

# 计算机网络04

---

## 概述

### 网络层提供的两种服务

### IPv4地址

#### 分类编址

#### 划分子网

#### 无分类编址

#### IPv4地址的应用规划

### IP数据报的发送和转发过程

### 静态路由配置

### 路由选择

### 路由信息协议RIP的基本工作原理

### 开放最短路径优先OSPF的基本工作原理

### 边界网关协议BGP的基本工作原理

### IPv4数据报的首部格式

### 网际控制报文协议ICMP

### 虚拟专用网VPN和网络地址转换NAT

## 概述

网络层主要任务：实现网络互联（物理层和数据链路层只能实现网络内的传输），进而实现数据包在各网络之间的传输

### 主要问题

网络层向运输层提供怎么样的服务（可靠传输or不可靠传输？）

网络寻址问题

路由选择问题

## 网络层提供的两种服务

## 面向连接的虚电路服务

可靠传输由网络保证

必须建立网络层的链接（逻辑链接）——虚电路VC

目的主机地址只在建立连接时使用，后面分组发送时带虚电路的编号

可无差错达到

通信结束后，需释放连接

## 无连接的数据包服务

可靠通信由主机保证

不用建立网络层链接

每一个分组都要带完整的目的主机地址

有可能出差错

——》使网络中的路由器可以做的简单低廉点（相比于交换机）

因特网采用了这种思想，即将复杂的网络处理功能置于因特网边缘，而将相对简单的尽最大努力的分组交付功能至于因特网核心——》因特网发扬光大

# IPv4地址

IPv4地址使给因特网的上的每一个主机/路由器接口分配一个全世界范围内唯一的32比特的标识符，采用点分十进制法表示，以方便用户使用

## 分类编址

分为ABCDE五类



只有ABC类可以分配给主机/路由器接口

主机号全为0——》网络地址，不分配

主机号全为1——》广播地址，不分配

## 划分子网

32比特的子网掩码可以表明分类IP地址的主机号部分被借用了几个比特作为子网号

子网掩码用连续的1表示网络号的子网号

子网掩码用连续的0表示主机号

将子网内的IPv4地址与相应的子网掩码进行逻辑与运算——》得到IPv4地址所在子网的网络地址

32比特的划分子网的IPv4地址

网络号

子网号

主机号

32比特的子网掩码

11111...11111

0000000000...0000000000

逻辑与运算

IPv4地址所在子网的网络地址

网络号和子网号被保留

主机号被清零

## 无分类编址

CIDR使用“斜线记法”，在IPv4地址后面加上斜线“/”，在斜线后面写上网络前缀所占的比特数量

【举例】

128.14.35.7 / 20

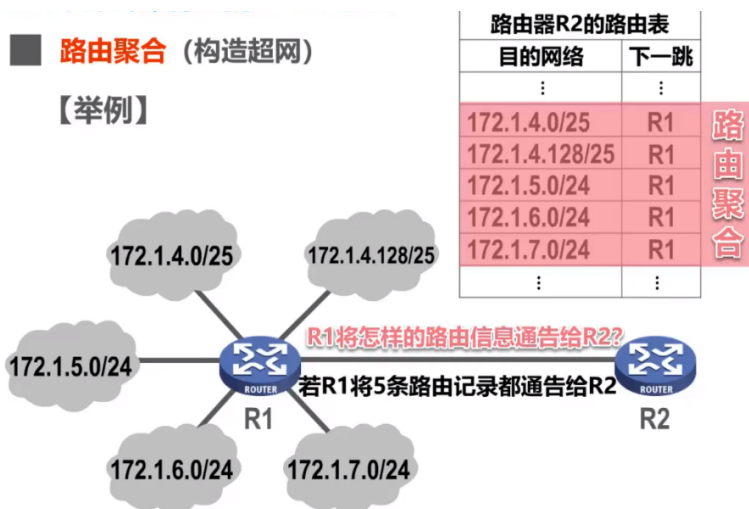
网络前缀占用的比特数量：20

主机编号占用的比特数量：32-20=12

路由聚合（构造超网）

路由聚合（构造超网）

【举例】



找共同前缀

172.1.4.0/25 → 172.1.000000100.0  
172.1.4.128/25 → 172.1.000000100.128  
172.1.5.0/24 → 172.1.000000101.0  
172.1.6.0/24 → 172.1.000000110.0  
172.1.7.0/24 → 172.1.000000111.0

