超网应用案例1

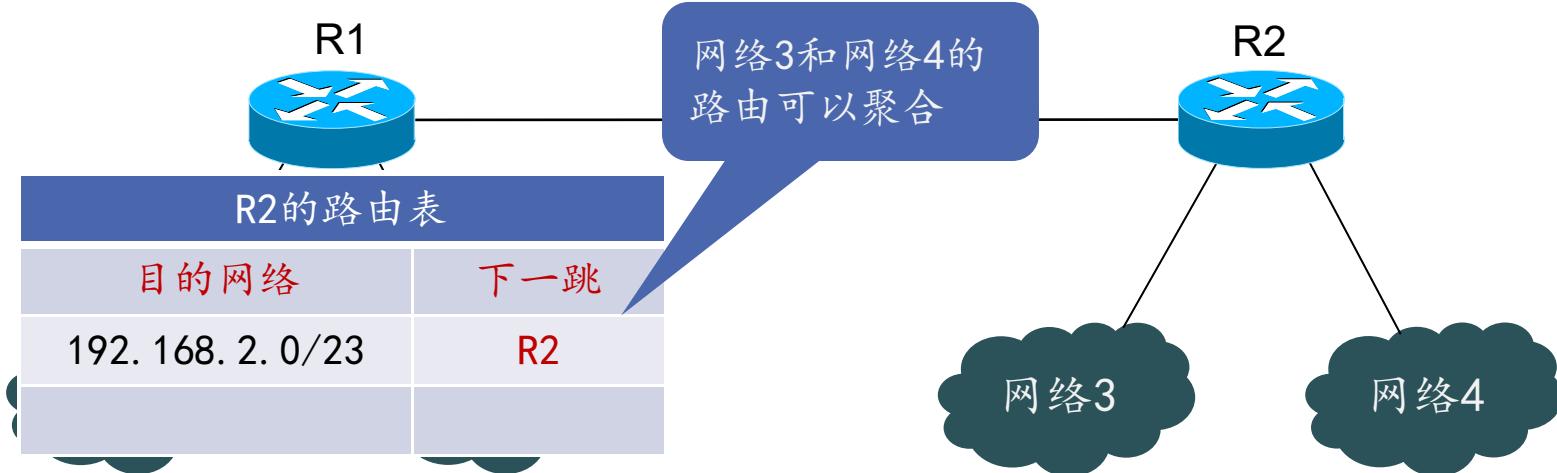


192.168.0.0/24 : **11000000.10101000 . 0000 00000000**

192.168.1.0/24 : **11000000.10101000 . 0000 0001.00000000**

可以看出，192.168.0.0/24和192.168.1.0/24是连续地址段，且它们的前23位相同，并且刚好可以用192.168.0.0/23地址块来表示网络1和网络2。

