



网络层协议及IP编址

主讲人：鲍婷婷 ○

目录

1

网络层协议

- 常见网络层协议

2

IPv4地址介绍

3

子网划分

4

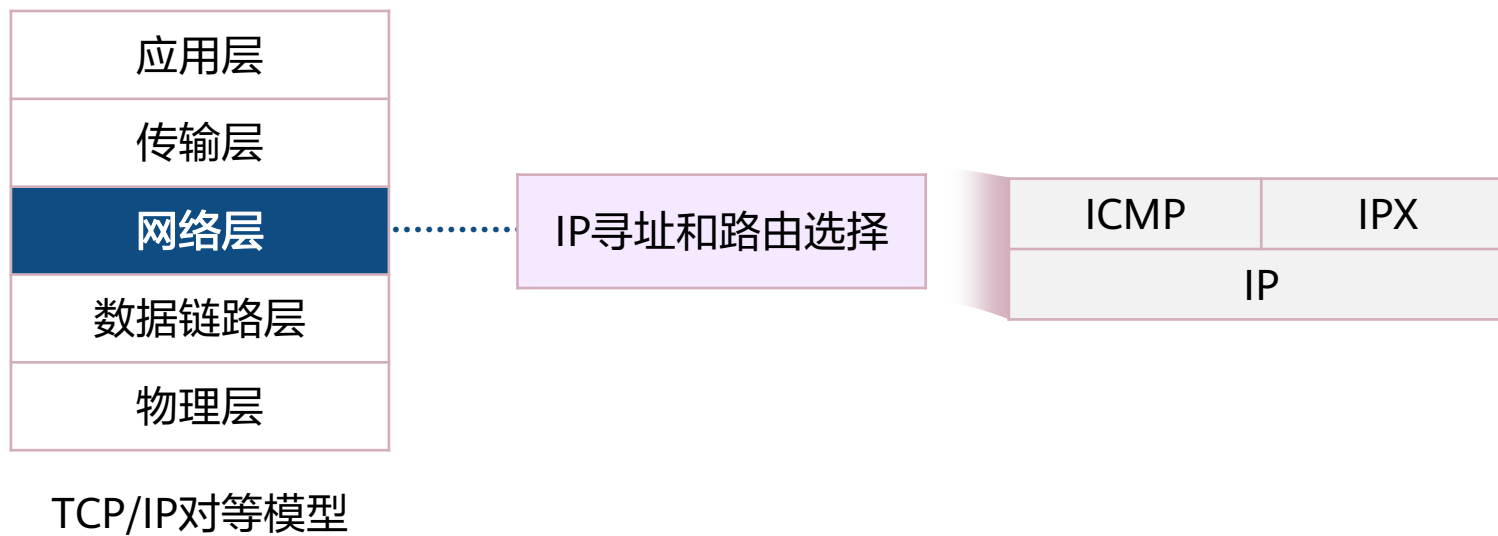
ICMP协议

5

IPv4地址配置及基本应用

网络层协议

网络层经常被称为IP层。



IP 协议

IP

Internet Protocol

Internet Protocol本身是一个协议文件的名称，主要是定义并阐述了IP报文的格式。

经常被提及的IP，一般不是特指Internet Protocol这个协议文件本身，而是泛指直接或间接与IP协议相关的任何内容。

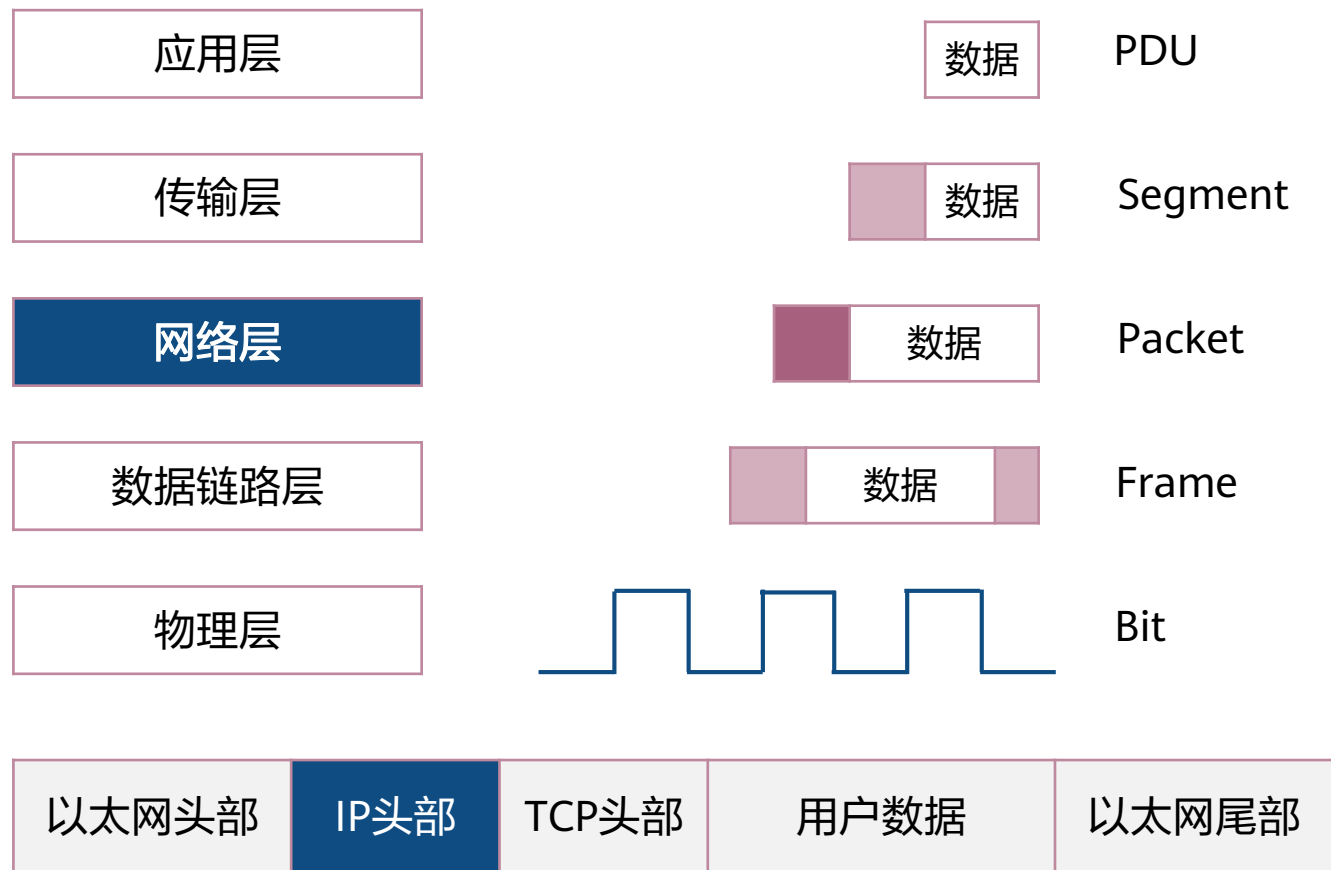
作用

- 为网络层的设备提供逻辑地址
- 负责数据包的寻址和转发

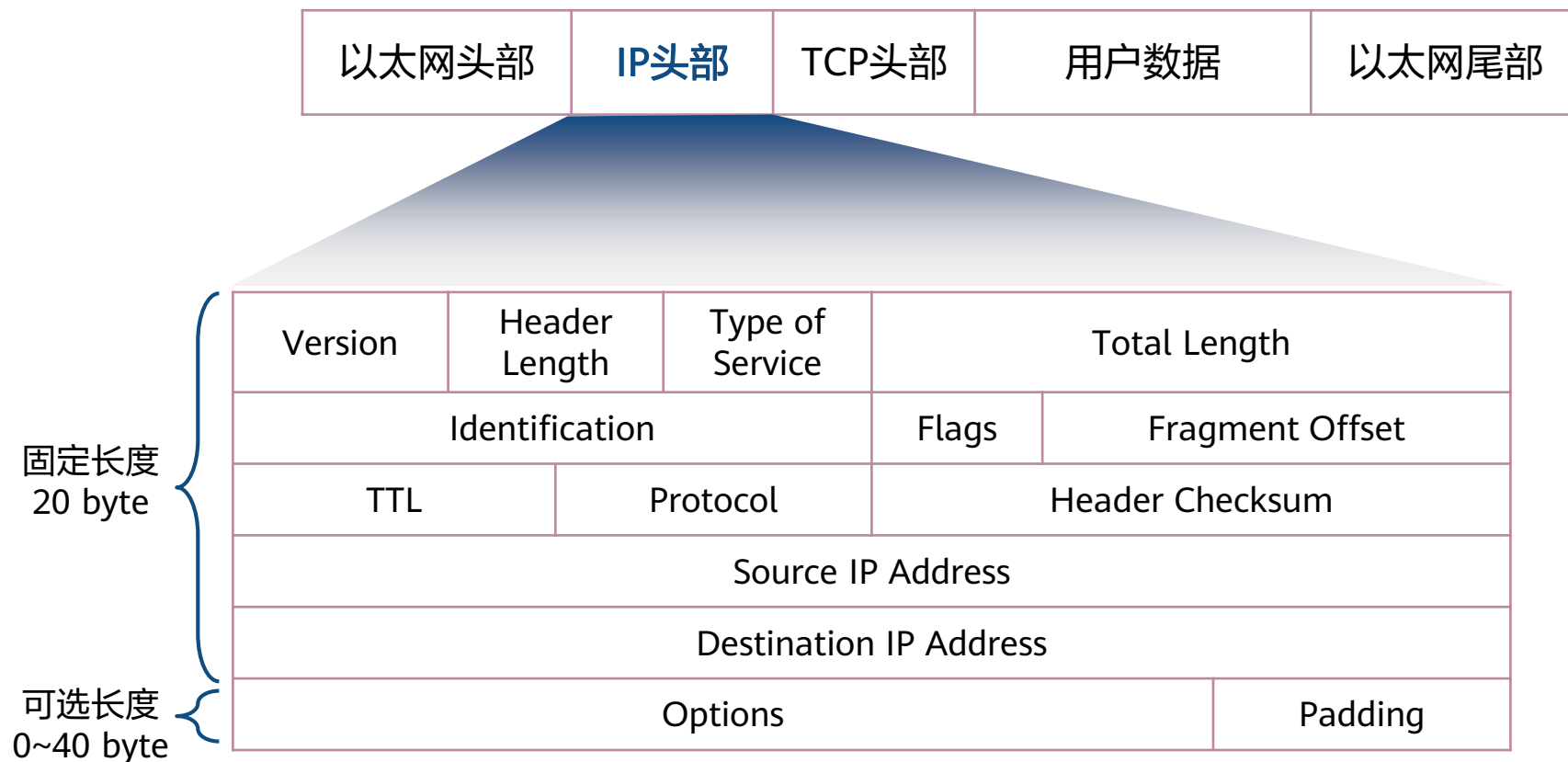
版本

- IPv4 (IP Version 4)
- IPv6 (IP Version 6)

数据封装



IPv4报文格式

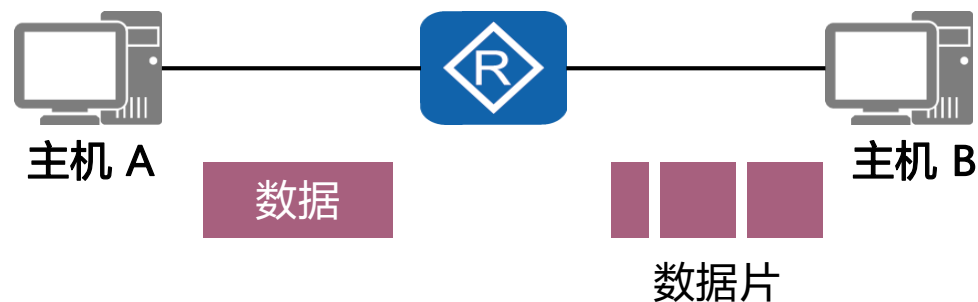


数据包分片

分片 将报文分割成多个片段的过程。

网络中转发的IP报文的长度可以不同，但如果报文长度超过了数据链路所支持的最大长度，则报文就需要分割成若干个较小的片段才能够在链路上传输。

