

# 目录

前言	1.1
第一章 概述	1.2
第二章 物理层	1.3
第三章 数据链路层	1.4
第四章 网络层	1.5
第五章 运输层	1.6
术语表	1.7

# **network-review-notebook**

计算机网络复习笔记

# 概述

## 一般概念

1. 计算机网络向用户提供的最重要的功能（计算机网络系统基本组成）：
  - 连通性（通信子网）
  - 资源共享（资源子网）
2. 计算机网络和互联网是不同的：
  - 计算机网络（**network**）：由若干结点(**node**)和连接这些结点的链路(**link**)组成
  - 网络和网络还可以通过路由器互连起来，这样就构成了一个覆盖范围更大的网络，即互联网（**internet**）。
3. 与网络相连的计算机称为 主机
4. 端系统通信方式分类：
  - 客户-服务器（**C/S**）方式
  - 对等方式（**P2P**）
5. 若中央处理机之间的距离非常近（如仅一米或更小），则一般称之为多处理机系统而非计算机网络。
6. 协议数据单元**PDU**：对等层次之间传送的数据单位。
7. 服务数据单元**SDU**：层与层之间交换的数据单位。

## 重要概念

1. 数据的三种交换方式：
  - 特点
    - 电路交换：通话的全部时间内，通话的两个用户始终占用端到端的通信资源。线路的传输效率往往很低。
    - 分组交换：采用存储转发技术。比报文交换的时延小，同时也具有更好的灵活性。
    - 报文交换：时延较长，已经很少有人使用。
  - 三种交换方式在数据传送阶段的主要特点：
    - 电路交换：整个报文的比特流连续地从源点直达终点，好像在一个管道中传送。
    - 报文交换：整个报文先传送到相邻结点，全部存储下来后查找转发表，转发到下一个结点。
    - 分组交换：单个分组（这只是整个报文的一部分）传送到相邻结点，存储下来后查找转发表，转发到下一个结点。
2. 按作用范围分类：
  - 广域网（**WAN**）：作用范围通常为几十到几千公里。是因特网的核心部分，其任务是通过长距。
  - 城域网（**MAN**）：作用范围一般是一个城市，5~50km。多采用以太网技术。
  - 局域网（**LAN**）：局限在较小的范围，1km左右。
  - 个人区域网（**PAN**）：在个人工作地方把属于个人使用的电子设备用无线技术连接起来的网络，因此也常称为无线个人区域网**WPAN**（**Wireless PAN**）。
3. 七个性能指标：
  - i. 速率：数据传输速率。也称“数据率”或“比特率”。最重要的一个性能指标。注意！速率的单位如**1K**、**1M**是指10进制的 $10^3\text{bit/s}$ 、 $10^6\text{bit/s}$ 。而数据的单位如**1KB**或**1MB**指的是2进制的 $2^{10}\times 8\text{bit}$ 、 $2^{20}\times 8\text{bit}$ 。
  - ii. 带宽：是数字信道所能传送的“最高数据率”。单位是“比特每秒”，或b/s (bit/s)。
  - iii. 吞吐量：在单位时间内通过某个网络的数据量。
  - iv. 时延：指数据从网络的一端传送到另一端所需的时间。由以下四部分时延加和而组成：
    - 发送时延：主机或路由器发送数据帧所需要的时间。计算：数据帧长度(**bit**)/发送速率(**bit/s**)

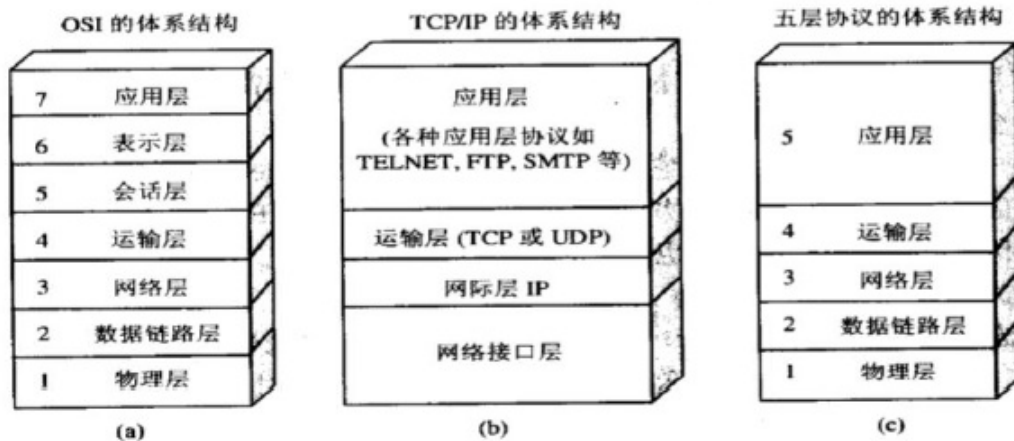
- 传播时延：电磁波在信道中传播一定的距离需要花费的时间。计算：信道长度(m)/电磁波在信道的传输速率(m/s)。
- 排队时延：分组在进入路由器后，要先在输入队列中排队等待处理，还要在输出队列中排队等待转发。这就产生了排队时延。
- 处理时延：收到分组时要花费一定的时间进行处理。
- v. 时延带宽积：表示这样的链路可容纳多少个比特。即，若设时延带宽积为P，发送端连续发送数据，则在发送的第一个比特即将达到终点时，发送端就已经发送了P个比特，而这P个比特都正在链路上向前移动。计算：传播时延×带宽
- vi. 往返时间RTT：从发送方发送数据开始，到发送方收到来自接收方的确认（接收方收到数据后便立即发送确认），总共经历的时间。
- vii. 利用率：计算：网络空闲时延=网络当前时延×(1-利用率)

