

Ch-05 网络层

网络层概述

网络层：

- 在发送主机与接收主机之间传输报文
- 发送端：将报文封装成数据分组
- 接收端：将接收的分组交给传输层
- 路由器对经过的数据分组，选路并转发

主要功能：

- 路由：决定分组由源主机到目的主机的路径
- 转发：路由器将分组由输入端口移送到适当的输出端口

提供的服务：

- 面向连接的服务：虚电路 VC (Virtual Circuits)
 - 由源到目的的通路，类似于电话网的电路
 - 数据传输之前建立呼叫，之后拆除电路
 - 进行流量控制、差错控制，保证质量
- 无连接的服务：数据报 (datagram)
 - 每个分组独立选路
 - 路由器维护转发表，基于目的地址进行路由选择

路由器：

- 任务：分组转发

线路前部阻塞：排队的分组必须等待通过交换结构

缓存量： $RTT \times C / \sqrt{N}$

路由算法与协议

路由选择准则：最小跳数

Flooding 算法 泛洪：

- 不需要网络拓扑信息
- 由源节点将分组发送给邻居结点
- 结点接收分组后，在其他所有链路转发
- 尝试所有可能的路由
- 可获得最小跳数路由
 - 用于建立虚电路
- 可获得所有结点信息
 - 用于分组转发
- 多次复制并转发分组，增加了网络负载

寻找最小代价路径：

- 集中式：Dijkstra算法
 - 每个路由器有整个网络的拓扑及链路代价的完整信息
- 分布式：Bellman-Ford算法
 - 每个路由器仅知道其邻居节点及到邻居节点的代价
 - 与邻居节点交换信息，不但迭代获得最小代价路径

Dijkstra 算法：最短路径算法

- 所有结点已知网络拓扑及链路代价
- 计算从一个源节点到其他所有结点的最小代价路径

Bellman-Ford 算法：距离矢量算法

- $d_x(y) = \min_v \{C(x, v) + d_v(y)\}$

RIP (Routing Information Protocol): 路由协议

- 基于距离矢量的分布式路由协议
- 每个路由器维护到每个目的网络的距离记录

OSPF (Open Shortest Path First): 开放最短路径优先

- 使用 Dijkstra 算法

自治系统

- 一个 ISP 可以分成多个 AS

IP 互联协议

互联网：多个网络通过路由器互连

IP 协议



IP 分组格式

- 由首部和数据两部分组成，首部占 20 字节

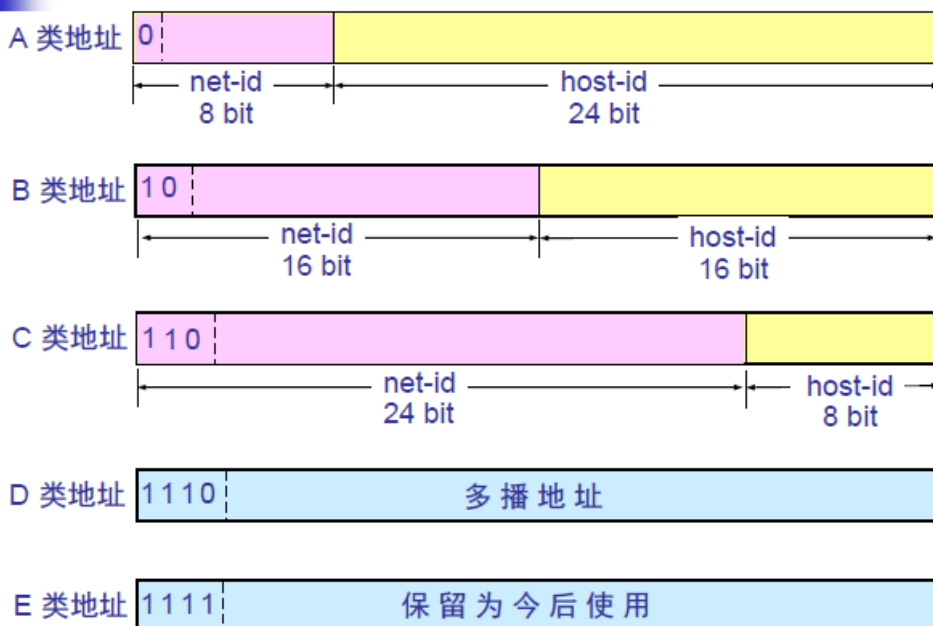


IP 地址:

