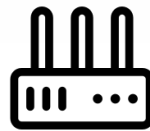
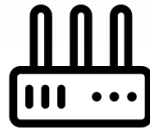


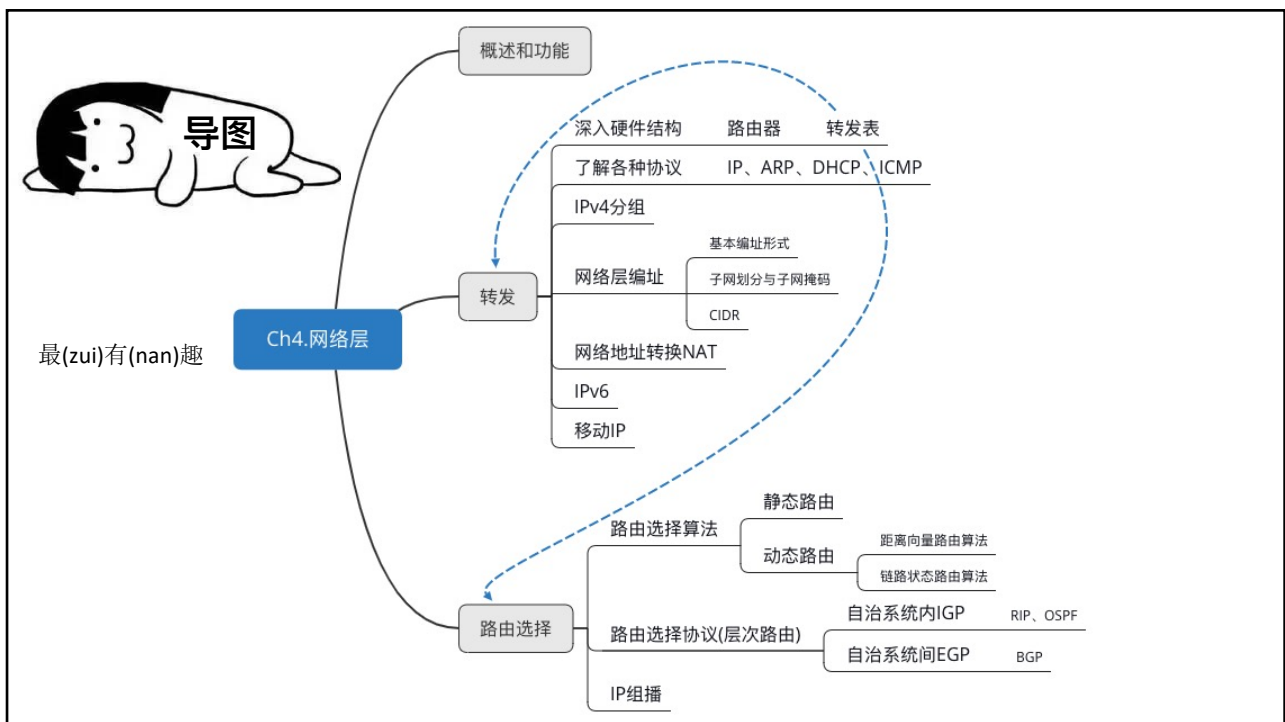
# 王道考研——计算机网络

WWW.CSKAOYAN.COM

## 第四章 网络层



1



2

本节内容

## 网络层功能

王道考研/CSKAOYAN.COM

3

### 网络层

主要任务是把**分组**从源端传到目的端，为分组交换网上的不同主机提供通信服务。  
网络层传输单位是**数据报**。

应用层

表示层

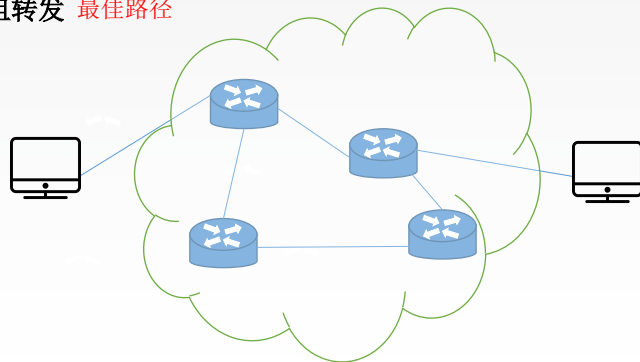
会话层

传输层

网络层

数据链路层

物理层

功能一：路由选择与分组转发 **最佳路径**

王道考研/CSKAOYAN.COM

4

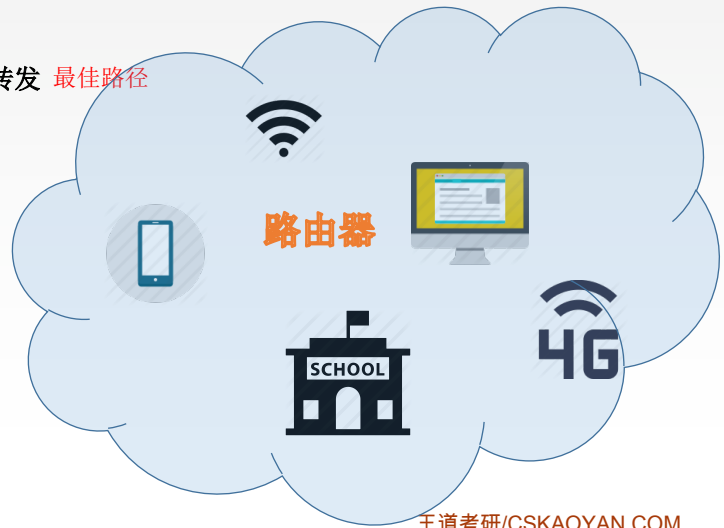
## 网络层

主要任务是把**分组**从源端传到目的端，为分组交换网上的不同主机提供通信服务。  
网络层传输单位是**数据报**。

应用层
表示层
会话层
传输层
网络层
数据链路层
物理层

功能一：路由选择与分组转发 **最佳路径**

功能二：异构网络互联



王道考研/CSKAOYAN.COM

5

## 网络层

主要任务是把**分组**从源端传到目的端，为分组交换网上的不同主机提供通信服务。  
网络层传输单位是**数据报**。

应用层
表示层
会话层
传输层
网络层
数据链路层
物理层

功能一：路由选择与分组转发 **最佳路径**

功能二：异构网络互联

功能三：拥塞控制

