

# 开箱手册-计算机网络

---

ywy\_c\_asm

计算学部金牌讲师团

**版权声明：本文档允许自由传播分享，仅供学习交流之用，不得用作商业用途，违者后果自负。**

# 前言

- 本教程基于2022年秋季学期哈工大计算学部金牌讲师团为2020级的计算机网络课程所开设的期末复习讲座的课件合集，内容详细清楚，是对课程知识的浓缩提炼，适合作为复习/应付/预习期末考试的资料，且由于期末考试内容与考研题具有高度相似性，也可作为408考研的参考资料。主要作应试而用，**并不适合用于实用知识学习**。本教程主要参考了王道考研题以及习题和2019、2020年的部分期末考试题。
- 由于作者水平有限，难免会出一些差错，对此提前致以歉意。**此外本教程关于考试内容与重点的划分很大程度上来自个人观点，如果你因此而遭受损失，作者概不负责。**
- 作者在此提供了4次讲座的录屏，可以搭配学习：
  - 讲座1: [https://pan.baidu.com/s/1cX6ecKSsyUqMneg7hn\\_k0w?pwd=1453](https://pan.baidu.com/s/1cX6ecKSsyUqMneg7hn_k0w?pwd=1453) 提取码: 1453
  - 讲座2: <https://pan.baidu.com/s/1L-qrW4EA8Kk1T6Bnz9M7cg?pwd=1453> 提取码: 1453
  - 讲座3: <https://pan.baidu.com/s/17SpMz4hgPb36PuN6ppAoPA?pwd=1453> 提取码: 1453
  - 讲座4: <https://pan.baidu.com/s/1pUfATx5jTkyG0d0bvIp7FQ?pwd=1453> 提取码: 1453
- 感谢你的使用，希望它对你有用。

# 快速使用指南

(我只剩一天了QAQ, 如何速成?)

- 尽管作者对于一天速成不太乐观, 但还是对此给出一些可能没什么用的建议:

- 传输层TCP是重点中的重点也是难点中的难点, 占分很大, 先把滑动窗口和TCP的几个过程搞清楚并且记住, 再在此基础上搞明白一些简单计算题怎么出来的, 然后把TCP的那几个式子记住。

2023年考试结束后追加:  
不要低估出题人的狠心,  
这次的期末考试出了难度  
较大且构造十分精巧的TCP  
分析题(错误率极高)和路  
由器+局域网分析题, 容易  
忽视的细节很多, 真的需  
要同学们对它们有较为深  
入的理解。因此建议不要  
心存侥幸。

- 考试一定会出一个Web大题, 搞清楚HTTP的几种工作方式以及相应的时间计算怎么来的, 根据经验这个Web大题有可能跟TCP一块出, 也有可能跟局域网路由器题一块出。

- 考试一定会出至少一个带图的那种路由器题, 搞清楚子网地址咋算的, 路由表咋分析, 子网怎么路由聚合, 发送数据报的时候怎么转发, 经过哪些接口, 由哪个路由器转发, 这个图上有几个子网, 谁跟谁在同一个子网, 默认网关是啥, 等等。

- 此外, 路由器题往往也可跟MAC地址、交换机、以太网、ARP这些链路层的东西结合起来, 尤其是ARP和交换机的工作过程, 甚至还可能让你套CSMA/CD算各种极值, 甚至还加上二进制指数退避。

- 以及, CDMA必考一个计算, P2P文件分发必考一个计算, IP数据报必考一个计算, 分组交换的时间量必考一个计算, 层次结构模型必考一个题。这些都不难, 看两眼记住题咋做就行。

# 目录

(星号个数表示作者个人所认为的重要程度，仅供参考)

- 
- 1. [计算机网络概述](#)
  - 2. [电路交换与分组交换](#)
  - 3. [分组交换的时间量分析](#)\*
  - 4. [网络层次结构模型](#)\*
  - 5. [应用层概述](#)
  - 6. [HTTP协议](#)\*\*\*
  - 7. [FTP协议](#)
  - 8. [电子邮件协议](#)\*
  - 9. [DNS协议](#)\*\*
  - 10. [P2P文件分发](#)\*
  - 11. [传输层概述](#)
  - 12. [UDP协议](#)\*
  - 13. [停等协议\(rdt3.0\)](#)
  - 14. [GBN协议](#)\*\*
  - 15. [SR协议](#)\*\*
  - 16. [TCP协议](#)\*\*\*
  - 17. [TCP动态控制机制](#)\*\*\*
  - 18. [一些TCP窗口题](#)\*\*\*
  - 19. [网络层概述](#)
  - 20. [IPv4数据报](#)\*\*
  - 21. [IP地址划分](#)\*\*\*
  - 22. [路由表](#)\*\*\*
  - 23. [DHCP和NAT](#)\*
  - 24. [ICMP协议](#)
  - 25. [路由选择](#)\*
  - 26. [IPv6](#)
  - 27. [链路层概述](#)
  - 28. [差错控制与CRC](#)
  - 29. [介质访问控制\(MAC\)协议](#)\*
  - 30. [ARP协议](#)\*
  - 31. [以太网](#)
  - 32. [链路层交换机](#)\*
  - 33. [虚拟局域网](#)
  - 34. [PPP协议](#)
  - 35. [CDMA](#)
  - 36. [IEEE802.11](#)\*
  - 37. [移动IP](#)
  - 38. [物理层](#)\*
  - [附录1: 你或许应该知道的名词缩写](#)
  - [附录2: 各种“协议”](#)
  - [附录3: 一些按类别划分的知识](#)

# 1. 计算机网络概述

28. 【2020 统考真题】下图描述的协议要素是( )。

I. 语法      II. 语义      III. 时序  
 A. 仅 I      B. 仅 II      C. 仅 III      D. I、II 和 III

• 因特网是互连的、自治的计算机的集合，连接到因特网的设备称为**主机(端系统)**，端系统分为**客户端与服务器**，通过由**通信链路**和**分组交换机构**成的网络核心连接，分组交换机包括路由器和链路层交换机。

采用 10Mbps 的 HFC 接入 Internet 可能比 2Mbps 的 ADSL 接入还慢。  
 正确答案: ✓ 因为HFC是多用户共享一根线

• 因特网结构：**网络边缘**(端系统/应用)→**接入网络**→**网络核心**，接入网络的两个例子：

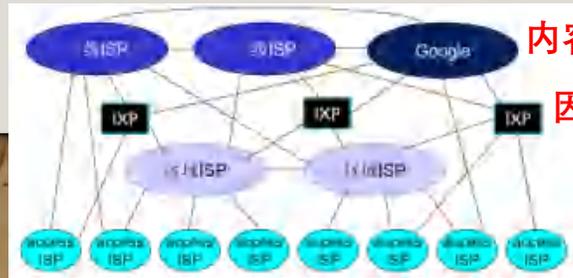
- 数字用户线(DSL)，通过已有电话线接入，每个用户**直接接到**中心局。
- 电缆网络，多个用户**共享**一根电缆，例如混合光纤同轴电缆(HFC)。

下列选项中，不属于协议要素的是  
 A. 时序  
 B. 层次  
 C. 语法  
 D. 语义

• **协议**定义通信过程的规则，协议三要素：**语法**(定义传输数据格式)、**语义**(定义所要完成的动作，如控制信息和应答等)、**时序**(定义各种操作的顺序)。

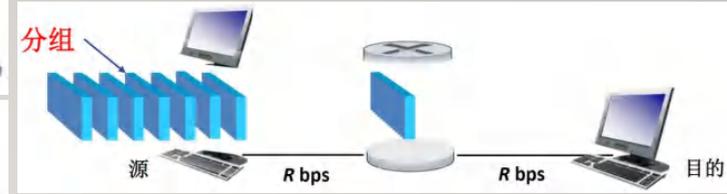
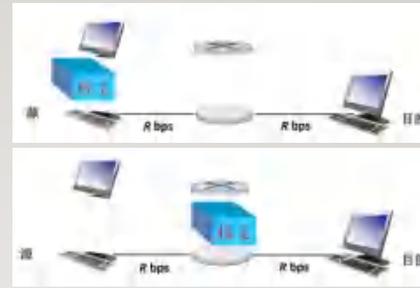
8. 在分析一个协议的数据包结构及其每个字段的作用时，主要涉及的协议要素是( )  
 I. 语法    II. 语义    III. 时序  
 A. 仅 I    B. 仅 II    C. 仅 III    D. I, II

• 在网络核心中，每个**因特网服务提供商(ISP)**构成一个网络，ISP网络通过分层方式互联，使得因特网构成“网络之网络”。



内容提供商网络通过非公开方式维护自己的服务  
 因特网交换节点(IXP)维护多个ISP的连接

## 2. 电路交换与分组交换 (网络核心的数据交换方式)



如果不切分为分组，直接传输整个报文，那么便是**报文交换**，传输时间明显慢于分组交换

- **分组交换**：端系统之间传输/交换**报文**(完整数据)，完整的报文被切分为若干**分组**，网络对每个分组进行传输，分组交换机对分组采取**存储-转发**机制，即先从输入链路接收完分组的所有比特，再转发到输出链路上，每个输出链路都具有输出缓存(队列)，分组在转发时需要排队(每个分组**独占**链路)，因此可能有**排队时延**和**分组丢失**(队列满时)。

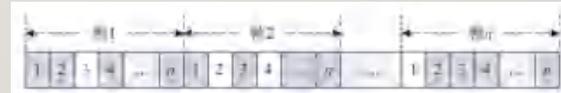
- **电路交换**：端系统间在通信会话期间在网络路径上预留资源，预先建立称之为**电路**的连接，可以以恒定速率传输数据。

1. 电路交换网络中的电路需独占其经过的每条物理链路。



- **频分复用(FDM)**：每条电路专用一个频段，可同时使用。

- **时分复用(TDM)**：时间划分为长度相等的**帧**，每个帧划分为长度相等的**时隙**，每条电路在每个帧中被分配时隙，相当于每条电路按一定周期轮流使用链路。

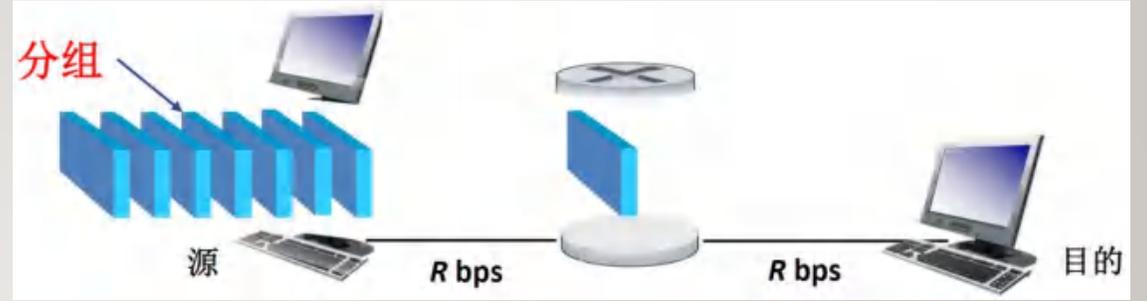


- 电路交换预先分配链路，在空闲时还要占用资源，效率较低，但适合强实时性应用(例如电话)；分组交换按需分配链路，适合突发数据传输，效率相对更高。

电路交换技术更适合突发数据传输的网络。

正确答案：✗

### 3. 分组交换的时间量分析



• 分组传输总时延  $d_{total}$  为以下四种时延的总和:

- 结点处理时延  $d_{proc}$ , 主机或路由器处理分组的时间(题目往往忽略不计)。
- 排队时延  $d_{queue}$ , 分组在输出链路前排队等待输出的时间, 取决于网络拥塞程度(题目往往忽略不计)。
- 传输时延  $d_{trans}$ , 结点将分组逐比特送上输出链路的时间,  $d_{trans} = \frac{L}{R}$ ,  $L$ 为每个分组的**比特数**,  $R$ 为链路带宽(bps)。注意单位换算! **1B = 8b**, **1ms =  $10^{-3}s$** , **1 $\mu$ s =  $10^{-6}s$** , **1ns =  $10^{-9}s$** 。
- 传播时延  $d_{prop}$ , 信号在物理链路上(以光速级别速度传播)的传播时间, 亦即一个比特从送上链路开始到接收方收到的时间, 取决于物理介质以及传输距离(若传输距离较短可忽略不计)。
  - 链路的时延带宽积为第一个比特到达接收方时链路上还有多少比特, 等于  $R \times d_{prop}$ 。

正确看待它们! 假设仅一条链路, 经过传输时延后发送方将最后一个比特送上链路, 再经过传播时延后接收方收到最后一个比特, 因此二者仅需要简单相加

• 每个结点的流量强度为  $\frac{La}{R}$ ,  $R$ 为输出链路带宽, 分组以  $a$ 个每秒的速度到达队列(到达速度  $La$ 比特每秒), **流量强度必须小于1**, 趋近于1时排队时延变大, 大于1时无限拥塞! (“出不敷入”)

• 端到端的吞吐量为接收方接收数据的速率(bps), 等于路径上**最小链路带宽**。如果比这个大, 那么最小带宽链路处的流量强度就会大于1, **无限拥塞!**

• 端到端的传输总时间为发送方开始发送第一个分组到接收方完整收到最后一个分组的时间, 设要发送  $N$ 个  $L$ 比特分组, 路径上每条链路带宽为  $R_0 \sim R_n$  bps, 最小链路带宽(吞吐量)为  $R_{min}$  bps, 每条链路传播时延为  $DP_0 \sim DP_n$  秒, 则总时间 =  $\sum_{i=0}^n (\frac{L}{R_i} + DP_i)$  +  $\frac{(N-1)L}{R_{min}}$   
 第一个分组从发出到被接收的时间 接收方(发送方)以达到吞吐量上限的速率连续接收(发送)分组, 在收到第一个分组后接收剩下  $N - 1$ 个分组的时间

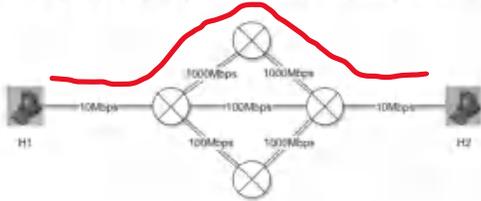
# 3. 分组交换的时间量分析 - Examples

1. 若某链路带宽 10Mbps, 信号往返时间 RTT=20ms, 则该链路的时延带宽积为( )

- A. 100kbits    B. 100kbps    C. 200kbits    D. 200kbps

$d_{prop} = \frac{RTT}{2} = 10ms$ , 时延带宽积 =  $10ms \times 10Mbps = 100kbits$

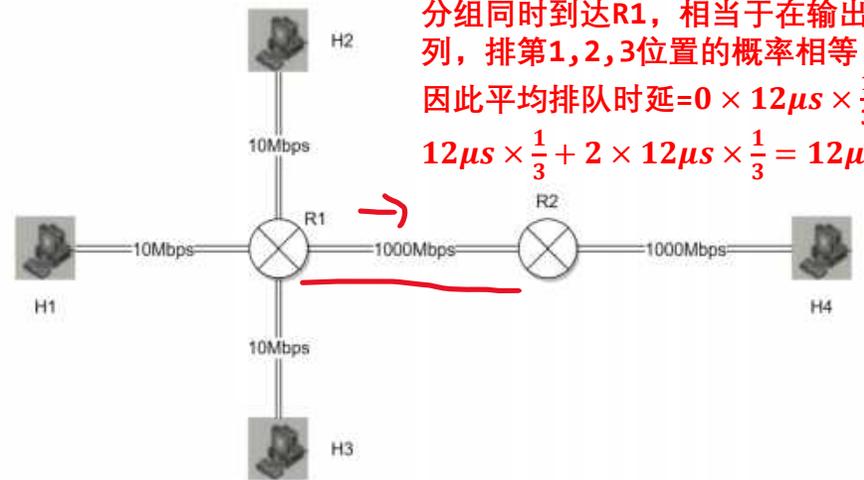
2. 如下图所示网络, 若 H1 欲向 H2 发送 1 个大小为 10MB 的文件, 则从 H1 开始发送时刻起, 到 H2 收到文件为止, 采用报文交换和分组交换 (分组长度为 1000B) 所用时间至少分别约是( )



- A. 16.16s, 8s    B. 16.8s, 8s    C. 2.1s, 1s    D. 2.02s, 0.1s

文件比特数  $N = 10MB \times 8 = 83886080bits$   
 报文交换时间 =  $\frac{2N}{10Mbps} + \frac{2N}{1000Mbps} \approx 16.16s$   
 分组比特数  $L = 1000B \times 8 = 8000bits$   
 分组总数  $M = \frac{N}{L} = 10485$  个  
 端到端吞吐量为 10Mbps    基本上就取决于这一项.....  
 分组交换时间 =  $\frac{2L}{10Mbps} + \frac{2L}{1000Mbps} + \frac{(M-1)L}{10Mbps} \approx 8s$

2. 如下图所示分组交换网络中, 若主机 H1, H2, H3 同时向 H4 发送一个 1500B 的分组, 则这些分组在路由器 R1 处的平均排队时延为( )



一个分组传出去需要  $\frac{1500B \times 8}{1000Mbps} = 12\mu s$   
 分组同时到达 R1, 相当于在输出队列随机排列, 排第 1, 2, 3 位置的概率相等  
 因此平均排队时延 =  $0 \times 12\mu s \times \frac{1}{3} + 1 \times 12\mu s \times \frac{1}{3} + 2 \times 12\mu s \times \frac{1}{3} = 12\mu s$

- A. 0μs    B. 12μs    C. 24μs    D. 36μs

# 4. 网络层次结构模型

23. 【2013 统考真题】在 OSI 参考模型中，功能由应用层的协议层实现的是( )。  
A. 会话管理 B. 数据格式转换 C. 路由选择 D. 可靠数据传输

24. 【2014 统考真题】在 OSI 参考模型中，直接为会话层提供服务的是( )。  
A. 应用层 B. 表示层 C. 传输层 D. 网络层

28. 当数据由源系统 A 传送到目标系统 B 时，不参与数据封装工作的是( )。  
A. 物理层 B. 数据链路层 C. 网络层 D. 表示层

29. 【2021 统考真题】在 TCP/IP 参考模型中，由传输层和相邻的下一层实现的主要功能是( )。  
A. 会话管理 B. 路由选择 C. 端到端数据传输 D. 端到端流量控制

每一层需要对上层交付过来的数据进行数据封装，加上附加信息，变为首部字段+有效载荷字段的结构

• 计算机网络体系结构是分层结构，上一层调用下一层提供的服务。

• OSI参考模型(7层)：注意每层的名称、功能、传输分组、寻址

端到端层，仅运行在端系统上，中间系统(路由器等)不运行它们

- 应用层：运行网络应用程序，互相传输**报文**(可视作完整数据)。
- 表示层：进行数据表示转换、压缩/解压缩、加密/解密等。
- 会话层：建立和维护对话，在数据流中插入同步点。
- 传输层：负责端到端(进程间)完整报文数据的传输，传输的分组称为**报文段**，具有分段重组、连接控制、流量控制、差错控制的功能，使用**端口号**对进程寻址。
- 网络层：负责源主机到目的主机的分组交付，传输的分组称为**数据报**，具有路由和分组转发的功能，使用**逻辑寻址**(IP地址)。
- 数据链路层：在相邻结点间进行分组传输，传输的分组称为**帧**，具有流量控制和差错控制的功能，使用**物理寻址**。
- 物理层：在相邻结点间通过物理介质进行**比特**传输。