Version	Header Length	Type of Service	Total Length	
Identification			Flags	Fragment Offset
TTL	Protocol		Header Checksum	
Source IP Address				
Destination IP Address				
Options				Padding

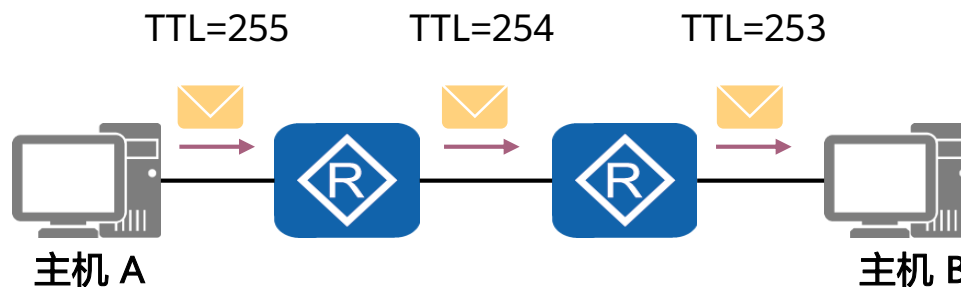


生存时间 (Time to Live, TTL)

TTL字段设置了数据包可以经过的路由器数目。

一旦经过一个路由器，TTL值就会减1，当该字段值为0时，数据包将被丢弃。

Version	Header Length	Type of Service	Total Length	
Identification			Flags	Fragment Offset
TTL	Protocol		Header Checksum	
Source IP Address				
Destination IP Address				
Options				Padding

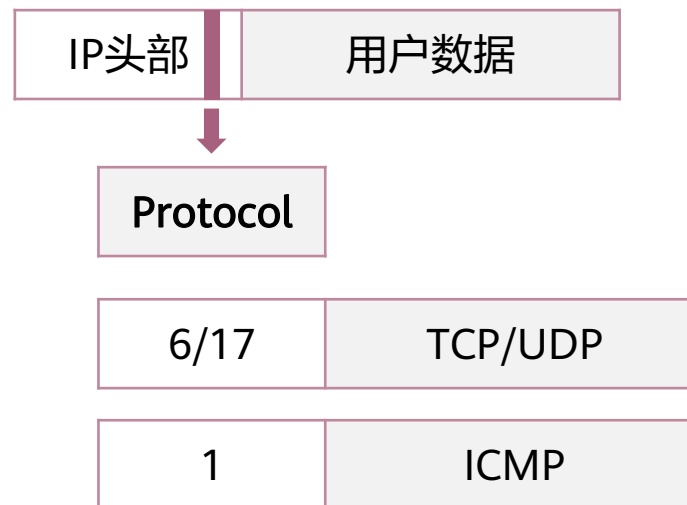


协议号 (Protocol)