若所有结点都来不及接受分组，而要丢弃大量分组的话，网络就处于**拥塞**状态。因此要采取一定措施，缓解这种拥塞。

WAY1: 开环控制 静

WAY2: 闭环控制 动

王道考研/CSKAOYAN.COM

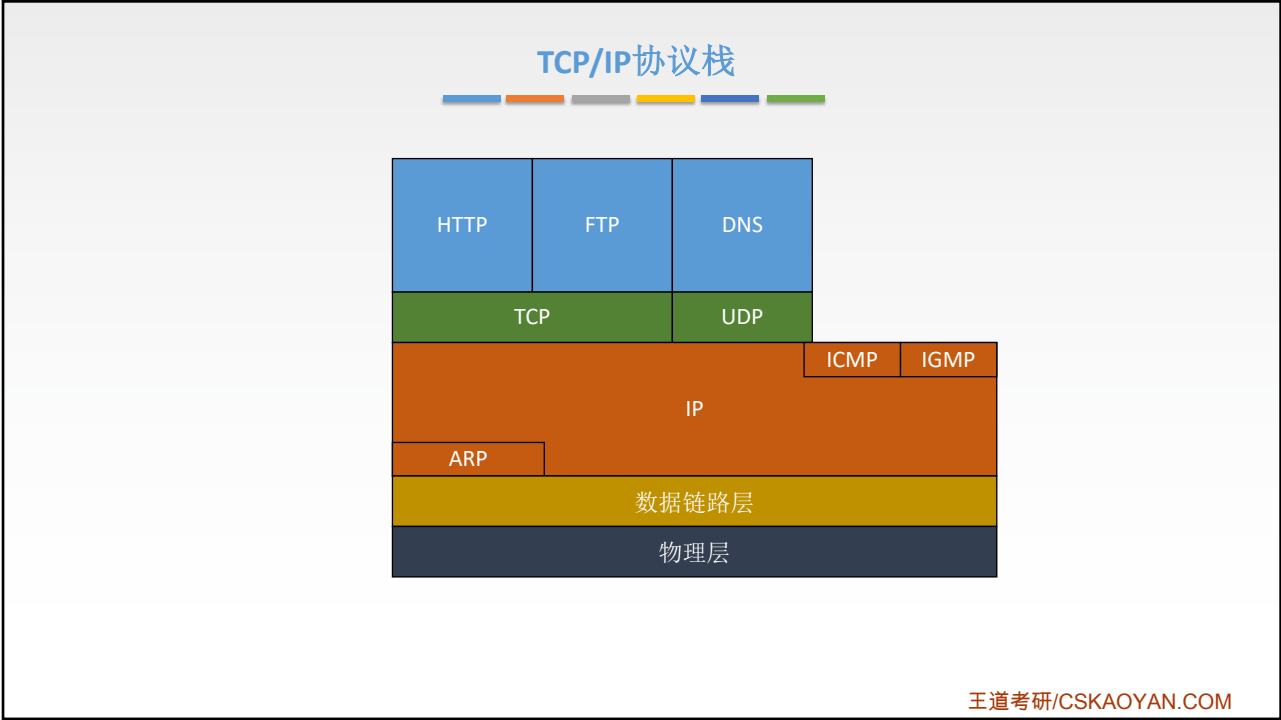
6

本节内容

IP数据报格式

王道考研/CSKAOYAN.COM

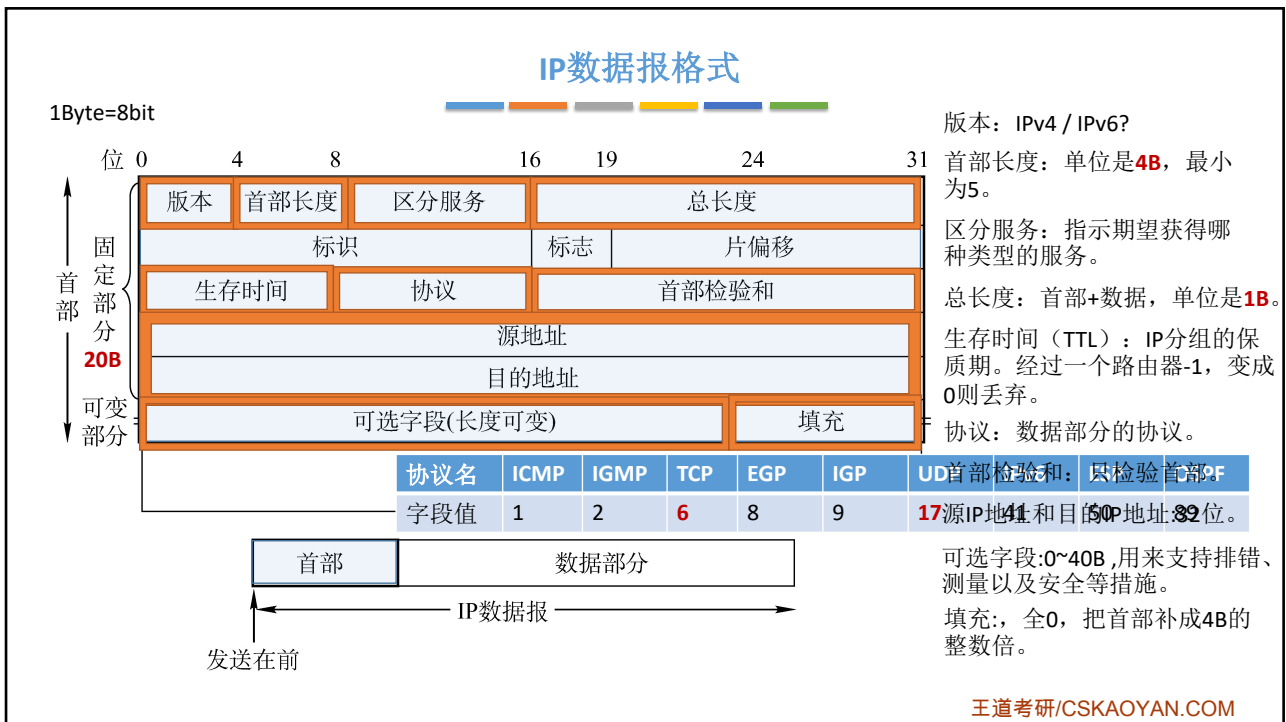
7



8



9



10

本节内容

## IP数据报分片

王道考研/CSKAOYAN.COM

11

### 最大传送单元MTU

链路层数据帧可封装数据的上限。  
以太网的MTU是1500字节。

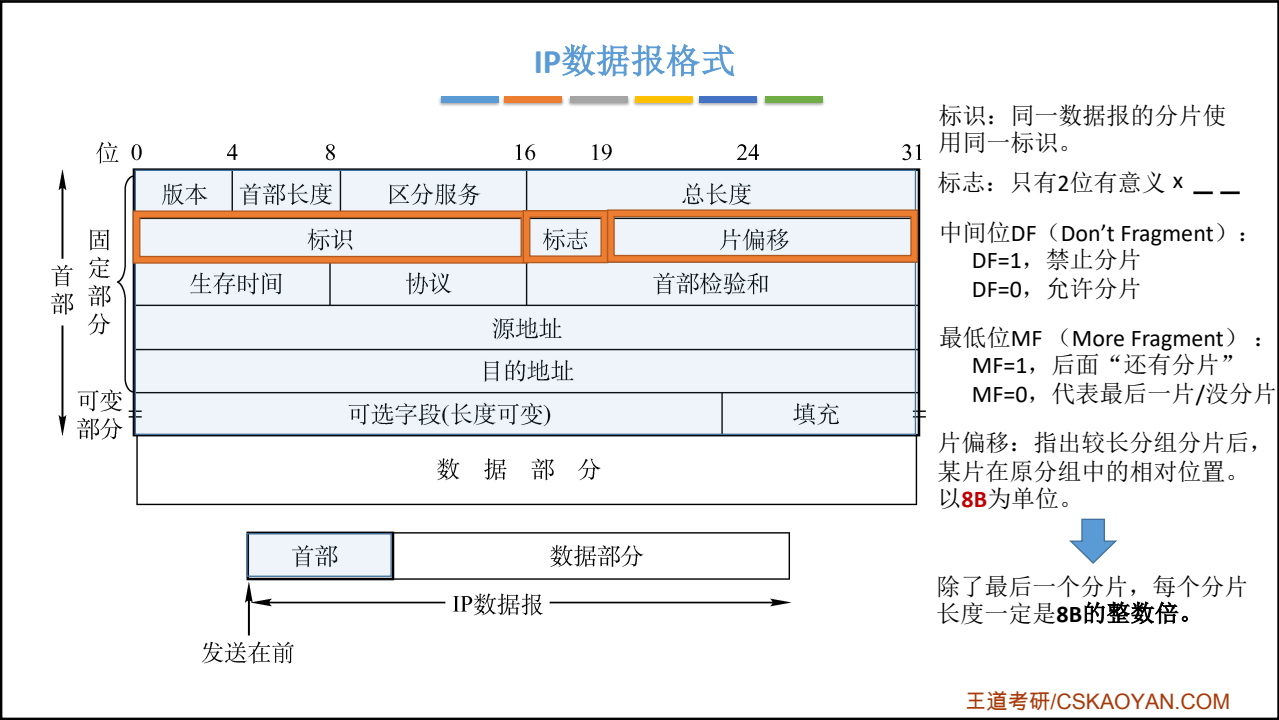


如果所传送的数据  
报长度超过某链路  
的MTU值？

## 分片

王道考研/CSKAOYAN.COM

12



13

**IP数据报分片例题**

首部（20B） 数据部分（3800B）

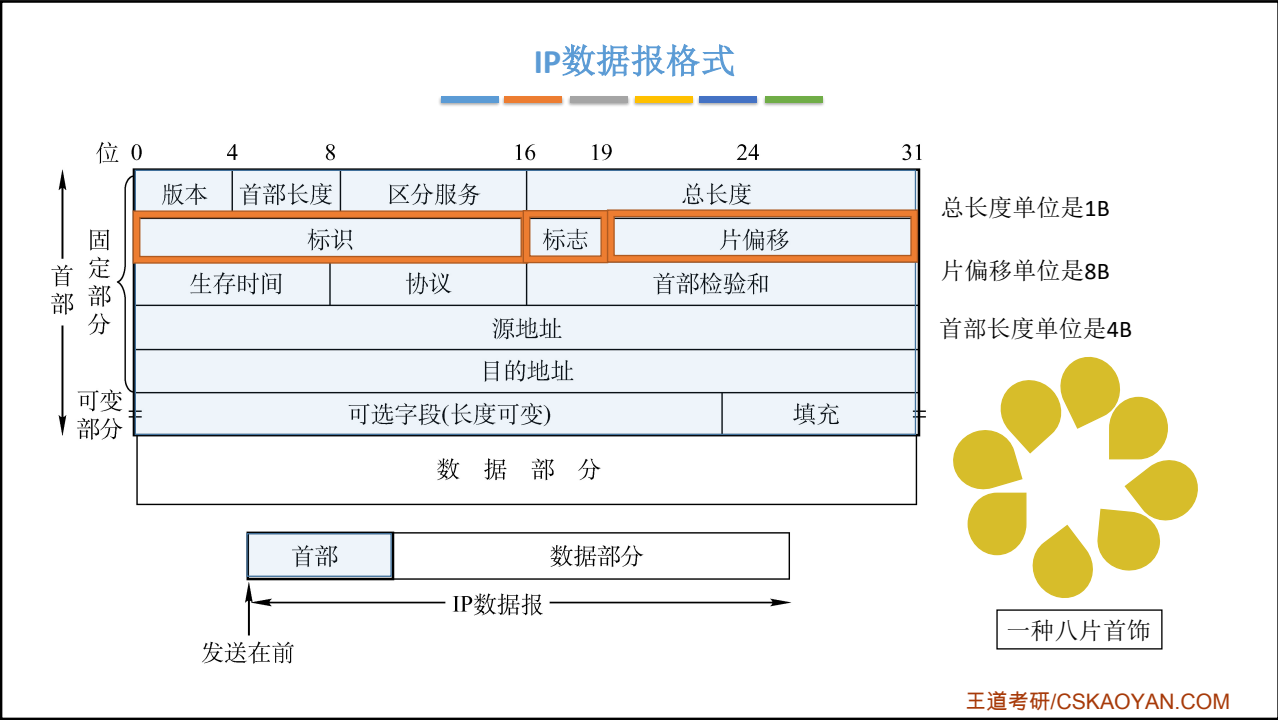
需要分片为长度不超过1420B的数据报片。

首部1（20B） 数据部分（1400B）      首部2（20B） 数据部分（1400B）      首部3（20B） 数据部分（1000B）

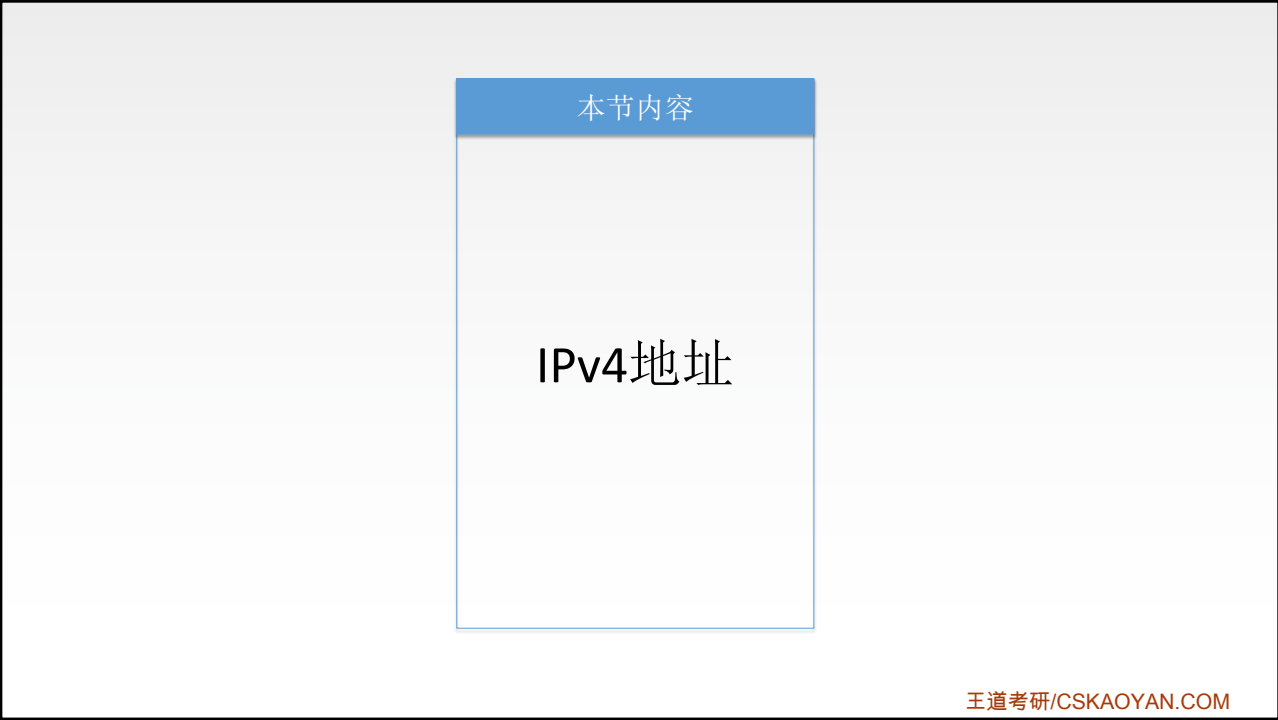
	总长度	标识	MF	DF	片偏移
原始数据报	3820	12345	0	0	0
数据报片1	1420	12345	1	0	0
数据报片2	1420	12345	1	0	175
数据报片3	1020	12345	0	0	350