➤ 构建超网应用案例1

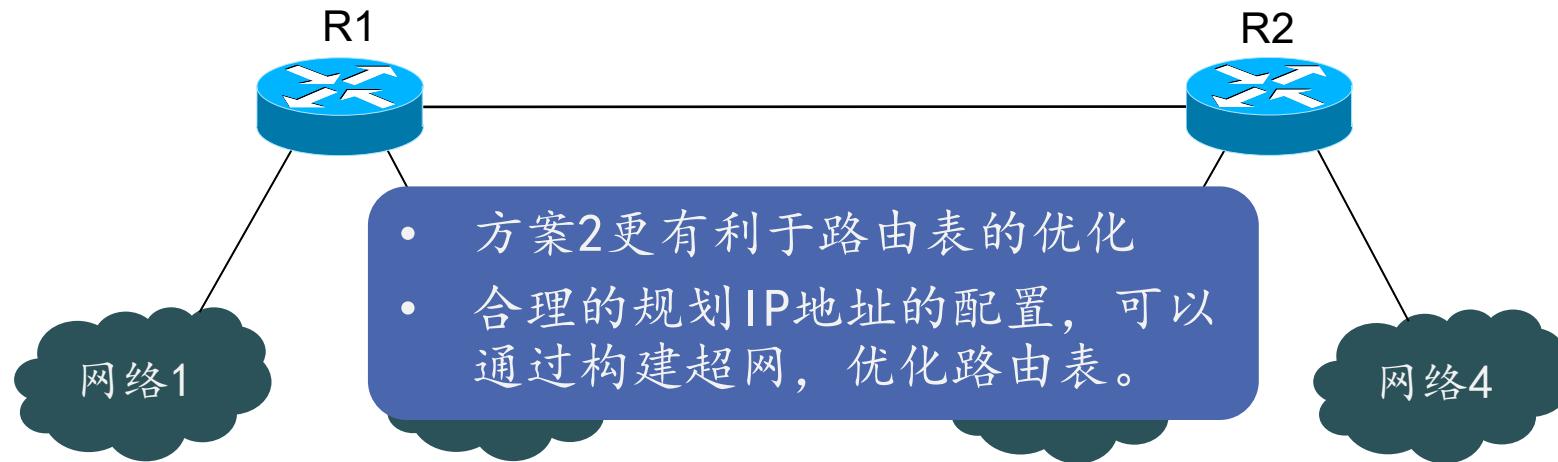


192.168.2.0/24 : **11000000.10101000 . 0000 0010.00000000**

192.168.3.0/24 : **11000000.10101000 . 0000 0011.00000000**

可以看出，192.168.2.0/24和192.168.3.0/24是连续地址段，且它们的前23位相同，并且刚好可以用192.168.2.0/23地址块来表示网络3和网络4。

➤ 构建超网应用案例1



➤ IP地址规划方案1

网络1: 192.168.1.0/24
网络2: 192.168.2.0/24
网络3: 192.168.3.0/24
网络4: 192.168.4.0/24

➤ IP地址规划方案2

网络1: 192.168.0.0/24
网络2: 192.168.1.0/24
网络3: 192.168.2.0/24
网络4: 192.168.3.0/24

构建超网应用案例2

➤ 构建超网应用案例2

假定某ISP拥有地址块206.0.64.0/18（相当于有64个C类网络）。现在某大学需要800个IP地址，并向ISP申请。

如何你是ISP的管理员，请问以下2个地址分配方案，哪个更好？

- 方案1: 206.0.64.0~206.0.67.255
- 方案2: 206.0.67.0~206.0.70.255

➤ 构建超网应用案例2

分析方案1：206.0.64.0~206.0.67.255

206.0.64.0/24

206.0.65.0/24

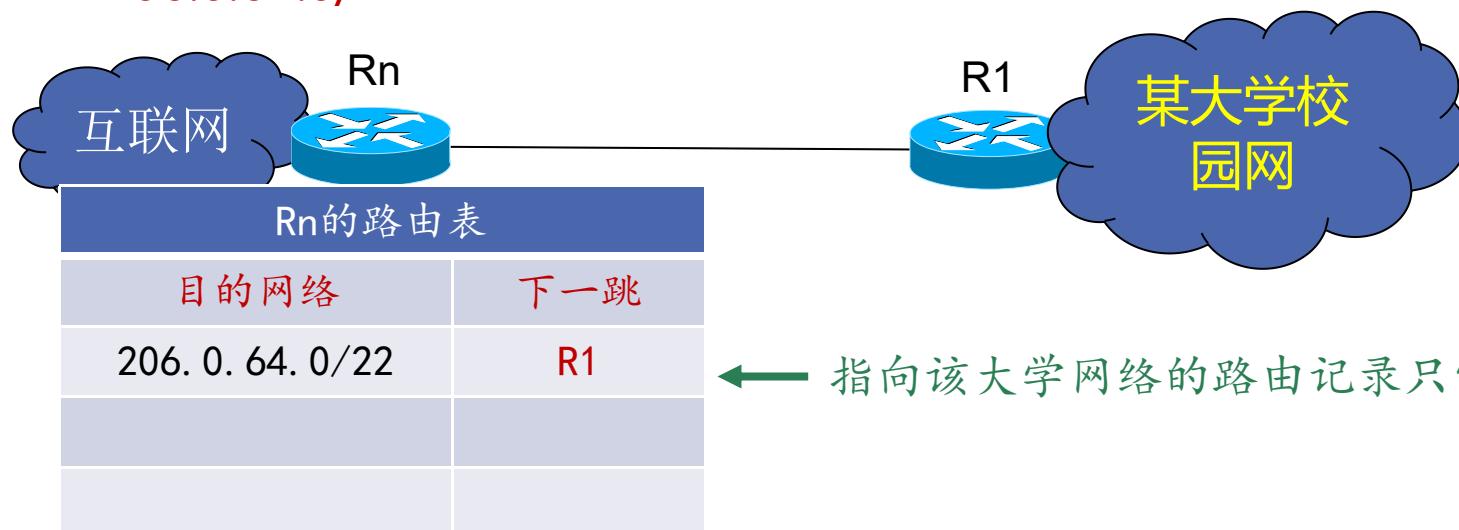
206.0.66.0/24

206.0.67.0/24

构建超网
(聚合)