多选题(3分)  
属于 OSI 参考模型的非端到端层的是  
A. 应用层  
B. 数据链路层  
C. 物理层  
D. 网络层

25. 【2016 统考真题】在 OSI 参考模型中，源主机、交换机(Switch)、集线器(Hub)实现的最高功能层分别是( )。  
A. 2, 2, 1 B. 2, 2, 2 C. 3, 3, 1 D. 3, 3, 2

5. 在 OSI 参考模型中，第 5 层(自下而上)完成的主要功能是( )。  
A. 差错控制 B. 路由选择 C. 会话管理 D. 数据表示转换

1. 在 TCP/IP 参考模型中，实现端到端可靠数据传输功能的层是( )。  
A. 应用层 B. 传输层 C. 网络层 D. 数据链路层

• TCP/IP参考模型(4层)：应用层、传输层、网际层、网络接口层。

• 5层参考模型：应用层、传输层、网络层、数据链路层、物理层。  
会话层和表示层功能直接由应用程序实现

5层参考模型与 OSI 参考模型相比，减少的层次是  
A. 表示层  
B. 会话层  
C. 网络层  
D. 物理层

# 5. 应用层概述

02. 在客户/服务器模型中, 客户指的是 ( ),  
 A. 请求方 B. 响应方 C. 硬件 D. 软件

07. 【2019 统考真题】下列关于网络应用模型的叙述中, 错误的是 ( ),  
 A. 在 P2P 模型中, 结点之间具有对等关系  
 B. 在客户/服务器 (C/S) 模型中, 客户与客户之间可以直接通信  
 C. 在 C/S 模型中, 主动发起通信的是客户, 被动通信的是服务器  
 D. 在向多用户分发一个文件时, P2P 模型通常比 C/S 模型所需的时间短

04. 下面关于客户/服务器模型的描述, ( ) 存在错误。  
 I. 客户端必须提前知道服务器的地址, 而服务器则不需要提前知道客户端的地址  
 II. 客户端主要实现如何显示信息与收集用户的输入, 而服务器主要实现数据的处理  
 III. 浏览器显示的内容来自服务器  
 IV. 客户端是请求方, 即使连接建立后, 服务器也不阻止发送数据  
 A. I, IV B. III, IV C. 只有 IV D. 只有 III

只要建立连接后服务器即可知道客户端地址, 理论上可以主动发数据

• 两种网络应用程序体系结构:

- 客户-服务器体系结构(C/S): 依赖具有周知地址的专用服务器, 客户之间不能互相通信。
- 端到端体系结构(P2P): 应用程序在间断连接的主机对(对等方)之间直接通信, 不依赖专用服务器。

• 在应用层通信场景中, 发起通信的进程被标识为客户, 在会话开始时等待联系的进程被标识为服务器。无论是C/S还是P2P。  
 2. P2P 网络应用的通信过程仍然是应用进程间的 C/S 通信 (✓)

- 应用进程通过套接字调用传输层协议收发报文, 可以选择TCP或UDP协议。
- 使用IP地址:端口号对运行在某主机上的进程进行标识寻址。
- 不同的应用对于吞吐量、时延和可靠性有着不同的需求, 据此选择不同的传输层协议:

应用	数据丢失	带宽	时间敏感
文件传输	不能丢失	弹性	不
电子邮件	不能丢失	弹性	不
Web 文档	不能丢失	弹性 (几 kbps)	不
因特网电话/视频会议	容忍丢失	音频 (几 kbps ~ 1Mbps)	是, 100ms
		视频 (10kbps ~ 5Mbps)	
存储音频/视频	容忍丢失	同上	是, 几秒
交互式游戏	容忍丢失	几 kbps ~ 10kbps	是, 100ms
即时消息	不能丢失	弹性	是和不是

图 2-4 选择的网络应用的要求

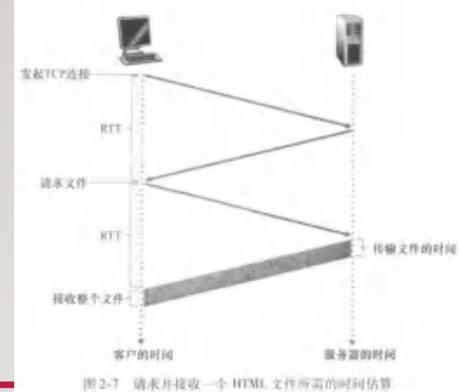
应用	应用层协议	支撑的运输协议
电子邮件	SMTP [ RFC 5321 ]	TCP
远程终端访问	Telnet [ RFC 854 ]	TCP
Web	HTTP [ RFC 2616 ]	TCP
文件传输	FTP [ RFC 959 ]	TCP
流式多媒体	HTTP ( 如 YouTube )	TCP
因特网电话	SIP [ RFC.3261 ], RTP [ RFC 3550 ] 或专用的 ( 如 Skype )	UDP 或 TCP

UDP无拥塞控制, 实际速率更容易受应用控制

图 2-5 流行的因特网应用及其应用层协议和支撑的运输协议

注意: TCP和UDP实际上都不保证吞吐量和时延! 能保证的只有可靠性(TCP)

# 6. HTTP协议



10. 以下关于非持续连接 HTTP 特点的描述中, 错误的是 ( )。

- A. HTTP 支持非持续连接与持续连接
- B. HTTP/1.0 使用非持续连接, 而 HTTP/1.1 的默认方式为持续连接
- C. 非持续连接中对每次请求/响应都要建立一次 TCP 连接
- D. 非持续连接中读取一个包含 100 个图片对象的 Web 页面, 需要打开和关闭 100 次 TCP 连接

06. 使用鼠标单击一个万维网文档时, 若该文档除有文本外, 还有三幅 gif 图像, 则在 HTTP/1.0 中需要建立 ( ) 次 UDP 连接和 ( ) 次 TCP 连接。

A. 0, 4      B. 1, 3      C. 0, 2      D. 1, 2

• 一个Web页面由基本HTML文件+若干引用对象构成, 每个Web对象由URL寻址, 表示为服务器主机名+路径名。HTTP协议用于传输Web对象, 采取C/S模式, 客户端向服务器发送请求报文, 服务器返回(带有对象的)响应报文。使用TCP协议, 工作在80端口。

• HTTP可以使用如下的连接模式:

这些模式实际上都可以并行维护多个TCP连接

- 非持续连接: 每次请求/响应单独使用一个TCP连接, 响应结束后即关闭连接。 **HTTP1.0只能非持续连接**
- 持续连接: 多次请求/响应都使用相同的TCP连接, 响应结束后不会立即关闭连接, 减少连接建立开销。
- 带流水线的持续连接: 连续多个请求可以逐个连续发送而不必等待回答, 理想情况下这样只需1个RTT即可获得多个对象。 **HTTP1.1默认带流水线持续连接**

3. 如果浏览器分别采用非流水的 HTTP1.1 和支持并行 TCP 连接的 HTTP1.0 请求一个引用了 4 个 JPEG 小图片的 Web 页, 则需要的时间至少分别是 ( )。

A. 3RTT, 4RTT      B. 5RTT, 3RTT       C. 6RTT, 4RTT      D. 6RTT, 10RTT

• HTTP的请求报文由请求行、首部行和实体主体(一般不用到)构成:

- 请求行中包含请求方法、URL以及协议版本, 请求方法包括GET(请求对象)和POST(将实体主体中的表单数据提交给服务器)以及HEAD(和GET一样但服务器仅响应但不返回对象)。
- 首部行中包含一些带有名称的字段, Host字段表示主机名, Connection表示连接是否可持续, 为close则使得服务器响应后关闭TCP连接。

07. 仅当 Web 服务器对 HTTP 报文进行响应, 但不需要返回请求对象时, HTTP 请求报文应使用的方法是 ( )。

A. GET      B. PUT      C. POST       D. HEAD

• HTTP响应报文中包含响应状态码, 例如200(正常返回对象)、400(请求错误)、404(对象不存在)。

# 6. HTTP协议

12. 【2015 统考真题】某浏览器发出的 HTTP 请求报文如下:

```
GET /index.html HTTP/1.1
Host: www.test.edu.cn
Connection: Close
Cookie: 123456
```

下列叙述中, 错误的是 ( )。

- A. 该浏览器请求浏览 index.html
- B. index.html 存放在 www.test.edu.cn 上
- C. 该浏览器请求使用持续连接
- D. 该浏览器曾经浏览过 www.test.edu.cn

9. 下列关于 Cookie 的说法中, 错误的是 ( )。

- A. Cookie 仅存储在服务器端
- B. Cookie 是服务器端产生的
- C. Cookie 会威胁用户的隐私
- D. Cookie 的作用是跟踪用户的访问和状态

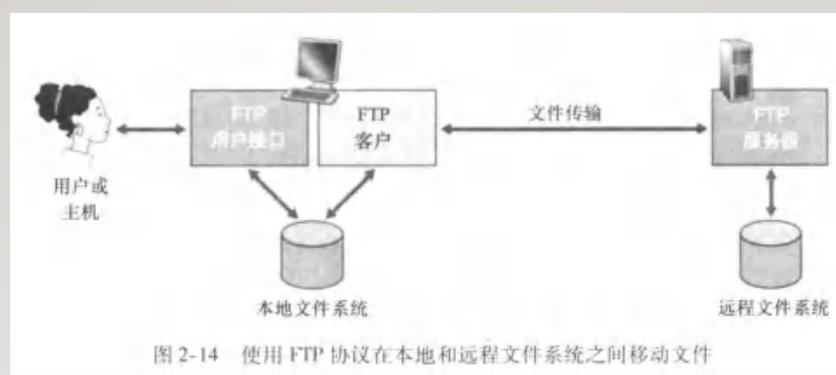
08. HTTP 是一个无状态协议, 然而 Web 站点经常希望能够识别用户, 这时需要用到 ( )。

- A. Web 缓存
- B. Cookie
- C. 条件 GET
- D. 持久连接

通过Cookie标识用户, 服务器可以实现诸如根据用户的访问历史进行推荐等功能

- HTTP本身是无状态协议, 原则上服务器不会保存关于客户端的任何信息。若服务器想要对客户会话进行追踪需要使用Cookie标识客户。客户第一次请求服务器时, 服务器会生成一个Cookie值, 保存在后端数据库中, 并在响应报文中以Set-Cookie字段告知客户端, 客户端会将其保存在本地Cookie文件中, 以后对服务器的每次请求报文都会在首部添加Cookie字段。
- 代理服务器(Web缓存器)部署在本地区域ISP上, 具有缓存Web对象的功能。客户端可以将http请求直接发送给本地的代理服务器, 若代理服务器缓存了客户端请求的Web对象, 可以将其直接发送给客户端, 而不需要远程网站主机的发送, 缩短了访问时间, 降低网络流量。HTTP协议为代理服务器提供了证实缓存对象是最新的机制:
  - 条件GET方法: 代理服务器向网站主机发送一个该缓存对象的GET方法, 并在首部添加If-Modified-Since字段, 表示询问该对象自从上次缓存时间以来是否被修改过, 若未被修改则网站仅返回一个不带实体的304 Not Modified响应报文, 代理服务器可以直接使用缓存对象, 否则网站返回新对象(正常响应报文)。

# 7. FTP协议



- FTP协议用于文件传输，用户向服务器提供用户标识和口令，在得到服务器授权的情况下，可以在客户端本地文件系统和服务器远程文件系统之间进行文件移动。
- FTP维护两个并行TCP连接：
  - **控制连接**(使用端口21)，**持续**整个用户会话，传送控制信息(用户发送的命令和服务器回复的应答码)，由于和有效数据分开(和HTTP不同)，因此FTP的控制信息被称为**带外传送**的。
  - **数据连接**(使用端口20)，传送文件数据，**非持续**连接，会话期间每次文件传输都要建立新的数据连接。
- FTP是**有状态协议**(和HTTP不同)，服务器需要追踪每个用户当前所在文件夹位置等信息。

6. 下列关于 FTP 的叙述中，错误的是( )

- A. FTP 是有状态协议
- B. FTP 是带外控制协议
- C. 控制连接和数据连接均是持久的
- D. FTP 分别使用控制连接和数据连接传输命令和文件数据

10. 【2009 统考真题】FTP 客户和服务器间传递 FTP 命令时，使用的连接是( )。

- A. 建立在 TCP 之上的控制连接
- B. 建立在 TCP 之上的数据连接
- C. 建立在 UDP 之上的控制连接
- D. 建立在 UDP 之上的数据连接

11. 【2017 统考真题】下列关于 FTP 的叙述中，错误的是( )。

- A. 数据连接在每次数据传输完毕后就关闭
- B. 控制连接在整个会话期间保持打开状态
- C. 服务器与客户端的 TCP 20 端口建立数据连接
- D. 客户端与服务器的 TCP 21 端口建立控制连接

# 8. 电子邮件协议

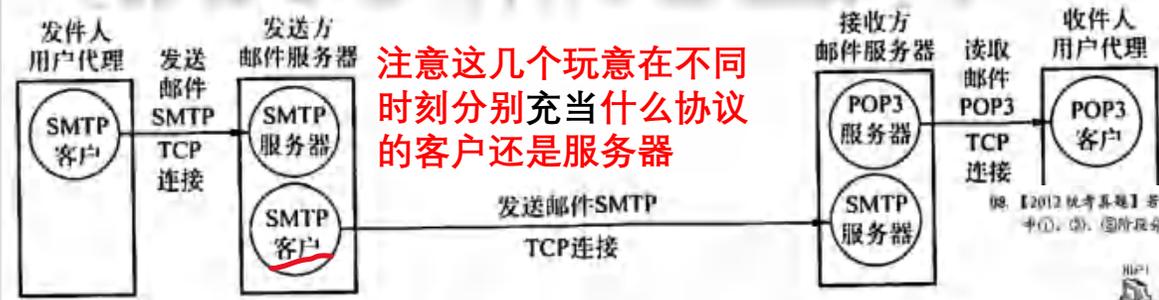


图 6.8 电子邮件系统最主要的组成构件

例: 【2012 统考真题】若用户 1 与用户 2 之间发送和接收电子邮件的过程如下图所示, 则图中①、②、③所对应能使用的自顶层协议可以是 ( )。

A. SMTP, SMTP, SMTP  
B. POP3, SMTP, POP3  
C. POP3, SMTP, SMTP  
D. SMTP, SMTP, POP3

- 电子邮件系统由用户代理(客户端程序)和邮件服务器组成, 当发送方发送邮件时:
  - ①发送方用户代理通过SMTP协议或HTTP协议(基于web的电子邮件)将邮件发送到发送方邮件服务器的报文队列中。
  - ②发送方邮件服务器通过SMTP协议将邮件发送到接收方邮件服务器的对应用户的邮箱中。
  - ③当接收方用户在未来某个方便时间想查看邮件时, 接收方用户代理通过POP3协议/IMAP协议或HTTP协议(基于web的电子邮件)访问并读取邮件服务器中的邮件。(3种邮件访问协议)
- SMTP协议是推式协议, 用于主动发送邮件, 使用25号端口, 原则上只能传输7位ASCII码, 对于更一般的二进制数据(其它语言文本或图像等)需要用MIME将二进制数据编码成7位ASCII码进行传输。
- POP3协议是拉式协议, 用于(简单的)邮件访问, 使用110号端口。

这些协议全部使用TCP连接

02. SMTP 基于传输层的 ( ) 协议, POP3 基于传输层的 ( ) 协议。  
 A. TCP, TCP B. TCP, UDP C. UDP, UDP D. UDP, UDP

05. 不能用于用户从邮件服务器接收电子邮件的协议是 ( )。  
 A. HTTP B. POP3 C. SMTP D. IMAP

11. 【2018 统考真题】无须转换即可由 SMTP 直接传输的内容是 ( )。  
 A. JPEG 图像 B. MPEG 视频 C. EXE 文件 D. ASCII 文本

09. 【2013 统考真题】下列关于 SMTP 的叙述中, 正确的是 ( )。  
 I. 只支持传输 7 比特 ASCII 码内容  
 II. 支持在邮件服务器之间发送邮件  
 III. 支持从用户代理向邮件服务器发送邮件  
 IV. 支持从邮件服务器向用户代理发送邮件

# 9. DNS协议

11. 【2018 统考真题】下列 TCP/IP 应用层协议中，可以使用传输层无连接服务的是（ ）。  
A. FTP      B. DNS      C. SMTP      D. HTTP

04. 域名系统 (DNS) 的组成不包括（ ）。  
A. 域名空间      B. 分布式数据库  
C. 域名服务器      ~~D. 从内部 IP 地址到外部 IP 地址的翻译程序~~

03. DNS 是基于（ ）模型的分布式系统。  
A. C/S      B. B/S      C. P2P      D. 以上均不正确

若超时未回复  
则重新请求

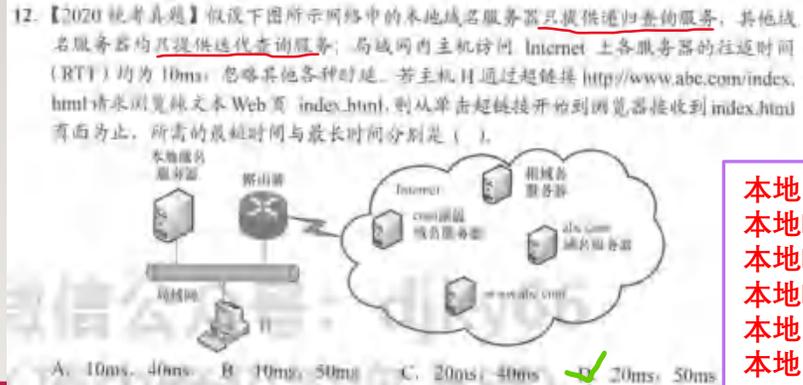
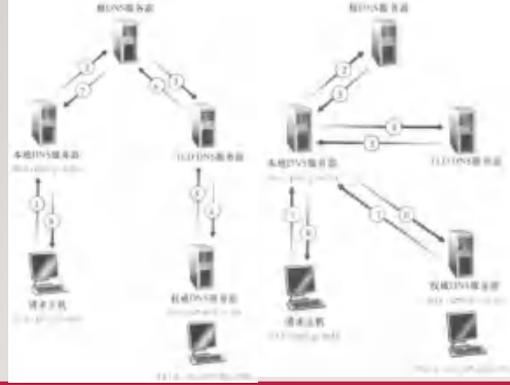
- **域名系统DNS**使用分层的DNS服务器实现了记录**主机名与主机IP地址映射关系**的分布式数据库，基于**UDP**协议工作，使用53号端口。DNS基于C/S模式工作，客户端向DNS服务器发送带有主机名的请求报文，收到IP地址等的回答。DNS还提供了其它3种服务：
  - **主机别名**：一个主机可以有不同的别名，DNS可将别名映射到真正的**规范主机名**。
  - **邮件服务器别名**：将邮件服务器的别名映射到规范主机名，一个组织机构的邮件服务器可以与web服务器使用相同的别名，例如hit.edu.cn，但真正的规范主机名是不同的。
  - **负载分配**：一个主机名可以对应多个主机IP地址集合，DNS可将请求分配到不同主机。
- 3种DNS服务器组成了自上而下的层次结构：**根DNS服务器**，**顶级域(TLD)DNS服务器** (.com、.org等)，**权威DNS服务器** (xxx.com、xxx.org等)
- 此外，在区域ISP或者局域网中会部署**本地DNS服务器**，客户端的DNS查询请求会直接发送给本地DNS服务器。本地DNS服务器可以缓存查询得到的DNS记录。