王道考研/CSKAOYAN.COM

14

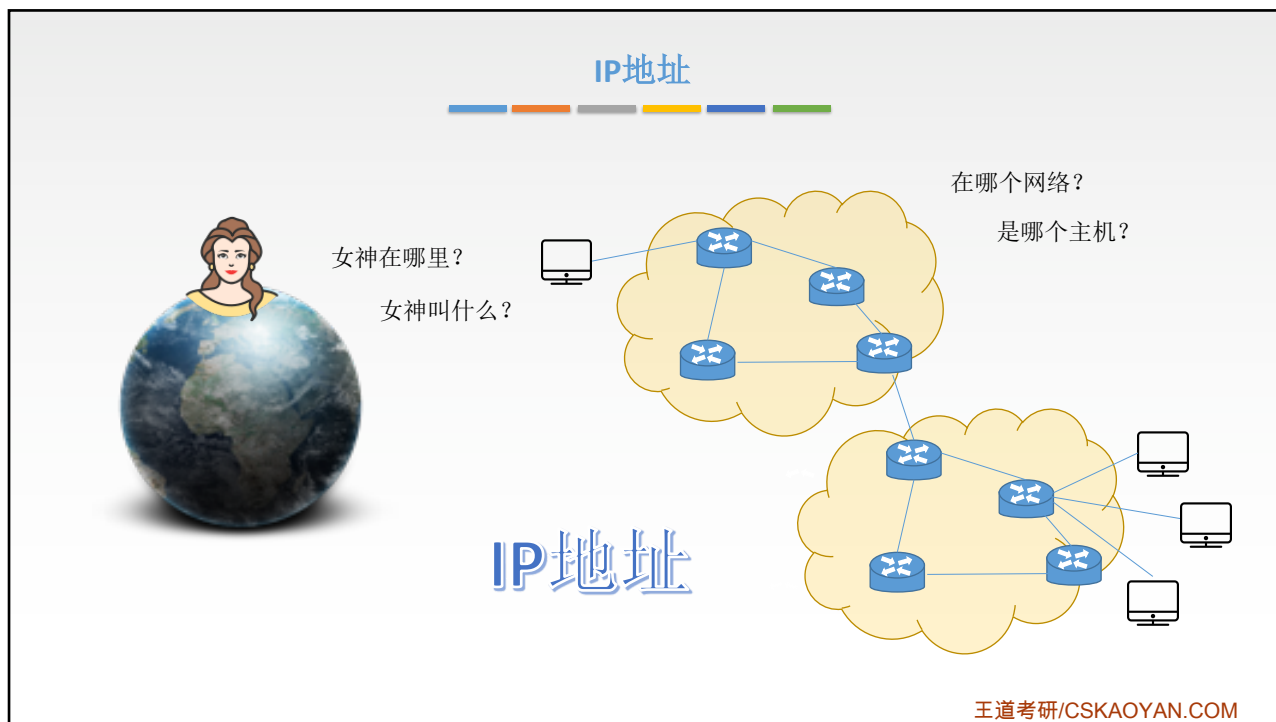


15

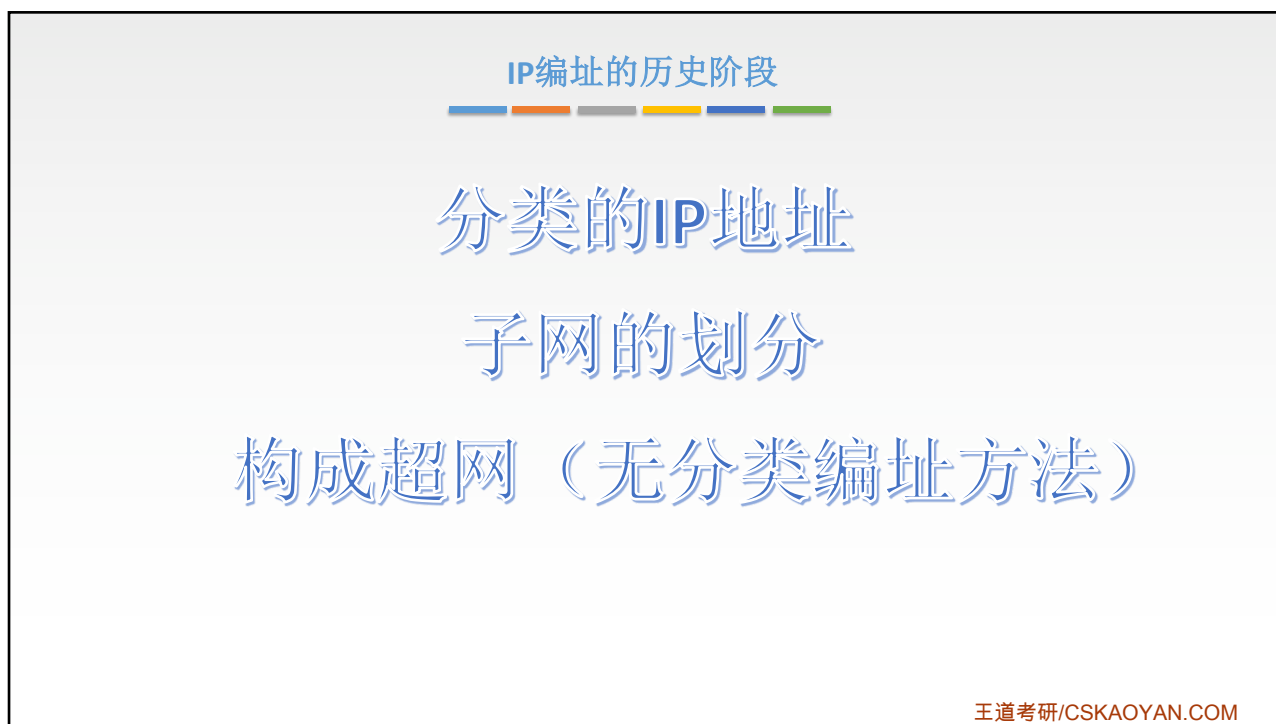


16





17



18

## 分类的IP地址



身份证号: 110000199601010442



IP地址: 全世界唯一的**32位/4字节**标识符, 标识路由器主机的接口。

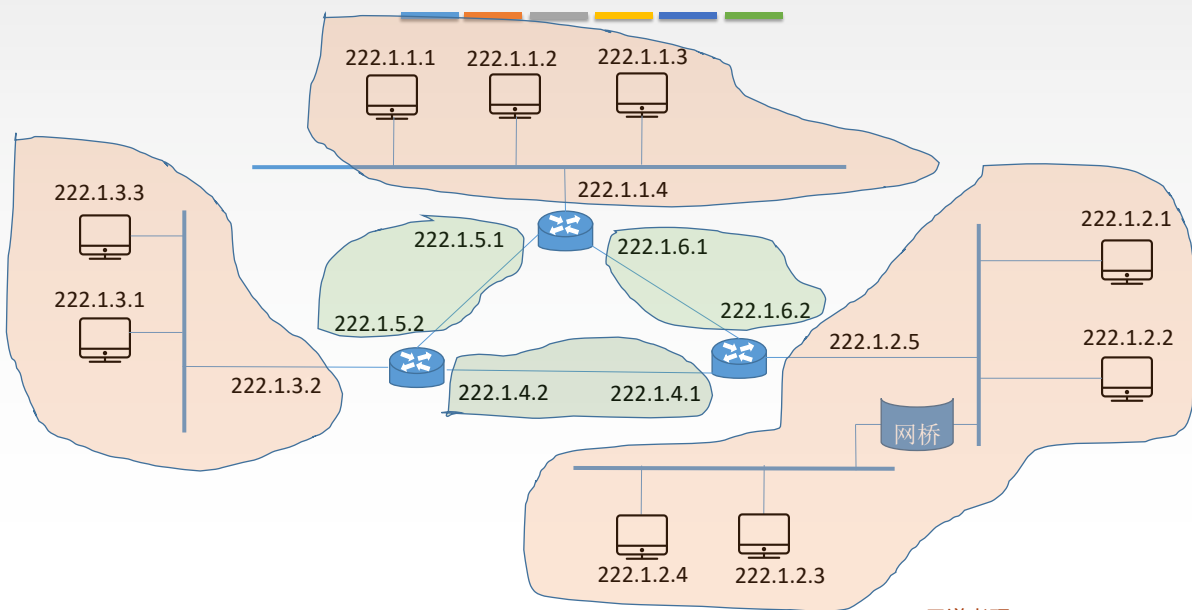
IP地址::=<网络号>,<主机号>

11011111 00000001 00000001 00000001=223.1.1.1  
                   223          1          1          1          点分十进制

王道考研/CSKAOYAN.COM

19

## 互联网中的IP地址



王道考研/CSKAOYAN.COM

20

分类的IP地址

	0	1	2	3	8	16	24	32
A类(1~126)	0	1	2	3	8	主机号		
	网络号							
B类(128~191)	1	0	2	3	8	主机号		
	网络号							
C类(192~223)	1	1	0	3	8	主机号		
	网络号							
D类(224~239)	1	1	1	0	多播地址			
E类(240~255)	1	1	1	1	保留为今后使用			

王道考研/CSKAOYAN.COM

21

特殊IP地址

NetID 网络号	HostID主机 号	作为IP分组 源地址	作为IP分组目 的地址	用途
全0	全0	可以	不可以	本网范围内表示主机，路由表中用于表示默认路由（表示整个Internet网络）
全0	特定值	可以	不可以	表示本网内某个特定主机
全1	全1	不可以	可以	本网广播地址（路由器不转发）
特定值	全0	不可以	不可以	网络地址，表示一个网络
特定值	全1	不可以	可以	直接广播地址，对特定网络上的所有主机进行广播
127	任何数 (非全0/1)	可以	可以	用于本地软件环回测试，称为环回地址

王道考研/CSKAOYAN.COM

22

私有IP地址

地址类别	地址范围	网段个数
A类	10.0.0.0~10.255.255.255	1
B类	172.16.0.0~172.31.255.255	16