共22位

聚合地址块：172.1.4.0 / 22

网络前缀越长，地址块越小，路由越具体

若路由器转发分组时发现有多条路由可选——》选网络前缀最长的

## IPv4地址的应用规划

将给定的地址块进行更小的划分

定长的子网掩码划分：不灵活，容易浪费

变长的子网掩码划分：灵活，尽可能减少浪费

# IP数据报的发送和转发过程

包含两部分：主机发送/路由器转发

主机发送IP数据报

判断目的主机是否与自己在一个网络

一个网络，直接交付

不同网络，间接交付，传输给所在网络的默认网关（路由器），由其帮忙转发

路由器转发IP数据报

1.检查IP数据报首部是否出错

2.根据IP数据报的目的地址在路由表中查找匹配条目

## 静态路由配置

静态路由配置：用户或网络管理员使用路由器的相关命令给路由器人工配置路由表

简单开销小

但不能及时适应网络状态的变化

一般只在小规模网络中使用

可能导致产生路由环路的错误

配置错误

聚会了不存在的网络

网络故障

路由条目的类型

直连网络

静态网络（人工配置

动态网络（路由选择协议

特殊的静态路由条目

默认路由（目的网络为0.0.0.0,

特定主机路由（目的网络为特定书记的IP地址

黑洞路由（由聚合产生，下一跳为null0

## 路由选择

因特网所采用的路由选择协议的主要特点

自适应：动态路由选择

分布式：路由器之间交换路由信息

分层次：将整个因特网划分为许多较小的自治系统

分层次的路由选择协议

域间路由选择——》EGP协议

域内路由选择——》IGP协议

路由器基本结构

路由选择部分

路由选择处理器

路由选择协议

路由表

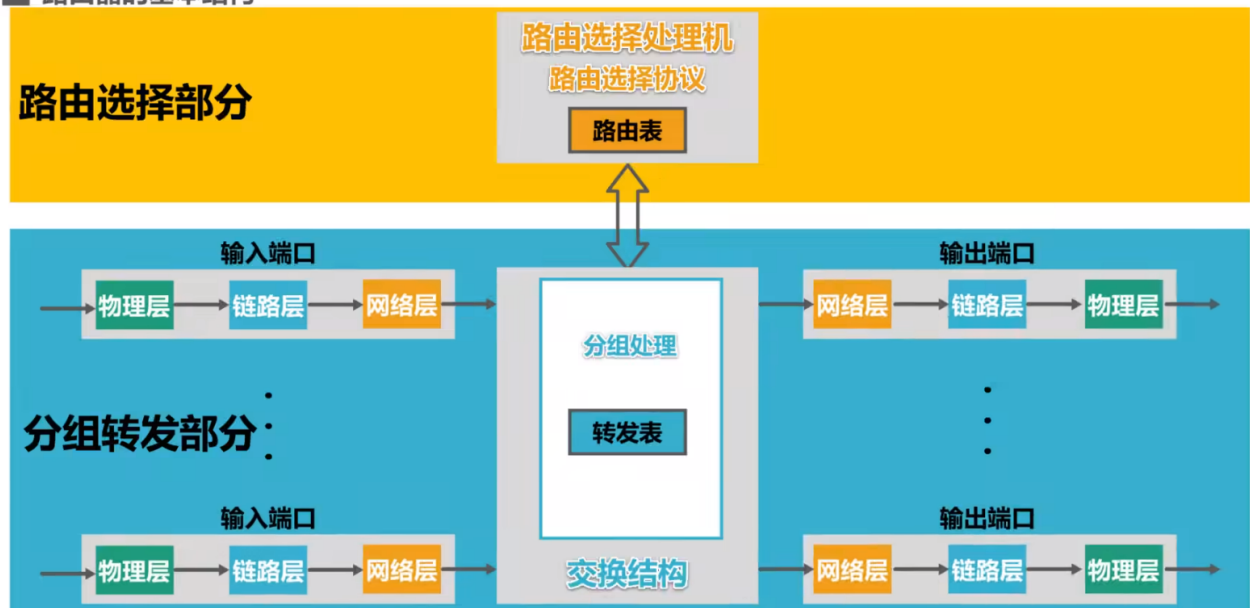
分组转发部分

输入

输出

交换结构

## 路由器的基本结构



## 路由信息协议RIP的基本工作原理

RIP是内部网关协议中最先得到广泛应用的协议

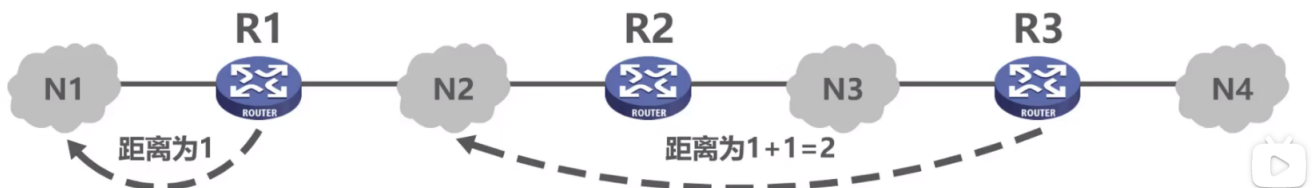
### RIP内容

自治系统里的每一个路由器都要维护从它自己到其他每一个网络的距离记录（距离向量D-V）

路由器到直连网络的距离为1

到非直连网络的距离定义为所经过的路由器数量+1

一条路径最多允许包含15个路由器，距离 = 16时，不可达——》RIP只适用于小型互联网



好的路由就算距离短的路由

有多条距离相等的路由时，进行等价负载均衡（将信息平等分到每条路由上）

### 要点

和who交换信息——》仅和相邻路由器交换信息

交换what信息——》之间的路由表

when交换信息——》周期性交换

## 工作过程

- 1.刚开始，路由器只知道自己到直连网络的距离为1
- 2.每个路由器仅和相邻路由器周期性交换并更新路由信息
- 3.若干次交换和更新后，每个路由器都知道到达本域内各网络的最短距离和下一跳地址——》称为收敛