IP报文头中的协议号字段标识了将会继续处理该报文的协议。

即指出此数据包携带的数据使用何种协议，以便目的主机的IP层将数据部分上报给哪个进程处理。

Version	Header Length	Type of Service	Total Length	
Identification			Flags	Fragment Offset
TTL	Protocol	Header Checksum		
Source IP Address				
Destination IP Address				
Options				Padding



目录

1

网络层协议

2

IPv4地址介绍

- IPv4地址定义
- IPv4地址分类方式

3

子网划分

4

ICMP协议

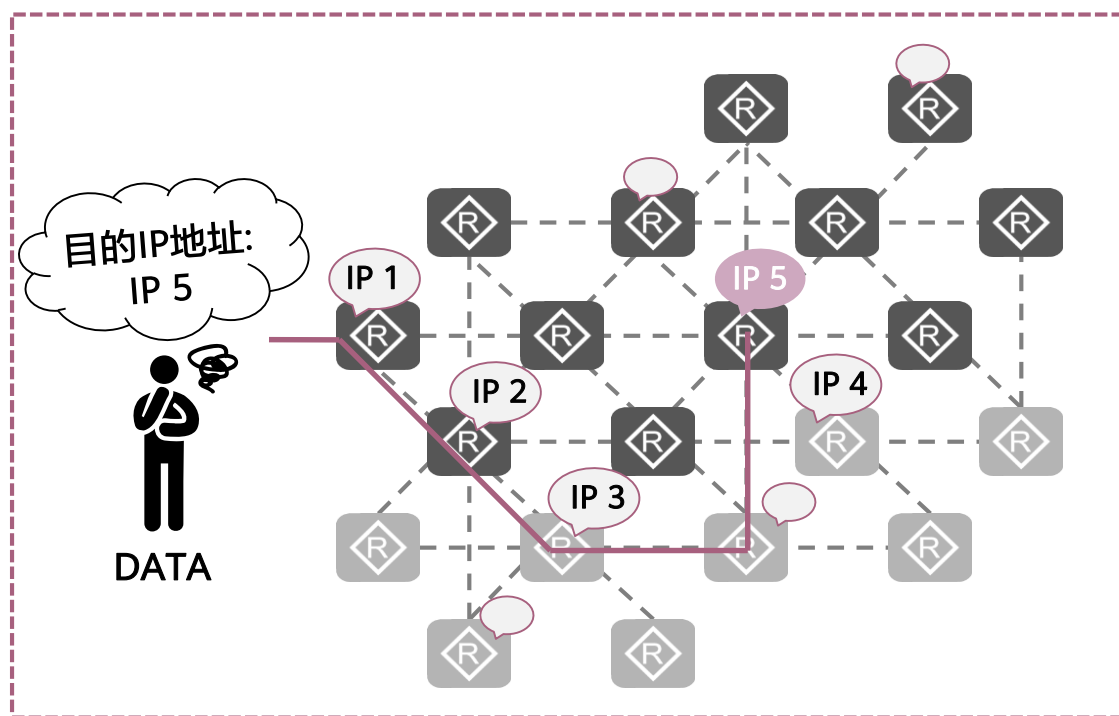
5

IPv4地址配置及基本应用

什么是IP地址

IP地址在网络中用于标识一个节点（或者网络设备的接口）。

IP地址用于IP报文在网络中的寻址。



IP地址

IP地址就像现实中的地址，可以标识网络中的一个节点，数据就是通过它来找到目的地。

IP地址表示

一个IPv4地址有32 bit。

IPv4地址通常采用“点分十进制”表示。

点分十进制表示法

十进制
二进制

192.	168.	10.	1
11000000	10101000	00001010	00000001

4 byte
32 bit (32位)

十进制与二进制的转换

幂
位

2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
128	64	32	16	8	4	2	1
1	1	0	0	0	0	0	0

$$= 128 + 64 = 192$$

IPv4地址范围：0.0.0.0~255.255.255.255。

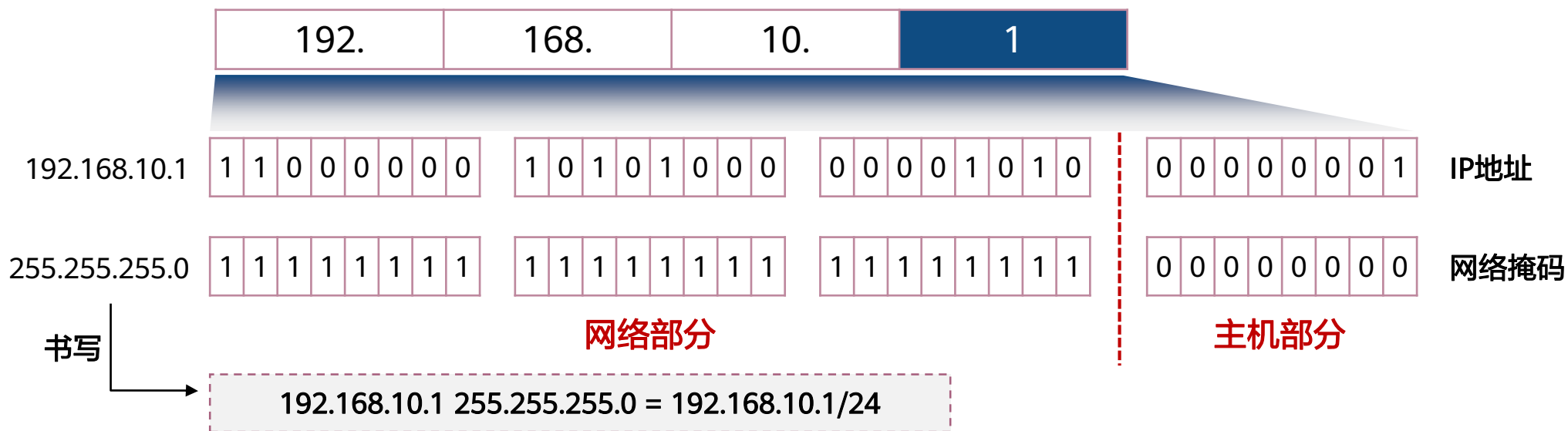
IP地址构成

网络部分 用来标识一个网络。

主机部分 用来区分一个网络内的不同主机。



网络掩码 区分一个IP地址中的网络部分及主机部分。



IP地址寻址

网络部分 用来标识一个网络，代表IP地址所属网络。

主机部分 用来区分一个网络内的不同主机，能唯一标识网段上的某台设备。



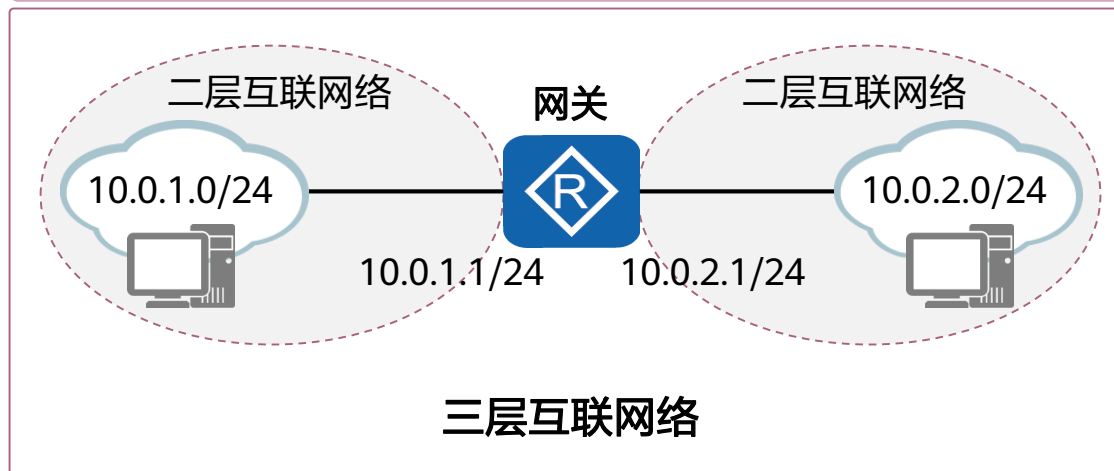
二层网络寻址

幸福小区 (网络位)