#### 4. 协议

- 什么是协议：协议是控制两个对等实体（或多个实体）进行通信的规则集合。在协议的控制下，两个对等实体间的通信使得本层能够向上一层提供服务。
- 协议的三要素：
  - 语法：即数据与控制信息的结构或格式；
  - 语义：即需要发出何种控制信息，完成何种动作以及做出何种响应；
  - 同步：即事件实现顺序的详细说明。

#### 5. 体系结构：

- 什么是体系结构：计算机网络的各层及其协议的集合，称为网络的体系结构。
- 体系结构图：



- 五层结构
  - 应用层：直接为用户的应用进程提供服务。
  - 运输层：负责向两个主机中进程之间的通信提供服务。主要使用UDP和TCP协议
  - 网络层：为分组交换网上的不同主机提供通信服务。把运输层产生的报文段或用户数据报封装成分组或包进行传送。网络层也叫做网际层或IP层。
  - 数据链路层：将网络层交下来的IP数据报组装成帧，在两个相邻结点间的链路上“透明”地传送帧中的数据。
  - 物理层：是透明地传送比特流。请注意，传递信息所利用的一些物理媒体，如双绞线、同轴电缆、光缆、无线信道等，并不在物理层协议之内而是在物理层协议的下面。因此也有人把物理媒体当做第0层。
- 各层的协议数据单元：
  - 网络层：IP数据报 / 数据报 / 分组 / 包
  - 数据链路层：帧
  - 物理层：比特流

## 简答题

1. 实体、协议、服务和访问点是什么。
  - 实体表示任何可发送或接收信息的硬件或软件进程。在许多情况下，实体就是一个特定的软件模块。
  - 协议是控制两个对等实体(或多个实体)进行通信的规则集合。
    - 在协议的控制下，两个对等实体间的通信使得本层能够向上一层提供服务。要实现本层协议，还需要使用下面一层所提供的服务。
    - 使用本层服务的实体只能看见服务而无法看见下面的协议。下面的协议对上面的实体是透明的。
    - 协议是水平的，即协议是控制对等实体之间通信的规则。
  - 只有那些能够被高一层实体“看得见”的功能才能称为服务。服务是垂直的，即服务是由下层向上层通过层间接口提供的。
  - 在同一系统中相邻两层的实体进行交互(即交换信息)的地方，通常称为服务访问点SAP(Service Access Point)。
2. 简述对等网模式(P2P)、客户/服务器模式(C-S)、浏览器服务器模式(B-S)特点。
  - 在对等网中没有专用的服务器、每台计算机地位平等、每台计算机既可充当服务器又可充当客户机的网络工作模式。
  - 在C/S 和B/S 模式中，计算机被分为服务器和客户机两种，服务器负责为全体客户机提供有关服务，而客户机负责向服务器发送服务请求并处理相关事务。
    - 在C/S 模式中，用户请求的任务有服务器端程序与客户端应用程序共同完成，不同的任务要安装不同的客户端软件。
    - 在B/S 模式中，客户端只需要安装浏览器，用户通过浏览器向服务器发送请求，然后服务器接收并进行相应的处理后将结果返回给浏览器显示。

## 计算题

### 0x01

---

试在下列条件下比较电路交换和分组交换。要传送的报文共 $x$ (bit)。从源点到终点共经过 $k$ 段链路，每段链路的传播时延为 $d$  (s), 数据率为 $b$  (b/s)。在电路交换时电路的建立时间为 $s$  (s)。在分组交换时分组长度为 $p$  (bit), 且各结点的排队等待时间可忽略不计。问在怎样的条件下，分组交换的时延比电路交换的要小？

解：

对于电路交换，因为是从源点持续到达终点，所以其时延由三部分组成：电路的建立时间 $s$ ，发送时延  $x/b$ ，以及传播时延 $kd$ 。即总时延  $s+kd+x/b$ 。

### 0x02

---

在上题的分组交换网中，设报文长度和分组长度分别为 $x$ 和 $(p + h)$  (bit)，其中 $p$ 为分组的数据部分的长度，而 $h$ 为每个分组所带的控制信息固定长度，与 $p$ 的大小无关。通信的两端共经过 $k$ 段链路。链路的数据率为 $b$  (b/s)，但传播时延和结点的排队时间均可忽略不计。若打算使总的时延为最小，问分组的数据部分长度 $p$ 应取为多大？

解：



# 物理层

## 一般概念

### 1. CDMA计算注意:

- 码片序列，令 -1 为 0，+1 是 1。例如，码片序列 0001-1011 写为 (-1-1-1+1 +1-1+1+1)
- 欲发送 1，则发送该码片序列；欲发送 0，则发送该码片序列的反码。
- 定义向量的规格化内积： $S \cdot T = (\sum S_i T_i) / m$ 。其中m是向量分量个数。若S、T规格化内积为0，则称二者正交。
  - 一个站的码片序列和另一个站的码片序列 正交。
  - 一个站的码片序列和另一个站的码片序列的反码 正交。
  - 码片与其本身的规格化内积是1
  - 码片与其本身的反码的规格化内积是-1
- 设收到多个站的码片序列叠加： $(A+B+C+D)$ ，为了解码出A站的数据，只要用A站的码片序列A与其做规格化内积： $A \cdot (A+B+C+D) = A \cdot A + A \cdot B + A \cdot C + A \cdot D$ ，由于正交性，则 $A \cdot B + A \cdot C + A \cdot D = 0$ ，从而结果为 $A \cdot A$ ，若为1，则说明A站发来的是1，若为-1，这说明A站发来的是0。

## 重要概念

### 1. 物理层协议的四个方面特性:

- 机械特性：指明接口所用 接线器 的形状、尺寸、引脚数目等等。
- 电气特性：指明在接口电缆的各条线上出现的 电压的范围。
- 功能特性：指明某条线上出现的某一电平的 电压表示何种意义。
- 过程特性：指明对于不同功能的各种可能事件的 出现顺序。