## 问题

坏消息传播得慢（路由环路/距离无穷计数）

# 开放最短路径优先OSPF的基本工作原理

## 特点

基于链路状态（本路由器和哪些路由器相邻，以及相应链路的“代价”），而不是向RIP那样是基于距离向量的

从算法上保证不会产生路由环路

不限制网络规模，更新效率高，收敛速度快

## 工作原理

### 邻居关系

相互交互问候（Hello）分组，建立和维护邻居关系

规定时间内没收到邻居的Hello分组——》认为该邻居路由器不可达

### 链路状态共享

每个路由器都会产生链路状态通告（LSA），包含：直连网络/各邻居路由器的链路状态信息

LSA被封装在链路状态更新分组LSU里，采用洪泛式转发

每个路由器都有自己的链路状态数据库LSDB，用于储存LSA

最终所以LSDB达到一致

基于LSDB进行最短路径优先SPF计算，构建出各自到达其他路由器的最短路径——》构建各自路由表

## 五种分组类型

Hello分组：发现和维护邻居路由器的可达性

数据库描述分组：向邻居给出自己的链路状态数据库里的所有信息



链路状态请求分组

链路状态更新：通告LSA

链路状态确认

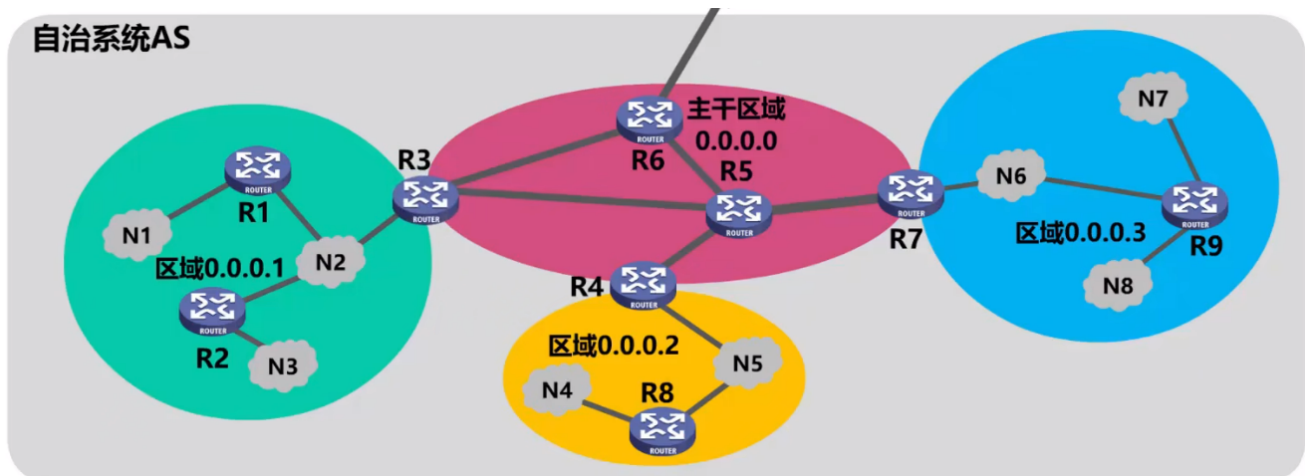
## 避免多播组

选举指定路由器DR和备用的BDR

所有非DR/BDR只和DR/BDR建立邻居关系，且只通过DR/BDR交换信息

## 自治系统

将一个自治系统再分为若干个更小的范围



# 边界网关协议BGP的基本工作原理

这是外部网关协议！！

——》不同自治系统内，路由代价（距离，带宽，费用等）可能不同

——》还必须考虑政治，经济，安全等因素

——》BGP并非寻找最佳路由，而是力求找一条走得通且不兜圈子的路由

## 基本工作原理

每个系统管理员至少选一个路由器作为该系统的BGP发言人

BGP之间交换信息。首先建立TCP链接

相邻的BGP彼此称为邻站或对等站

BGP间交换路由信息（增加/减少路由，报告出错

BGP交换网络可达性的信息（要到达某个网络所要经过的一系列自治系统

收到消息后，BGP根据策略找出到达各自治系统的较好的路由。即构造出树形结构，不存在回路的自治系统联通圈