206.0.64.0/22

所分配的地址可聚
合成一个地址块



➤ 构建超网应用案例2

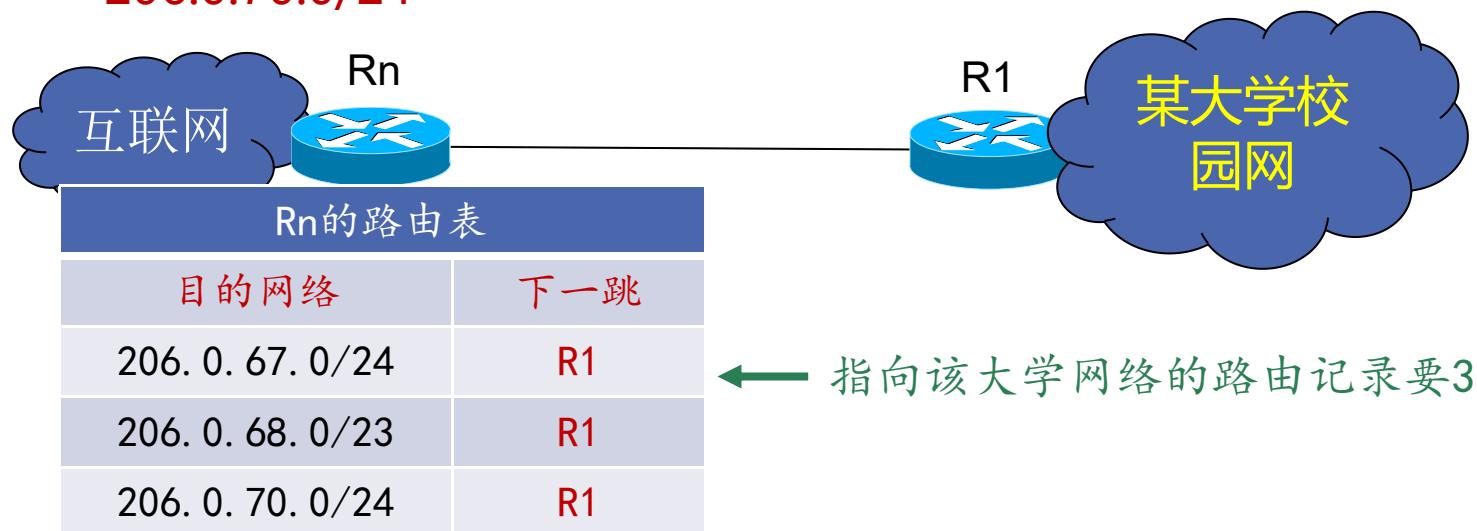
分析方案2: 206. 0. 67. 0~206. 0. 70. 255

206.0.67.0/24
206.0.68.0/24
206.0.69.0/24
206.0.70.0/24

构建超网
(聚合)

206.0.67.0/24
206.0.68.0/23
206.0.70.0/24

所分配的地址可聚
合成3个地址块



3.4 定长子网掩码和变长子网掩码

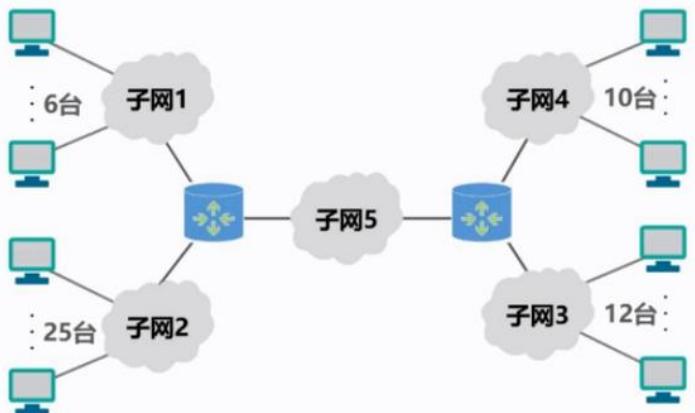
定长子网掩码和变长子网掩码

□ 定长子网掩码

- 整个网络使用同一个子网掩码来划分子网。
- 每个子网的IP地址数量相同，有可能造成IP地址的浪费

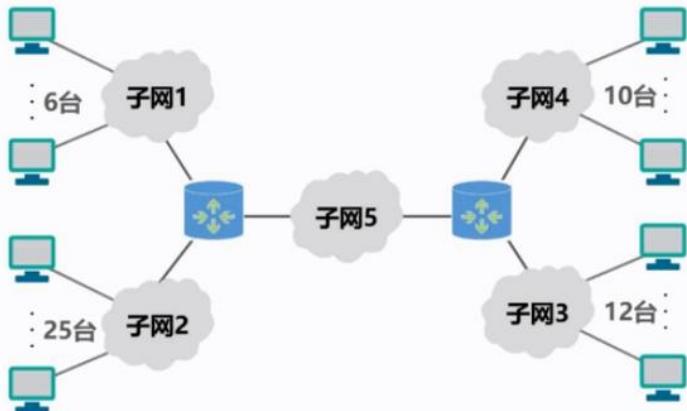
➤ 定长子网掩码

假设所分配到的C类网络为218.75.230.0，需要按下图所示进行子网划分，且每个子网使用相同的子网掩码（定长的子网掩码），请给出子网掩码、各子网的IP地址，各主机的IP地址以及各路由器每个接口的IP地址。