X栋X号 华华家 (主机位)

三层网络寻址



目录

1

网络层协议

2

IPv4地址介绍

- IPv4地址定义
- IPv4地址分类方式

3

子网划分

4

ICMP协议

5

IPv4地址配置及基本应用

IP地址分类（有类编址）

为了方便IP地址的管理及组网，IP地址分成五类：

A类	0NNNNNNN	NNNNNNNN	NNNNNNNN	NNNNNNNN	0.0.0.0~127.255.255.255	} 分配主机使用
B类	10NNNNNN	NNNNNNNN	NNNNNNNN	NNNNNNNN	128.0.0.0~191.255.255.255	
C类	110NNNNN	NNNNNNNN	NNNNNNNN	NNNNNNNN	192.0.0.0~223.255.255.255	
D类	1110NNNN	NNNNNNNN	NNNNNNNN	NNNNNNNN	224.0.0.0~239.255.255.255	用于组播
E类	1111NNNN	NNNNNNNN	NNNNNNNN	NNNNNNNN	240.0.0.0~255.255.255.255	用于研究

A/B/C类默认网络掩码

- A类：8 bit， 0.0.0.0~127.255.255.255/8
- B类：16 bit， 128.0.0.0~191.255.255.255/16
- C类：24 bit， 192.0.0.0~223.255.255.255/24

网络部分

主机部分

IP地址类型

我们通常把一个网络号所定义的网络范围称为一个网段。

网络地址：用于标识一个网络。

例如：192.168.10.0/24

192.	168.	10.	00000000
------	------	-----	----------

广播地址：用于向该网络中的所有主机发送数据的特殊地址。

例如：192.168.10.255/24

192.	168.	10.	11111111
------	------	-----	----------

可用地址：可分配给网络中的节点或网络设备接口的地址。

例如：192.168.10.1/24

192.	168.	10.	00000001
------	------	-----	----------

注意

- 网络地址和广播地址不能直接被节点或网络设备所使用。
- 一个网段可用地址数量为： $2^n - 2$
(n: 主机部分的比特位数)

IP地址计算

例：172.16.10.1/16这个B类地址的网络地址、广播地址以及可用地址数分别是？

	172.	16.	00001010.	00000001	
IP地址	1 0 1 0 1 1 0 0	0 0 0 1 0 0 0 0	0 0 0 0 1 0 1 0	0 0 0 0 0 0 0 1	
网络掩码	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	
网络地址	1 0 1 0 1 1 0 0	0 0 0 1 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	主机位全为0，得出网络地址 172.16.0.0/16
广播地址	1 0 1 0 1 1 0 0	0 0 0 1 0 0 0 0	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1	主机位全为1，得出广播地址 172.16.255.255/16
IP地址数	$2^{16}=65536$				
可用IP地址数	$2^{16}-2=65534$				
可用IP地址范围	172.16.0.1/16~172.16.255.254/16				

练习

请计算10.128.20.10/8这个A类地址的网络地址、广播地址以及可用地址数。

私网IP地址

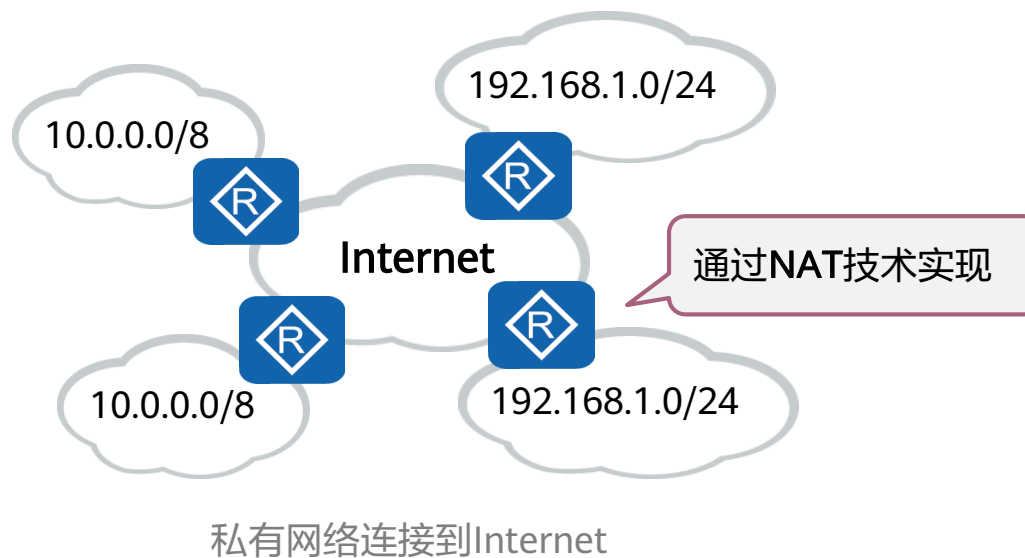
公网IP地址

IP地址是由IANA统一分配的，以保证任何一个IP地址在Internet上的唯一性。

公网IP地址

实际上一些网络不需要连接到Internet，比如一个大学的封闭实验室内的网络，只要同一网络中的网络设备的IP地址不冲突即可。在IP地址空间里，A、B、C三类地址中各预留了一些地址专门用于上述情况，称为私网IP地址。

- A类：10.0.0.0~10.255.255.255
- B类：172.16.0.0~172.31.255.255
- C类：192.168.0.0~192.168.255.255



特殊IP地址

IP地址空间中，有一些特殊的IP地址，这些IP地址有特殊的含义和作用，举例如下。

特殊IP地址	地址范围	作用
有限广播地址	255.255.255.255	可作为目的地址，发往该网段所有主机（受限于网关）
任意地址	0.0.0.0	“任何网络”的网络地址； “这个网络上这个主机接口”的IP地址
环回地址	127.0.0.0/8	测试设备自身的软件系统
本地链路地址	169.254.0.0/24	当主机自动获取地址失败后，可使用该网段中的某个地址进行临时通信

IPv4 vs IPv6

由全球IP地址分配机构，IANA (Internet Assigned Numbers Authority)管理的IPv4地址，于2011年完全用尽。随着最后一个IPv4公网地址分配完毕，加上接入公网的用户及设备越来越多，IPv4地址枯竭的问题日益严重，这是当前IPv6替代IPv4的最大源动力。

IPv4

- 地址长度：32 bit
- 地址分类：单播地址、广播地址、组播地址
- 特点：
 - 地址枯竭
 - 包头设计不合理
 - 对ARP的依赖，导致广播泛滥
 -