### 2. 通信的双方信息交互三种基本方式:

- 单向通信（单工通信）：即只能有一个方向的通信而没有反方向的交互。如：无线电广播或有线电广播以及电视广播
- 双向交替通信（半双工通信）：通信的双方都可以发送信息，但 不能同时 发送或接收
- 双向同时通信（全双工通信）：即通信双方 可以同时 发送接收消息。

### 3. 传输媒体：发送器和接收器之间的物理通路。

- 非导引型传输媒体
- 导引型传输媒体：
  - 双绞线：把两根互相绝缘的铜导线并排放在一起，然后用规则的方法绞合起来构成双绞线。绞合可以减少对相邻导线的电磁干扰。可应用于模拟传输和数字传输。
  - 同轴电缆：由内导体铜质芯线、绝缘层、外导体屏蔽层、保护塑料外层所组成。同轴电缆具有很好的抗干扰特性。
  - 光缆：一根光缆少则只有一根光纤，多则可包括数十至数百根光纤。具有通信容量非常大、传输损耗小、中继距离长、抗雷电和电磁干扰性能好、无串音干扰、保密性好、体积小、重量轻的特点。
    - 多模光纤：可以存在许多条不同角度入射的光线在一条光纤中传输。只适合于近距离传输。
    - 单模光纤：纤芯很细，其直径只有几个微米，衰耗较小，一般用于主干网。

### 4. 信道复用技术

- 频分复用（FDM）：所有用户在同样的时间占用不同的带宽（频率带宽）资源
- 时分复用（TDM）：所有用户是在不同的时间占用同样的频带宽度
- 统计时分复用（STDM）：公共信道的时隙实行“按需分配”。即只对那些需要传送信息或正在工作的终端才分配给时隙。服务的终端数>时隙的个数。

- 波分复用（WDM）：光的频分复用。
- 码分复用（CDM）：每一个用户可以在同样的时间使用同样的频带进行通信。由于各用户使用经过特殊挑选的不同码型，因此各用户之间不会造成干扰。

#### 5. ADSL技术：

- xDSL技术用数字技术对现有的模拟电话用户线进行改造，使它能够承载宽带业务。
- ADSL是非对称数字用户线。把0~4kHz低端频谱留给传统电话使用，把原来没有利用的高端频谱留给用户上网使用。
- 在上网时主要是从因特网下载各种文档，而向因特网发送的信息一般都不大，因此ADSL把上行（用户到ISP）和下行（从ISP到用户）的带宽做成不对称的（下行远远大于上行带宽）。
- ADSL不能保证固定的数据率
- 由以下三大部分组成：
  - 数字用户线接入复用器DSLAM
  - 用户线
  - 用户家中的一些设施。

## 简答题

#### 1. 简述香农公式及其意义。

- $C = W \cdot \log_2(1 + S/N)$ （bis）。其中
  - W是信道的带宽（以Hz为单位）
  - S为信道内所传信号的平均功率
  - N为信道内部的高斯噪声功率。
- 意义：只要信息传输速率低于信道的极限信息传输速率，就一定可以找到某种办法来实现无差错的传输。

## 计算题

#### 1. CDMA通信的计算。P57



## 第三章 数据链路层

### 一般概念

1. 数据链路层使用的信道主要有以下两种类型：
  - 点对点信道：这种信道使用一对一的点对点通信方式。
  - 广播信道：这种信道使用一对多的广播通信方式。
2. 辨析：“链路”和“数据链路”
  - 链路：就是从从一个结点到相邻结点的一段 物理线路，而中间没有任何其他的交换结点。
  - 数据链路：把实现 控制数据的传输的 协议的 硬件和软件加到链路上，就构成了数据链路。
3. 对于通信质量良好的有线传输链路，并不要求数据链路层向网络层提供“可靠传输”的服务。

但是对于质量差的无线传输链路，数据链路层协议使用确认和重传机制，向上提供“可靠传输”服务

### 重要概念

1. 三个基本问题
  - i. 封装成帧：帧的数据部分（网络层的IP数据报）的前面和后面分别添加上首部和尾部，构成了一个完整的帧。
  - ii. 透明传输：无论什么样的比特组合数据，都能没有差错的通过数据链路层。如果数据中的某个字节的二进制代码恰好和SOH或EOT这种控制字符一样，数据链路层就会错误地“找到帧的边界”，把部分帧收下，而把剩下的那部分数据丢弃。
  - iii. 差错检测：比特在传输过程中可能会产生差错，1可能会变成0，而0也可能变成1。这就叫做比特差错。为了保证数据传输的可靠性，在计算机网络传输数据时，必须采用各种差错检测措施。循环冗余检验 **CRC**。
2. 什么是“可靠传输”：数据链路层的发送端发送什么，在接收端就收到什么。
3. **PPP**协议
  - 特点：**PPP**协议就是数据链路层协议。
  - 适用于点对点的连路通信
  - 组成：
    - i. 一个将IP 数据报封装到串行链路的方法
    - ii. 一个用来建立、配置和测试数据链路连接的链路控制协议LCP
    - iii. 一套网络控制协议NCP
  - 使用 0x7E 作为帧头和帧尾的定界符。
  - 字符填充：使用转义符 0x7D 来对数据部分可能出现的 0x7E 进行转义。
  - 零填充：由于 0x7E 定界符的二进制编码是 0111-1110，所以如果找到数据部分中有连续五个1，就在其后插入一个0,这样出现 0x7E 时，就成了 0111-11[0]10。接收端只要扫描到五个1，就把它之后的一个0删除，保证了透明传输。
4. 局域网的拓扑结构：
  - 星形网
  - 环形网
  - 总线网
5. 共享信道的方法：
  - 静态划分信道：如频分复用、时分复用等。不适合局域网。
  - 动态媒体接入控制：
    - 随机接入：所有用户可随机发送消息，但可能发生碰撞