07. 一台主机要解析 www.cskaoyan.com 的 IP 地址。如果这台主机配置的域名服务器为 202.120.66.68，因特网顶级域名服务器为 11.2.8.6，而存储 www.cskaoyan.com 的 IP 地址时对应的域名服务器为 202.113.16.10，那么这台主机解析该域名通常首先查询（ ）。  
A. 202.120.66.68 域名服务器 **先查本地域名服务器**  
B. 11.2.8.6 域名服务器  
C. 202.113.16.10 域名服务器  
D. 可以从这三个域名服务器中任选一个

05. 互联网中域名解析依赖于由域名服务器组成的逻辑树。在域名解析过程中，主机上请求域名解析的软件不需要知道（ ）信息。  
I. 本地域名服务器的 IP  
~~II. 本地域名服务器父结点的 IP~~  
~~III. 域名服务器树根结点的 IP~~  
A. I 和 II      B. I 和 III      C. II 和 III      D. I, II 和 III

# 9. DNS协议

99. 【2010 统考真题】若本地域名服务器无缓存，则采用递归方法解析另一网络某主机域名的时，用户主机向本地域名服务器发送的域名请求数据包为（ ）条。  
 A. 1条 B. 2条 C. 多条，1条 D. 多条，多条



本地主机可以以递归方式对本地DNS服务器发起查询，本地DNS服务器只能迭代查询其它DNS服务器

本地主机与本地DNS间无时延  
 本地DNS花10ms查询根DNS  
 本地DNS花10ms查询顶级域DNS  
 本地DNS花10ms查询权威DNS  
 本地主机花10ms建立TCP连接  
 本地主机花10ms进行1次HTTP交互

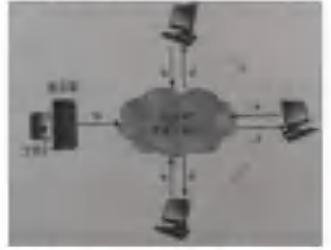
- DNS查询可以选用递归查询或迭代查询，(在未缓存的情况下)自上而下查询根、顶级域和权威DNS服务器，从上层服务器处得知下层服务器的位置。
- DNS服务器中维护的DNS资源记录表示为四元组(Name, Value, Type, TTL)，其中TTL为记录有效时间，Type为记录类型，有以下4种：
  - **A**: 描述主机名与IP地址的映射，例如(relay1.bar.foo.com, 145.3.3.3, A)
  - **NS**: 描述域名与权威DNS服务器主机名映射，例如(foo.com, dns.foo.com, NS)
  - **CNAME**: 描述主机别名与规范主机名的映射，例如(foo.com, relay1.bar.foo.com, CNAME)
  - **MX**: 描述邮件服务器与规范主机名的映射，例如(foo.com, mail.bar.foo.com, MX)
- 当申请xxx.com的新域名时，需要准备自己的权威DNS服务器dns.xxx.com，向对应的顶级域DNS服务器插入(xxx.com, dns.xxx.com, **NS**)和(dns.xxx.com, [IP地址], **A**)。

86. 在DNS的递归查询中，由（ ）给客户端返回地址。  
 A. 最开始连接的服务器 B. 最后连接的服务器  
 C. 目的地址所在服务器 D. 不确定

8. 如果ABC公司申请注册abc.com域，则需要com顶级域名服务器中插入两条RR(资源记录)，这两条RR的类型分别是（ ）  
 A. CNAME, A B. NS, MX C. MX, CNAME D. NS, A

# 10.P2P文件分发

4. 如下图所示, 为向1000个客户进行文件分发的应用示意图, 其中 $F = 1\text{MB}$ ,  $u_s = 1000\text{Mbps}$ ,  $d = 10\text{Mbps}$ ,  $u = 1\text{Mbps}$  (注:  $M = 10^6$ )。若分别采取 C/S 分发模式和 P2P 分发模式, 则完成文件 F 分发所需时间至少为 ( )



A. 8s, 4s     
  B. 8s, 0.8s     
  C. 1s, 0.5s     
  D. 0.8s, 0.008s

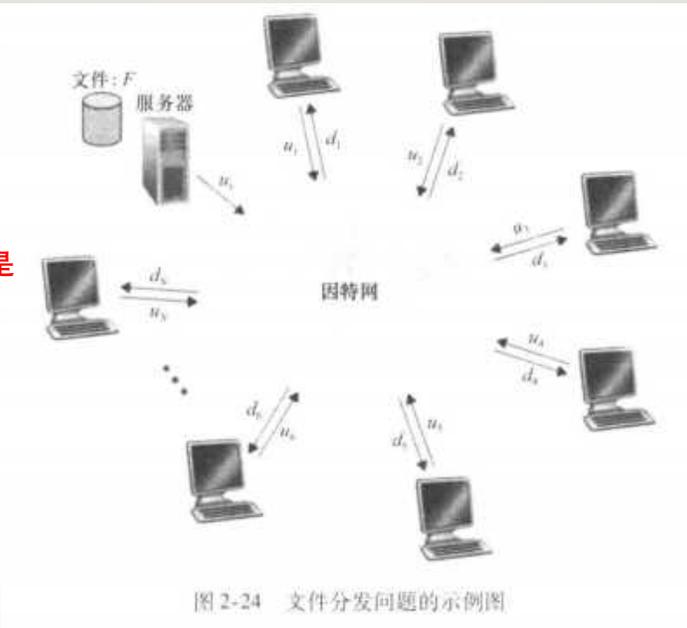
此题被连着考了两年.....  
记住式子往里头代数就行.....

- **文件分发问题:** 服务器有个大小为  $F$  bits 的文件, 要将它们分发到  $N$  台客户主机上, 使得每台主机都得到一个副本, 服务器上传速率  $u_s$ , 每台主机上传速率  $u_i$ , 下载速率  $d_i$ , 假设网络核心带宽足够大, 并且数据无法使用广播方式发送。

使用**C/S模式**进行分发, 服务器必须把  $N$  个副本都上传一遍, 上传  $NF$  个比特, 至少花费时间  $\frac{NF}{u_s}$ , 主机们下载必须花费时间至少  $\frac{F}{\min d_i}$ , 因此C/S模式分发时间的理想下界为:

$D_{CS} = \max\left\{\frac{NF}{u_s}, \frac{F}{\min d_i}\right\}$ 
这里取max而不是相加, 因为上传和下载是同时进行的

服务器可以通过**轮番向每个主机们发送比特** (优先向下载速率低且空闲的客户传送下一个比特) 的“十分理想”的方式达到这个下界。这个时间主要取决于  $\frac{NF}{u_s}$ , 当主机很多时极慢, 且没有利用主机的上传能力!



使用**P2P模式**进行分发, 每个主机能使用自己的上传能力重新将数据分发给其它主机, 服务器原则上只需要上传一个文件, 必须花费时间  $\frac{F}{u_s}$ , 主机们下载必须花费时间仍然至少  $\frac{F}{\min d_i}$ , 而主机们接收的所有比特都一定来源于包括服务器在内的某台主机, 相当于系统总共要上传  $NF$  比特, 而系统的总上传能力为  $u_s + \sum_{i=1}^N u_i$ , 因此至少需要  $\frac{NF}{u_s + \sum_{i=1}^N u_i}$  的时间进行上传, 因此P2P的理想下界为:

$$D_{p2p} = \max\left\{\frac{F}{u_s}, \frac{F}{\min d_i}, \frac{NF}{u_s + \sum_{i=1}^N u_i}\right\}$$

# 11. 传输层概述

03. 传输层为 ( ) 之间提供逻辑通信。  
 A. 主机       B. 进程      C. 路由器      D. 操作系统

08. 在 ( ) 范围内的端口号被称为“熟知端口号”并限制使用, 这就意味着这些端口号是为常用的应用层协议如 FTP, HTTP 等保留的。  
 A. 0~127      B. 0~255      C. 0~511       D. 0~1023

• **传输层**为**进程**提供逻辑通信, 将从应用进程接受的报文转换为**报文段**进行端到端传输, 传输层的TCP/UDP协议都使用网络层提供的IP协议(不可靠的尽力而为交付)。

• 进程通过**1**个或多个**套接字**使用传输层服务进行数据传输。传输层从不同的套接字中接收报文, 加上标识套接字的首部信息, 生成报文段交付给网络层, 这是传输层的**多路复用**。传输层还需要将从网络层接收的报文段数据通过其首部信息交付给正确的套接字, 这是传输层的**多路分解**。

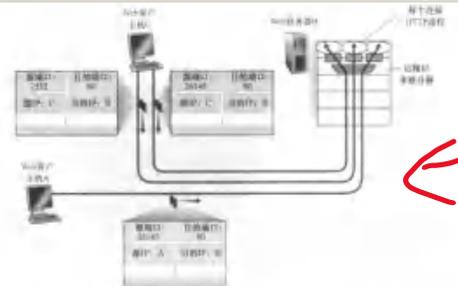
3. 在 Internet 中, 复用/分解服务只需在传输层实现。 (  )

• **端口号**(16位, 0~65535)用于对套接字进行标识, 0~1023为**周知端口号**, 不能随便使用。报文段首部记录了源和目的的IP地址+端口号。TCP协议和UDP协议的端口号以及套接字是**独立**的:

传输层在进行多路分解时, 会先根据协议字段判断交付给TCP套接字还是UDP套接字

• UDP是**无连接协议**, 套接字用二元组(**目的IP, 目的端口号**)标识, 来自不同的源的数据可以被送到同一个目的套接字, 接收方本来不知道源, 收到数据后可以顺便得知报文段首部记录的源IP+源端口号。

• TCP是**有连接协议**, 套接字用四元组(**源IP, 源端口号, 目的IP, 目的端口号**)标识, 来自不同的源的数据只能通过各自的TCP连接被送到不同的目的套接字, 而这些套接字可使用相同端口号, 例如Web服务器可并行维护多个TCP连接, 它们都使用80端口, 报文段通过源地址来决定被送到哪个套接字。



10. 关于 TCP 和 UDP 端口的下列说法中, 正确的是 ( )。  
 A. TCP 和 UDP 分别拥有自己的端口号, 它们互不干扰, 可以共存于同一台主机  
 B. TCP 和 UDP 分别拥有自己的端口号, 但它们不能共存于同一台主机  
 C. TCP 和 UDP 的端口没有本质区别, 但它们不能共存于同一台主机  
 D. 当一个 TCP 连接建立时, 它们互不干扰, 不能共存于同一台主机

12. 【2018 统考真题】UDP 协议实现分用时所依据的头部字段是 ( )。  
 A. 源端口号       B. 目的端口号      C. 长度      D. 校验和

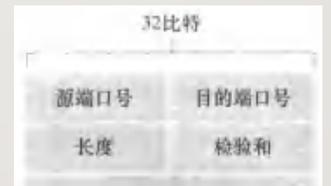
# 12. UDP协议

11. 【2014 统考真题】下列关于 UDP 协议的叙述中，正确的是 ( )。

- I. 提供无连接服务
- II. 提供复用/分用服务
- III. 通过差错校验，保障可靠数据传输

A. 仅 I                      B. 仅 I、II                      C. 仅 II、III                      D. I、II、III

• **UDP协议**无连接无状态，传输不可靠，仅提供基本的复用/分用和少量差错检测，报文段首部开销少(基本就是对IP数据报的简单封装)，无拥塞控制，应用可以更精细地控制发送时间和速率。



• UDP报文段首部**8字节**，4个**16位**字段：

- **源端口号**和**目的端口号**实现了基本的多路分解。
- **长度**字段表示整个UDP报文段的字节数，包括**首部+数据载荷**，最小值为8。
- **校验和**字段的计算：先在末尾补0使得报文长度为偶数字节，将校验和字段初始化为0，每两个字节(16位)进行16位累加，若中间有进位则将其重新**加到最低位**(回卷)，将最终的结果**按位取反**即得到校验和。接收方以同样方式对报文段进行求和，应该得到**全1**的结果即视为正确。若校验和错误，UDP无法对其进行恢复，只能丢弃或警告。注意，**IP数据报首部中的源IP地址和目的IP地址也要被算入校验和！** 称之为“**伪首部**”，包括协议字段

04. UDP 数据报中的长度字段 ( )。

- A. 不记录数据的长度
- B. 只记录首部的长度
- C. 只记录数据部分的长度
- ✓ D. 包括首部和数据部分的长度

不包含校验和字段的和是x，校验和字段是~x，最终的和就应该是全1

10. 在计算 UDP 校验和时，封装 UDP 报文段的 IP 数据报首部某些字段也会参与计算，这些字段是 ( )

- ✓ I. 源 IP 地址
- ✓ II. 目的 IP 地址
- ✓ III. 协议
- IV. TTL

07. 接收端收到有差错的 UDP 用户数据时的处理方式是 ( )。

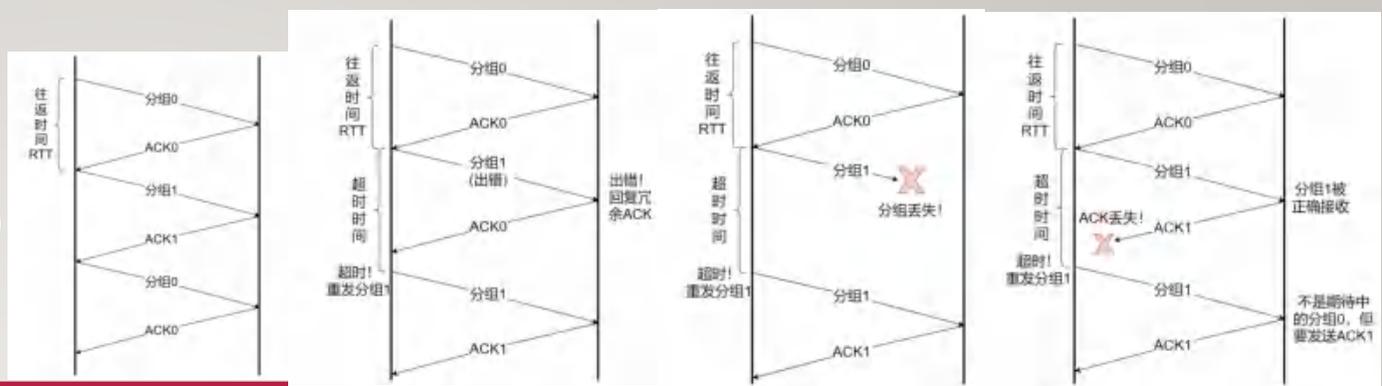
- ✓ A. 丢弃
- B. 请求重传
- C. 差错校正
- D. 忽略差错

# 13. 停等协议 (rdt3.0)

11. 对于停等协议 (rdt3.0), 若接收方正确接收了 i 号分组, 且发送了对 i 号分组的确认 ACK1, 之后又收到了 i 号分组, 则接收方针对该分组的正确操作是 ( )

A. 丢弃该分组, 发送 ACK1  
 B. 丢弃该分组, 发送 ACK0  
 C. 接收该分组, 并向上层提交数据, 发送 ACK1  
 D. 接收该分组, 并向上层提交数据, 发送 ACK0

发送方会永远超时



• **停等协议**实现了低效率的可靠数据传输, 所有分组都以0/1交替编号, 发送方每发送一个分组都要等待接收方的确认, 若超时则重发分组。在数据传输过程中会出现**比特差错**或**分组丢失**。

• **发送方行为:** 从上层接收数据, 创建编号为*i*的分组, 将其发送并设置定时器。若收到ACK(*i*)则说明分组接收成功, 发送下一个分组。若超时则重新发送并重置定时器。

• **接收方行为:** 一直等待接收分组*i*, 若正确接收到分组*i*则交付上层并回复ACK(*i*), 若收到的分组有差错, 则回复一个ACK(!*i*), 若分组*i*是上一个接收的分组(**冗余分组**)则也要回复ACK(*i*)。

• **信道利用率**为一个发送周期内发送方真正用于数据传输的时间的占比, 理想状况下停等协议的发送周期为**分组传输时延+单向传播时延+ACK传输时延+单向传播时延**。数据传输时间用带宽算。

无论如何, ACK(*i*)都表示上一个被正确接收的编号为*i*

冗余ACK的作用类似NAK

这可能是因为上个分组本来正确接收但ACK丢失, 发送方又重发了一遍

18. 【2020 统考真题】假设主机甲采用停-等协议向主机乙发送数据帧, 数据帧长与确认帧长均为 1000B, 数据传输速率是 10kb/s, 单向传播延时是 200ms, 则甲的**最大信道利用率**为 ( )。

A. 80%      B. 66.7%      C. 44.4%      D. 40%

最理想状况, 无丢失无差错无超时

16. 【2018 统考真题】主机甲采用停止-等待协议向主机乙发送数据, 数据传输速率是 3kb/s, 单向传播时延是 200ms, 忽略确认帧的传输时延, 当信道利用率等于 40%时, 数据帧的长度为 ( )。

A. 240 比特      B. 400 比特      C. 480 比特      D. 800 比特

$$\text{分组传输时间} = \frac{1000\text{B} \times 8}{10\text{kb/s}} = 800\text{ms}$$

$$\text{传输周期} = 800\text{ms} + 200\text{ms} + 800\text{ms} + 200\text{ms} = 2000\text{ms}$$