C类	192.168.0.0~192.168.255.255	256

王道考研/CSKAOYAN.COM

23

分类的IP地址

	0	1	2	3	8	16	24	32
A类(1~126)	0	1	2	3	8	16	24	32
	0	1	2	3	8	16	24	32
B类(128~191)	1	0	1	2	3	8	16	32
	1	0	1	2	3	8	16	32
C类(192~223)	1	1	0	1	2	3	8	32
	1	1	0	1	2	3	8	32
D类(224~239)	1	1	1	0	1	2	3	32
	1	1	1	0	1	2	3	32
E类(240~255)	1	1	1	1	1	2	3	32
	1	1	1	1	1	2	3	32

网络类别	最大可用网络数	第一个可用的网络号	最后一个可用的网络号	每个网络中的最大主机数
A	$2^7-2$	1	126	$2^{24}-2$
B	$2^{14}-1$	128.1	191.255	$2^{16}-2$
C	$2^{21}-1$	192.0.1	223.255.255	$2^8-2$

王道考研/CSKAOYAN.COM

24

### 本节内容

## 网络地址转换 (NAT)

王道考研/CSKAOYAN.COM

25

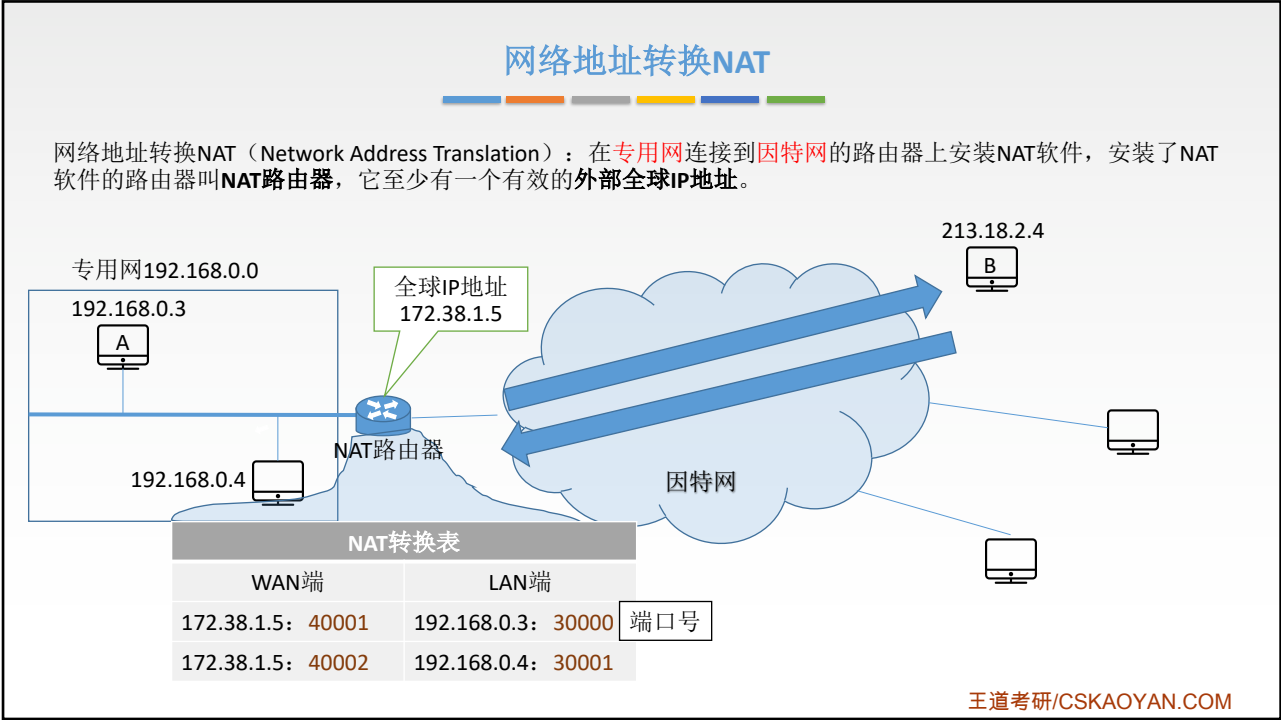
### 私有IP地址

地址类别	地址范围	网段个数
A类	10.0.0.0~10.255.255.255	1
B类	172.16.0.0~172.31.255.255	16
C类	192.168.0.0~192.168.255.255	256

路由器对目的地址是私有IP地址的数据报一律不进行转发。

王道考研/CSKAOYAN.COM

26



27

本节内容

子网划分  
与子网掩码

王道考研/CSKAOYAN.COM

28

子网划分

分类的IP地址的弱点:

1.IP地址空间的利用率有时很低。

2.两级IP地址不够灵活。

	0	1	2	3	8	16	24	32
A类(1~126)	0	1	B	网络号	主机号			
B类(128~191)	1	0	2	B	网络号	主机号		
C类(192~223)	1	1	0	3	B	网络号	主机号	
D类(224~239)	1	1	1	0	多播地址			
E类(240~255)	1	1	1	1	保留为今后使用			