➤ 定长子网掩码

假设所分配到的C类网络为218.75.230.0，需要按下图所示进行子网划分，且每个子网使用相同的子网掩码（定长的子网掩码），请给出子网掩码、各子网的IP地址，各主机的IP地址以及各路由器每个接口的IP地址。



需求分析					
子网	主机IP地址数量	路由器接口IP地址数量	网络地址数量	广播地址数量	地址数量合计
1	6	1	1	1	9
2	25	1	1	1	28
3	12	1	1	1	15
4	10	1	1	1	13
5	0	2	1	1	4

共有5个子网，因此至少需要从主机号部分借用3个比特作为子网号。

子网数量： $2^3 = 8$ 每个子网的IP地址数量： $2^{(8 - 3)} = 32$

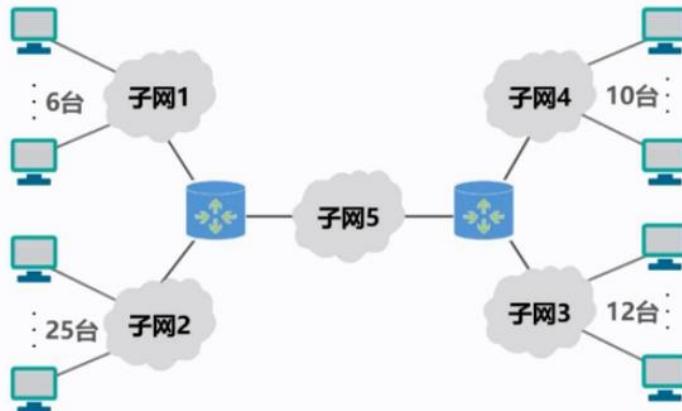
子网掩码： 255.255.255.224 (11100000)

分配方案： 从8个子网中任选5个，任意分配给子网1~子网5；

每个子网可分配给主机和路由器接口的IP地址为30个，可按需任意选择。

➤ 定长子网掩码

假设所分配到的C类网络为218.75.230.0，需要按下图所示进行子网划分，且每个子网使用相同的子网掩码（定长的子网掩码），请给出子网掩码、各子网的IP地址，各主机的IP地址以及各路由器每个接口的IP地址。



需求分析					
子网	主机IP地址数量	路由器接口IP地址数量	网络地址数量	广播地址数量	地址数量合计
1	6	1	1	1	9
2	25	1	1	1	28
3	12	1	1	1	15
4	10	1	1	1	13
5	0	2	1	1	4

共有5个子网，因此至少需要从主机号部分借用3个比特作为子网号。

子网数量： $2^3 = 8$ 每个子网的IP地址数量： $2^{(8 - 3)} = 32$

子网掩码： 255.255.255.224 (11100000)

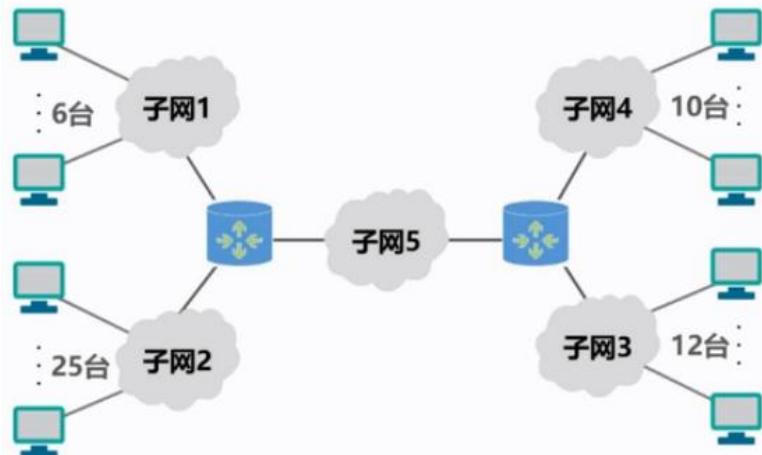
分配方案： 从8个子网中任选5个，任意分配给子网1~子网5；

每个子网可分配给主机和路由器接口的IP地址为30个，可按需任意选择。

子网地址	218.75.230.0	218.75.230.32	218.75.230.64	218.75.230.96	218.75.230.128	218.75.230.160	218.75.230.192	218.75.230.224
最小主机地址	218.75.230.1	218.75.230.33	218.75.230.65	218.75.230.97	218.75.230.129	218.75.230.161	218.75.230.193	218.75.230.225
最大主机地址	218.75.230.30	218.75.230.62	218.75.230.94	218.75.230.126	218.75.230.158	218.75.230.190	218.75.230.222	218.75.230.254
广播地址	218.75.230.31	218.75.230.63	218.75.230.95	218.75.230.127	218.75.230.159	218.75.230.191	218.75.230.223	218.75.230.255