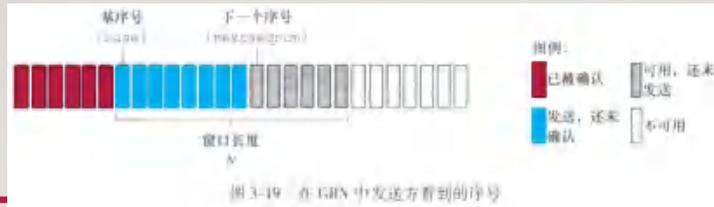
$$\text{理想状况下最大信道利用率} = \frac{800\text{ms}}{2000\text{ms}} = 40\%$$

$$\text{传输周期} = \frac{200\text{ms} + 200\text{ms}}{1 - 40\%} = 666.67\text{ms}$$

$$\text{分组传输时间} = 666.67\text{ms} - 200\text{ms} - 200\text{ms} = 266.67\text{ms}$$

$$\text{分组长度} = 266.67\text{ms} \times 3\text{kb/s} = 800\text{bit}$$

# 14. GBN协议

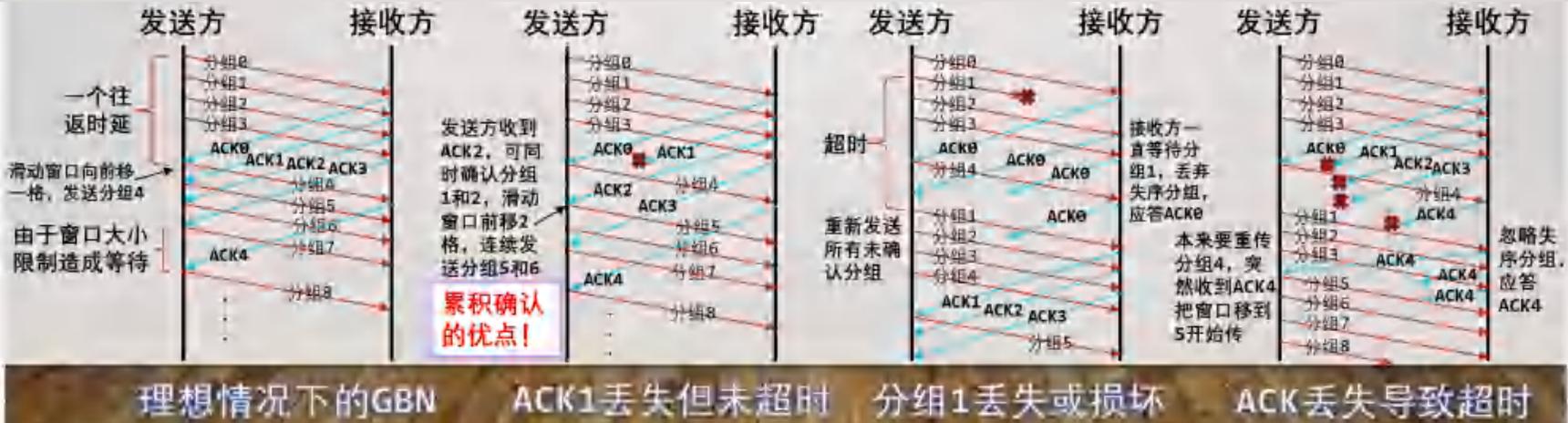


04. 采用后退 N 帧协议方式, 发送方已经发送了编号 0~6 的帧。计时器超时: 只收到了对 1, 3 和 5 号帧的确认, 发送方需要重传的帧的数目是 ( )。

A. 1      B. 2      C. 5      D. 6

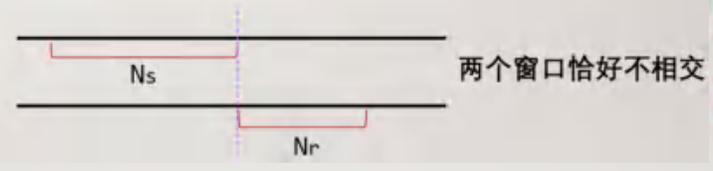
- GBN协议**增大分组的编号范围, 对发送方设置一个大小为N的**滑动窗口**, 可以连续发送分组。而不是低效率的停等  
接收方没有缓存窗口
- 接收方行为**: 一直等待接收**下一个**分组, 如果收到的分组不是期望的那个(失序或出错)则直接扔掉。接收方应答采取**累积确认**方式, 无论如何都要回复ACK(i)表示上个正确接收编号是i。  
累积确认可以降低ACK丢失的影响, 即便一个ACK丢失, 只要后面的ACK收到, 仍无影响
- 发送方行为**: 发送方不断从上层接收分组将其发送并缓存在窗口里, 直至窗口满为止, 窗口内缓存的都是**已发送未确认**的分组(限制不超过N个), 设窗口内第一个编号为base, 为这个最早发送的未确认分组设置**1个**定时器, 若超时则重发**所有**已发送未确认分组(Go Back至多N步), 若收到一个编号在窗口内的ACK(x), 说明base~x都已被正确接收, 将窗口起点**推移到x+1**。此时一般可以发送新的分组

N=4的典型例子:



# 14. GBN协议-计算

窗口位置极端情况:



窗口大小不满足上界的反例:



- 在现实中编号空间是有限的，一般是**模 $2^k$ 循环**使用的(0,1, ...,  $2^k - 1, 0, 1, 2 \dots$ )。无论是哪种滑动窗口协议，接收方窗口(对于GBN来说大小为1)起始位置一定**不可能在发送方窗口前面**(发送方窗口前面的分组都已被确认)。为保证任何情况下两个窗口内编号不冲突，必须有  $N_s + N_r \leq 2^k$ ，对于GBN协议来说就是  $N \leq 2^k - 1$ ，这是上界。

17. 【2019 统考真题】对于滑动窗口协议，若分组序号采用3比特编号，发送窗口大小为5，则接收窗口最大是( )。  
A. 2      B. 3      C. 4      D. 5

- 理想情况下GBN的发送周期为开始连续发送N个分组的时间到开始连续发送下N个分组的时间(即收到第一个分组的ACK)，这个发送周期和停等协议一样，仍为**分组传输时延+单向传播时延+ACK传输时延+单向传播时延**，但在这个周期里传输了N个分组，因此信道利用率高。

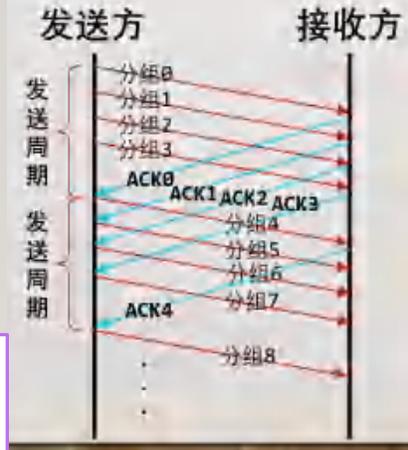
N越大，信道利用率越高，总数据传输速率越高，但重传代价更大，缓存也更大

12. 若主机甲使用 GBN 协议向主机乙发送分组，分组长度 500B，采用 4bit 编号，数据传输速率是10Mbps ( $M = 10^6$ )，单向传播时延为 5.8ms，忽略 ACK 传输时延，则甲的最大信道利用率约为( )  
A. 25%      B. 50%      C. 75%      D. 100%

13. 【2012 统考真题】两台主机之间的数据链路层采用后退 N 帧协议 (GBN) 传输数据，数据传输速率为 16 kb/s，单向传播时延为 270ms，数据帧长度范围是 128~512 字节，接收方总是以与数据帧等长的帧进行确认。为使信道利用率达到最高，帧序号的比特数至少为( )。要找一个足够大的窗口，使得无论分组多大，信道利用率都能最高  
A. 5      B. 4      C. 3      D. 2

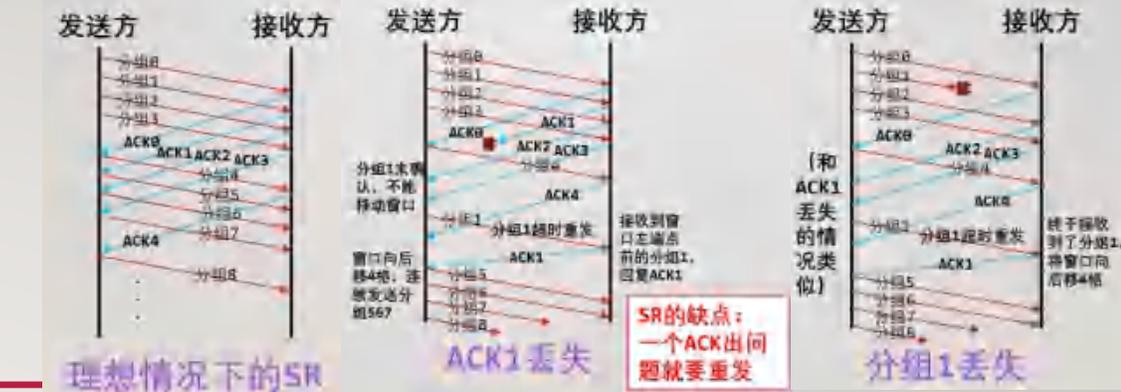
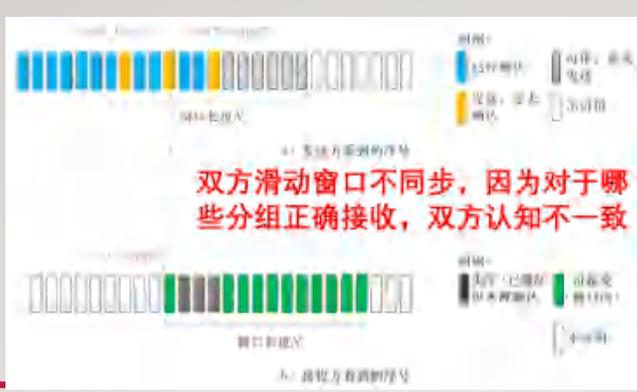
最大窗口大小  $N = 2^4 - 1 = 15$   
 单个分组传输时延 =  $\frac{500B \times 8}{10Mbps} = 0.4ms$   
 发送周期 =  $0.4ms + 5.8ms + 5.8ms = 12ms$   
 信道利用率 =  $\frac{15 \times 0.4ms}{12ms} = 50\%$

取128B的分组，它所需窗口大于512B的  
 单个分组传输时延 =  $\frac{128B \times 8}{16kbps} = 64ms$   
 发送周期 =  $64ms + 270ms + 64ms + 270ms = 668ms$   
 信道利用率最大时，发送周期必须被传输时延充满，应该发送至少  $\frac{668ms}{64ms} = 10.4$ 个，窗口大小至少11，需要4bit

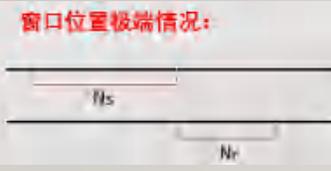


理想情况下的GBN

# 15. SR协议



- **SR协议**令接收方也设置一个 $N_r$ 大小窗口缓存失序分组并**逐个确认**，分组可以乱序到达。  
*但对上层的交付是按序的*
- **接收方行为**：设窗口左端点为base，收到一个编号为i的正确分组，若i在窗口内( $i \in [base, base + N_r - 1]$ )，则将分组缓存并回复ACK(i)。若i在窗口之前并且距离不超过N( $i \in [base - N_s, base - 1]$ )，说明这是发送方因ACK丢失而重发的**冗余分组**，丢弃分组但也要回复ACK(i)。其余情况下(分组损坏或编号无效)直接丢弃，也不回复ACK。若base分组被缓存，那么接收方会推移窗口，将窗口左端点被缓存的分组交付上层，直到左端点未被缓存为止。
- **发送方行为**：发送方仍在窗口内缓存已发送未确认的分组，但允许窗口内有一些分组已经得到确认(当收到这个分组的ACK时)。若窗口左端点得到确认，往后推移窗口直到窗口左端点未确认为止。对**每一个**未确认分组都要设置定时器，当某个分组超时仅重发它即可。  
*发送方窗口更大则发的某些分组无法被接收，接收方窗口更大则没有意义*
- SR协议的窗口大小事实上应当满足 $N_s = N_r = N$ ，由 $N_s + N_r \leq 2^k$ ，得到上界 $N \leq 2^{k-1}$ 。



由于理想情况下SR和GBN过程类似，计算题(信道利用率)一般直接使用GBN

12. 【2011 统考真题】数据链路层采用选择重传协议(SR)传输数据，发送方已发送0~3号数据帧，现已收到1号帧的确认，而0、2号帧依次超时，则此时需要重传的帧数是( )。

A. 1       B. 2      C. 3      D. 4

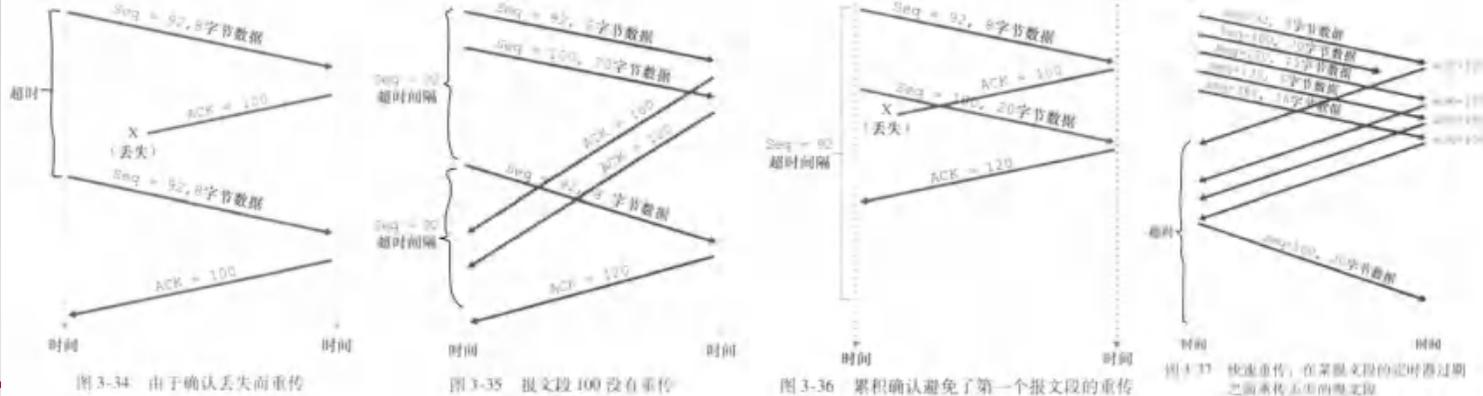
09. 对无序接收的滑动窗口协议，若序号位数为n，则发送窗口最大尺寸为( )。

A.  $2^n - 1$       B.  $2n$       C.  $2n - 1$        D.  $2^{n-1}$

几个典型例子:

# 16. TCP协议

40. 【2021 统考真题】若大小为 12B 的应用层数据分别通过 1 个 UDP 数据报和 1 个 TCP 数据报传输, 则 UDP 数据报和 TCP 报实现的有效载荷(应用层数据)最大传输效率分别为 ( )。  
 $12 / (12 + 8) = 60\%$ ,  $12 / (12 + 20) = 37.5\%$   
 A. 37.5%, 16.7%    B. 37.5%, 37.5%    C. 60.0%, 16.7%     D. 60.0%, 37.5%



- TCP协议是面向连接的, 连接状态保持在端系统中, 支持全双工点对点传输, 每个报文段最多能携带 **MSS** 字节(最大报文段长度)的有效数据, ACK 可被捎带在数据报文段中。

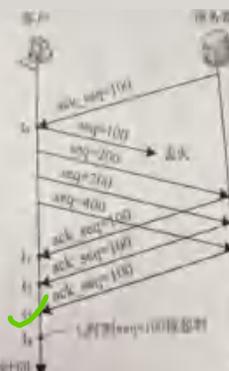
03. 下列 ( ) 不是 TCP 服务的特点。  
 A. 字节流    B. 全双工    C. 可靠     D. 支持广播

- TCP 报文的首部一般为 **20 字节**, 包括源/目的端口号, 32 位序号, 32 位 ACK 号, 16 位检验和, 16 位接收窗口大小(流量控制)以及标志位(确认号字段有效标志 **ACK**, 连接建立标志 **SYN**, 连接结束标志 **FIN**)。

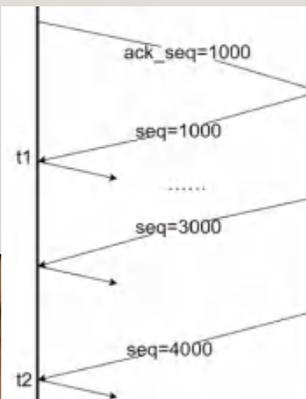
32 比特	
源端口号	目的端口号
序号	
确认号	
保留 长度	标志 ACK PSH RST SYN FIN
窗口检验和	接收窗口
选项数据指针	

TCP 的序号建立在 **字节流** 上, 是最后一个被成功发送的字节序号+1(即该报文有效数据首字节序号), ACK 号采取 **累积确认**, 表示接收方期望接收的 **下一个** 字节的序号。  
 即接收窗口内第一个未收到分组  
 这和 GBN 稍有不同

- TCP 发送方仅为窗口内第一个已发送未确认分组设置 **单一** 计时器, 超时后仅重传该分组, 收到 ACK 后可以往后推移窗口。接收方可以在窗口内缓存失序分组。发送方采取 **快速重传** 机制, 当接收到对窗口前一个分组的 **3 个冗余** ACK(即实际上收到 4 个)后不等超时发生就直接重传第一个分组。



14. 如左图所示, 若 TCP 支持快速重传, 则客户重新发送丢失的 seq=100 的报文段的时刻是 ( )



6. 如左图所示, 服务器均以 MSS=1000B 向客户发送 TCP 报文段, 则客户在 t1 和 t2 时刻分别发送给服务器的确认序号分别为 ( )  
 A. 1000, 4000    B. 2000, 2000    C. 3000, 4000     D. 2000, 5000

30. 【2011 统考真题】主机甲与主机乙之间已建立一个 TCP 连接, 主机甲向主机乙发送了 3 个连续的 TCP 段, 分别包含 300B、400B 和 500B 的有效载荷, 第 3 个段的序号为 900。若主机乙仅正确接收到第 1 个段和第 3 个段, 则主机乙发送给主机甲的确认序号是 ( )。  
 期望接收首字节编号 500 的第二个段  
 A. 300     B. 500    C. 1200    D. 1400

注意这些握手的序号与确认号:

# 16. TCP协议 - 连接建立与关闭

这是为了防止网络中来自原先连接的残存报文段的干扰

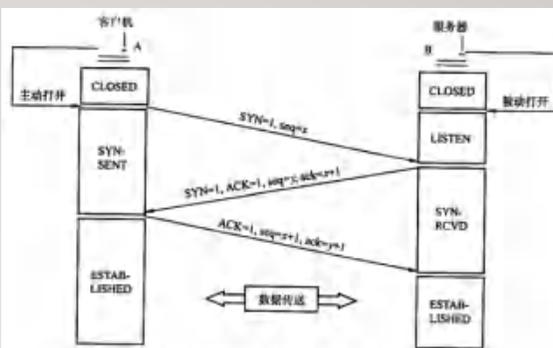


图 5.7 用“三次握手”建立 TCP 连接

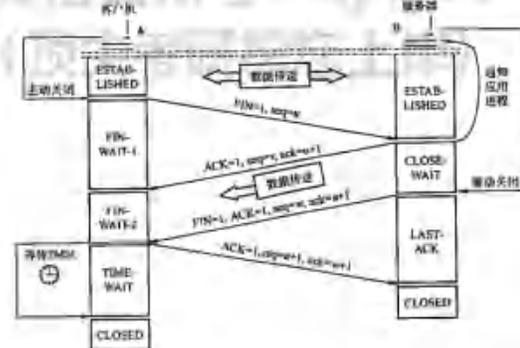


图 5.8 用“四次握手”释放 TCP 连接

- TCP连接建立需要三次握手，客户先**随机**选择初始编号client\_isn，向服务器发送不带有有效数据的**SYN=1**报文段，服务器收到后为连接分配缓存，随机选择初始编号server\_isn，向客户应答**SYN=1**的SYNACK报文段(应答号为client\_isn+1，因为前两次握手的报文段**被规定消耗一个序号**)，客户收到后为连接分配缓存，向服务器发送**SYN=0**的可以携带数据的数据的报文段。

尽管它们不携带数据

- TCP连接关闭需要四次握手，当A单方面希望关闭连接时，发送**FIN=1**报文段，B**被动**接收到时，会回复一个普通ACK，并进行关闭前的一些准备工作(例如通知应用进程以及向A发送一些数据)。当B准备好关闭连接时，会向A发送**FIN=1**报文段，A收到后会回复普通ACK，等待一段时间后若无重发的FIN报文段则A正式关闭连接。B在收到ACK后正式关闭连接。

FIN报文段也被规定消耗一个序号

此时A不能再发数据了

15. 若主机甲主动发起一个与主机乙的 TCP 连接, 甲乙选择的初始序号分别为 2019 和 2046, 则第三次握手 TCP 报文段的确认号是( )

- A. 2019      B. 2020      C. 2046      **D. 2047**

7. 若客户与服务器建立 TCP 连接时, 第三次握手的 TCP 段的序号为 1020, 当客户向服务器发送了 1000B 的数据后, 首先请求与服务器断开连接, 则客户收到的第二次握手 TCP 段的确认序号是( )

- A. 2019      B. 2020      **C. 2021**      D. 2022

29. 【2011 统考真题】主机甲向主机乙发送一个 (SYN = 1, seq = 11220) 的 TCP 段, 期望与主机乙建立 TCP 连接, 若主机乙接受该连接请求, 则主机乙向主机甲发送的正确的 TCP 段可能是( )。

- A. (SYN = 0, ACK = 0, seq = 11221, ack = 11221)  
 B. (SYN = 1, ACK = 1, seq = 11220, ack = 11220)  
**C. (SYN = 1, ACK = 1, seq = 11221, ack = 11221)**  
 D. (SYN = 0, ACK = 0, seq = 11220, ack = 11220)

38. 【2020 统考真题】若主机甲与主机乙建立 TCP 连接时, 发送的 SYN 段中的序号为 1000, 在断开连接时, 甲发送给乙的 FIN 段中的序号为 5001, 则在无任何重传的情况下, 甲向乙已经发送的应用层数据的字节数为( )。从第三次握手开始, 序号1001

- A. 4002      B. 4001      **C. 4000**      D. 3999

# 17. TCP动态控制机制

05. 已知当前 TCP 连接的 RTT 值为 35ms, 连续收到 3 个确认报文段, 它们比相应的数据报文段的发送时间滞后了 27ms、30ms 与 21ms。设  $\alpha = 0.2$ 。计算第三个确认报文段到达后的新的 RTT 估计值。  
 $SampleRTT$   $EstimatedRTT_{新} = 30.4ms$

- TCP在传输过程中对分组的实际往返时间RTT进行记录采样, 称为SampleRTT, 通过采样值使用指数加权移动平均得出RTT的估计值EstimatedRTT以及RTT的波动程度DevRTT, 有:

$$EstimatedRTT_{新} = (1 - \alpha)EstimatedRTT_{旧} + \alpha \times SampleRTT$$
$$DevRTT_{新} = (1 - \beta)DevRTT_{旧} + \beta \times |SampleRTT - EstimatedRTT|$$
$$TimeoutInterval = EstimatedRTT + 4 \times DevRTT$$

根据实际网络波动动态设置超时时间阈值

注意: TCP中窗口大小都是字节数表示, 而不是分组数!

