

第四章 网络层

4.1 几个重要概念

4.1.1 网络层提供的两种服务

虚电路服务

- 逻辑上的连接

数据包服务

- 数据包服务
 - 尽量简单，向其上层只提供简单灵活的、无连接的、尽最大努力交付的数据报服务
- (IP) 数据报 = IP 分组
- 不提供服务质量承诺、不可靠

两种服务（优缺点 p117）

对比的方面	虚电路服务	数据报服务
思路	网络保证可靠通信	用户主机保证可靠通信
连接的建立	有	无
终点地址	仅连接建立阶段使用，每个分组使用短的虚电路号	每个分组都有终点的完整地址，即IP地址
分组的转发	属于同一条虚电路的分组均按照统一路由进行转发	每个分组独立查找转发表进行转发
当节点出故障时	所有通过出故障的节点的虚电路均不能工作	出故障的节点可能会丢失分组，一些路由可能会发生变化
分组的顺序	按发送顺序到达终点	到达顺序，不一定按发送顺序
端到端的差错控制和流量控制	网络/用户主机负责	用户主机负责

可靠服务和连接的关系

可靠

- 含义：数据无丢失、损坏或重复
- 用 应答 来实现，即接收端的反馈

面向连接

- 只是保证传送顺序

两者没有直接关系

4.1.2 网络层的两个层面

- 数据层面 / 转发层面
- 控制层面

4.2 网际协议IP

IP协议及配套协议

- ARP 地址解析协议
- RARP 逆地址解析协议
- ICMP 网际控制报文协议
- IGMP 网际组管理协议

4.2.1 虚拟互联网络

中间设备

- 物理层：转发器
- 数据链路层：网桥 / 桥接器, 交换机
- 网络层：路由器
- 网络层以上：网关

路由器 交付方式

- 直接交付：无需经过路由器（A和B在同一个网络）
- 间接交付：需经过几个路由器（A和B不在同一个网络）

4.2.2 IP地址

1. IP地址及其表示方法

- IP地址：连接到互联网上的每一台主机/路由器的每一个**接口**，分配一个在全世界范围内是唯一的**32位**的标识符。
- 点分十进制记法
- IP地址 ::= {<网络号>, <主机号>}
编址方法

2. 分类的IP地址

- A类 n = 8 单播地址
- B类 n = 16 单播地址
- C类 n = 24 单播地址
- D类 多播
- E类 保留地址

特殊网络号

- 本网络：全0
- 本地回环测试：127

特殊的主机号

- 本主机连接到的**单个网络地址**：全0
- 该网络**所有主机**：全1

主机IP :5.6.7.8, 则网络地址: 5.0.0.0

A 类最大主机数: $2^{24} - 2$

B 类最大主机数: $2^{16} - 2$

C 类最大主机数: $2^8 - 2$

IP层转发分组流程

- 按照主机所在的网络地址来制作路由表
- 路由表 = 目的主机地址 + 下一条地址

3. 无分类编址 CIDR

- IP地址 ::= { <网络前缀>, <主机号> }
- 构成超网/ CIDR编址
- 路由聚合
 - ISP分配的前缀不可修改。总个数
 - 分配总是从可修改的第一位开始，一般先分0再分1.

i. 网络前缀

- n位网络前缀, $0 < n < 32$

CIDR 表示:

128.14.35.7/20 前20位: 网络前缀 (网络号), 后12位: 主机号

ii. 地址块

- CIR地址块: 网络前缀都相同的IP
- **掌握导出网络地址的方法**

128.14.32.7 IP地址 未知网络地址

128.14.32.7/20 IP地址 网络前缀20位 可得网络地址

128.14.32.0/20 IP地址的地址块/网络前缀

iii. 地址掩码/子网掩码

- 子网掩码: 1: 网络前缀位数 + 0 :主机号位数

A类网络 地址掩码:

1111 1111 0000 0000 0000 0000 0000 0000 = 255.0.0.0/8

- IP地址 AND 子网掩码 = 网络地址 (保留网络前缀, 清除主机号部分)