- 受控接入：不能随机发消息，必须接受一定控制。

6. CSMA/CD协议：载波监听多点接入/碰撞检测(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)

## 简答题

1. 简述点对点信道的数据链路层在进行通信时的主要步骤：
  - i. 结点A 的数据链路层把网络层交下来的IP数据报添加首部和尾部封装成帧。
  - ii. 结点A 把封装好的帧发送给结点B 的数据链路层。
  - iii. 若结点B 的数据链路层收到的帧无差错， 则从收到的帧中提取出IP 数据报上交给上面的网络层： 否则丢弃这个帧。

## 计算题

1. 循环冗余检验CRC。P75。注意做除法时，中间步骤是进行按位异或，而不是相减。

## 第四章 网络层（网际层或称为IP层）

### 一般概念

#### 1. 网络层：

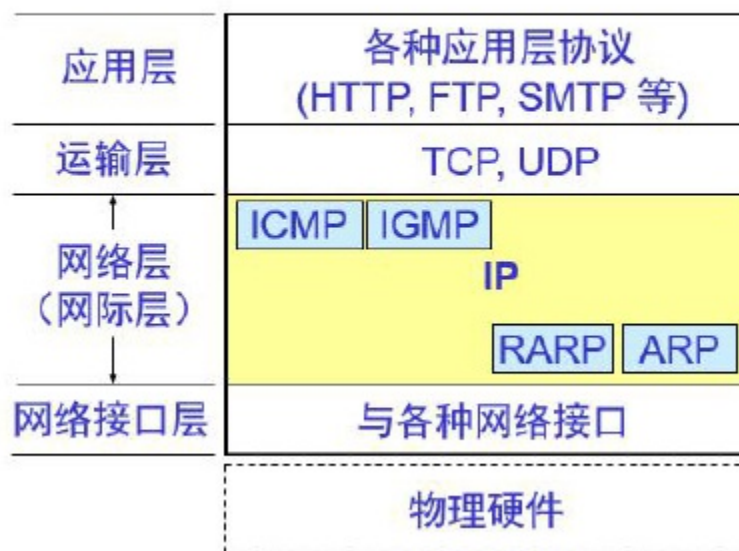
- 向上只提供简单灵活的、无连接的、尽最大努力交付的数据报服务。
- 网络在发送分组时不需要先建立连接。
- 每一个分组独立发送，与前后的分组无关。网络层不提供服务质量的承诺。
- 所传送的分组可能出错、丢失、重复和失序（即不按序到达终点），当然也不保证分组交付的时限

#### 2. IP地址：给因特网上的每一个主机（或路由器）的每一个接口分配一个在全世界范围是唯一的 32位的标识符。

#### 3. 网际层的IP协议及配套协议：

- 与IP协议配套使用的四个协议：
  - 地址解析协议ARP (Address Resolution Protocol)
  - 逆地址解析协议RARP (Reverse Address Resolution Protocol)
  - 网际控制报文协议ICMP (Internet Control Message Protocol)
  - 网际组管理协议IGMP (Internet Group Management Protocol)
- 示意图：

### 网际层的 IP 协议及配套协议



ARP 和RARP 画在最下面，因为IP 经常要使用这两个协议。ICMP 和IGMP 画在这一层的上部，因为它们要使用IP 协议。

#### 4. 为什么把网络层称为IP层？ 由于网际协议IP 是用来使互连起来的许多计算机网络能够进行通信， 因此TCP/IP 体系中的网络层常常称为网际层或IP层。

#### 5. 辨析：Ip地址和硬件地址

- 物理地址是数据链路层和物理层使用的地址
- IP 地址是网络层和以上各层使用的地址， 是一种逻辑地址
- IP地址放在IP数据报的首部， 而硬件地址则放在MAC帧的首部

- 使用IP地址的IP数据报一旦交给了数据链路层，就被封装成MAC帧了。
6. 路由器：
- 路由选择部分（控制部分）：路由选择处理机
  - 分组转发部分
    - 交换结构
      - 通过存储器
      - 通过总线
      - 通过互连网络
    - 一组输入端口
    - 一组输出端口
7. 多播：由一个源点发送到许多个终点，即一对多的通信。
8. 网桥和路由器的区别：
- i. 网桥是第二层的设备，而路由器是第三层的设备；
  - ii. 网桥只能连接两个相同的网络，而路由器可以连接不同网络；
  - iii. 网桥不隔离广播，而路由器可以隔离广播。

## 重点概念

1. 网络层（或IP层）的作用：实现两个端系统之间的数据透明传送，具体功能包括寻址和路由选择、连接的建立、保持和终止等。
2. 网络设备及其工作层次

设备名称	工作层次
转发器(repeater)	物理层
网桥或桥接器(bridge)	数据链路层
路由器(router)	网络层
网关(gateway)	在网络层以上

3. 虚电路服务与数据报服务的对比

对比的方面	虚电路服务	数据报服务
思路	可靠通信应当由网络来保证	可靠通信应当由用户主机来保证
连接的建立	必须有	不需要
终点地址	仅在连接建立阶段使用，每个分组使用短的重点地址	每个分组都有终点的完整地址
分组转发	属于同一条虚电路的分组按照同一路由转发	每个分组独立选择分组转发
结点有故障	通过该节点的所有虚电路都不能工作	出故障的节点可能会丢失分组，一些路由可能会发生变化
分组顺序	按照顺序	不一定按照顺序
差错处理	由网络或用户主机负责	由用户主机负责