#### 四种报文

打开报文OPEN：与邻站发言建立关系，使通信初始化

更新报文UPDATE

保活报文KEEPALIVE：用来周期性证实邻站的连通性

通知报文NOTICE：用来发送检测到的差错

## IPv4数据报的首部格式



## 网际控制报文协议ICMP

为了更有效的转发IP数据包和提高交付成功的机会，主机或路由器使用ICMP来发送差错报告报文和询问报文

ICMP报文被封装在IP数据报里发送

#### 五种差错报告报文

终点不可达：因为许多原因，主机或路由器不能交付数据报

源点抑制：由于拥塞而丢弃数据报

时间超过：IP的生存时间耗尽

参数问题：发现误码

改变路由（重定向）：告诉发送主机更好的路由

## 两种询问报文

回送请求和回答：测试目的站是否可达及了解有关状态

时间戳请求和回答：请xx回答当前的日期和时间，用来进行时钟同步和测量时间

## 应用举例

分组网间探测PING

测试主机或路由器间的连通性

直接使用网际层的ICMP（没通过运输层的TCP或UDP

使用ICMP回送请求和回答报文

跟踪路由

测试IP数据报从源主机到达目的主机要经过哪些路由器

# 虚拟专用网VPN和网络地址转换NAT

## VPN基本原理

利用公有的因特网作为本机构各专用网之间的通信载体，这样的专用网成为虚拟专用网

其中个主机所分配的地址应该使本机构可自由分配的专用地址，而不是需要申请的，在因特网中使用的共有地址。

而私有地址只能用于内部通信，不能联系到因特网中的主机——》需要具有合法的全球IP地址的路由器，才能和因特网上的主机联通

## NAT的基本原理

为了缓解IPv4地址即将用尽的问题——》让使用内部专用地址的专用网络用户共享少量外部全球地址来访问因特网上的主机

## 网络地址转换NAT(Network Address Translation)



### 问题

NAT路由器由N个全球IP地址，那么至多只能由N个内网主机能对外联系

——》大多数网络应用是使用运输层协议TCP/UDP来传送数据，因此可以利用运输层的端口号和IP地址一起转换

——》一个全球IP地址供多个内网主机使用（网络地址与端口号转换NAPT）

不用由外网主机发起通信