4.2.4 地址解析协议 ARP

- ARP协议: IP -> MAC
 - ARP cache中存放 IP -> MAC 映射表, 且动态更新

4.2.5 IP数据包格式

首部固定部分20字节

- 版本(4)
- 首部长度(4)
- 区分服务(8)
- 总长度 = 首部 + 数据和
 - MTU 以太网: 1500字节 最长IP首部: 60字节
 - 分片
- 标识(16)
- 标志(3): 分片有无
- 偏移量(13): 若分片, 偏移位置
- 生成时间(8): 跳数 (max:255) - 1
- 协议: ICMP 1 IP 4 TCP 6 UDP 17

- **首部校验和：**反码算数运算
- 源地址
- 目的地址

4.3 IP层转发分组过程

4.3.1 基于终点的转发

- 查找是否在本网络：分组目的地址 和 子网掩码 按位与
 - 是，直接交付
 - 否，给**路由器**处理
- 路由器找发送网络点：同上，匹配成功 N2 直接交付
- R1调用ARP得到MAC地址，交给N2上的主机

4.3.2 最长前缀匹配

- 一个分组在转发表中可以找到多个匹配，找最长的一个
- 网络前缀越长，地址块越小。

128.1.24.0/22
128.1.24.0/24 ✓

- 特定主机路由 / 主机路由： a.b.c.d /32
- 默认路由： 0.0.0.0/0

分组转发算法

- 提取**收到分组的 目的主机IP地址D**
- 有 **特定主机路由**？
 - yes, 该路由下一跳
 - no, 查下一行
- 子网掩码 和 目的地址 **按位与**
 - match, 下一跳
 - no match, 继续到结束
- 有 **默认路由**？
 - yes, 发送
 - no, 出错

4.4 网际控制报文协议 ICMP

* 4.4.1 ICMP 报文的种类

ICMP差错报告报文

- 终点不可达
- 时间超过
- 参数问题
- 改变路由

不应发ICMP差错报文的几种情况

- **ICMP差错报文**，不再发

- 第一个分片的数据报片的所有后序数据报片，不再发
- 具有多播地址的数据报，都不发
- 对于特殊地址(127.0.0.0 / 0.0.0.0)的数据报，不发

ICMP询问报文

- 回答请求 / 回送回答
- 时间戳请求 / 时间戳回答

4.6 互联的路由选择协议

4.6.1 基本概念

2. 分层次的路由选择协议

- 内部网关协议 IGP
 - RIP (分布式路由协议)
 - OSPF (分布式路由协议)
- 外部网关协议 EGP

4.6.2 内部网关协议 RIP

- 跳数，超过16不可达

1. 特点

- 仅和相邻路由交换信息
- 交换本路由知道的所有信息，即当前路由表
- 按固定时间间隔交换信息

2. 距离向量算法

- 修改所有项目，下一跳地址：X，距离 +1
- 路由表有目的网络？
 - yes, 继续
 - no, 添加
- 下一条 = X？
 - yes, 更新
 - no, 继续
- 新距离更小？
 - yes, 更新
 - no, 不更改
- 3分钟超过？
 - yes, 不可达 距离=16

其他

- 格式：首部(4) + 路由部分(20)
- 最大长度 = $4 + 20 * 25 = 504$ bytes
- 好消息传播快，坏消息传播慢
- 网络故障的RIP传输
- 放在UDP中

4.6.3 内部网关协议 OSPF(Open Shortest Path First)

1. 特点

- 使用洪泛法发送路由信息。（向本自治系统中所有路由器发送）
- 发送相邻的路由信息
- 仅路由发生变化，才发送所有路由信息

OSPF的区域

- **主干路由器**：主干区域
- **区域便捷路由器**：主干 <-> 其他区域
- **自治系统边界路由器**：本系统 <-> 其他系统

2. 5中分组类型

- 1. 问候
- 2. 数据库描述
- 3. 链路状态请求
- 4. 链路状态更新
- 5. 链路状态确认

用IP数据包直接传输

4.6.4 外部网关协议 BGP

1. 特点

- 最佳路由（不一定最短）

2. BGP路由

- 封装在TCP中

4.6 IP多播

4.7 其他网络举例