4. 分类的IP地址：

- 共32位，由网络号+主机号构成
- 单播地址：
  - A类：
    - 8位网络号（标识位0）
    - 24位主机号
  - B类：
    - 16位网络号（标识位10）
    - 16位主机号
  - C类：
    - 24位网络号（标识位110）
    - 8位主机号
- 多播地址：
  - D类：
    - 标识位1110
- 保留以后使用
  - E类：
    - 标识位1111

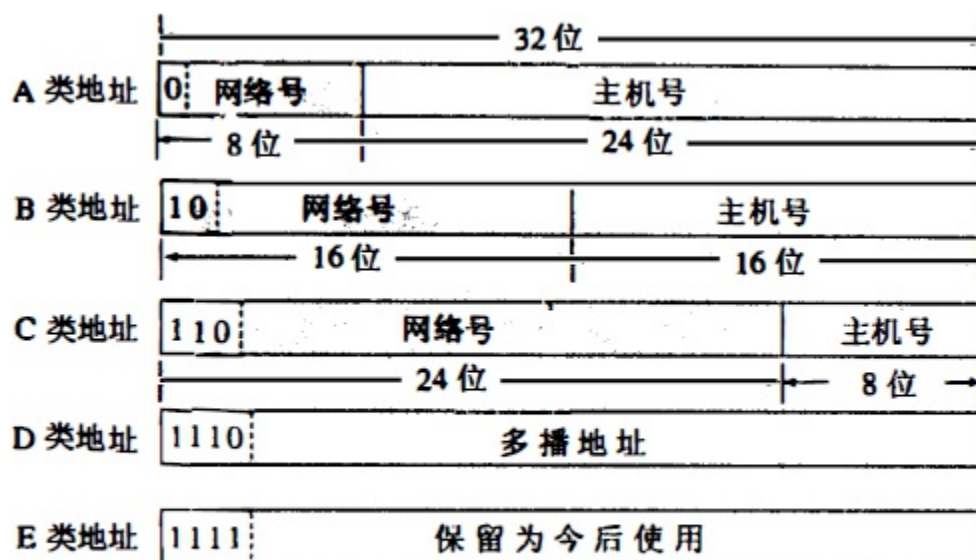


图 4-6 IP 地址中的网络号字段和主机号字段

#### 5. 特殊IP

网络号	主机号	是否可用于源地址	是否可用于目的地址	代表意思	说明
0	0	可以	可以	本网络的本主机	本机地址

0	特定 (不等于 255)	可以	不可	本 网 路 上 的 指 定 主 机	发送的分组被限制在本网络内，由特定的主机号对应的主机接收
255	255	不可	可以	受限 广 播 地 址	有时需要在本网络内部广播。受限的广播地址是255.255.255.255。该地址用于主机配置过程中IP数据报的目的地址，此时，主机可能还不知道它所在网络的网络掩码，甚至连它的IP地址也不知道。在任何情况下，路由器都不转发目的地址为受限的广播地址的数据报，这样的数据报仅出现在本地网络中。
特定	255	不可	可以	直 接 广 播 地 址	对指定的网络号对应的网络上的所有主机进行广播
特定	0	不可	不可	网 络 地 址	不分配给任何主机，仅表示特定某个网络的网络地址
127	非 255 或0 的其 他任 何数	可以	可以	环 回 地 址	协议软件不会将其送网络，而是将其送回。用于本机网络软件测试和本机进程通信。

#### 6. A类地址：

- 网络号：A类网络号8位，第一位是标志位固定位0，所以只有7位可用。从上表中知道，可指派的网络号，不能为0（0000-0000），也不能为127（0111-1111），因此最大可指派的网络数为 $2^7-2=126$ 。
  - 第一个可指派的网络号：1（000-0001）
  - 最后一个可指派的网络号：126（0111-1110）
- 主机数：A类主机号有24位。从表中可知主机数不能全为1不能全为0，所以可分派的主机数有 $2^{24}-2=16777214$
- 占整个IP空间的50%

#### 7. B类地址：

- 网络号：B类地址网络号有16位，前两位固定为10，有14位可以分配，因为B网络号不可能全为0或全为1。但是规定128.0.0.0是不指派的，所以可指派网络数为 $2^{14}-1=16383$ 。
  - 第一个可指派的网络号：128.1（10000000-00000001）
  - 最后一个可指派的网络号：191.255（10111111-11111111）
- 主机数：B类主机号有16位。所以可分派的主机数有 $2^{16}-2=65534$
- 占IP地址空间的25%

#### 8. C类地址

- 网络号：C类地址网络号有24位，前3位110固定，则有21位可选。192.0.0.0不指派，所以可指派网络数是所以可分派的主机数有 $2^{21}-1=2097151$ 。
  - 第一个可指派的网络号：192.0.1（11000000-00000000-00000001）
  - 最后一个可指派的网络号：223.255.255（11011111-11111111-11111111）
- 主机数：B类主机号有8位。所以可分派的主机数有 $2^8-2=254$
- 占IP地址空间的12.5%