IPv6

- 地址长度：128 bit
- 地址分类：单播地址、组播地址、任播地址
- 特点：
 - 无限地址
 - 简化的报文头部
 - IPv6地址自动部署
 -

目录

1

网络层协议

2

IPv4地址介绍

3

子网划分

- 子网划分

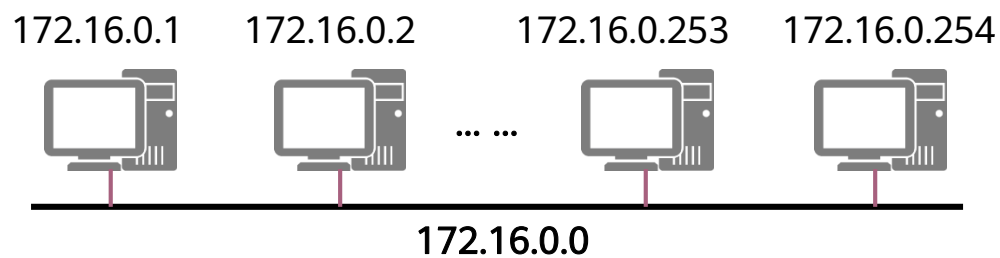
4

ICMP协议

5

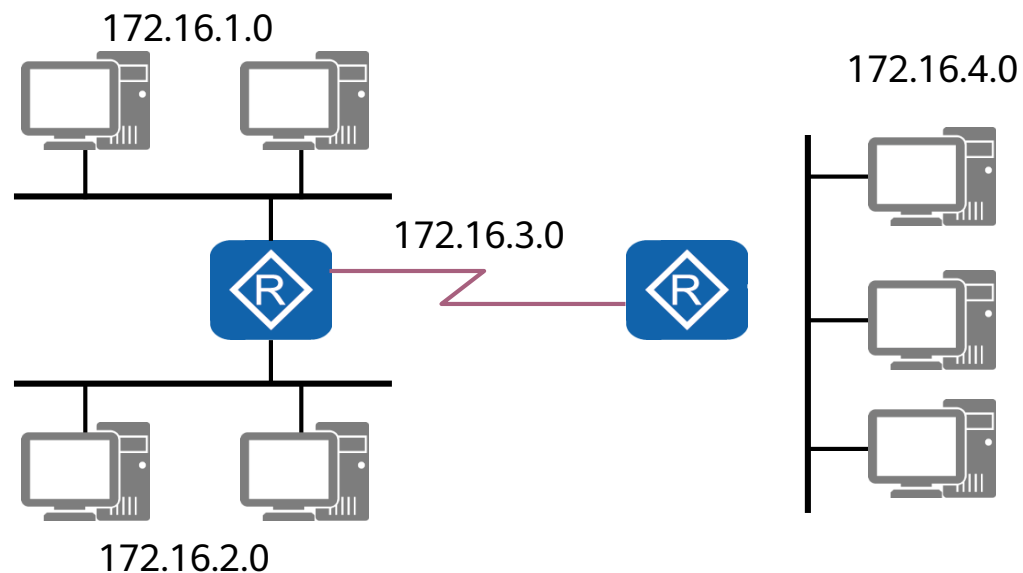
IPv4地址配置及基本应用

为什么要划分子网



$2^{16}=65536$ 个IP地址

一个B类地址用于一个广播域，地址浪费。
广播域太庞大，一旦发生广播，内网不堪重负。



将一个网络号划分成多个子网，每个子网分配给一个独立的广播域。
如此一来广播域的规模更小、网络规划更加合理。
IP地址得到了合理利用。

如何进行子网划分 - 原网段分析

例如：192.168.10.0/24网段

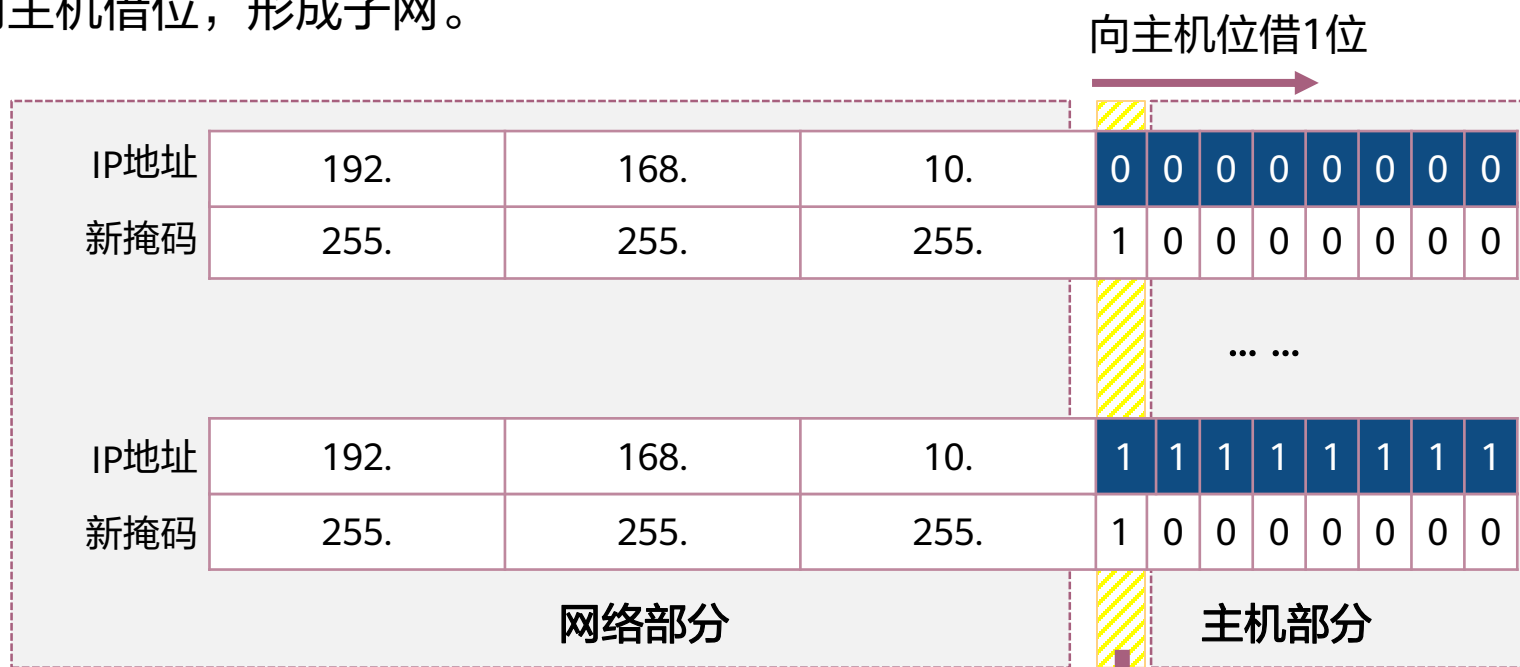
192.168.10.1											
IP地址	192.	168.	10.	0	0	0	0	0	0	0	1
默认掩码	255.	255.	255.	0	0	0	0	0	0	0	0
192.168.10.255										
IP地址	192.	168.	10.	1	1	1	1	1	1	1	1
默认掩码	255.	255.	255.	0	0	0	0	0	0	0	0
网络部分				主机部分							

1个C类网络：192.168.10.0/24
默认掩码：255.255.255.0

网络地址：192.168.10.0/24
广播地址：192.168.10.255
IP地址数： $2^8=256$ 个
可用IP地址数： $2^8-2=254$ 个

如何进行子网划分 - 向主机借位

向主机借位，形成子网。



2个子网:

子网1: 192.168.10.0/25

子网2: 192.168.10.128/25

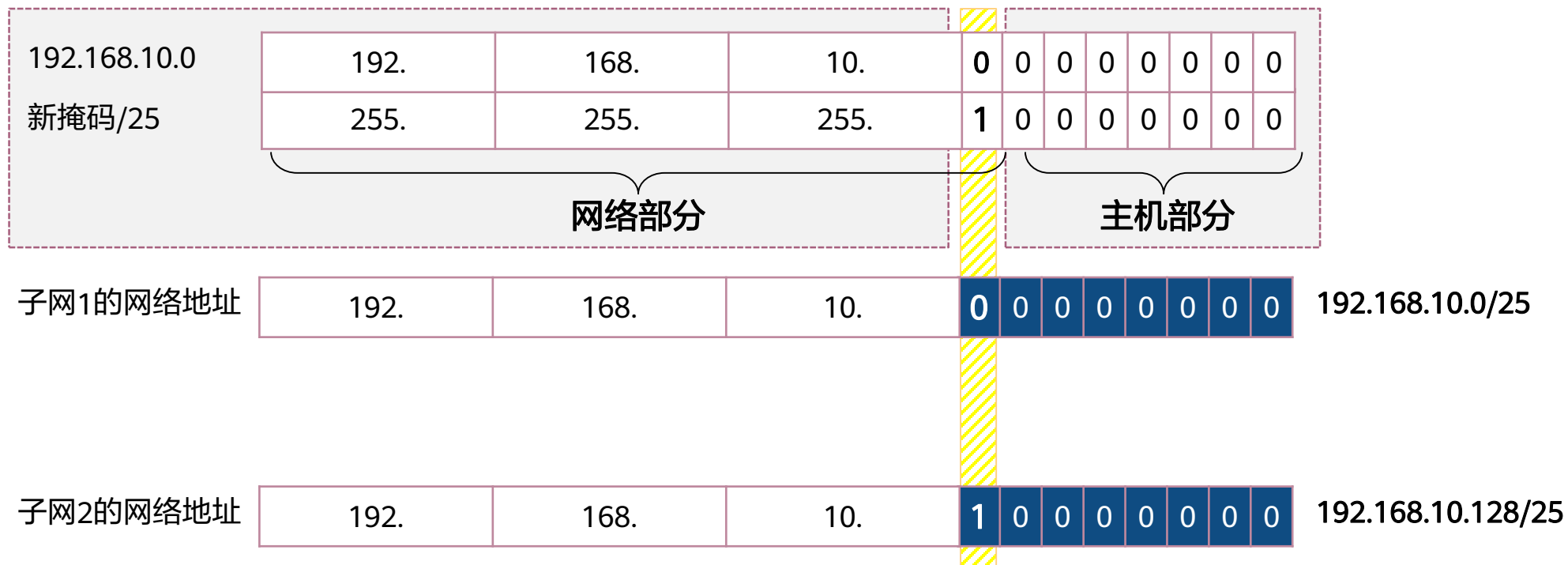
新掩码: 255.255.255.128

可变长子网掩码, VLSM (Variable Length Subnet Mask)

IP地址数: $2^7=128$ 个
可用IP地址数: $2^7-2=126$ 个

如何进行子网划分 - 计算子网网络地址

主机位全为0，计算子网网络地址。

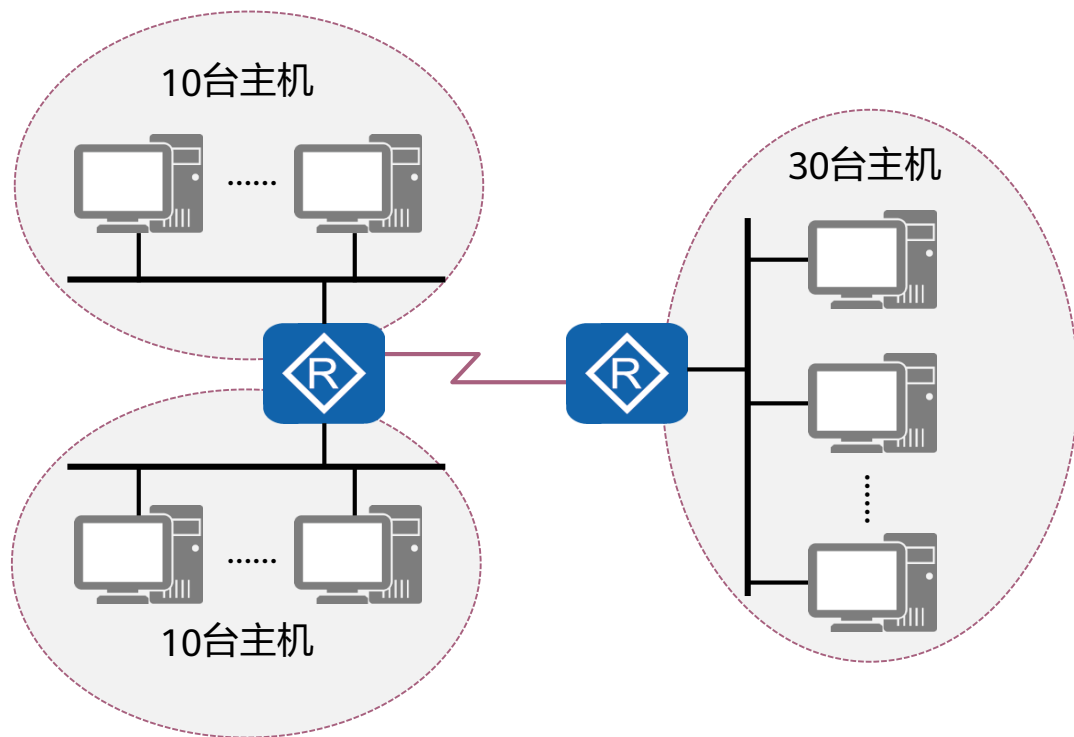


如何进行子网划分 - 计算子网广播地址

主机位全为1，计算子网广播地址。

192.168.10.0 新掩码/25	192.	168.	10.	0	0	0	0	0	0	0	0
	255.	255.	255.	1	0	0	0	0	0	0	0
网络部分				主机部分							
子网1的网络地址	192.	168.	10.	0	0	0	0	0	0	0	0
子网1的广播地址	192.	168.	10.	0	1	1	1	1	1	1	1
子网2的网络地址	192.	168.	10.	1	0	0	0	0	0	0	0
子网2的广播地址	192.	168.	10.	1	1	1	1	1	1	1	1