- TCP发送方的窗口大小同时受到流量控制和拥塞控制的限制, 对于流量控制, 令rwnd为接收方缓存剩余空间, 发送方的窗口大小(已发送未确认字节数)不得超过rwnd, rwnd通过TCP报文段首部字段传递给发送方。这样发送方就不至于发送数据过快使得接收方缓存溢出。  
称为“接收窗口”
- 对于拥塞控制, 发送方维护“拥塞窗口”变量cwnd, 则最终的发送窗口大小 =  $\min\{rwnd, cwnd\}$ 。

09. 在 TCP 协议中, 发送方的窗口大小取决于 ( )。  
A. 仅接收方允许的窗口  
B. 接收方允许的窗口和发送方允许的窗口  
C. 接收方允许的窗口和拥塞窗口  
D. 发送方允许的窗口和拥塞窗口

28. 【2010 统考真题】主机甲和主机乙之间已建立一个 TCP 连接, TCP 最大段长为 1000B。若主机甲的当前拥塞窗口为 4000B, 在主机甲向主机乙连续发送两个最大段后, 成功收到主机乙发送的第一个段的确认段, 确认段中通告的接收窗口大小为 2000B, 则此时主机甲还可以向主机乙发送的最大字节数是 ( )。拥塞窗口足够大, 此时由接收窗口决定  
A. 1000      B. 2000      C. 3000      D. 4000

# 17. TCP动态控制机制-拥塞窗口的维护(重点)

- 发送方具有3个状态：慢启动，拥塞避免，快速恢复。发送方对于拥塞的判断由超时和收到3个冗余ACK两种重传事件引起。发送方还维护一个慢启动阈值  $ssthresh$ ，无论如何，只要出现任一重传事件，就令  $ssthresh = \frac{cwnd}{2}$ 。只要出现超时事件，就要令  $cwnd = 1MSS$  并进入慢启动状态。(非快速恢复时)只要出现冗余ACK就要进入快速恢复状态。

实际解题时应考虑  $cwnd$  随时间(RTT)的变化，最好别想随分组个数的变化

每收到一个ACK就将窗口增加一个MSS，理想情况下每隔一个RTT都使  $cwnd$  翻倍，随时间快速指数增长

每收到一个ACK就将窗口增加  $MSS \times \frac{MSS}{cwnd}$ ，理想情况下每隔一个RTT都使  $cwnd$  增加一个MSS，随时间缓慢线性增长

27. 【2009 统考真题】一个 TCP 连接总以 1KB 的最大段长发送 TCP 段，发送方有足够多的数据要发送，当拥塞窗口为 16KB 时发生了超时，如果接下来的 4 个 RTT 时间内的 TCP 段的传输都是成功的，那么当第 4 个 RTT 时间内发送的所有 TCP 段都得到肯定应答时，拥塞窗口大小是 ( )。  
 A. 7KB      B. 8KB      C. 9KB      D. 16KB

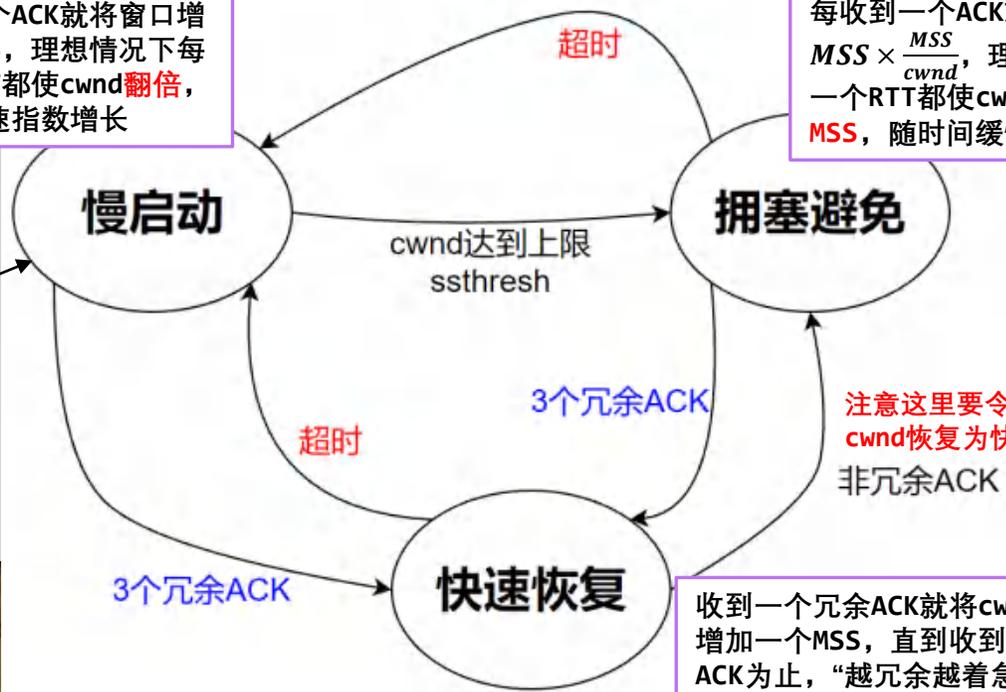
经过前3个RTT的快速恢复达到上限8KB，最后一个RTT拥塞避免，增长1KB

32. 【2014 统考真题】主机甲和乙建立了 TCP 连接，甲始终以  $MSS = 1KB$  大小的段发送数据，并一直有数据发送；乙每收到一个数据段都会发出一个接收窗口为 10KB 的确认段。若甲在  $t$  时刻发生超时的时拥塞窗口为 8KB，则从  $t$  时刻起，不再发生超时的情况下，经过 10 个 RTT 后，甲的发送窗口是 ( )。  
 A. 10KB      B. 12KB      C. 14KB      D. 15KB

慢启动上限4KB， $cwnd=1,2,4,5,6,7,8,9,10,11,12$ ，与10KB取min!!!

37. 【2020 统考真题】若主机甲与主机乙已建立一条 TCP 连接，最大段长 (MSS) 为 1KB，往返时间 (RTT) 为 2ms，则在不出出现拥塞的前提下，拥塞窗口从 8KB 增长到 32KB 所需的最长时间是 ( )。  
 A. 4ms      B. 8ms      C. 24ms      D. 48ms

初始时



收到一个冗余ACK就将  $cwnd$  增加一个MSS，直到收到新ACK为止，“越冗余越着急”

注意这里要令  $cwnd=ssthresh$ ，即  $cwnd$  恢复为快速恢复前的一半  
非冗余ACK

# 18. 一些TCP窗口题

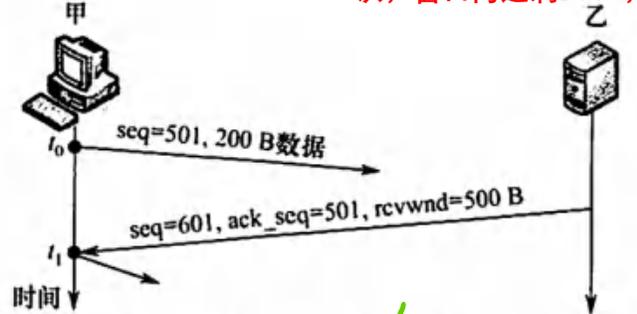
33. 【2015 统考真题】主机甲和主机乙新建一个 TCP 连接，甲的拥塞控制初始阈值为 32KB，甲向乙始终以 MSS = 1KB 大小的段发送数据，并一直有数据发送；乙为该连接分配 16KB 接收缓存，并对每个数据段进行确认，忽略段传输延迟。若乙收到的数据全部存入缓存，不被取走，则甲从连接建立成功时刻起，未出现发送超时的情况下，经过 4 个 RTT 后，甲的发送窗口是 ( )。 经过4个RTT后发送了1+2+4+8=15KB，接收方还剩1KB，即rwnd

A. 1KB      B. 8KB      C. 16KB      D. 32KB

34. 【2017 统考真题】若甲向乙发起一个 TCP 连接，最大段长 MSS = 1KB，RTT = 5ms，乙开辟的接收缓存为 64 KB，则甲从连接建立成功至发送窗口达到 32KB，需经过的时间至少是 ( )。 没说ssthresh就一直慢启动，经过5个RTT后cwnd翻倍到32KB，此时发送了1+2+4+8+16=31KB，rwnd为33KB，则此时发送窗口为32KB

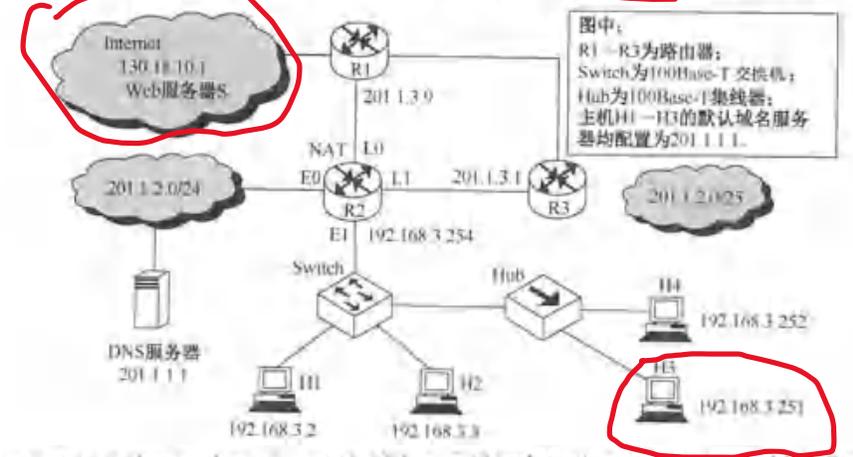
A. 25ms      B. 30ms      C. 160ms      D. 165ms

41. 【2021 统考真题】设主机甲通过 TCP 向主机乙发送数据，部分过程如下图所示。甲在  $t_0$  时刻发送一个序号  $seq = 501$ ，封装 200B 数据的段，在  $t_1$  时刻收到乙发送的序号  $seq = 601$ ，确认序号  $ack\_seq = 501$ ，接收窗口  $rcvwnd = 500B$  的段，则甲在未收到新的确认段之前，可以继续向乙发送的数据序号范围是 ( )。 大小200B的段[501,700]已发送未确认，窗口内还剩300B，即[701,1000]



A. 501 ~ 1000      B. 601 ~ 1100      C. 701 ~ 1000      D. 801 ~ 1100

16. 【2016 统考真题】假设下图中的 H3 访问 Web 服务器 S 时，S 为新建的 TCP 连接分配了 20KB ( $K = 1024$ ) 的接收缓存，最大段长  $MSS = 1KB$ ，平均往返时间  $RTT = 200ms$ 。H3 建立连接时的初始序号为 100，且持续以 MSS 大小的段向 S 发送数据，拥塞窗口初始阈值为 32KB；S 对收到的每个段进行确认，并通告新的接收窗口。假定 TCP 连接建立完成后，S 端的 TCP 接收缓存仅有数据存入而无数据取出。请回答下列问题：



- 1) 在 TCP 连接建立过程中，H3 收到的 S 发送过来的第二次握手 TCP 段的 SYN 和 ACK 标志位的值分别是多少？确认序号是多少？ SYN=1, ACK=1, ACK号=100+1=101
- 2) H3 收到的第 8 个确认段所通告的接收窗口是多少？此时 H3 的拥塞窗口变为多少？H3 的发送窗口变为多少？ rwnd=20-8=12KB, cwnd=1+8=9KB, 发送窗口=9KB
- 3) H3 的发送窗口等于 0 时，下一个待发送的数据段序号是多少？H3 从发送第 1 个数据段到发送窗口等于 0 时刻为止，平均数据传输速率是多少？(忽略段的传输延迟。)
- 4) 若 H3 与 S 之间通信已经结束，在  $t$  时刻 H3 请求新开该连接，则从  $t$  时刻起，S 释放该连接的最短时间是多久？ 100ms后S收到FIN，发送FINACK，然后立刻发送自己的FIN，200ms后S收到FINACK，结束连接，最少共300ms

当H3发送窗口为0时，发送了20KB(20个段)，下一个序号为101+20\*1024=20581，接下来几个RTT中，每个RTT开始时都发送发送窗口大小的段数，每个RTT结束时根据ACK更新发送窗口大小，  
 $(wnd, rwnd, cwnd) = [(1, 20, 1), (2, 19, 2), (4, 17, 4), (8, 13, 8), (5, 5, 16), (0, 0, 21)]$ ，  
 因此过了5RTT=1000ms后发送窗口变为0，平均数据传输速率 =  $\frac{20KB \times 8}{1000ms} = 163.84kbps$

# 19. 网络层概述

01. 网络层的主要目的是 ( )。

- A. 在邻接结点间进行数据报传输
- ✓ C. 在任意结点间进行数据报传输

- B. 在邻接结点间进行数据报可靠传输
- D. 在任意结点间进行数据报可靠传输

Internet网络层只提供尽力而为服务

- 网络层负责在主机之间传输**数据报**，不是端到端层(中间系统参与)，以**路由器**作为核心设备，具有转发和路由选择两大功能。
  - 转发：分组从一个路由器的一个输入链路转发到一个输出链路上。 IP, ICMP, NAT等
  - 路由选择：在网络范围内选择一条较优传输路径，涉及网络内所有路由器。 路由算法, RIP, OSPF, BGP等
- ✓ 数据报网络：仅在网络层提供无连接服务，如Internet。（**分组交换**）
- 虚电路网络：仅在网络层提供有连接服务，如ATM。（**电路交换**）

中间经过的路由器需要维护连接状态

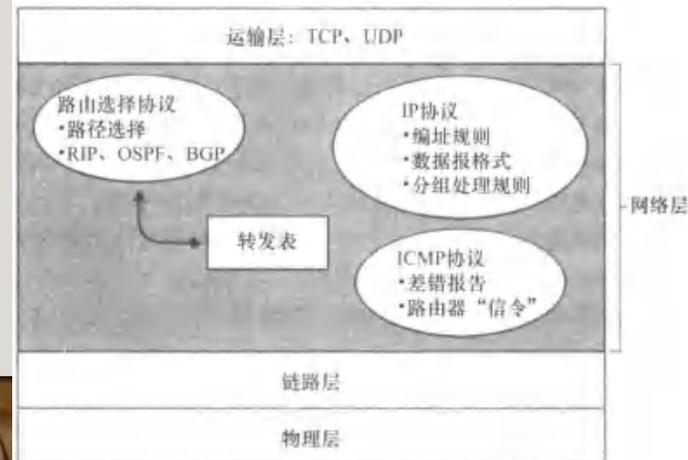


图 4-12 因特网网络层的内部视图

# 20. IPv4数据报

03. 某网络的一台主机产生了一个IP数据报，首部长度为20B，数据部分长度为2000B。该数据报需要经过两个网络到达目的主机，这两个网络所允许的最大传输单位(MTU)分别为1500B和576B。问原IP数据报到达目的主机时分成了几个IP小报文？每个报文的数据部分长度分别是多少？

不超过1500-20=1480的最大8倍数为1480  
不超过576-20=556的最大8倍数为552  
第一次MTU=1500B分片：片1=20B+1480B，片2=20B+520B  
对片1再进行第二次MTU=576B分片：片a=20B+552B，片b=20B+552B，片c=20B+376B  
最终片a,片b,片c,片2到达目的主机  
片a: DF=0, MF=1, 片偏移字段=0/8=0  
片b: DF=0, MF=1, 片偏移字段=552/8=69  
片c: DF=0, MF=1, 片偏移字段=(552+552)/8=138  
片2: DF=0, MF=0, 片偏移字段=1480/8=185

23. 路由表错误和软件故障都可能使得网络中的数据报传输延迟而无序转发延迟的成因，IPv4协议解决该问题的方法是( )。  
A. 报文分片  
B. 报文生命周期  
C. 增加校验和  
D. 增加透明鉴权

56. 【2021统考真题】若路由器的MTU=800B的链路转发一个总长度为1580B的IP数据报(首部长度为20B)时，进行了分片，且每个分片尽可能长，则第2个分片的总长度字段的值和MF标志位的值分别是( )。  
A. 796, 0  
B. 796, 1  
C. 800, 0  
D. 800, 1

首部长度4bits，以4B为单位，一般取5

- IPv4数据报首部一般**20字节**，包括版本(IPv4/v6)，首部长度，**数据报长度**(16bits, 包括首部)，**寿命TTL**，上层协议(TCP/UDP, 为了交付传输层时多路分解)，**首部检验和**(16bits, **仅检验首部**)，源和目的IP，标识，**DF/MF标志位**，**片偏移**等。

04. IP分组中的检验字段检查范围是( )。  
A. 整个IP分组  
B. 仅检验分组首部  
C. 仅检验数据部分  
D. 以上皆错

- 数据报每经过一个路由器就要令TTL--，然后重新计算首部检验和，若TTL减到0就丢弃。  
此时除TTL之外也可能还有别的字段改变

因此TTL表示该数据报最多能经过的跳数

- 路由器连接的不同输出链路可能采取不同链路层协议，它们可能具有不同的**MTU**(链路层帧能承载的最大数据报长度)，可能需要令IP数据报在路由器处进行**分片**(仅当**DF=0**时允许分片)将**有效数据**拆成若干块，每块加上一个20字节IP首部作为分片，它们具有相同的**标识**，非最后一片的**MF=1**，最后一片的**MF=0**。分片在目的主机才进行重组。  
为降低中间系统复杂度，路由器只分片不重组

以太网的MTU=1500B，最为常见

06. 如果IPv4的分组太大，会在网络中被分片，那么在( )将对分片后的数据报重组。  
A. 中间路由器  
B. 下一跳路由器  
C. 核心路由器  
D. 目的主机

- 片偏移字段(13bits)指示有效数据的第一个字节在原有有效数据中的**偏移地址/8**，因此**非最后一片**的有效数据长度必为8的倍数，原则上应取**不超过MTU-20的最大的8倍数**。  
这是为了使所有片的偏移都是8倍数

DF: 是否禁止分片  
MF: 是否还有更多分片

注意MTU中要包括IP首部!