➤ 定长子网掩码

假设所分配到的C类网络为218.75.230.0，需要按下图所示进行子网划分，且每个子网使用相同的子网掩码（定长的子网掩码），请给出子网掩码、各子网的IP地址，各主机的IP地址以及各路由器每个接口的IP地址。



子网掩码： 255.255.255.224 (11100000)

分配方案： 从8个子网中任选5个，任意分配给子网1~子网5；
每个子网可分配给主机和路由器接口的IP地址为30个，可按需任意选择。

使用定长子网掩码划分子网的缺点：

- 子网划分方式不灵活：只能划分出 2^n 个子网
(n是从主机号部分借用的用来表示子网的比特数量)
- 每个子网所包含的IP地址数量相同，容易造成IP地址浪费。

https://blog.csdn.net/wong_faye

子网地址	218.75.230.0	218.75.230.32	218.75.230.64	218.75.230.96	218.75.230.128	218.75.230.160	218.75.230.192	218.75.230.224
最小主机地址	218.75.230.1	218.75.230.33	218.75.230.65	218.75.230.97	218.75.230.129	218.75.230.161	218.75.230.193	218.75.230.225
最大主机地址	218.75.230.30	218.75.230.62	218.75.230.94	218.75.230.126	218.75.230.158	218.75.230.190	218.75.230.222	218.75.230.254
广播地址	218.75.230.31	218.75.230.63	218.75.230.95	218.75.230.127	218.75.230.159	218.75.230.191	218.75.230.223	218.75.230.255