## 9. 单播地址可指派的范围总结

类别	范围
A类	1.x.x.x~126.x.x.x
B类	128.1.x.x~191.255.x.x
C	192.0.1.x~223.255.255.x

## 10. ARP地址解析协议：

- 作用：根据IP地址获取物理地址，减少网络上的通信量。
- ARP高速缓存作用：映射IP地址到硬件地址。
- 过程：

### i. 同一局域网内：

当主机A要向 本局域网 上的某个主机B发送IP数据报时， 就先在其ARP高速缓存中查看有无主机B的IP地址。

- 若有，则就在ARP高速缓存中查出其对应的硬件地址， 再把这个硬件地址写入MAC帧， 然后通过局域网把该MAC帧发往此硬件地址。
- 若没有，则：
  - i. ARP进程在本局域网上广播发送一个ARP请求分组。主要内容是表明：“我的IP 地址是xxx, 硬件地址是xxx。 我想知道IP 地址为xxx的主机的硬件地址。”
  - ii. 在本局域网上的所有主机上运行的ARP进程都收到此ARP请求分组。
  - iii. 主机B 在ARP请求分组中见到自己的IP地址， 就向主机A发送ARP响应分组， 并写入自己的硬件地址。其余的所有主机都不理睬这个ARP请求分组，
  - iv. 主机B把主机A附加在ARP请求分组中的主机A的地址映射写入主机B自己的ARP高速缓存中
  - v. 主机A收到主机B的ARP响应分组后， 就在其ARP高速缓存中写入主机B的IP地址到硬件地址的映射。
- ARP请求分组是广播发送的， 但ARP响应分组是普通的单播， 即从一个源地址发送到一个目的地址。

### ii. 不同局域网中：

- i. 主机A发送给B的IP数据报首先需要通过主机A连接在同一个局域网上的路由器R1来转发。
- ii. 此主机A这时需要把路由器R1的IP地址解析为硬件地址， 以便能够把IP数据报传送到路由器R1。
- iii. R1从转发表找出了下一跳路由器R2， 同时使用ARP解析出R2的硬件地址。于是IP数据报按照硬件地址转发到路由器R2
- iv. 路由器R2在转发这个IP数据报时用类似方法解析出目的主机B的硬件地址， 使IP数据报最终交付给主机B。

### o ARP命令：

- `arp -a`：显示所有接口的当前 ARP 缓存表。
- `arp -d InetAddr [IP地址]`：删除指定的IP地址项。
- `arp -d *`：删除所有项

## 11. 子网掩码：

- 作用：
  - i. 用于屏蔽IP地址的一部分，以区别网络标识和主机标识，并说明该IP地址是在局域网上，还是在远程网上。
  - ii. 用于将一个大的IP网络划分为若干小的子网络。
- 默认子网掩码：
  - A类：0xFF-00-00-00

- B类: 0xFF-FF-00-00
  - C类: 0xFF-FF-FF-00
- 若在某地址的子网划分中, 子网号位数是 $n$ , 则子网数有 $2^n-2$ 个, 该地址的主机号为 $m$ 位, 则每个子网的主机数是 $2^{m-n}-2$ 个。减2是因为子网号和子网主机号共同占有原先二级IP的主机号, 而该主机号作为合法IP不允许全0或全1, 因此要减去。
- 同样的IP, 不同的子网掩码可以得出相同的网络地址。
- 12. 前缀长度为 $n$ 的CIDR, 相当于 $2^{24-n}$ 个C类, 或者 $2^{16-n}$ 个B类。显然, 网络前缀越短, 地址块所包含的地址数就越多。
- 13. 最长前缀匹配: 在使用CIDR时, 由于采用了网络前缀这种记法。在查找路由表时可能会得到不止一个匹配结果, 应当从匹配结果中选择具有最长网络前缀的路由。
- 14. ICMP协议:
  - 形式: 作为IP层数据报的数据, 加上数据报的首部, 组成IP数据报发出去的。
  - 作用: 用于在主机、路由器之间传递控制消息, 包括报告错误、交换受限控制和状态信息等。
  - 分类:
    - ICMP差错报文
      - 终点不可达
      - 时间超过
      - 参数问题
      - 改变路由 (重定向)
    - ICMP询问报文
      - 回送请求和回答
      - 时间戳请求和回答
- 15. 分层次的路由选择协议:
  - 内部网关协议IGP: 即在一个自治系统内部使用的路由选择协议。如RIP和OSPF协议。
  - 外部网关协议EGP: 当数据报传到一个自治系统的边界时, 就需要使用一种协议将路由选择信息传递到另一个自治系统中。如BGP-4
- 16. RIP: 路由信息协议
  - 形式: 使用运输层的用户数据报UDP进行传送, 端口520 (即RIP协议封装在UDP报文中, UDP报文再封装入IP数据报中)
  - 分布式的基于距离向量的路由选择协议
  - 一条路径只能最多包含15个路由器, 跳数为16认为不可达。
  - 只适用于小型互联网。
  - 特点:
    - 仅和相邻路由器交换信息。
    - 交换的信息是当前本路由器所知道的全部信息, 即自己的路由表。
    - 按固定的时间间隔交换路由信息
- 17. OSPF: 开放最短路径优先
  - 形式: 直接用IP数据报传送
  - 分布式的链路状态协议
  - 特点:
    - 向本自治系统中所有路由器发送信息。这里使用的方法是洪泛法
    - 发送的信息就是与本路由器相邻的所有路由器的链路状态, 但这只是路由器所知道的部分信息。
    - 只有当链路状态发生变化时, 路由器才向所有路由器用洪泛法发送此信息。
- 18. OSPF: 所有路由器最终都可以建立一个全网的拓扑结构
 

RIP: 不知道全网的拓扑结构
- 19. BGP:
  - 力求找到能够到达目的地且比较好的路由, 不一定要最佳。



- 不同AS的路由器之间交换路由信息的协议。
- 路径向量路由选择协议
- 过程：
  - i. 一个BGP发言人与其他AS的BGP发言人要交换路由信息，就要先建立TCP连接（端口号为179）
  - ii. 在此连接上交换BGP报文以建立BGP会话，利用BGP会话交换路由信息。

## 20. IPv6

- 地址长度：128位
- 与IPv4区别：
  - i. 更大的地址空间
  - ii. 扩展的地址层次结构
  - iii. 灵活的首部格式
  - iv. 改进的选项
  - v. 允许协议继续扩充
  - vi. 支持即插即用
  - vii. 支持资源的预分配
  - viii. 首部改为8字节对齐（IPv4是4字节对齐）