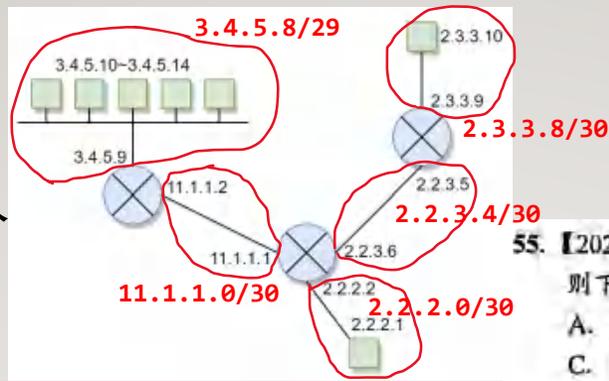
一个分片最多承载488字节有效数据，总有效数据1500-20=1480，最后一片有效数据为1480-488-488=16，则最后一片总长度16+20=36字节，片偏移为(488+488+488)/8=183

5. 若某路由器在向MTU=512B的链路上转发总长度为1500B的IP数据报时进行了分片，则最后一个分片的总长度字段的值是**36**，片偏移量字段的值是**183**，标志位MF的值是**0**。

09. 以下关于IP分组分片基本方法的描述中，错误的是( )。  
A. IP分组长度大于MTU时，就必须对其进行分片 无法分片要发ICMP报文  
B. DF=1，分组的长度又超过MTU时，则丢弃该分组，不需要向源主机报告  
C. 分片的MF值为1表示接收到的分片不是最后一个分片  
D. 属于同一原始IP分组的分片具有相同的标识

在现实中，子网是被路由器分割而成的区域，包括路由器本身的接口

# 21. IP地址划分



51. 【2017 统考真题】下列 IP 地址中，只能作为 IP 分组的源 IP 地址但不能作为目的 IP 地址的是 ( )。  
 A. 0.0.0.0 B. 127.0.0.1  
 C. 200.10.10.3 D. 255.255.255.255

特殊的IP地址：**0.0.0.0**表示当前主机本身，**127.x.x.x**为环回地址(用作目的地址时为本机)，**255.255.255.255**为本网络(被路由器分割的广播域)广播地址

55. 【2021 统考真题】现将一个 IP 网络划分为 3 个子网，若其中一个子网是 **192.168.9.(10xxxxxx)**，则下列网络中，不可能是另外两个子网之一的是 ( )。  
 A. 192.168.9.0/25 B. 192.168.9.128/26  
 C. 192.168.9.192/26 D. 192.168.9.192/27

除了**192.168.9.(00xxxxxx)**外剩下的**192.168.9.(01xxxxxx)**和**192.168.9.(11xxxxxx)**没法放一块

• Internet使用**CIDR技术**进行子网划分，CIDR将每个32位IP地址视作**网络前缀+主机号**的二进制结构，每个子网(地址块)表示为**a.b.c.d/x**的结构，高x位是网络前缀，这个结构由**高x位全1**的**子网掩码**来定义。若一个IP地址和子网掩码作按位与后(说白了就是取高x位)为a.b.c.d的高x位，则可认为在这个子网内。  
 对于这种结构，a.b.c.d一般仅表示网络号(低32-x位为0)，但CIDR允许这是一般的主机IP地址，表示它所在的具有x位网络前缀的子网

• 一个子网内，主机号全0表示子网本身，主机号全1表示**广播地址**，因此共有  $2^{32-x}$  个IP地址，可分配  $2^{32-x} - 2$  个IP地址(除了特殊的全0全1)。  
 子网划分等价于如何把一个2的幂拆分为若干个2的幂的和

0101011000100000...00，子网掩码为**1111111111100...00**

12. 下列地址中，属于子网 86.32.0.0/12 的地址是 ( )。  
 A. 86.33.224.123 B. 86.79.65.126  
 C. 86.79.65.216 D. 86.68.206.154

22. CIDR 地址块 192.168.10.0/20 所包含的 IP 地址范围是 (1)。与地址 192.16.0.19/28 同属于一个子网的主机地址是 (2)。  
 ① A. 192.168.0.0 - 192.168.12.255 B. 192.168.10.0 - 192.168.13.255  
 C. 192.168.10.0 - 192.168.14.255 D. 192.168.0.0 - 192.168.15.255  
 ② A. 192.16.0.17 B. 192.16.0.31 C. 192.16.0.15 D. 192.16.0.14

50. 【2017 统考真题】若将网络 21.3.0.0/16 划分为 128 个规模相同的子网，则每个子网可分配的最大 IP 地址个数是 ( )。  
 A. 254 B. 256 C. 510 D. 512

41. 【2010 统考真题】某网络的 IP 地址空间为 192.168.5.0/24，采用定长子网划分，子网掩码为 255.255.255.248，则该网络中的最大子网个数，每个子网内的最大可分配地址个数分别是 ( )。  
 A. 32, 8 B. 32, 6 C. 8, 32 D. 8, 30

43. 【2011 统考真题】在子网 192.168.4.0/30 中，能接收目的地址为 192.168.4.3 的 IP 分组的最大主机数是 ( )。  
 A. 0 B. 1 C. 2 D. 4

44. 【2012 统考真题】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

54. 【2019 统考真题】若将 101.200.16.0/20 划分为 5 个子网，则可能的最小子网的可分配 IP 地址数是 ( )。  
 A. 126 B. 254 C. 510 D. 1022

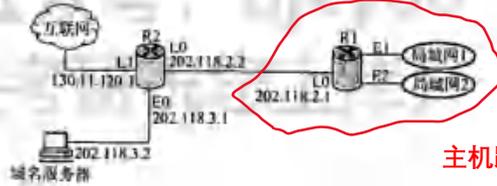
子网划分等价于如何把一个2的幂拆分为若干个2的幂的和  
 $2^{12} = 2^{11} + 2^{10} + 2^9 + 2^8 + 2^8$



必须是完整的划分!

# 22. 路由表

12. 【2009 统考真题】某网络拓扑图如下图所示，路由器 R1 通过接口 E1、E2 分别连接局域网 1、局域网 2，通过接口 L0 连接路由器 R2，并通过路由器 R2 连接域名服务器与互联网。R1 的 L0 接口的 IP 地址是 202.118.2.1；R2 的 L0 接口的 IP 地址是 202.118.2.2，L1 接口的 IP 地址是 130.11.120.1，E0 接口的 IP 地址是 202.118.3.1；域名服务器的 IP 地址是 202.118.3.2。



202.118.1.0/25  
202.118.1.128/25  
主机路由 202.118.3.2/32  
默认到互联网

R1 和 R2 的路由表结构如下：

1) 将 IP 地址空间 202.118.1.0/24 划分为两个子网，分别分配给局域网 1 和局域网 2，每个局域网需分配的 IP 地址数不少于 120 个。并输出子网划分结果，说明理由或给出必要的计算过程。 **202.118.1.0/25 202.118.1.128/25**

2) 请给出 R1 的路由表，使其能识别到局域网 1 的路由、局域网 2 的路由、域名服务器的主机路由和互联网的路由。 **仍然聚合为 202.118.1.0/24**

3) 请采用路由聚合技术，给出 R2 到局域网 1 和局域网 2 的路由。

目的网络 IP 地址	子网掩码	下一跳 IP 地址	接口
202.118.1.0	255.255.255.128		E1
202.118.1.128	255.255.255.128		E2
202.118.3.2	255.255.255.255	202.118.2.2	L0
0.0.0.0	0.0.0.0	202.118.2.2	L0

- 每个路由器都维护一个**路由表**，路由表的每一项是二元组(CIDR地址块, 下一跳接口)。每当收到一个IP数据报，路由器在路由表中判断**目的IP**应该属于哪个CIDR地址块(子网)，转发到对应的接口上去。这些CIDR地址块之间可能有重叠，路由器采取**最长前缀匹配**的原则，选择能够匹配目的IP(通过和子网掩码按位与判断是否匹配)的网络前缀长度最长的表项。
- 路由表内通常具有**0.0.0.0/0**，能够匹配任何IP地址(但长度为0)，作为**默认路由**(用于无法匹配其它表项的IP)。对于一个路由器来说，多个在它同一侧(使用同一个接口)的子网可以采取**路由聚合**合并为路由表中的一个CIDR地址块表项。**这样可以减小路由表规模**

10. 路由器 R0 的路由表见右表。若进入路由器 R0 的分组的地址为 132.19.237.5，该分组应该被转发到 ( ) 的下一跳路由器。

A. R1  
B. R2  
C. R3  
D. R4

目的网络	下一跳
132.0.0.0/8	R1
132.19.0.0/11	R2
132.19.232.0/22	R3
0.0.0.0/0	R4

232=11101000  
237=11101101  
不匹配

52. 【2018 统考真题】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 和 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

32.0/21=00100xxx...  
40.0/21=00101xxx...  
48.0/21=00110xxx...  
56.0/21=00111xxx...  
→ 32.0/19=001xxxxx...

47. 【2015 统考真题】某路由器的路由表如下所示：

目的网络	下一跳	接口
169.96.40.0/23	176.1.1.1	S1
169.96.40.0/25	176.2.2.2	S2
169.96.40.0/27	176.3.3.3	S3
0.0.0.0/0	176.4.4.4	S4

都能匹配，找最长前缀

若路由器收到一个目的地址为 169.96.40.5 的 IP 分组，则转发该 IP 分组的接口是 ( )。

A. S1  
B. S2  
C. S3  
D. S4

48. 某路由器具有右表所示的路由表项。

1) 假设路由器收到两个分组：分组 A 的目的地址为 131.128.55.33，分组 B 的目的地址为 131.128.55.38，确定路由器为这两个分组选择的下一跳，并加以说明。**C和B**

2) 在路由表中增加一个路由表项，它使以 131.128.55.33 为目的地址的 IP 分组选择 "A" 作为下一跳，而不影响其他目的地址的 IP 分组的转发。**131.128.55.33/32 直接使用主机IP地址**

3) 在路由表中增加一个路由表项，使所有目的地址与该路由表中任何路由表项都不匹配的 IP 分组被转发到下一跳 "E"。**默认路由由 0.0.0.0/0**

网络前缀	下一跳
131.128.56.0/24	A
131.128.55.32/28	B
131.128.55.32/30	C
131.128.0.0/16	D

# 23. DHCP与NAT：本地网络配置服务

4个报文：DHCP发现、提供、请求、ACK都是广播发送的

可以通过本地子网具有的CIDR地址块分配IP地址

当一个主机新加入本地网络时，什么都不知道，包括自己的IP地址。DHCP(动态主机配置协议)能够即插即用自动给主机分配IP地址，以及子网掩码、默认网关(第一跳路由器地址)和本地DNS服务器地址等信息。DHCP是应用层协议，使用**UDP**的67/68号端口。

主机连自己地址都不知道，显然不能建立TCP连接

典型客户端/服务器模式

网络地址转换(NAT)将本地专用网络地址转换为公用IP地址，这样的话本地网络地址可以对外隐藏，不同本地网络内可以使用相同地址，减少IPv4地址消耗。本地网络需要一台NAT路由器连接公用Internet网络(一般作为主机们的默认网关，注意，在局域网中通信不需要路由器)，维护一个NAT转换表，在内网向外网发送报文时，检查**源IP**和**源端口号**，将其替换为公用IP地址和新的端口号。当外网回复报文时，需要查表将**目的IP**和**目的端口号**替换掉。因此NAT后面的主机一般只能作客户端，难以作为服务器

NAT尽管是网络层的，但它要检查传输层首部



17. 提供 NAT 服务的路由器在向 Internet 转发一个源 IP 地址为 (92.168.1.1) 的 IP 地址为 201.2.3.5 的 IP 数据报时，路由器一定会修改的 IP 首部字段为 ( )

✓ 源 IP 地址      Ⅰ. 目的 IP 地址      ✓ Ⅰ. Checksum      ✓ Ⅲ. TTL

A. 仅 I、II      B. 仅 III、IV      C. 仅 I、III、IV      D. I、II、III、IV

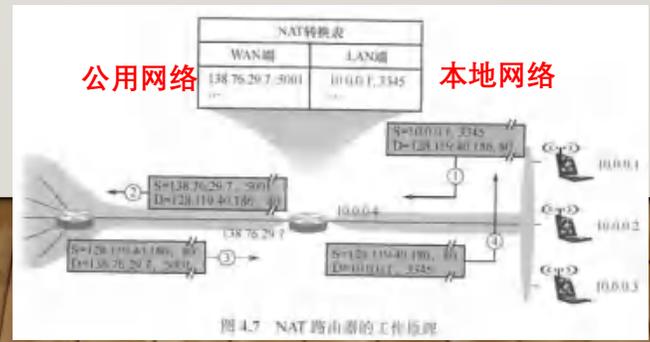


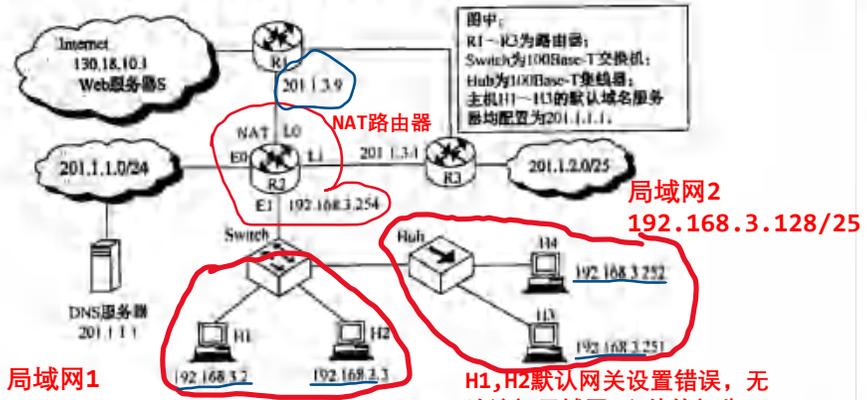
图 4-21 DHCP 客户-服务器交互

# 23. DHCP与NAT: 本地网络配置服务

(期末考试会直接搬这些考研题然后改一下参数)

根据主机IP地址和子网掩码得出所在子网, 在同一子网(局域网)内才能直接互相通信!

48. 【2016 统考真题】如下图所示, 假设 H1 与 H2 的默认网关和子网掩码均分别配置为 192.168.3.1 和 255.255.255.128, H3 和 H4 的默认网关和子网掩码均分别配置为 192.168.3.254 和 255.255.255.128, 则下列现象中可能发生的是 ( )。



- A. H1 不能与 H2 进行正常 IP 通信
- B. H2 与 H4 均不能访问 Internet
- C. H1 不能与 H3 进行正常 IP 通信
- D. H3 不能与 H4 进行正常 IP 通信

49. 【2016 统考真题】在图中, 假设连接 R1、R2 之间的点对点链路使用地址 201.1.3.x/30, 当 H3 访问 Web 服务器 S 时, R2 转发出去的封装 HTTP 请求报文的 IP 分组是源 IP 地址和目的 IP 地址, 它们分别是 ( )

- A. 192.168.3.251, 130.18.10.1
- B. 192.168.3.251, 201.1.3.9
- C. 201.1.3.10, 130.18.10.1

NAT将源IP替换为L0的公网IP

15. 【2015 统考真题】某网络拓扑如下图所示, 其中路由器内网接口, DHCP 服务器, WWW 服务器与主机 1 均采用静态 IP 地址配置, 相关地址信息见图中标注; 主机 2~主机 N 通过 DHCP 服务器动态获取 IP 地址等配置信息。

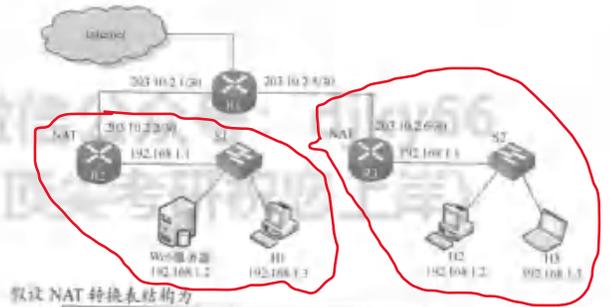


既表明了IP地址也暗示了子网掩码与网络前缀  
111.123.15.5~111.123.15.254

- 回答下列问题:
- DHCP 服务器可为主机 2~N 动态分配 IP 地址的最大范围是什么? 主机 2 使用 DHCP 获取 IP 地址的过程中, 发送的封装 DHCP Discover 报文的 IP 分组的源 IP 地址和目的 IP 地址分别是多少? DHCP 发现, 源: 0.0.0.0, 目的: 255.255.255.255
  - 若主机 1 的子网掩码和默认网关分别配置为 255.255.255.0 和 111.123.15.2, 则主机 1 是否能访问 WWW 服务器? 是否访问 Internet? 请说明理由。

默认网关配置错误, 可以访问同一局域网内的WWW服务器, 但不能访问Internet

17. 【2020 统考真题】某校园网有两个局域网, 通过路由器 R1、R2 和 R3 互联后接入 Internet。S1 和 S2 为以太网交换机, 局域网采用静态 IP 地址配置, 路由器部分接口以及各主机的 IP 地址如下图所示。



假设 NAT 转换表结构为

外网		内网	
IP 地址	端口号	IP 地址	端口号

- 请回答下列问题:
- 为使 H2 和 H3 能够访问 Web 服务器 (使用默认端口号), 需要进行什么配置?
  - 若 H2 主动访问 Web 服务器时, 将 HTTP 请求报文封装到 IP 数据报 P 中发送, 则 H2 发送的 P 的源 IP 地址和目的 IP 地址分别是什么? 经过 R3 转发后, P 的源 IP 地址和目的 IP 地址分别是什么? 经过 R2 转发后, P 的源 IP 地址和目的 IP 地址分别是什么?