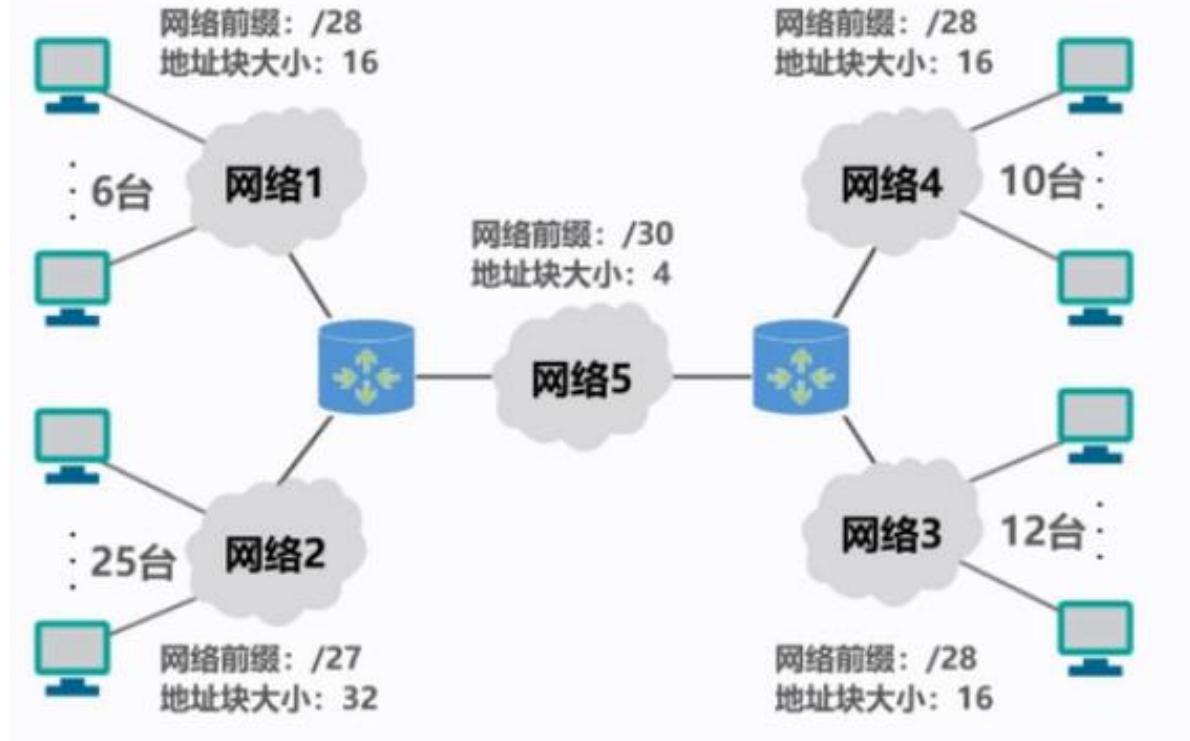
定长子网掩码和变长子网掩码

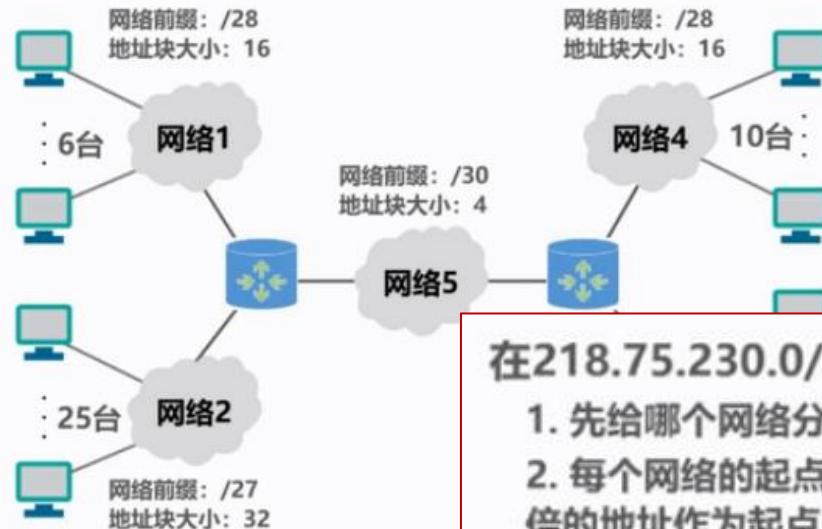
□ 变长子网掩码

- 整个网络内部，根据需要使用不同的子网掩码（地址掩码）来划分子网。
- 每个子网的IP地址数量可以不相同

➤ 变长子网掩码

示例：所拥有的地址块为218.75.230.0/24，请给下图所示的个网络分配地址块





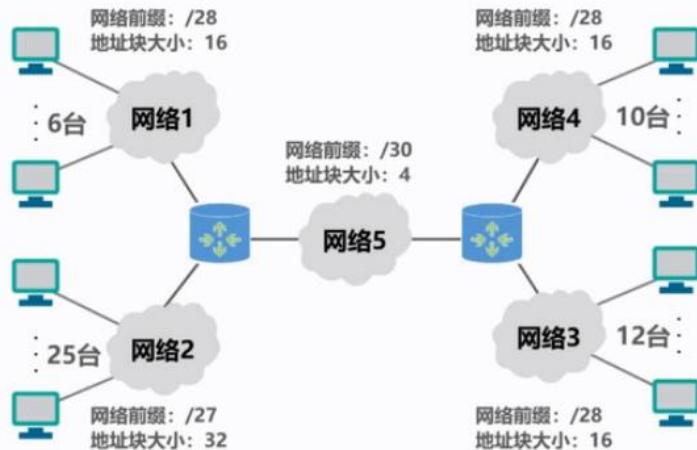
0/24，请给下图所示的个网络分

在218.75.230.0/24地址块中给网络1~5分配子块，分配原则是：

1. 先给哪个网络分配都可以
2. 每个网络的起点位置不能随意选取，只能选取块大小整数倍的地址作为起点，例如：
 - 网络1起点可选为0, 16, 32, 48,
 - 网络2起点可选为0, 32, 64, 96,
 - 网络3起点可选为0, 16, 32, 48,
 - 网络4起点可选为0, 16, 32, 48,
 - 网络5起点可选为0, 4, 8, 12, 16,
3. 已被其他网络占用的位置不能作为起点（以免造成地址块重叠）