## 21. 专用地址：只能用作本地地址而不能用作全球地址。在因特网中的所有路由器，对目的地址是专用地址的数据报一律不进行转发。

- 10.0.0.0 到10.255.255.255
- 172.16.0.0 到172.31.255.255
- 192.168.0.0 到192.168.255.255

## 22. 专用网：采用这样的专用IP地址的互连网络称为专用互联网或本地互联网

## 23. VPN：虚拟专用网

- 定义：利用公用的因特网作为本机构各专用网之间的通信载体，这样的专用网又称为虚拟专用网
- 目的：降低成本、传输数据安全可靠、连接方便灵活、完全控制。

## 24. NAT：网络地址转换

通过在专用网连接到因特网的路由器上安装NAT软件，这样，所有使用本地地址的主机和外界通信时，都要在NAT路由器上将其本地地址转换成全球IP地址，才能和因特网连接。

# 简答题

## 1. 简述在划分子网的情况下路由器转发分组的算法。

- i. 从收到的数据报的首部提取目的IP地址D
- ii. 先判断是否为直接交付。对路由器直接相连的网络逐个进行检查：用各网络的子网掩码和D逐位相“与”，看结果是否和相应的网络地址匹配。若匹配，则把分组进行直接交付(当然还需要把D转换成物理地址，把数据报封装成帧发送出去)，转发任务结束。否则就是间接交付，执行(3)
- iii. 若路由表中有目的地址为D的特定主机路由，则把数据报传送给路由表中所指明的下一条路由器；否则，执行(4)
- iv. 对路由表中的每一行（目的网络地址，子网掩码，下一跳地址），用其中的子网掩码和D逐位相“与”，其结果为N。若N与该行的目的网络地址匹配，则把数据报传送给该行指明的下一跳路由器；否则，执行(5)
- v. 若路由表中有一个默认路由，则把数据报传送给路由表中所指明的默认路由器；否则，执行(6)
- vi. 报告转发分组出错

## 2. 简述子网和超网作用及其区别，为什么说给每一个物理网络分配一个网络号会使路由表变得太大而使网络性能变坏？

- i. 早期IP地址由网络号和主机号组成，这种方法同时存在两个主要问题：
  - i. IP地址有效利用率很低

ii. 路由器工作效率很低。

在IP 地址中增加一个“子网号字段”，使两级IP地址变为三级IP 地址，它能够较好地解决上述问题，并且使用起来也很灵活，这种做法叫做划分子网。

ii. 每一个CIDR 地址块中的地址数一定是2的整数次幂。除最后几行外，CIDR 地址块都包含了多个C类地址（是一个C类地址的 $2^n$ 倍，n 是整数），这就是“构成超网”这一名词的来源。

iii. 如果路由表过大，则为了找到一个IP 包的下一个转发路由所必须进行的匹配操作数也随之增大，这将加大路由器工作负担，也造成了更长的转发时延，从而导致网络性能变坏。

## 第五章 运输层

### 一般概念

1. 网络层是为主机之间提供逻辑通信，而运输层为应用进程之间提供端到端的逻辑通信

### 重要概念

1. 网络层，IP 数据报首部中的校验和字段，只检验首部是否出现差错而不检查数据部分。运输层还要对收到的报文进行差错检测。
2. UDP 在传送数据之前不需要先建立连接。
3. TCP 则提供面向连接的服务。在传送数据之前必须先建立连接，数据传送结束后要释放连接。TCP 不提供广播或多播服务。

表 5-1 使用 UDP 和 TCP 协议的各种应用和应用层协议

应 用	应用层协议	运输层协议
名字转换	DNS	UDP
文件传送	TFTP	UDP
路由选择协议	RIP	UDP
IP 地址配置	BOOTP, DHCP	UDP
网络管理	SNMP	UDP
远程文件服务器	NFS	UDP
IP 电话	专用协议	UDP
流式多媒体通信	专用协议	UDP
多播	IGMP	UDP
电子邮件	SMTP	TCP
远程终端接入	TELNET	TCP
万维网	HTTP	TCP
文件传送	FTP	TCP

- 4.
5. 常用端口号几个协议的名称

应用程序	FTP	TELNET	SMTP	DNS	TFTP	HTTP	SNMP	SNMP (trap)
熟知端口号	21	23	25	53	69	80	161	162

6. 停止等待协议
  - i. 无差错情况：A 发送分组M1，发完就暂停发送，等待B的确认。B 收到了M1就向A发送确认。A在收到了对M1的确认后，就再发送下一个分组M2
  - ii. 出现差错：A只要超过了一段时间仍然没有收到确认， 就认为刚才发送的分组丢失了，因而重传前面发送过的分组。在每发送完一个分组设置一个超时计时器。如果在超时计时器到期之前收到了对方的确认，就撤销已设置的超时计时器。
  - iii. 确认丢失和确认迟到：B收到了A发来的信息，但是发回给A的确认信息A没有收到，A在超时计时器到期

后就要重传，B 又收到了重传的数据。这时应采取两个行动：第一，丢弃这个重复的分组，不向上层交付。第二，向A发送确认。

7. TCP 的流量协议是用滑动窗口来控制的
8. TCP的拥塞控制方法
  - o 慢开始
  - o 拥塞避免
  - o 快重传
  - o 快恢复
9. 确认ACK：仅当ACK=1时确认号字段才有效。当ACK = 0时，确认号无效。TCP 规定，在连接建立后所有传送的报文段都必须把ACK置1。
10. 同步SYN：在连接建立时用来同步序号
  - o 当SYN = 1 而ACK=0 时：表明这是一个连接请求报文段。
  - o 对方若同意建立连接，响应的报文段中使 SYN=1和ACK=1。