练习：计算子网（1）



问题：现有一个C类网络地址段192.168.1.0/24，请使用可变长子网掩码给三个子网分别分配IP地址。

计算：（以10台主机为例）

步骤1：计算所需主机位

$$2^n - 2 \geq 10$$

$n \geq 4$ 位，主机位

步骤2：向主机位借位

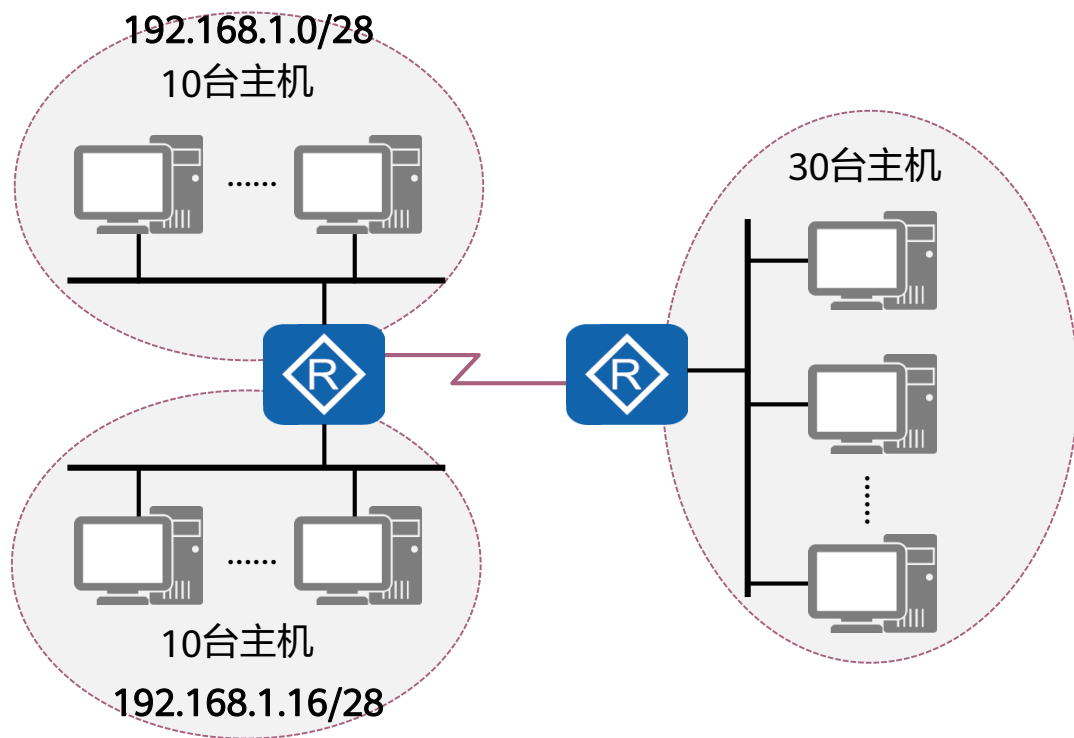
向主机位借4位

IP地址	192.	168.	1.	0	0	0	0	0	0	0	0
子网掩码	255.	255.	255.	1	1	1	1	0	0	0	0

子网位

子网数： $2^4=16$ 个子网

练习：计算子网（2）



问题：现有一个C类网络地址段192.168.1.0/24，请使用可变长子网掩码给三个子网分别分配IP地址。

计算：（以10台主机为例）

步骤3：计算子网网络地址

IP地址	192.	168.	1.	0	0	0	0	0	0	0	0	
新掩码	255.	255.	255.	1	1	1	1	0	0	0	0	
												网络地址
子网1	192.	168.	1.	0	0	0	0	0	0	0	0	192.168.1.0/28
子网2	192.	168.	1.	0	0	0	1	0	0	0	0	192.168.1.16/28
子网3	192.	168.	1.	0	0	1	0	0	0	0	0	192.168.1.32/28
子网16	192.	168.	1.	1	1	1	1	0	0	0	0	192.168.1.240/28

目录

1

网络层协议

2

IPv4地址介绍

3

子网划分

4

ICMP协议

- ICMP协议定义及功能

5

IPv4地址配置及基本应用

ICMP协议

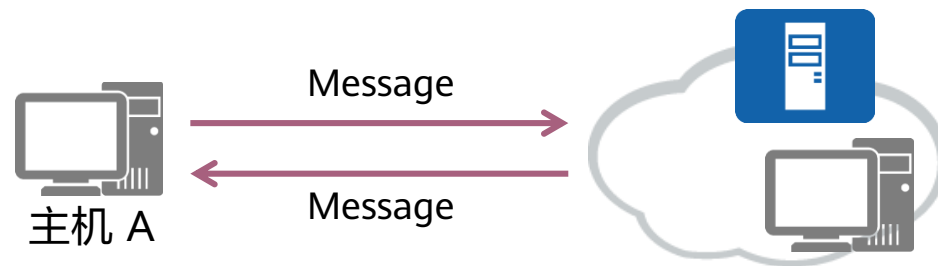
ICMP Internet Control Message Protocol

Internet控制消息协议是IP协议的辅助协议。用来在网络设备间传递各种差错和控制信息。

以太网头部	IP头部	ICMP报文	以太网尾部
-------	------	--------	-------

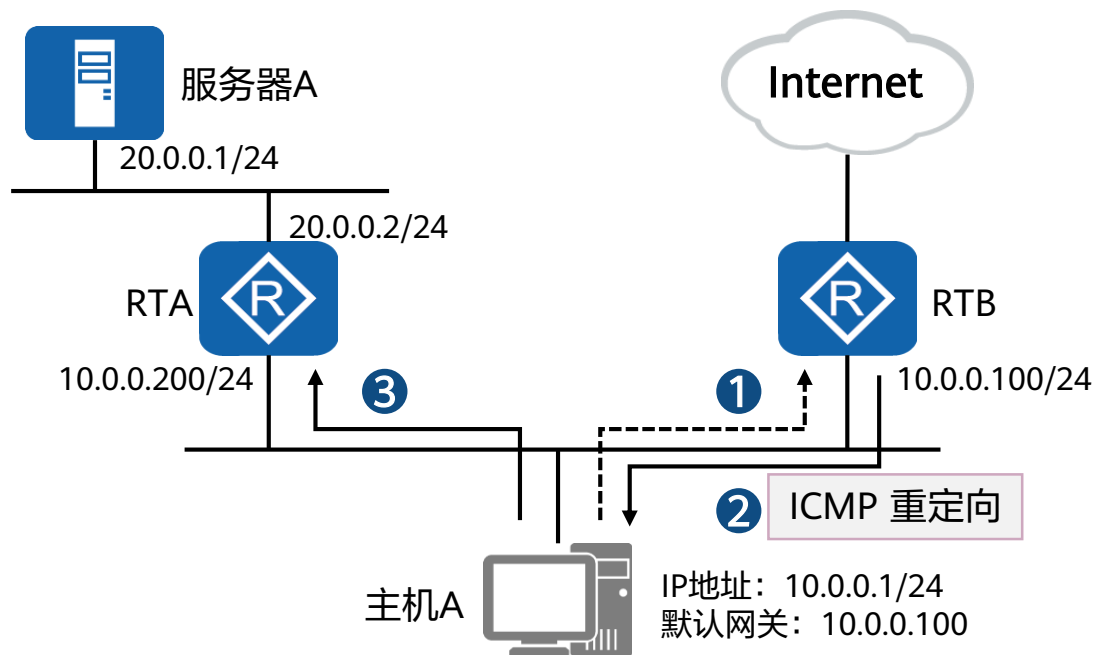
Type	Code	Checksum
ICMP的报文内容		

Type	Code	描述
0	0	Echo Reply
3	0	网络不可达
3	1	主机不可达
3	2	协议不可达
3	3	端口不可达
5	0	重定向
8	0	Echo Request



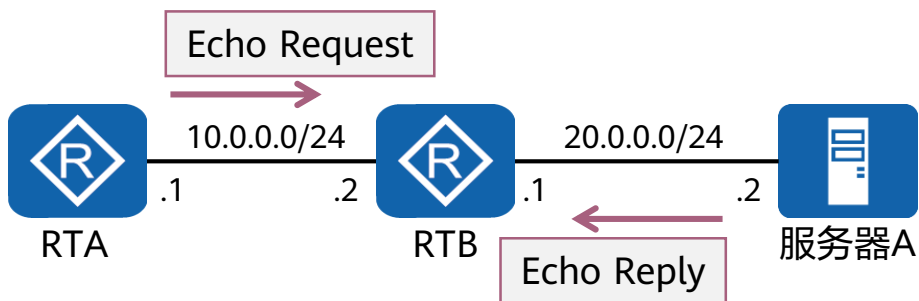
ICMP重定向

ICMP重定向报文是ICMP控制报文中的一种。



ICMP差错检测

ICMP Echo消息常用于诊断源和目的地之间的网络连通性，同时还可以提供其他信息，如报文往返时间等。



功能: Ping

Ping是网络设备、Windows、Unix和Linux平台上的一个命令，其实是一个小巧而实用的应用程序，该应用基于ICMP协议。

Ping常用于探测到达目的节点的网络可达性。

```
[RTA]ping 20.0.0.2
```

```
PING 20.0.0.2: 56 data bytes, press CTRL_C to break
```

```
Reply from 20.0.0.2: bytes=56 Sequence=1 ttl=254 time=70 ms
```

```
Reply from 20.0.0.2: bytes=56 Sequence=2 ttl=254 time=30 ms
```

```
Reply from 20.0.0.2: bytes=56 Sequence=3 ttl=254 time=30 ms
```

```
Reply from 20.0.0.2: bytes=56 Sequence=4 ttl=254 time=40 ms
```

```
Reply from 20.0.0.2: bytes=56 Sequence=5 ttl=254 time=30 ms
```

```
--- 20.0.0.2 ping statistics ---
```

```
5 packet(s) transmitted
```