示例二 网络划分

示例1：所拥有的地址块为218.75.230.0/24，请给下图所示的各网络分配地址块。



在218.75.230.0/24地址块中给网络1~5分配子块，分配原则是：

1. 先给哪个网络分配都可以
2. 每个网络的起点位置不能随意选取，只能选取块大小整数倍的地址作为起点，例如：

 网络1起点可选为0, 16, 32, 48,

 网络2起点可选为0, 32, 64, 96,

 网络3起点可选为0, 16, 32, 48,

 网络4起点可选为0, 16, 32, 48,

 网络5起点可选为0, 4, 8, 12, 16,

3. 已被其他网络占用的位置不能作为起点（以免造成地址块重叠）

218.75.230.0/24地址块

218.75.230.0	网络1	网络地址: 218.75.230.0	广播地址: 218.75.230.31
:		主机地址: 218.75.230.1 ~ 218.75.230.30	
218.75.230.31	网络2	地址块: /27	地址掩码: 255.255.255.224
218.75.230.32		网络地址: 218.75.230.32	广播地址: 218.75.230.47
:		主机地址: 218.75.230.33 ~ 218.75.230.46	
218.75.230.47	网络3	地址块: /28	地址掩码: 255.255.255.240
218.75.230.48		网络地址: 218.75.230.48	广播地址: 218.75.230.63
:		主机地址: 218.75.230.49 ~ 218.75.230.62	
218.75.230.63	网络4	地址块: /28	地址掩码: 255.255.255.240
218.75.230.64		网络地址: 218.75.230.64	广播地址: 218.75.230.79
:		主机地址: 218.75.230.65 ~ 218.75.230.78	
218.75.230.79	网络5	地址块: /28	地址掩码: 255.255.255.240
218.75.230.80		网络地址: 218.75.230.80	广播地址: 218.75.230.83
:		主机地址: 218.75.230.81 和 218.75.230.82	
218.75.230.83		地址块: /30	地址掩码: 255.255.255.252
218.75.230.84	剩余待分配		
⋮			
218.75.230.255			

https://blog.csdn.net/wong_faye

四、几道例题

例题1

现有一台路由器的Ethernet0/0/1接口的地址为
10.0.0.1/30，问该接口所在网络内最多可分配多少个主机
地址？

例题2

以下哪个地址属于广播地址?

- A.128.16.255.255/15
- B.172.168.8.127/25
- C.202.2.1.255/16
- D.211.69.32.1/24

例题3

如果子网掩码为255.255.255.248，则IP地址
192.10.11.12的网络地址是_____

例题4

一个地址块192.168.100.0/24进行子网划分，每个子网至少容纳33台主机，最多可以划分多少个有效子网 _____

例题5

有地址块202.1.200.66/22 问：

- 1、其地址掩码是什么？
- 2、首地址是什么？
- 3、末地址是什么？
- 4、有多少地址？

例题6

有4个地址块

192.168.64.0/24

192.168.65.0/24

192.168.66.0/24

192.168.67.0/24

问：能否聚合成一个地址块？

0100 0000

0100 0001

0100 0010

0100 0011

例题7

路由表中有4条路由，它们的目的网络分别是

- 201. 10. 35. 0/24
- 201. 10. 36. 0/24
- 201. 10. 37. 0/24
- 201. 10. 38. 0/24

通过路由聚合，能将这4条路由记录聚合成最少_____条记录。

五、园区网设计案例

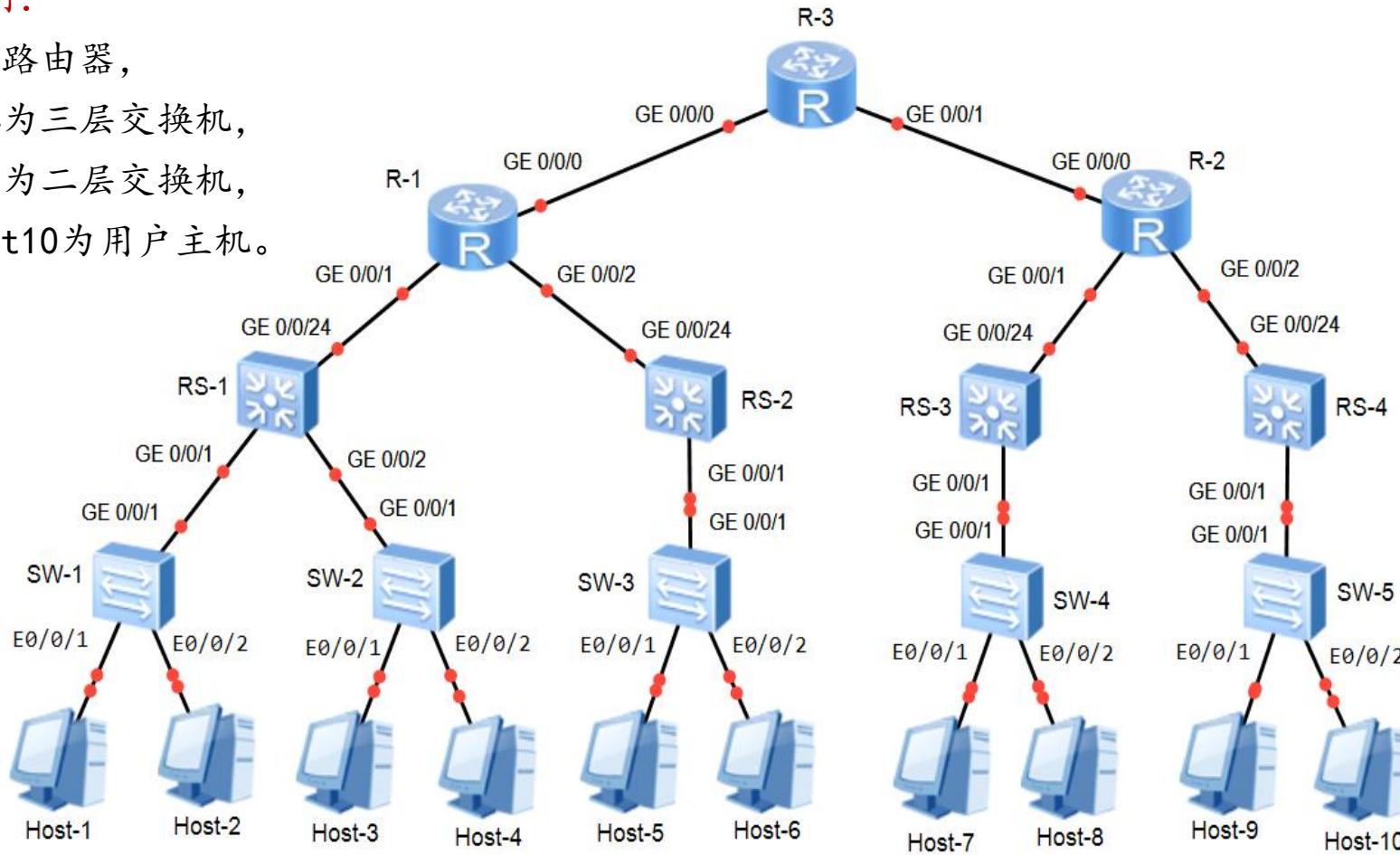
➤ 拓扑说明:

R-1~R-3为路由器，

RS-1~RS-4为三层交换机，

SW-1~SW-5为二层交换机，

Host1~Host10为用户主机。



➤ 应用说明:

Host-1和Host3属于部门1;

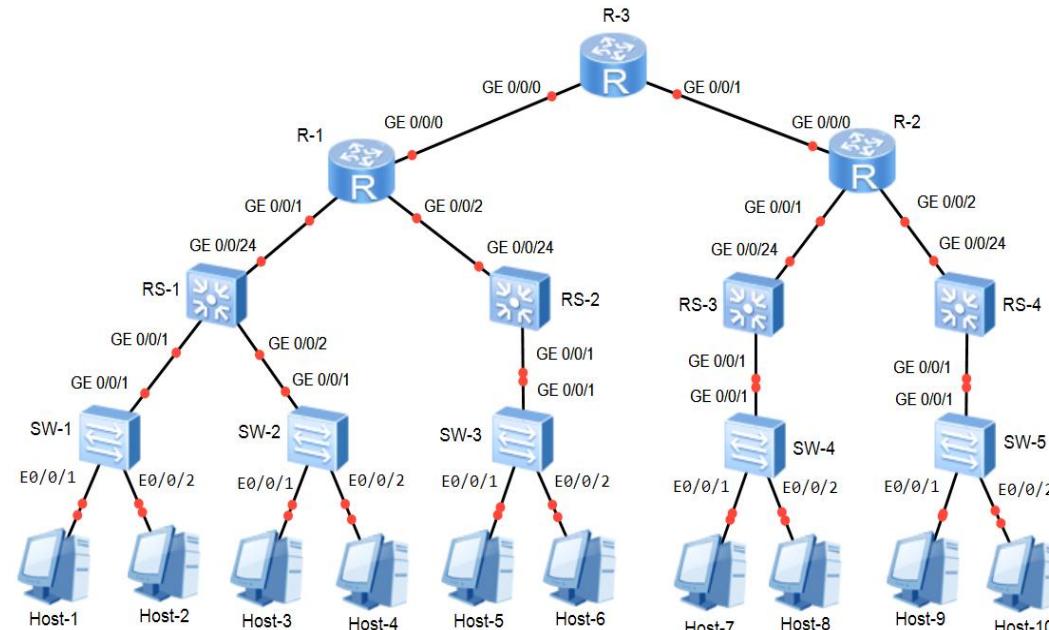
Host-2和Host4属于部门2;

Host-5~10分别属于部门3~部门8;

部门1~4，各部门的主机数量<50台；

部门5~8，各部门的主机数量<100台；

各部门内部主机之间可相互直接通信，
不同部门之间的主机必须通过三层路由通信；



➤ 所能使用的IP地址范围如下：

例如，张三，学号是2021181002，则用户主机所使用IP地址格式为172.A.B.*。其中，A等于学号的最后两位，即等于2；B必须大于学号的后两位，但必须小于等于学号后两位+5，即 $2 < B \leq 7$ ；*表示该位数值由学生自定。则张三同学可以使用的IP地址范围是：
172.2.3.0~172.2.7.255。

要求：全网使用静态路由，设计用户主机的IP地址、子网掩码、默认网关，使得各个路由器设备中，静态路由（不使用默认路由）的数量最少。

第6讲：划分子网与构建超网

完