王道考研/CSKAOYAN.COM

29

子网划分

两级IP地址

网络号

主机号

↓

子网号能否全0全1要看情况

三级IP地址

网络号

子网号

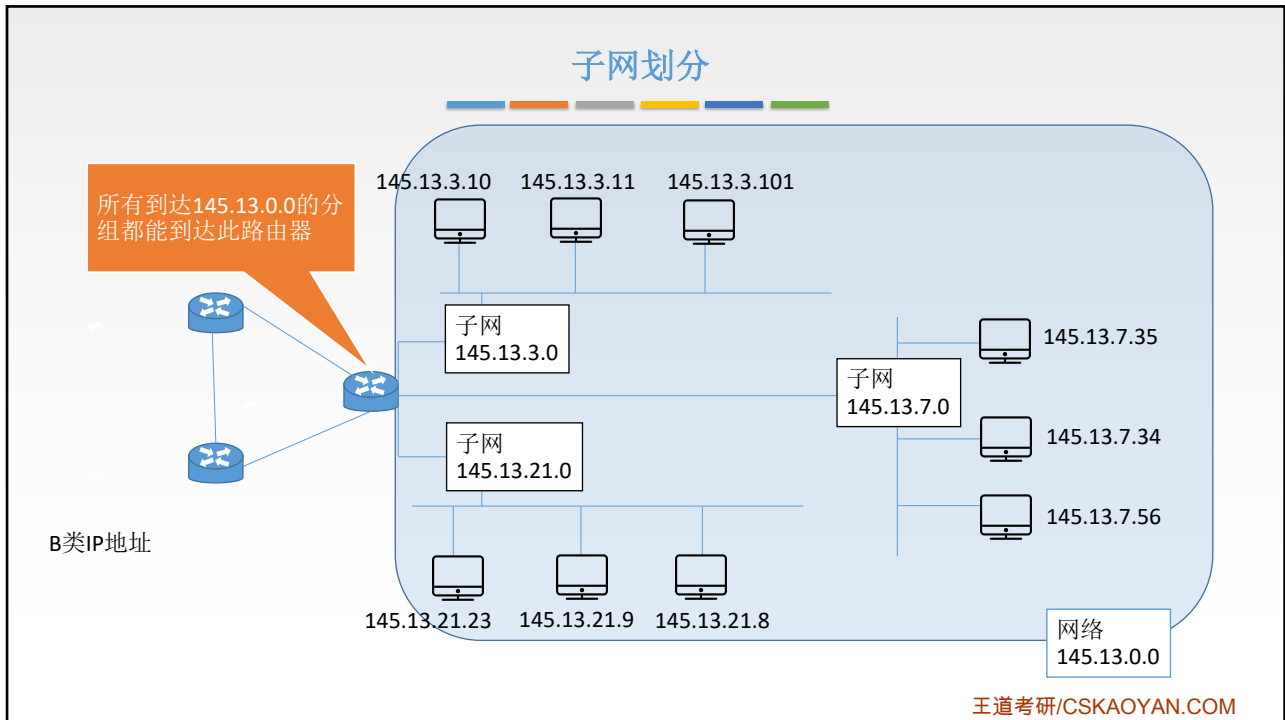
主机号

主机号不能全0全1

某单位划分子网后，对外仍表现为一个网络，即本单位外的网络看不见本单位内子网的划分。

王道考研/CSKAOYAN.COM

30



31

### 子网掩码

两级IP地址	145	13	3	10
两级IP地址的子网掩码	11111111	11111111	00000000	00000000
三级IP地址	145	13	3	10
三级IP地址的子网掩码	11111111	11111111	11111111	00000000
子网掩码与IP地址逐位相与，就得到子网网络地址。				
子网的网络地址	145	13	3	0

王道考研/CSKAOYAN.COM

32



### 子网掩码习题

已知IP地址是141.14.72.24，子网掩码是255.255.192.0，求网络地址。 如果子网掩码是255.255.224.0，求网络地址。

10000000	128
11000000	192
11100000	224
11110000	240
11111000	248
11111100	252
11111110	254
11111111	255

王道考研/CSKAOYAN.COM

33

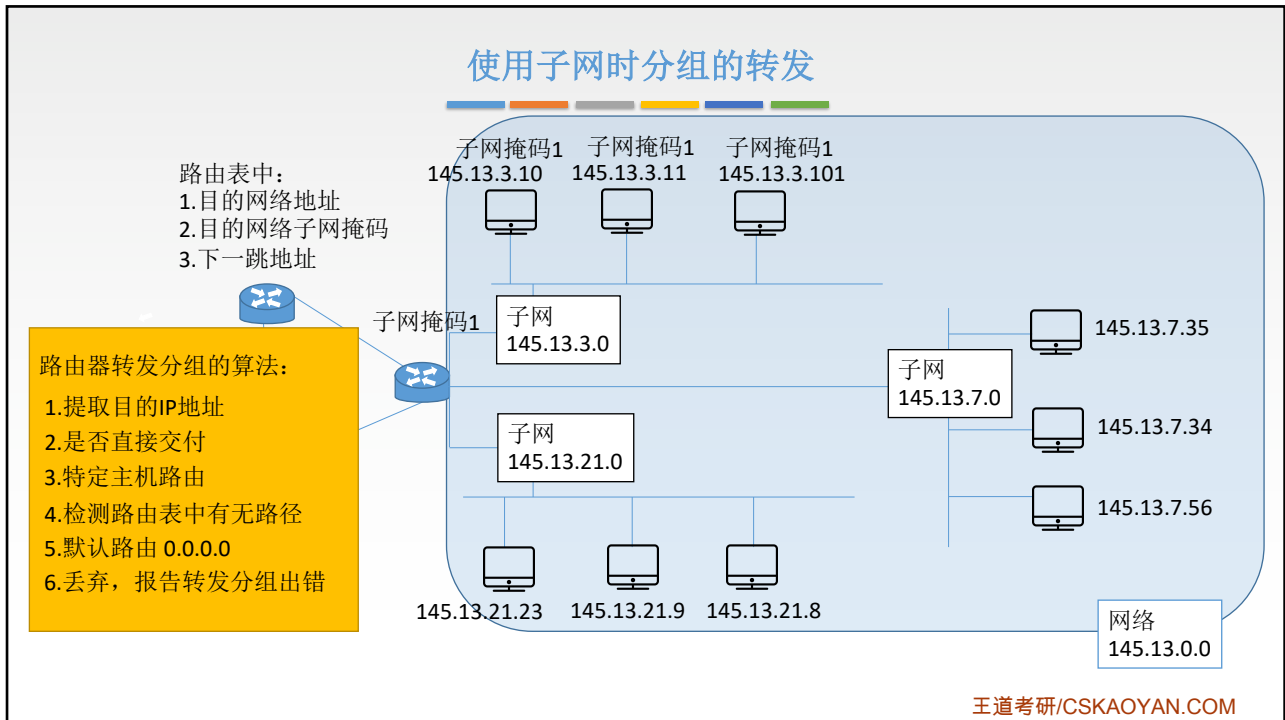
### 子网掩码习题

某主机的IP地址为180.80.77.55，子网掩码为255.255.252.0。若该主机向其所在子网发送广播分组，则目的地址可以是（ ）。

A. 180.80.76.0 B. 180.80.76.255 C. 180.80.77.255 D. 180.80.79.255

王道考研/CSKAOYAN.COM

34



35



36

## 无分类编址CIDR

B类地址很快将分配完毕！

路由表中的项目急剧增长！



37

## 无分类编址CIDR

无分类域间路由选择CIDR：

1. 消除了传统的A类，B类和C类地址以及划分子网的概念。



CIDR记法：IP地址后加上“/”，然后写上网络前缀（可以任意长度）的位数。 e.g. 128.14.32.0/20

2. 融合子网地址与子网掩码，方便子网划分。

CIDR把网络前缀都相同的连续的IP地址组成一个“CIDR地址块”。

128.14.35.7/20是某CIDR地址块中的一个地址

二进制：10000000 00001110 00100011 00000111

最小地址：10000000 00001110 00100000 00000000  
128.14.32.0

最大地址：10000000 00001110 00101111 11111111  
128.14.47.255

地址块：128.14.32.0/20 “/20地址块”

地址掩码（子网掩码）：

11111111 11111111 11110000 00000000

王道考研/CSKAOYAN.COM

38

### 无分类编址CIDR

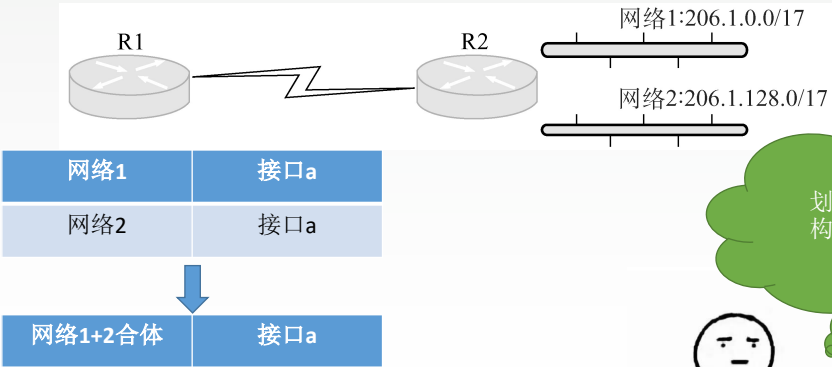
192.199.170.82/27

王道考研/CSKAOYAN.COM

39

### 构成超网

将多个子网聚合成一个较大的子网，叫做构成超网，或路由聚合。  
方法：将网络前缀缩短（所有网络地址取交集）。



学习

王道考研/CSKAOYAN.COM

40

## 构成超网

某路由表中有转发接口相同的4条路由表项，其目的网络地址分别为35.230.32.0/21、35.230.40.0/21、35.230.48.0/21、35.230.56.0/21，将该4条路由聚合后的目的网络地址为（ ）。

- A. 35.230.0.0/19                      B. 35.230.0.0/20  
C. 35.230.32.0/19                     D. 35.230.32.0/20

35.230.32.0/21	0 0 1 0 0 0 0 0
35.230.40.0/21	0 0 1 0 1 0 0 0
35.230.48.0/21	0 0 1 1 0 0 0 0
35.230.56.0/21	0 0 1 1 1 0 0 0

王道考研/CSKAOYAN.COM

41

## 最长前缀匹配

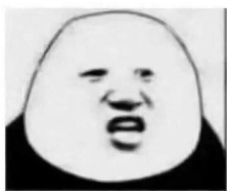
使用CIDR时，查找路由表可能得到几个匹配结果（跟网络掩码按位相与），应选择具有最长网络前缀的路由。前缀越长，地址块越小，路由越具体。