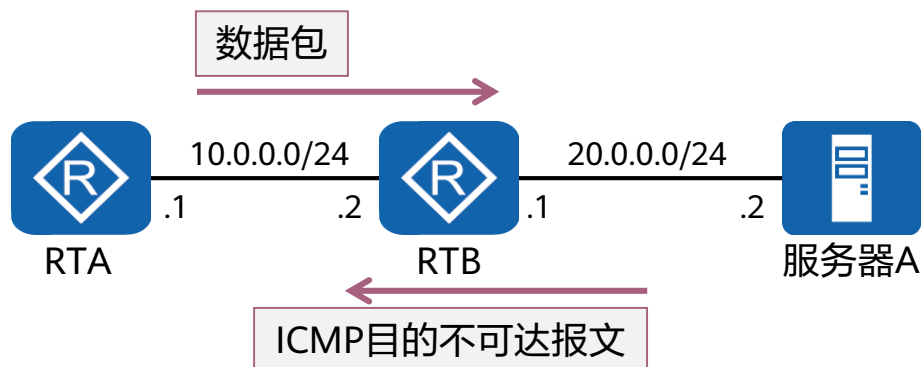
```
5 packet(s) received
```

```
0.00% packet loss
```

```
round-trip min/avg/max = 30/40/70 ms
```

ICMP 错误报告

ICMP定义了各种错误消息，用于诊断网络连接性问题；根据这些错误消息，源设备可以判断出数据传输失败的原因。



```
[RTA]tracert 20.0.0.2
```

```
traceroute to 20.0.0.2(20.0.0.2), max hops: 30 ,packet length:  
40,press CTRL_C  
to break
```

1	10.0.0.2	80 ms	10 ms	10 ms
2	20.0.0.2	30 ms	30 ms	20 ms

功能: Tracert

Tracert基于报文头中的TTL值来逐跳跟踪报文的转发路径。

目录

1

网络层协议

2

IPv4地址介绍

3

子网划分

4

ICMP协议

5

IPv4地址配置及基本应用

- IPv4地址常见配置命令

IP地址的基础配置命令

1. 进入接口视图

```
[Huawei] interface interface-type interface-number
```

通过此命令可以进入指定的接口视图，配置接口的相关属性。

- *interface-type interface-number*: 指定接口类型和接口编号。接口类型和接口编号之间可以输入空格也可以不输入空格。

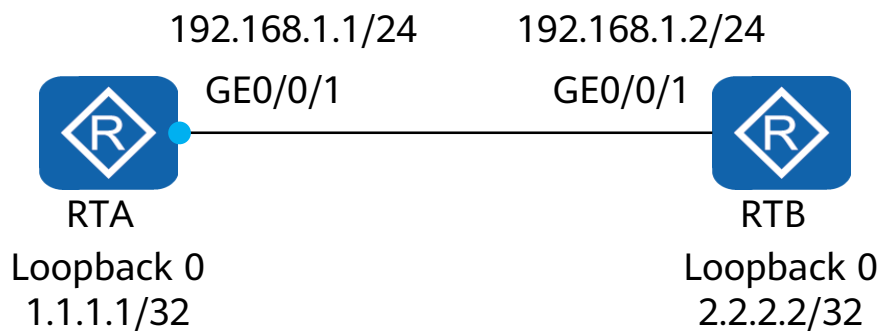
2. 配置接口的IP地址

```
[Huawei-GigabitEthernet0/0/1] ip address ip-address { mask | mask-length }
```

在接口视图下，通过此命令来给网络设备上的接口配置IP地址，实现网络的互连。

- *ip-address*: 指定接口的IP地址，点分十进制形式。
- *mask*: 指定子网掩码，点分十进制形式。
- *mask-length*: 指定掩码长度，整数形式，取值范围是0~32。

案例：配置接口IP地址



在上述两台路由器互联的网络中，配置设备的互联物理接口地址以及各自的逻辑地址。

配置物理接口地址：

```
[RTA] interface gigabitethernet 0/0/1
[RTA-GigabitEthernet0/0/1] ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
或
[RTA-GigabitEthernet0/0/1] ip address 192.168.1.1 24
```

配置逻辑接口地址：

```
[RTA] interface LoopBack 0
[RTA-LoopBack0] ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
或
[RTA-LoopBack0] ip address 1.1.1.1 32
```

网络IP地址规划

IP地址规划要和网络结构、路由协议、流量规划、业务规则等结合起来考虑。IP地址的规划应尽可能和网络层次相对应，应该是自顶向下的一种规划。

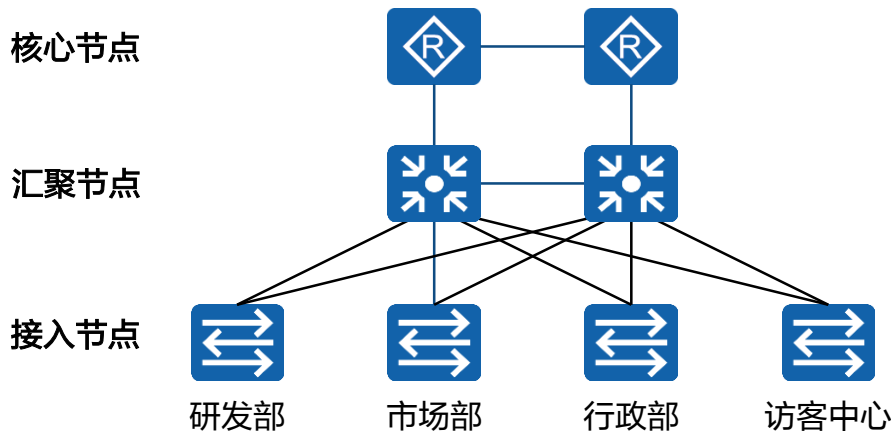
IP地址规划的目标是：易管理、易扩展、利用率高。

参考规划原则

唯一性、连续性、扩展性
结构化、业务相关性

IP地址规划范例

背景	地址类型	地址范围
例如： 某公司被分配了 192.168.0.0/16 网段地址	研发部所属网段	192.168.1.0/24
	市场部所属网段	192.168.2.0/24
	行政部所属网段	192.168.3.0/24
	访客中心所属网段	192.168.4.0/24
	其他



本章总结

- 在IP网络上，如果用户要将一台计算机连接到Internet上，就需要向因特网服务提供方ISP（Internet Service Provider）申请一个IP地址。
- 在本章节中，我们介绍了IP协议的基本概况，并介绍了IPv4地址的相关概念以及如何
进行子网划分。
- 在本章节中，我们还介绍了网络IP地址规划以及IP地址的基本配置。