- 编号唯一
- 互联网上主机的唯一标识
- 分类

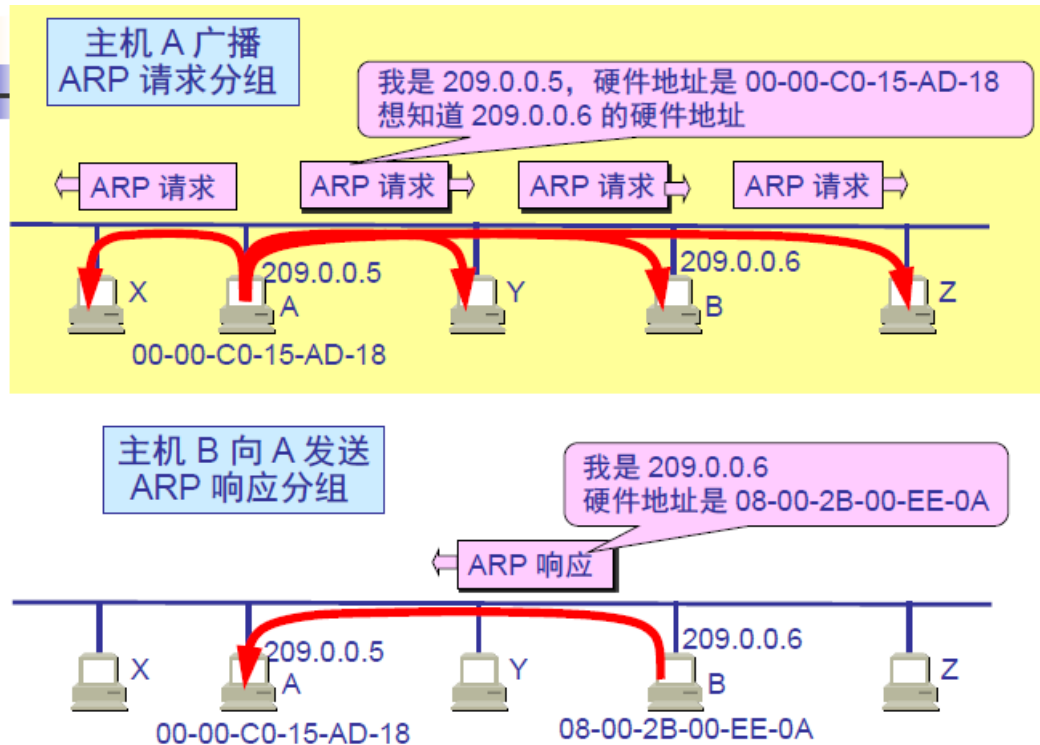


IP 地址中的网络字段和主机字段



ARP (Address Resolution Protocol): 地址解析协议

- 在网络层传输 IP 分组，用 IP 地址；在链路层传送数据，必须使用硬件地址
- 建立网络地址与硬件地址的映射关系
- 根据 IP 地址找 MAC 地址
- ARP 高速缓存：主机存储 IP 地址到硬件地址的映射表，减少发送 ARP 请求的机会
- IP 地址到硬件地址的解析是自动进行的