206.0.68.0/22

计算机系

206.0.71.128/25

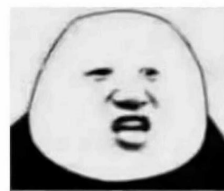


计算机，学着挺有意思的，就是头有点冷

目的地址为  
206.0.71.130  
的数据报

71: 01000111  
130: 10000010

物理系



物理，很好学的，就是头冷

206.0.71.0/25

王道考研/CSKAOYAN.COM

42

最长前缀匹配

使用CIDR时，查找路由表可能得到几个匹配结果，应选择具有最长网络前缀的路由。前缀越长，地址块越小，路由越具体。

路由器R0的路由表见下表：若进入路由器R0的分组的目的地址为132.19.237.5，请问该分组应该被转发到哪一个下一跳路由器（ ）。

- A. R1    B. R2  
C. R3    D. R4

目的网络	下一跳
132.0.0.0/8	R1
132.0.0.0/11	R2
132.19.232.0/22	R3
0.0.0.0/0	R4

王道考研/CSKAOYAN.COM

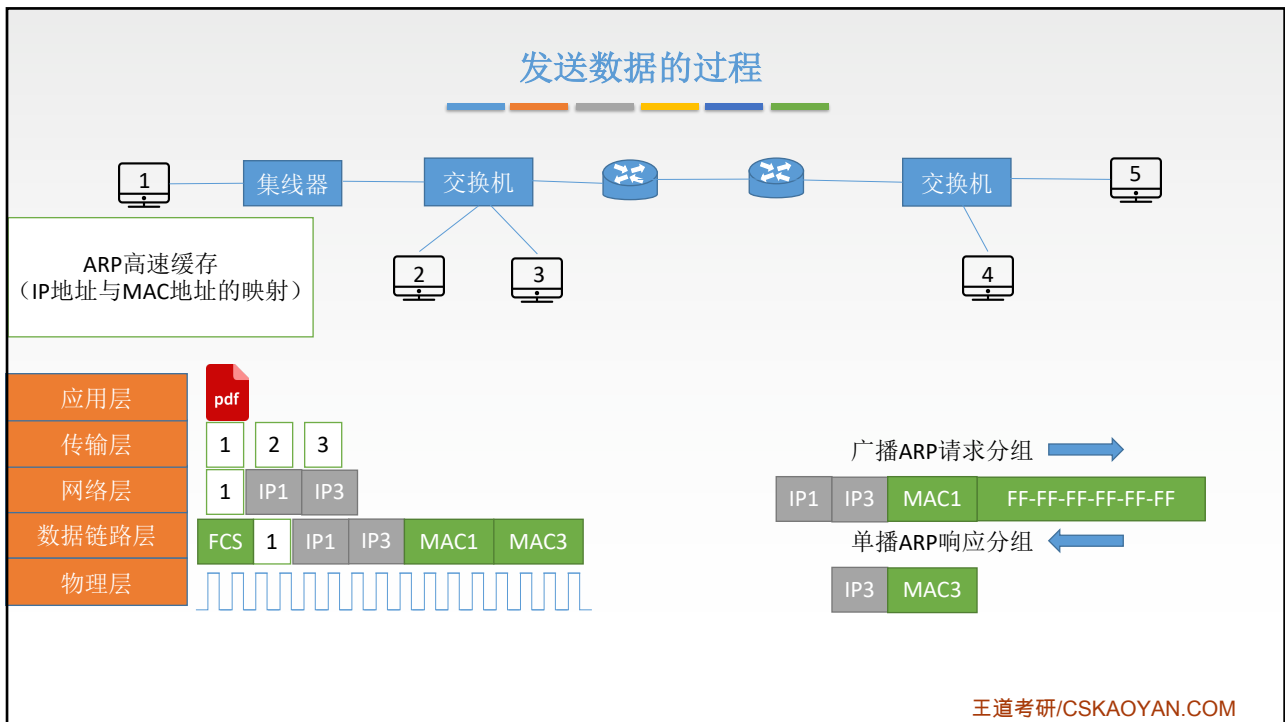
43

本节内容

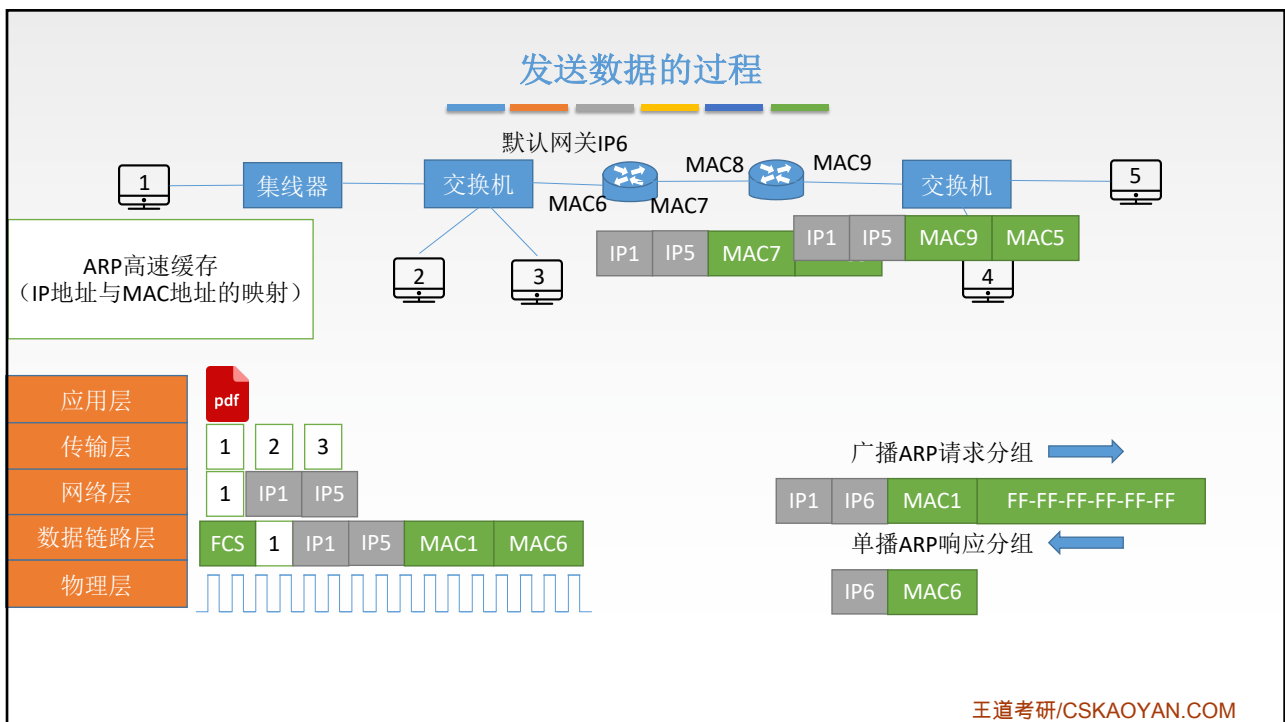
ARP协议

王道考研/CSKAOYAN.COM

44



45



46

## ARP协议

由于在实际网络的链路上传送数据帧时，最终必须使用MAC地址。



ARP协议：完成主机或路由器IP地址到MAC地址的映射。解决下一跳走哪的问题

ARP协议使用过程：

检查**ARP高速缓存**，有对应表项则写入MAC帧，没有则用目的MAC地址为FF-FF-FF-FF-FF-FF的帧封装并**广播ARP请求分组**，同一局域网中所有主机都能收到该请求。目的主机收到请求后就会向源主机**单播一个ARP响应分组**，源主机收到后将此映射**写入ARP缓存**（10-20min更新一次）。

ARP协议4种典型情况：

- 1.主机A发给**本网络**上的主机B：用ARP找到主机B的硬件地址；
- 2.主机A发给**另一网络**上的主机B：用ARP找到本网络上一个路由器（网关）的硬件地址；
- 3.路由器发给**本网络**的主机A：用ARP找到主机A的硬件地址；
- 4.路由器发给**另一网络**的主机B：用ARP找到本网络上的一个路由器的硬件地址。

ARP协议自动进行

王道考研/CSKAOYAN.COM

47

## ARP协议习题

主机发送IP数据报给主机B，经过了5个路由器，请问此过程总共使用了几次ARP协议？

ARP协议解决下一跳走哪的问题

王道考研/CSKAOYAN.COM

48



本节内容

DHCP协议

王道考研/CSKAOYAN.COM

主机如何获得IP地址？

静态配置



IP地址  
子网掩码  
默认网关

动态配置

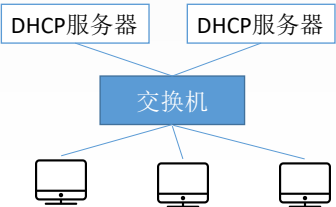


王道考研/CSKAOYAN.COM

## DHCP协议

动态主机配置协议DHCP是应用层协议，使用客户/服务器方式，客户端和服务端通过广播方式进行交互，基于UDP。DHCP提供即插即用联网的机制，主机可以从服务器动态获取IP地址、子网掩码、默认网关、DNS服务器名称与IP地址，允许地址重用，支持移动用户加入网络，支持在用地址续租。

- 1.主机广播DHCP发现报文 “有没有DHCP服务器呀？” 试图找到网络中的服务器，服务器获得一个IP地址。
- 2.DHCP服务器广播DHCP提供报文 “有！” “有！” “有！” 服务器拟分配给主机一个IP地址及相关配置，先到先得。
- 3.主机广播DHCP请求报文 “我用你给我的IP地址啦？” 主机向服务器请求提供IP地址。
- 4.DHCP服务器广播DHCP确认报文 “用吧！” 正式将IP地址分配给主机。