R3转发后: 源203.10.2.6, 目的203.10.2.2  
R2转发后: 源203.10.2.6, 目的192.168.1.2

为使NAT后的主机作为Web服务器, 需要手动配置NAT转换表, 将公网IP的80端口映射到内网Web服务器的80端口

外网		内网	
IP 地址	端口号	IP 地址	端口号
203.10.2.2	80	192.168.1.2	80

# 24. ICMP协议

- **ICMP** (因特网控制报文协议) 被主机和路由器用来在网络层沟通控制信息, ICMP 报文被IP数据报承载, 内容包括[类型, 编码, 引起事件的IP首部], 经常用来进行差错报告。

46. 【2012 统考真题】在 TCP/IP 体系结构中, 直接为 ICMP 提供服务的协议是 ( )。  
A. PPP      B. IP      C. UDP      D. TCP

- 几种ICMP: 目的主机不可达, TTL过期, IP首部损坏, 源抑制, 回显请求/回答。  
当TTL被减到0时      首部检验和      因拥塞而排队丢失时      ping
- 不发ICMP差错报告的IP数据报: ICMP报文本身, 非第一个分片(仅对第一个分片发), 具有组播地址的IP数据报。

38. 下列关于 ICMP 报文的说法中, 错误的是 ( )。  
 A. ICMP 报文封装在数据链路层帧中发送  
B. ICMP 报文用于报告 IP 数据报发送错误  
C. ICMP 报文封装在 IP 数据报中发送  
D. ICMP 报文本身出错将不再处理

40. 以下关于 ICMP 差错报文的描述中, 错误的是 ( )。  
A. 对于已经携带 ICMP 差错报文的分组, 不再产生 ICMP 差错报文  
B. 对于已经分片的分组, 只对第一个分片产生 ICMP 差错报文  
 C. PING 使用了 ICMP 差错报文  
D. 对于组播的分组, 不产生 ICMP 差错报文

14. 【2012 统考真题】下列关于 IP 路由器功能的描述中, 正确的是 ( )。  
 I. 运行路由协议, 设备路由表  
 II. 监测到拥塞时, 合理丢弃 IP 分组 此时还要发源抑制ICMP报文  
 III. 对收到的 IP 分组头进行差错校验, 确保传输的 IP 分组不丢失 首部损坏时丢失并发送IP首部损坏ICMP报文  
 IV. 根据收到的 IP 分组的目的 IP 地址, 将其转发到合适的输出线路上  
A. 仅 III、IV      B. 仅 I、II、III      C. 仅 I、II、IV      D. I、II、III、IV

42. 【2010 统考真题】若路由器 R 因为拥塞丢弃 IP 分组, 则此时 R 可向发出该 IP 分组的源主机发送的 ICMP 报文类型是 ( )。  
A. 路由重定向      B. 目的不可达       C. 源点抑制      D. 超时

4. 封装 ICMP 报文的 IP 数据报在传输过程中出错, 则不再发送 ICMP 报文。 (  )

# 25. 路由选择 (如何选择一条好路径)

02. 在计算机网络中, 路由选择协议的功能不包括 ( )。  
 A. 交换网络状态或通路信息      B. 选择到达目的地的最佳路径  
 C. 更新路由表      ~~D. 发现下一跳的物理地址~~

03. 用于域间路由的协议是 ( )。  
 A. RIP      B.  BGP      C. OSPF      D. ARP

14. [2010 统考真题] 在自治系统内采用 RIP, 自治系统内的路由器 R1 收到并处理路由 R2 的通告内容: 通告内容中包含信息 <net1, 16>, 则能得出的结论是 ( )。  
 A. R2 可以到达 net1, 跳数为 17  
 B. R2 可以到达 net1, 跳数为 16  
 C. R1 可以到达 R2 到达 net1, 跳数为 17  
 D. R1 不能经过 R2 到达 net1

15. 在 RIP 中, 假设路由器 X 和路由器 Y 是两个相邻的路由器, X 向 Y 说: “我到目的网络 Y 的距离为 N”, 则收到此信息的 Y 会向 X 说: “后收到路由器 Y 的下一个路由器说, 我到网络 Y 的距离为 ( )。” (假设 N > 1)。  
 A. N      B. N+1      C. 1       D. N+1

16. 【2017 统考真题】直接封装 RIP, OSPF, BGP 报文的协议分别是 ( )。  
 A. TCP, UDP, IP      B. TCP, IP, UDP  
 C. UDP, TCP, IP       D. UDP, IP, TCP

17. 以下关于 RIP 的描述中, 错误的是 ( )。  
 A. RIP 是基于距离-向量路由选择算法的 **距离向量**  
 B. RIP 要求内部路由器将它关于整个 AS 的路由信息发布出去  
~~C. RIP 要求内部路由器向整个 AS 的所有路由器发布路由信息~~  
 D. RIP 要求内部路由器每隔一定的时间间隔发布路由信息

路由选择算法将网络抽象为无向图, 边(链路)具有权值(费用), 要从当前点到其它某个点, 如何才能使路径权值和最小

**链路状态算法 (LS)**: 每个结点都知道整个网络的结构(通过向所有结点**广播**链路状态), 直接在图上使用时间复杂度  $O(n^2)$  的 **Dijkstra 算法** 求出到每个结点的单源最短路径。

**距离向量算法 (DV)**: 分布式算法, 每个结点  $i$  维护距离向量(到其它结点的最短距离  $D_{ij}$ ), **相邻**结点不断交换距离向量, 通过  $D_{ij} = \min_{i-v} \{c(i, v) + D_{vj}\}$  更新自身距离向量。  
 迭代更新多次后会收敛到真正的最短距离

整个 Internet 划分为若干个 **自治系统 (AS)**, 每个 AS 内有若干处于相同管理的路由器, 连接其它 AS 的路由器为 **网关路由器**。先进行 AS 内部的路由选择, 再进行 AS 间的路由选择。

尽管路由器运行的这些路由选择协议工作在应用层, 但实际上是在为网络层提供服务, 构造用于网络层转发的路由表

**RIP 协议** 是 **AS 内** 路由选择协议, 运行在应用层(基于 **UDP**), 使用 **距离向量算法**, AS 内相邻路由器不断交换 RIP 通告报文以更新距离向量(到 AS 内所有结点最小距离)。RIP 协议使用跳数作为距离, 只能工作在直径至多 15 的 AS 上, 当 **距离=16** 时认为无法到达。

**OSPF 协议** 是 **AS 内** 路由选择协议, 基于 **IP 数据报** 传输报文, 使用 **链路状态算法**, 可灵活定义链路权值(例如带宽), 可将 AS 构造为层次区域, 在每个区域中广播链路状态并运行 LS 算法。

**BGP 协议** 是 **AS 间** 路由选择协议, 运行在应用层(基于 **TCP**), 使用 **路径向量算法**(求出具体路径而非距离, **且不一定最优**), 可求出到达一个子网(CIDR 地址块)需要经过哪些 AS。

类似于距离向量算法, 也需要在相邻结点间交换信息

# 25. 路由选择：一些题

## 2019年期末题：

1. (10分) 假设 Internet 局部区域网络如下图所示，其中自治系统 AS1 规模很小，AS2 规模适中，AS3 规模很大，现需要从候选的路由协议 RIP、OSPF 和 BGP 中为该局部网络选择内部路由协议和外部路由协议。请回答下列问题：

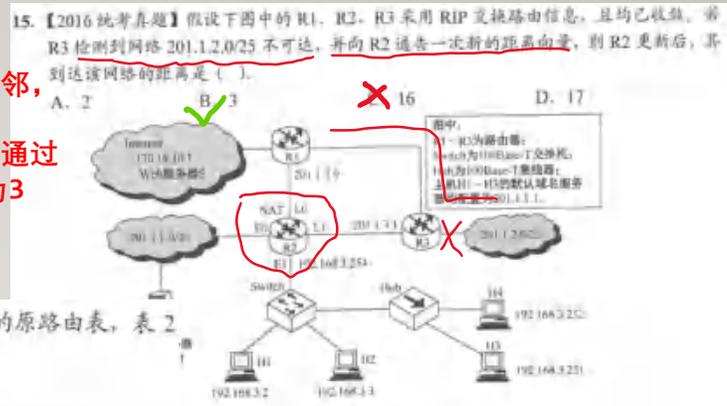


由于AS3规模很大，而RIP只能用于直径小于16的AS，因此选择OSPF协议。OSPF协议具有安全性高、允许选择多条路径、支持多播路由选择、可将AS进行层次划分的优点

- (1) 自治系统 AS3 应该选择哪个内部路由选择协议？该协议主要有哪些优点？
- (2) AS3 所选择内部路由选择协议基于什么路由算法优选路由？请给出该算法的计算路由部分的算法描述，并分析其时间复杂度。
- (3) 在自治系统间交换路由信息时，应选择哪个路由协议？该协议的报文直接封装到什么协议的数据包中进行传输？ **BGP, TCP**

$O(n^2)$ 的链路状态算法(Dijkstra):  
 初始化  $S = \emptyset, D_{s,i} = \infty, D_{s,s} = 0$   
 直到所有点都在S内为止，持续下列操作：  
 找到不在S中的具有**最小** $D_{s,i}$ 的*i*  
 将*i*加入S，此时 $D_{s,i}$ 为真正的s - i最短距离  
 枚举*i*的所有不在S中的邻居*j*：  
 更新  $D_{s,j} = \min\{D_{s,j}, D_{s,i} + c(i,j)\}$

之前，R1到达该网络距离是2，由于R1和R2相邻，R2知道R1的距离向量  
 此时，R3通告R2它到达该网络距离 $\infty$ ，因此R2通过原先保存的R1的距离向量更新自己，距离变为3



02. 在某个使用 RIP 的网络中，B 和 C 互为相邻路由器，其中表 1 为 B 的原路由表，表 2 为 C 广播的距离向量报文<目的网络，距离>。

表 1

目的网络	距离	下一跳
N1	7	A
N2	2	C
N6	8	F
N8	4	E
N9	4	D

表 2

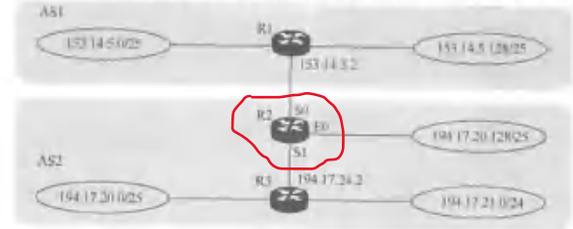
目的网络	距离
N2	15
N3	2
N4	8
N8	2
N7	4

添加一些新的表项  
 N2变得不可到达  
 (题目没说还有其它相邻路由器因此不考虑)

目的网络	距离	下一跳路由器	目的网络	距离	下一跳路由器
N1	7	A	N6	8	F
<b>N2</b>	<b>16</b>	<b>C</b>	N7	5	C
N3	3	C	N8	3	C
N4	9	C	N9	4	D

- 1) 试求路由器 B 更新后的路由表并说明主要步骤。
- 2) 当路由器 B 收到发往网络 N2 的 IP 分组时，应该做何处理？  
**丢弃并回复“目的不可达”ICMP 报文**

04. 【2013 统考真题】假设 Internet 的两个自治系统构成的网络如下图所示。自治系统 AS1 由路由器 R1 连接两个子网构成；自治系统 AS2 由路由器 R2、R3 互连并连接 3 个子网构成。各子网地址、R2 的接口名、R1 与 R3 的部分接口 IP 地址如下图所示。



153.14.5.0/25与153.14.5.128/25聚合为  
 153.14.5.0/24

考虑194.17.20.0/25和194.17.21.0/24，它俩尽管不能直接聚合，但它们恰好是194.17.20.0/23除去路由表中已有的194.17.20.128/25的剩余部分，那么可以在路由表中放置194.17.20.0/23来代表这两个子网，由于最长前缀匹配原则，应该被发到194.17.20.128/25的地址不会匹配这一项，因此正确

请回答下列问题：  
 1) 假设路由表结构如下表所示。利用路由聚合技术，输出 R2 的路由表，要求包括这图中所有子网的路由；且路由表中的路由项尽可能少

目的网络	下一跳	接口
153.14.5.0/24	153.14.3.2	S0
194.17.20.0/23	194.17.24.2	S1
194.17.20.128/25	-	E0

- 2) 若 R2 收到一个目的 IP 地址为 194.17.20.200 的 IP 分组，R2 会通过哪个接口转发该 IP 分组？ **匹配194.17.20.128/25，从E0转发**
- 3) R1 与 R2 之间利用哪个路由协议交换路由信息？该路由协议的报文被封装到哪个协议的分组中进行传输？ **BGP, TCP**

目的网络	下一跳	接口
153.14.5.0/24	153.14.3.2	S0
194.17.20.0/23	194.17.24.2	S1
194.17.20.128/25	-	E0

## 26. IPv6

01. 下一代因特网核心协议 IPv6 的地址长度是 ( )。  
A. 32bit      B. 48bit      C. 64bit       D. 128bit

- **IPv6**使用128位地址，表示为8个16位数(16进制表示,用“:”连接,中间连续多个0字  
段可以用“::”压缩表示,但显然**只能压缩一段**)。
- IPv6在首部取消了校验和字段，取消了选项字段(首部长度的**固定**)，并禁止在中间  
路由器分片。
- IPv6地址可以支持**单播**、**多播**和**任意播**(向地址组中的**随便一个**发送)。
- 在传输IPv6数据报时，可能由于兼容性问题到达只支持IPv4的网络，可以将IPv6  
数据报封装到IPv4中进行传输 (**隧道**)。

03. 以下关于 IPv6 地址 1A22:120D:0000:0000:72A2:0000:0000:00C0 的表示中,错误的是( )。  
A. 1A22:120D::72A2:0000:0000:00C0      B. 1A22:120D::72A2:0:0:C0  
 C. 1A22::120D::72A2::00C0      D. 1A22:120D:0:0:72A2::C0

05. 如果一个路由器收到的 IPv6 数据报因太大而不能转发到链路上,那么路由器将把该数  
据报 ( )。  
 A. 丢弃 **无法分片, 只能丢弃并  
回复ICMP差错报文**      B. 暂存  
C. 分片      D. 转发至能支持该数据报的链路上

04. 下列关于 IPv6 的描述中,错误的是 ( )。  
A. IPv6 的首部长度是不可变的  
B. IPv6 不允许分片  
C. IPv6 采用了 16B 的地址,在可预见的将来不会用完  
 D. IPv6 使用了首部校验和来保证传输的正确性

## 27. 链路层概述

01. 下列不属于数据链路层功能的是 ( )。

A. 帧定界功能

B. 电路管理功能

C. 差错控制功能

D. 流量控制功能

- 运行链路层协议的结点设备：主机、路由器、交换机、Wifi接入点，它们之间由链路直接连接。不同链路/局域网可以具有不同的链路层协议。
- 链路层协议负责在相邻结点间传输链路层帧，提供**组帧**、**链路接入**（协调多个结点共享链路）、**可靠交付**（光纤等低差错率链路可不提供）、**差错检测与纠正**、**流量控制**的服务。  
超时重传 限制发送方发送速度
- 链路层在硬件层面的网络接口卡（适配器）实现，每个网络接口卡具有唯一的**48位MAC地址**（物理地址），一般在出厂后永久固定不变。广播MAC地址全1。ff-ff-ff-ff-ff-ff一台主机一般具有一个IP地址（可随网络位置改变）和一个MAC地址（一般不可改变）。当网络接口接收到帧时，与接入的子网有关，考虑DHCP检测其目的地址是否正确，若不正确则丢弃。

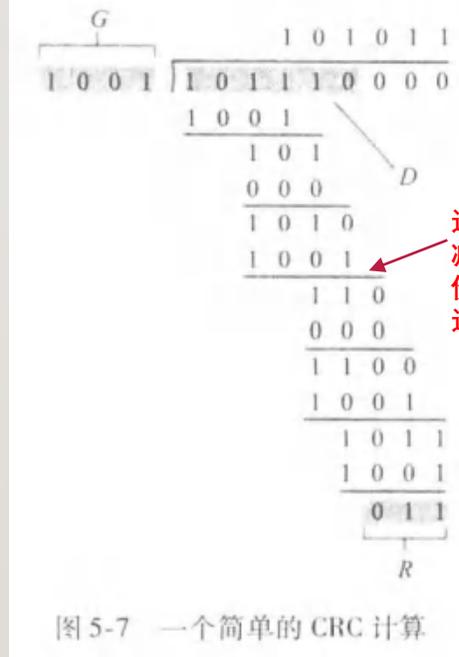
因为很多情况下发往某接口的帧不得不广播到所有接口

# 28. 差错控制与CRC

一定要对“**模2**多项式除法”正确理解！和一般的二进制除法不太一样，以“**尽量消去最高位**”为原则  
 例如， $1000 \bmod 1001 = (x^3) - (x^3 + 1) = -1 = 0001$ ，  
 而 $100 \bmod 1001 = 100$

$$G(x) = x^3 + 1$$

- 编码的汉明距离为d: n位编码中任意两个码字至少有d位不同。
- 检错编码具有r位检错能力的必要条件: 汉明距离  $\geq r+1$ 。
- 纠错编码具有r位纠错能力的必要条件: 汉明距离  $\geq 2r+1$ 。
- CRC可以在n位有效数据D后加上**r位**CRC比特R, 使得不超过r位的**连续**错误(突发长度 $\leq r$ )都能被检测出来。双方需要先协商一个**r+1位**模2多项式G, 发送方在D后补r个0, 在模2意义下和G作多项式除法, 得出的余数为R。接收方将n+r位的(D,R)与G作除法, 能被整除说明正确。  $R = D * 2^r \bmod G$



在后面补3个0

这里做的是模2意义下的多项式减法, 无论是加法还是减法都等价于按位异或, 每位都是独立的, 这和一般二进制减法不一样

图 5-7 一个简单的 CRC 计算

07. 下列关于循环冗余校验的说法中, ( ) 是错误的。  
 A. 带 r 个校验位的多项式编码可以检测到所有长度小于等于 r 的突发性错误  
~~B. 通信双方可以无须商定就直接使用多项式编码~~  
 C. CRC 校验可以使用硬件来完成  
 D. 有一些特殊的多项式, 因为其有很好的特性, 而成了国际标准

01. 在数据传输过程中, 若接收方收到的二进制比特序列为 10110011010, 接收双方采用的生成多项式为  $G(x) = x^4 + x^3 + 1$ , 则该二进制比特序列在传输中是否出错? 如果未出现差错, 那么发送数据的比特序列和 CRC 检验码的比特序列分别是什么?  $D=1011001, R=1010$

# 29. 介质访问控制(MAC)协议

29. 【2019 统考真题】假设一个采用 CSMA/CD 协议的 100Mb/s 局域网，最小帧长是 128B，则在一个冲突域内两个站点之间的单向传播延时最多是 ( )。

A. 2.56μs     B. 5.12μs    C. 10.24μs    D. 20.48μs

$128B \times 8 \leq 2 \times \text{单向传播时延} \times 100Mbps$   
 单向传播时延  $\leq \frac{128B \times 8}{2 \times 100Mbps} = 5.12\mu s$