## 简答题：

1. TCP和UDP的区别。
  - i. TCP面向连接;UDP是无连接的，即发送数据之前不需要建立连接
  - ii. TCP提供可靠的服务。也就是说，通过TCP连接传送的数据，无差错，不丢失，不重复，且按序到达; UDP尽最大努力交付，即不保证可靠交付
  - iii. UDP具有较好的实时性，工作效率比TCP高，适用于对高速传输和实时性有较高的通信或广播通信。
  - iv. 每一条TCP连接只能是点到点的; UDP支持一对一，一对多，多对一和多对多的交互通信
  - v. TCP对系统资源要求较多，UDP对系统资源要求较少。
2. 拥塞与流量的异同
  - o 拥塞：Σ对资源的需求>可用资源
  - o
3. FTP 的基本工作原理：
  - i. 打开熟知端口（端口号为21），使客户进程能够连接上。
  - ii. 等待客户进程发出连接请求。
  - iii. 启动从属进程来处理客户进程发来的请求。从属进程对客户进程的请求处理完毕后即止，但从属进程在运行期间根据需要还可能创建其他一些子进程。
  - iv. 回到等待状态，继续接受其他客户进程发来的请求。主进程与从属进程的处理是并发地进行。
4. 连续ARQ 协议中设编号用三位（000-111），假设发送窗口为8，试找出一种情况，在此情况下协议不能正常工作，并分析连续ARQ 协议是否一定优于停止等待协议？(P214-216)

答：这种情况是若所有确认帧都正确到达发送端，发送端又发送8个新的数据帧，其编号应是0-7，而一旦所有确认帧都丢失，经过一段时间后，发送端重传这8个旧的数据帧，其编号仍为0-7，显然接收端第二次收到编号0-7这8个数据帧时无法判定这是8个是新的数据帧还是旧的重传数据帧连续ARQ 协议一方面因连续发送

数据而提高了效率，但另一方面，重传时又必须把原来已正确传送过的数据帧进行重传，仅因这些数据帧之前有一个数据帧出现了错误，这种做法又使传送效率降低，由此可见若传输信道的传输质量很差，因而误码率较大时，连续ARQ协议不一定优于停止等待协议。

5. 某个应用进程使用运输层的用户数据报UDP，然后继续向下交给IP层后，又封装成IP数据报。既然都是数据报，是否可以跳过UDP直接交给IP层？哪些功能UDP提供了但IP没有提供？

答：不可以，IP数据报只能找到目的主机而不能找到目的进程。UDP提供对应用进程的复用和分用功能，以及提供对数据部分的差错检测。

6. 为何三次握手

三次握手是为了防止已失效的连接请求再次传送到服务器端。

7. 简述TCP链接释放的过程

看书。。。

## 术语表

### ISP

Internet Service Provider 因特网服务提供者

### IXP

Internet eXchange Point 互联网交换点

### WWW

World Wide Web 万维网

### WAN

Wide Area Network 广域网

### LAN

Local Area Network 局域网

### MAN

Metropolitan Area Network 城域网

### PAN

Personal Area Network 个人区域网

### ARQ

Automatic Repeat Request 自动重传请求

### BGP

Border gateway protocol 边界网关协议

### CIDR

Classless InterDomain Routing 无分类域间路由选择

## **CSMA/CD**

Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection 载波监听多点接入/冲突检测

## **DHCP**

Dynamic Host Configuration Protocol 动态主机配置协议

## **FTP**

File Transfer Protocol 文件传送协议

## **HTTP**

HyperText Transfer Protocol 超文本传送协议

## **ICMP**

Internet Control Message Protocol 网际控制报文协议

## **IGMP**

Internet Group Management Protocol 网际组管理协议

## **MTU**

Maximum Transfer Unit 最大传送单元

帧的数据部分的长度上限。

## **NAT**

Internet Address Translation 网络地址转换

## **OSI/RM**

Open Systems Interconnection Reference Model 开放系统互连基本参考模型

## **PPP**

Point-to-Point Protocol 点对点协议

PPP协议就是用户计算机和ISP 进行通信时所使用的数据链路层协议。

## PPPoE

Point-to-Point Protocol over Ethernet 以太网上的点对点协议

## RARP

Reverse Address Resolution Protocol 逆地址解析协议

## RIP

Routing Information Protocol 路由信息协议

## SNMP

Simple Network Management protocol 简单网络管理协议

## TCP

Transmission Control Protocol 传输控制协议

## URL

Uniform Resource Locator 统一资源定位符

## VPN

Virtual Private Network 虚拟专用网

## TDM

Time Division Multiplexing 时分复用

## FDM

Frequency Division Multiplexing 频分复用

## STDM



Statistic Time Division Multiplexing 统计时分复用

## WDM

Wave length Division Multiplexing 波分复用

## DWDM

Dense Wave length Division Multiplexing 密集波分复用

## CDM

Code Division Multiplexing 码分复用

## CDMA

Code Division Multiple Access 码分多址

## DSL

Digital Subscriber Line 数字用户线

## ADSL

Asymmetric Digital Subscriber Line 非对称数字用户线

## DSLAM

DSL Access Multiplexer 数字用户线接入复用器

## CRC

Cyclic Redundancy Check 循环冗余检验

## FCS

Frame Check Sequence 帧检验序列

为了进行检错而添加的冗余码

## TTL

Time To Live 生存时间

数据报在网络中的寿命，单位是跳数

## PING

Packet InterNet Groper 分组网间探测 测试两台主机的连通性。

## IGP

Interior Gateway Protocol 内部网关协议

在一个自治系统内部使用的路由选择协议

## EGP

External Gateway Protocol 外部网关协议

当数据报传到一个自治系统的边界时，就需要使用一种协议将路由选择信息传递到另一个自治系统中。

## NAPT

Network Address and Port Translation 网络地址和端口号转换