王道考研/CSKAOYAN.COM

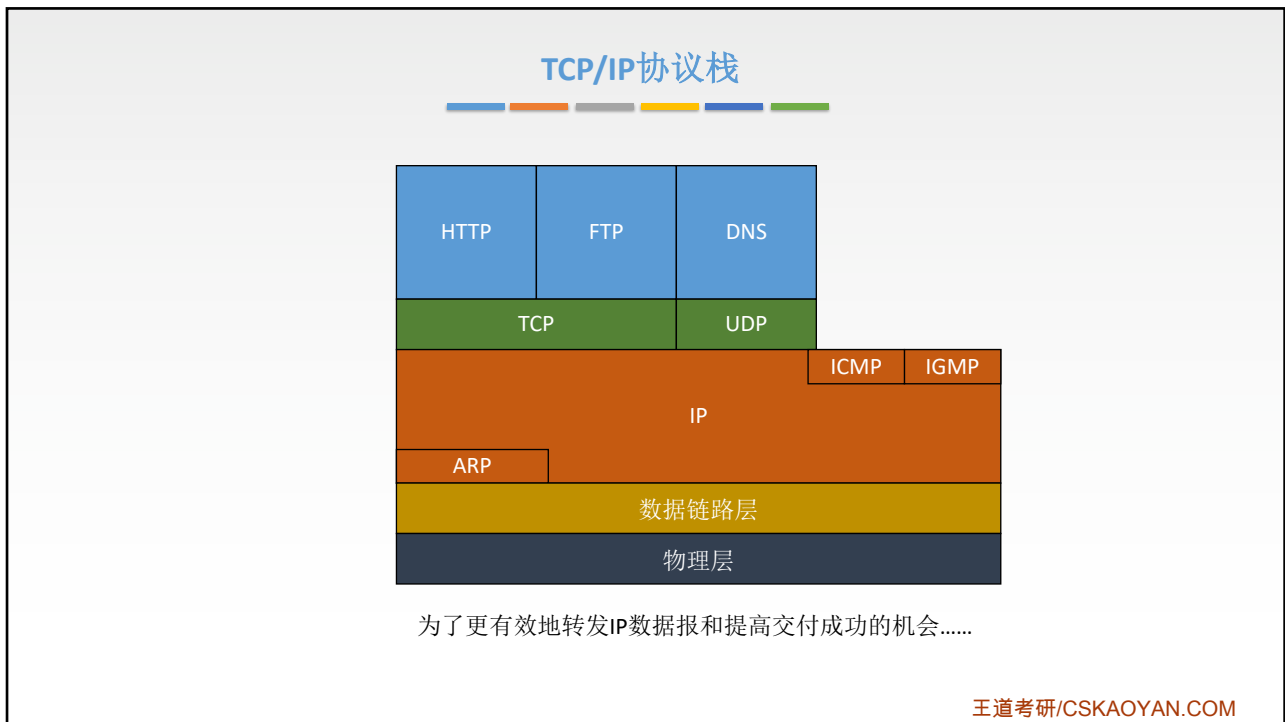
51

## 本节内容

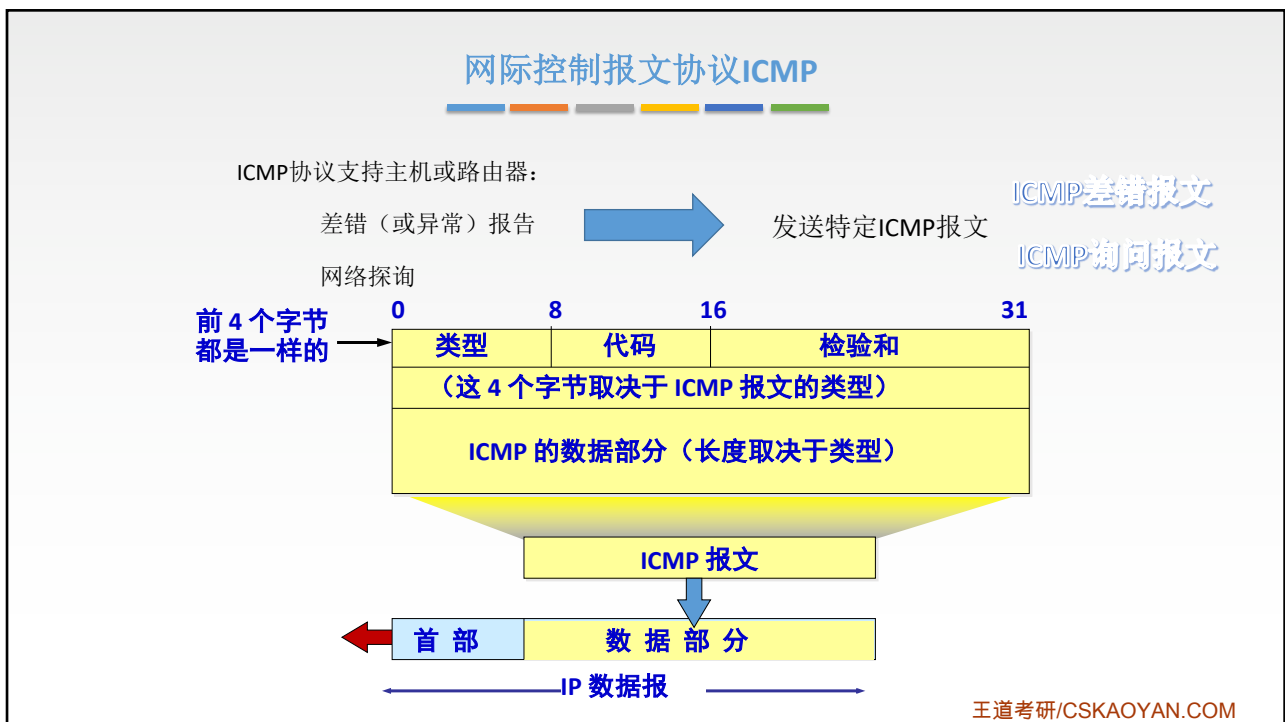
## ICMP协议

王道考研/CSKAOYAN.COM

52



53



54

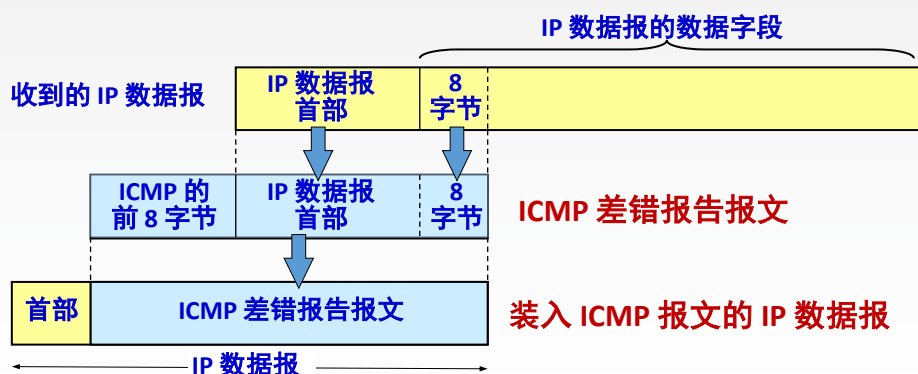
## ICMP差错报告报文（5种）

- 1. 终点不可达：**当路由器或主机不能交付数据报时就向源点发送终点不可达报文。  
无法交付
- 2. 源点抑制：**当路由器或主机由于拥塞而丢弃数据报时，就向源点发送源点抑制报文，使源点知道应当把数据报的发送速率放慢。  
拥塞丢数据
- 3. 时间超过：**当路由器收到生存时间TTL=0的数据报时，除丢弃该数据报外，还要向源点发送时间超过报文。当终点在预先规定的时间内不能收到一个数据报的全部数据报片时，就把已收到的数据报片都丢弃，并向源点发送时间超过报文。  
TTL=0
- 4. 参数问题：**当路由器或目的主机收到的数据报的首部中有的字段的值不正确时，就丢弃该数据报，并向源点发送参数问题报文。  
首部字段有问题
- 5. 改变路由（重定向）：**路由器把改变路由报文发送给主机，让主机知道下次应将数据报发送给另外的路由器（可通过更好的路由）。  
值得更好的路由

王道考研/CSKAOYAN.COM

55

## ICMP差错报告报文数据字段



王道考研/CSKAOYAN.COM

56

## 不应发送ICMP差错报文的情况

- 1.对**ICMP差错报告报文**不再发送ICMP差错报告报文。
- 2.对第一个分片的数据报片的所有**后续数据报片**都不发送ICMP差错报告报文。
- 3.对具有**组播地址**的数据报都不发送ICMP差错报告报文。
- 4.对具有**特殊地址**（如127.0.0.0或0.0.0.0）的数据报不发送ICMP差错报告报文。

王道考研/CSKAOYAN.COM

57

## ICMP询问报文

- 1.回送请求和回答报文 主机或路由器向特定目的主机发出的询问，收到此报文的主机必须给源主机或路由器发送ICMP回送回答报文。**测试目的站是否可达以及了解其相关状态。**
- 2.时间戳请求和回答报文 请某个主机或路由器回答当前的日期和时间。**用来进行时钟同步和测量时间。**
- 3.掩码请求和回答报文
- 4.路由请求和通告报文

王道考研/CSKAOYAN.COM

58

## ICMP的应用

### PING

测试两个主机之间的连通性，使用了**ICMP回送请求和回答报文**。

### Traceroute

跟踪一个分组从源点到终点的路径，使用了**ICMP时间超过差错报告报文**。

王道考研/CSKAOYAN.COM

59

## 本节内容

IPv6

王道考研/CSKAOYAN.COM

60

### 为什么有IPv6?

32位IPv4地址空间已分配殆尽...