RARP (Reverse Address Resolution Protocol): 反向地址解析协议

使用子网掩码的转发算法

- (1) 提取接收分组的首部目的 IP 地址 D
- (2) 用各网络的子网掩码与 D 相“与”，看是否与相应的网络地址匹配；若匹配，则直接交付；否则，间接交付，执行(3)
- (3) 若转发表中有目的地址为 D 的特定主机路由，则将分组传送给指定的下一跳；否则，执行(4)
- (4) 对转发表中的每一行的子网掩码和 D 逐位相“与”，若结果与该行的目的网络地址匹配，则将分组传送给下一跳；否则，执行(5)
- (5) 若转发表中有一个默认路由，则将分组传送给默认路由器；否则，执行(6)
- (6) 用 ICMP 报告分组转发出错

IP 控制协议

获得 IP 地址：

- 静态地址：分配给服务器及固定主机
- 动态地址：主机使用 IP 地址之前先申请

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

- DHCP 允许计算机加入新的网络并自动获取 IP 地址
- 主机与 DHCP 服务器采用 UDP 实现进程间通信

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

- 专用地址通过 NAT 后将专用地址转换成全球地址

隧道技术：

- 路由器将一种网络层协议封装到另一个协议中以跨过网络送到另一个路由器的处理过程

分组长度由 MTU (Maximum Transmission Unit) 最大传输单元决定

ICMP (Internet Control Message Protocol): 互联网报文控制协议

- 允许主机或路由器报告差错情况和异常报告
- ICMP 差错报文
- ICMP 询问报文

IP 组播、移动 IP 和自组织网络

IP 组播 (Multicast): 一点到多点的信息传递

- 减少网络中带宽资源的消耗
- 组播地址: D 类地址支持组播, 只能用于目的地址不能用于源地址

IGMP (Internet Group Management Protocol): 互联网组管理协议

- 使路由器获得组播组的成员信息
- 维护组播组成员信息
- 主机和组播路由器报文交换使用 IP 组播, IP 的目的地址为 D 类
- 基于生成树
 - 采用反向路径转发 RPF (Reverse Path Forwarding)
 - RPF要点:
 - 路由器收到组播数据报时, 先检查是否从源结点经最短路径传送的
 - 可根据IP分组头部中的TTL或者路由表中的代价
 - 若是, 就向除进入方向之外的其他方向转发;
 - 否则就丢弃;
 - 如果存在几条最短路径, 则只选择转发来自IP地址更小的路由器的报文

组播路由协议: 组播路由器之间协同, 用最小代价将组播分组传送给所有的组成员

移动主机路由

- 网络中的路由器不移动, 节点移动, IP 地址改变, 连接中断

自组织网络 (Ad Hoc)

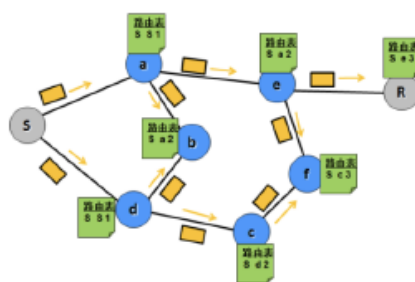
- 无固定基础设施, 由主机、移动节点组成的无线网络

IP组播、移动IP及自组织网络——习题

IP组播树的构造采用一种称为反向路径转发（RPF）技术。在如图所示的网络中，假设S为组播源，R为组成员。各路由器给出的路由表部分信息为：

目的地、下一跳、距离值。

当S以泛洪方式发出一个组播数据分组，节点b和f将收到该分组的多个拷贝。试问b和f是如何转发收到的分组？结合图例说明RPF技术。



b收到a, d的分组，时间相同但是a序号更小，丢弃d。收到a的分组后向d转发，收到d的分组不转发。

f收到c, e的分组，时间相同但是c编号更小，丢弃e。收到c的分组向e转发，收到e的分组不转发。

IP组播、移动IP及自组织网络——习题

在如图所示的网络中，组播成员分布在路由器A、B、C、D、E、F、I、K上，采用反向路径转发（RPF）技术。请给出路由器C的组播生成树。

提示：

- 先写出各路由器的路由表
- 再基于RPF给出组播生成树