CIDR

NAT

治标不治本

IPv6

从根本上解决地址耗尽问题

改进首部格式

快速处理/转发数据报

支持QoS

QoS（Quality of Service，服务质量）指一个网络能够利用各种基础技术，为指定的网络通信提供更好的服务能力, 是网络的一种安全机制，是用来解决网络延迟和阻塞等问题的一种技术。

王道考研/CSKAOYAN.COM

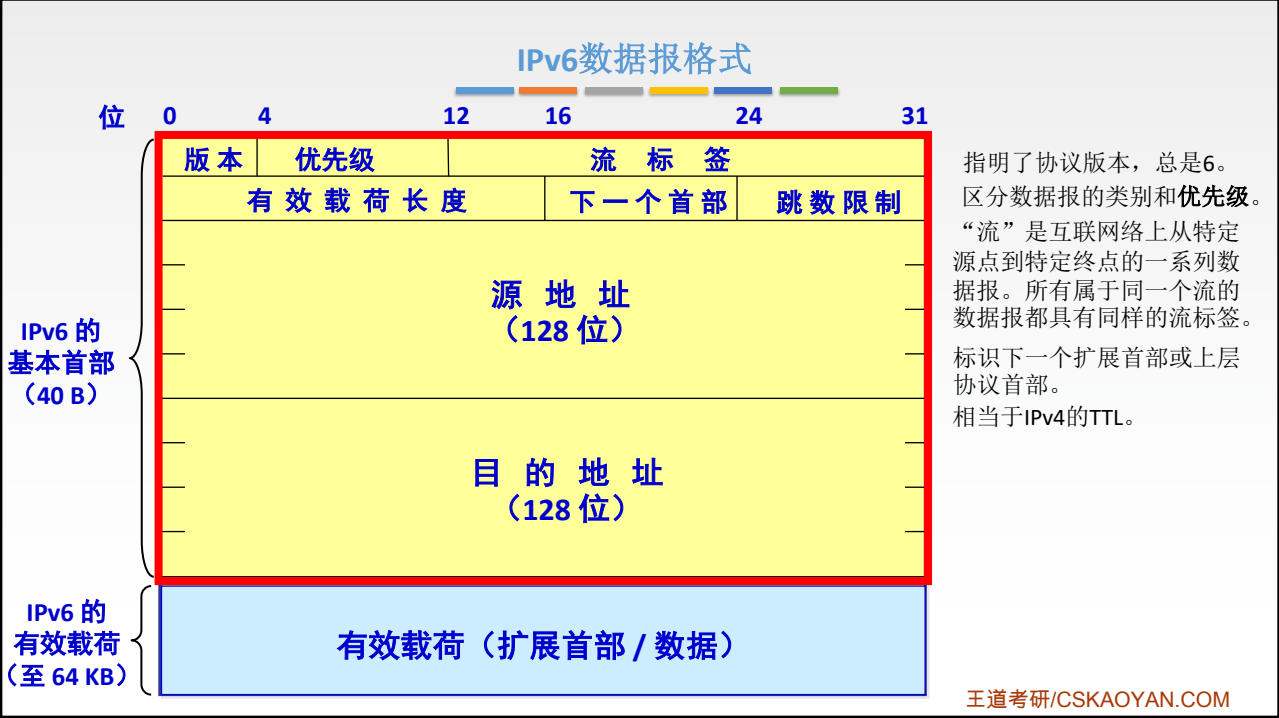
61

### IPv6数据报格式

The diagram illustrates the structure of an IPv6 packet. It is divided into two main parts: the **IPv6 数据报** (IPv6 Packet) and the **有效载荷** (Payload). The **IPv6 数据报** is further divided into the **基本首部** (Basic Header) and the **扩展首部** (Extension Header). The **基本首部** is fixed at **40 字节** (40 bytes) and is **发送在前** (sent first). The **扩展首部** consists of **扩展首部 1**, **...**, and **扩展首部 N**, which are collectively labeled as **选项** (Options). The **有效载荷** is the **数据部分** (Data Part) and its size is **不超过 65535 字节** (not more than 65535 bytes). A note on the left states: **固定40B基本首部** (Fixed 40B Basic Header) and **路由器处不能分片** (Cannot be fragmented at the router).

王道考研/CSKAOYAN.COM

62



63

**IPv6和IPv4**

- 1.IPv6将地址从32位（4B）扩大到**128位（16B）**，更大的地址空间。
- 2.IPv6将IPv4的**校验和字段彻底移除**，以减少每跳的处理时间。
- 3.IPv6将IPv4的可选字段移出首部，变成了**扩展首部**，成为灵活的首部格式，路由器通常不对扩展首部进行检查，大大提高了路由器的处理效率。
- 4.IPv6支持**即插即用**（即自动配置），不需要DHCP协议。
- 5.IPv6首部长度必须是**8B的整数倍**，IPv4首部是4B的整数倍。
- 6.IPv6 **只能在主机处分片**，IPv4可以在路由器和主机处分片。
- 7.ICMPv6：附加报文类型“分组过大”。
8. IPv6支持资源的预分配，支持实时视像等要求，保证一定的带宽和时延的应用。
- 9.IPv6取消了协议字段，改成下一个首部字段。
- 10.IPv6取消了总长度字段，改用有效载荷长度字段。
- 11.IPv6取消了服务类型字段。

王道考研/CSKAOYAN.COM

64



## IPv6地址表示形式

**一般形式** 冒号十六进制记法: 4BF5:AA12:0216:FEBC:BA5F:039A:BE9A:2170

**压缩形式** 4BF5:0000:0000:0000:BA5F:039A:000A:2176

点分十进制?

4BF5:0:0:0:BA5F:39A:A:2176。

**零压缩**: 一连串连续的0可以被一对冒号取代。

FF05:0:0:0:0:0:0:B3

↓  
FF05::B3

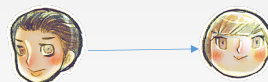
双冒号表示法在一个地址中仅可出现一次。

王道考研/CSKAOYAN.COM

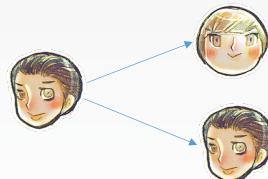
65

## IPv6基本地址类型

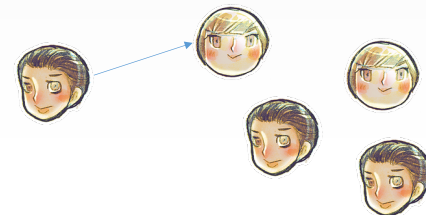
**单播** 一对一通信 可做源地址+目的地址



**多播** 一对多通信 可做目的地址



**任播** 一对多中的一个通信 可做目的地址



王道考研/CSKAOYAN.COM

66

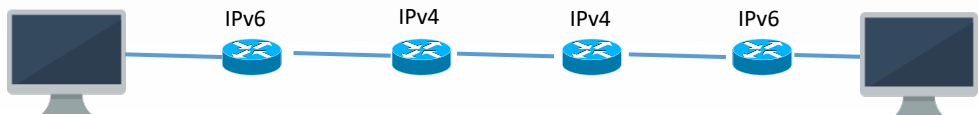
### IPv6向IPv4过渡的策略

#### 双栈协议

双协议栈技术就是指在一台设备上**同时启用IPv4协议栈和IPv6协议栈**。这样的话，这台设备既能和IPv4网络通信，又能和IPv6网络通信。如果这台设备是一个**路由器**，那么这台路由器的不同接口上，分别配置了IPv4地址和IPv6地址，并很可能分别连接了IPv4网络和IPv6网络。如果这台设备是一个**计算机**，那么它将同时拥有IPv4地址和IPv6地址，并具备同时处理这两个协议地址的功能。

#### 隧道技术

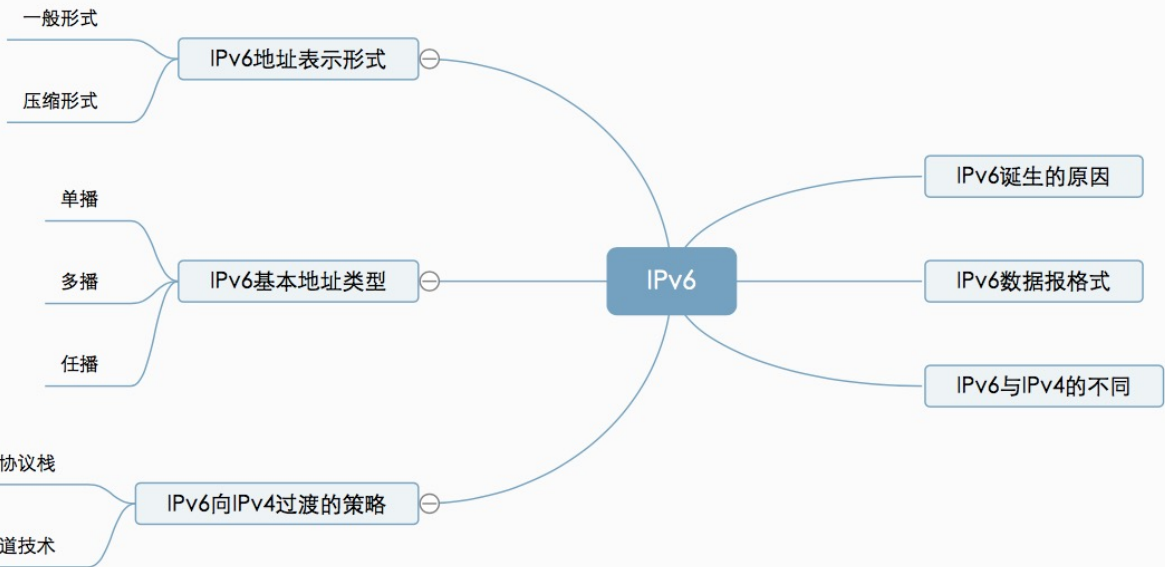
通过使用互联网的基础设施在网络之间传递数据的方式。使用隧道传递的数据（或负载）可以是不同协议的数据帧或包。隧道协议将其它协议的数据帧或包**重新封装**然后通过隧道发送。



王道考研/CSKAOYAN.COM

67

### 脑图时刻



68