11. 长度为 10km，数据传输速率为 10Mb/s 的 CSMA/CD 以太网，信号传播速率为 200m/μs。那么该网络的最小帧长为 ( )。

A. 20bit    B. 200bit    C. 100bit     D. 1000bit

广播链路的多路访问问题：如何协调多个发送和接收结点对一个广播链路(介质)的共享，若多个结点同时发送帧会导致信号冲突。

24. 【2013 统考真题】下列介质访问控制方法中，可能发生冲突的是 ( )。

A. CDMA     B. CSMA    C. TDMA    D. FDMA

- 信道划分协议**：通过多路复用共享链路，不会引起冲突，例如 TDMA, FDMA, CDMA, WDMA。  
 时分    频分    码分(用于无线)    波分(用于光纤)
- 随机访问协议**：以最大速率发送帧，若发生冲突则等待随机时间再重发。

19. 下列选项中，当网络负载特别轻时，信道利用率最高的 MAC 协议是 ( )。

A. CSMA    B. CDMA    C. TDMA    D. FDMA

- ALOHA 协议：有新帧则立刻发送，若失败则以 1-p 概率等待发送一帧的时间，直到重传成功。
- 时隙 ALOHA 协议：按照发送一帧的时间划分时隙，有新帧则在下一个时隙发送，若失败则下一个时隙以 p 概率重传，1-p 概率继续等待，直到重传成功。效率比无时隙 ALOHA 协议高。
- CSMA 协议：发送帧之前监听链路，若空闲则发送，若链路忙则推迟发送。

CSMA/CD 用于有线网络  
 可以证明其效率约为  $\frac{1}{1+5 \frac{d_{prop}}{d_{trans}}}$ ，  
 传播时延越低效率越高

26. 【2015 统考真题】下列关于 CSMA/CD 协议的叙述中，错误的是 ( )。

A. 站点发送数据帧，该帧在发送过程中可能发生冲突

B. 站点于发送数据帧，以检测无线链路是否空闲

C. 当检测到网络拥塞时，网络传输速率应减小帧长

D. 当信号传播延迟趋近 0 时，信道利用率趋近 100%

**CSMA/CD 协议**：在 CSMA 基础上引入碰撞检测，在 **传输过程中** 监听是否有来自其它结点的能量，若监听到说明有冲突，发送失败。需要保证 **帧长至少为 2 × 单向传播时延 × 带宽**。

必须保证在帧还没传完的情况下，能够监听到在距离自己最远的地方发生冲突后传回来的信号，因此传播时间要算往返两遍。这导致帧不能特别短，结点距离不能特别远

**轮转访问协议**：3. 典型的轮转访问 MAC 协议有 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 等。

- 轮询：设置一个主节点，轮询每个结点是否要发送，交付链路占用权。
- 令牌传递：在环形链路上传递“令牌”，得到令牌的结点可以发送。 **适合负载重的网络，无论如何都不会发生冲突**

# 30. ARP协议



34. 下列情况需要启动 ARP 请求的是（ ）。  
 A. 主机需要接收信息，但 ARP 表中没有源 IP 地址与 MAC 地址的映射关系  
 B. 主机需要接收信息，但 ARP 表中已有源 IP 地址与 MAC 地址的映射关系  
 C. 主机需要发送信息，但 ARP 表中没有目的 IP 地址与 MAC 地址的映射关系  
 D. 主机需要发送信息，但 ARP 表中已有目的 IP 地址与 MAC 地址的映射关系
45. 【2012 统考真题】ARP 的功能是（ ）。  
 A. 根据 IP 地址查询 MAC 地址  
 B. 根据 MAC 地址查询 IP 地址  
 C. 根据域名查询 IP 地址  
 D. 根据 IP 地址查询域名

- **地址解析协议 ARP** 用于转换 IP 地址和 MAC 地址。每个主机和路由器的接口都维护一个 ARP 表，记录本子网内其它接口的 IP 地址与 MAC 地址的映射关系。  
 由于跨路由器的原因，这里的“目的 IP 地址”并非 IP 数据报的目的 IP 地址，可能是下一跳路由器接口的 IP 地址
- 当主机或路由器的这个 **接口(适配器)** 要向某个 **目的 IP 地址** 发送/转发 IP 数据报时，在自己的 ARP 表中查询得到对应的 MAC 地址，将其作为链路层帧的目的 MAC 地址。
- 若 ARP 表中没有目的 IP 地址，则需要在本子网内 **广播** 目的 MAC 地址为 ff-ff-ff-ff-ff-ff 的 **ARP 分组** (封装在链路层帧中)，当目的适配器接收到记录有自己 IP 地址的 ARP 分组后，会回复 ARP 响应报文 (此时不需要再广播，直接向 ARP 分组的源 MAC 地址发送即可)，源适配器就可以更新自己 ARP 表，进行数据报发送了。
- 在涉及到跨子网传输数据报时，数据报应当 (在未达到目的子网前) 发向 **下一跳路由器** 接口，这是每一步 ARP 中的“目的 IP 地址”和链路层帧中的“目的 MAC 地址”。  
 一定要注意链路层帧只负责交付到相邻接口

35. ARP 的工作过程中，ARP 请求是（ ）发送，ARP 响应是（ ）发送。  
 C. 广播      A. 单播

5. 本地网主机在与外网服务器进行 IP 通信时，首先通过 ARP 协议解析服务器的 MAC 地址。（X）  
 第一步 ARP 的目的 IP 地址应该是源主机的默认网关

36. 主机发送 IP 数据报给主机 B，途中经过了 5 个路由器。请问在此过程中总共使用了（ ）次 ARP。  
 每一跳都要使用 ARP 得到目的 MAC 地址  
 A. 5      B. 6      C. 10      D. 11

# 31. 以太网

21. 【2012 统考真题】以太网的 MAC 协议提供的是 ( )。

A. 无连接的不可靠服务  
B. 无连接的可靠服务  
C. 有连接的可靠服务  
D. 有连接的不可靠服务

- 以太网是最主要的**有线局域网**技术，提供无连接服务，可使用基于同轴电缆的总线型结构(广播链路，需要CSMA/CD)或基于交换机的星型结构。
- 在广播链路上工作的以太网的CSMA/CD使用二进制指数退避算法，当传输时监测到冲突，则开始退避，第m次连续冲突时从 $0 \sim 2^{\min(m,10)} - 1$ 中随机选择K，等待 $K * 512\text{bit}$ 的传输时间。
- 以太网帧前需要有8字节前同步码，为了使接收方速率与发送方同步。有效数据长度为**46~1500B**，具有48位源和目的MAC地址，16位类型字段(复用多种上层协议，IP、ARP等)，末尾有32位CRC校验码。除去前同步码，以太网帧需要附加**18字节**，因此最小帧长度为**64B**。

5. 若不包含前导码，则以太网数据帧的最大帧长为( **1518** )字节，最小帧长为( **64** )字节，数据域最少为( **46** )字节、最大为( **1500** )字节，以太网的 MTU 为( **1500** )字节。

13. 以太网中采用二进制指数回退算法处理冲突问题，下列数据帧重传时再次发生冲突的概率最低的是 ( )。

A. 首次重传的帧  
B. 发生两次冲突的帧  
C. 发生三次重传的帧  
D. 发生四次重传的帧 **期望等待时间更长**

14. 在以太网的二进制回退算法中，在 11 次碰撞之后，站点会在 0 ~ ( ) 之间选择一个随机数。

A. 255  
B. 511  
C. 1023  
D. 2047

# 32. 链路层交换机

- **链路层交换机**对于子网中主机和路由器是透明的，能够根据MAC地址存储-转发链路层帧。交换机的每个接口都连接一个链路，能够消除局域网中的碰撞冲突，隔离不同链路。
- 交换机维护一个**交换机表**(类似路由表)，记录所有目的MAC地址对应的接口。当要转发一个从接口x传来的帧时，在表中查询目的MAC地址对应的接口，从对应的接口上转发出去，若对应接口x则直接丢弃，若不存在则需要向**除x之外**的所有接口广播该帧。  
主机收到帧后必须看一下MAC地址是不是真的是发给自己的，若不是就扔了
- 交换机采取**自学习**方式维护。当交换机从接口x收到帧时，会将其**源MAC**地址与x更新到交换机表中(表示这个地址对应接口x)。因此交换机是即插即用设备。  
此时交换机表一定有了a1的MAC地址和接口，向除它之外的接口广播

19. 【2016 统考真题】若主机 H2 向主机 H4 发送一个数据帧，主机 H4 向主机 H2 立即发送一个确认帧，则除 H4 外，从物理层上能够收到该确认帧的主机还有 ( )。

此时交换机表一定有H2的MAC地址和接口

集线器仅在物理层无脑广播信号

A. 仅 H2      B. 仅 H3      C. 仅 H1、H2      **D. 仅 H2、H3**

17. 【2014 统考真题】某以太网拓扑及交换机当前转发表如下图所示，主机 00-e1-d5-00-23-a1 向主机 00-e1-d5-00-23-c1 发送一个数据帧，主机 00-e1-d5-00-23-c1 收到该帧后，向主机 00-e1-d5-00-23-a1 发送一个确认帧，交换机对这两个帧的转发端口分别是 ( )。

目的地址	端口
00-e1-d5-00-23-b1	2

A. {3}和{1}      **B. {2, 3}和{1}**  
C. {2, 3}和{1, 2}      D. {1, 2, 3}和{1}

# 32. 链路层交换机

18. 【2015 统考真题】下列关于交换机的叙述中，正确的是( )。  
 A. 以太网交换机本质上是一种多端口网桥  
 B. 通过交换机互连的一群工作站构成一个冲突域  
 C. 交换机每个端口所连网络构成一个独立的广播域

09. 一个 16 端口的集线器的冲突域和广播域的个数分别是( )。  
 A. 16, 1      B. 16, 16       C. 1, 1      D. 1, 16

10. 一个 16 个端口的以太网交换机，冲突域和广播域的个数分别是( )。  
 A. 1, 1      B. 16, 16      C. 1, 16       D. 16, 1

05. 下列不能分割碰撞域的设备是( )。  
 A. 集线器      B. 交换机      C. 路由器      D. 网桥

## 网络设备对比

网桥相当于双接口交换机

	集线器 (hub)	交换机 (switch)	网桥 (bridge)	路由器 (router)
层次	1	2	2	3
流量(冲突域)隔离	no	yes	yes	yes
广播域隔离	no	no	no	yes
即插即用	yes	yes	yes	no
优化路由	no	no	no	yes
直通传输 (Cut through)	yes	yes	yes	no

物理层的集线器仅将链路(介质)简单连接，无脑转发信号，无法隔离冲突域(可将集线器连接的链路简单视为一整坨金属介质)

只有网络层设备(路由器)才可隔离广播域，一般来说一个局域网(子网)就是一个广播域，可在其中通过全1的IP地址/MAC地址广播

# 33. 虚拟局域网

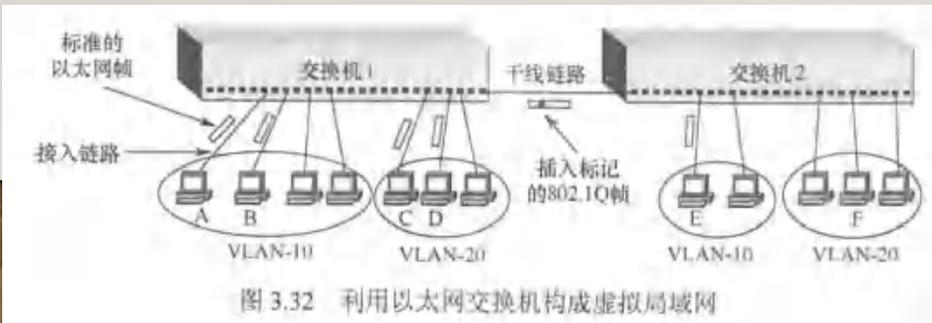
18. 下列关于虚拟局域网 (VLAN) 的说法中, 不正确的是 ( )。

- A. 虚拟局域网建立在交换技术的基础上
- ~~B. 虚拟局域网通过硬件方式实现逻辑分组与管理~~
- C. 虚拟网的划分与计算机的实际物理位置无关
- D. 虚拟局域网中的计算机可以处于不同的局域网中

• **虚拟局域网 (VLAN)** 支持多个局域网共享同一台交换机, 在交换机上以软件方式配置接口与VLAN的映射表, 使得交换机接口被分配到不同的VLAN上, 来自一个接口的广播流量只能到达同一个VLAN的其它接口上 (每个VLAN都是一个广播域), 实现了流量隔离的作用。

• 若要实现不同VLAN的信息交换, 则需要使用路由器连接不同VLAN的接口。 交换机是链路层设备, 原则上不能沟通两个局域网

• 若要跨越多个交换机实现同一个VLAN, 需要使用额外的**中继 (Trunk) 接口**连接交换机, 使用干线链路连接, 同一个VLAN的跨交换机的以太网帧在干线链路上使用 802.1Q 格式 (在标准以太网帧基础上附加了VLAN号)。

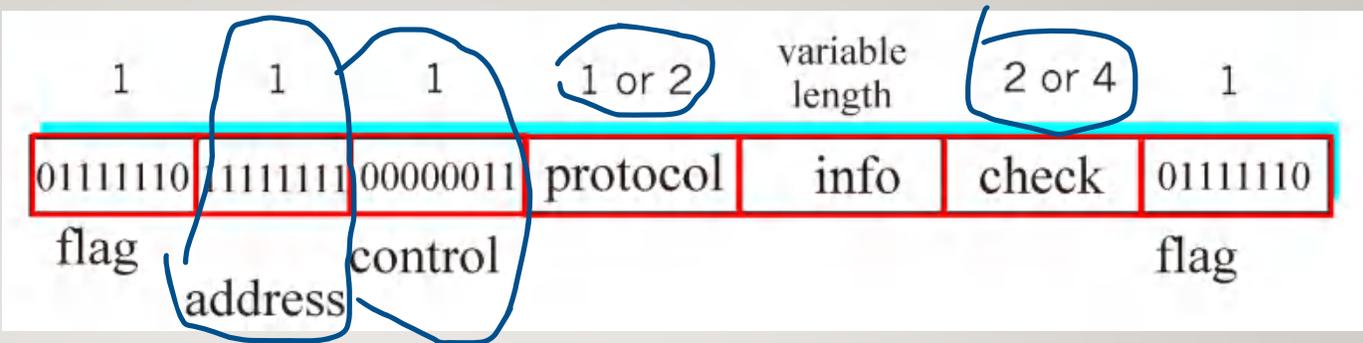


(期末考试真的考过这个.....)

19. 在划分 VLAN 的以太网交换机的 Trunk 接口间传输的帧是 ( )

- A. 标准以太网帧
- B. 802.1 帧
- C. 802.3 帧
- D. 802.1q 帧

# 34. PPP协议



- **PPP协议**用来控制**点对点**链路，仅一个发送端和一个接收端，不可能有冲突，也不需要MAC寻址和介质多路访问。PPP协议不具有差错纠正、流量控制、多点链路支持。
- PPP帧以标志字节**01111110**开始和结束。若有效数据中存在**01111110**则需要对其转义。在**01111110**和**01111101**前填充转义字节**01111101**，实现比特透明传输(有效数据能承载任何字节)。
- PPP帧中具有地址、控制、上层协议、CRC校验的字段，双方可以在传输之前进行协商(设置链路层信息和网络层信息)，**地址和控制字段**可以丢弃，协议字段可以省1个字节，校验字段可以省2个字节，总共可以协商省略5个字节。  
毕竟，点对点链路不需要MAC地址

例如，协商双方网络层协议或接口的IP地址

20.通过协商可以省略的 PPP 帧的字段是 ( )

I. 地址 (address)	II. 控制 (control)
III. 协议 (Protocol)	IV. 校验 (check)

A. 仅 I  
B. 仅 I、II  
C. 仅 II、III  
D. I、II、III、IV

*(Note: In the original image, option B is marked with a green checkmark.)*

# 35. CDMA

1. 若 CDMA 系统中某站点的码片序列是 (1, 1, -1, -1)，则当该站点欲发送原始信息序列 1001 时，该站点向信道中实际发送的序列为 **1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, 1, 1, -1, -1**

$$\frac{(1, 1, -1, -1) \cdot (1, 1, -1, -1)}{4} = 1 \quad \frac{(-1, -1, 1, 1) \cdot (1, 1, -1, -1)}{4} = -1$$

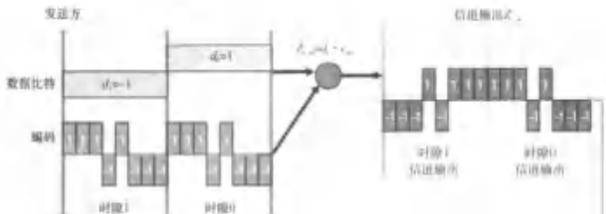
- **码分多路复用CDMA**被广泛用于无线链路的无冲突复用，每个比特被视作1和-1(0为-1)，每个发送方都具有一个长度M的由±1构成的向量 $\vec{A}$ ，显然 $\vec{A} \cdot \vec{A} = M$ ，时间被划分为时隙，每个时隙可以传输M比特。发送方在每个时隙内将要发送的比特b(为±1)与 $\vec{A}$ 乘积得到一个长M的码片序列 $b\vec{A}$ ，发送出去。

21. 一条广播信道上插有3个站点A、B、C。采用码分多路复用技术，A、B要向C发送数据，使A的码序列为(-1, -1, -1, +1, +1, +1, +1, -1)，站B可以选用的码片序列为( )  
 A: (-1, -1, -1, +1, -1, +1, +1, +1)      B: (-1, +1, -1, -1, -1, +1, +1, +1)  
 C: (-1, +1, -1, +1, -1, +1, -1, +1)      D: (-1, +1, -1, +1, -1, +1, -1, +1)

- 若只有一个发送方，接收方可以通过 $\frac{(b\vec{A}) \cdot \vec{A}}{M} = b$ 来还原出有效比特b。若发送方具有多个，可对其分配**互相正交**(互相内积为0)的向量 $\vec{A}_i$ ，多个发送方同时发送的信号叠加(相当于向量相加)被接收方收到，那么接收方仍需做相同操作：**这样这些发送方就可以同时发送，信号直接叠加，接收方能够解出每个发送方的数据，达到多路复用的效果**

$$\frac{1}{M} \left( \left( \sum_{j=1}^M b_j \vec{A}_j \right) \cdot \vec{A}_i \right) = \frac{1}{M} \left( b_i \vec{A}_i \cdot \vec{A}_i + \sum_{j \neq i} b_j \vec{A}_j \cdot \vec{A}_i \right) = \frac{1}{M} \left( b_i \vec{A}_i \cdot \vec{A}_i \right) = b_i$$

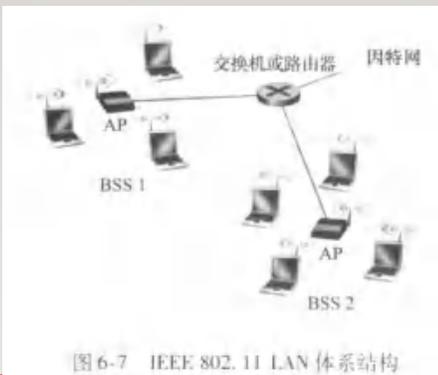
与对应发送方向量做内积      全都是0      得到该发送方的比特



25. 【2014 统考真题】站点A、B、C通过CDMA共享链路，A、B、C的码片序列分别是(1, 1, 1, 1), (1, -1, 1, -1)和(1, 1, -1, -1)。若C从链路上收到的序列是(2, 0, 2, 0, 0, -2, 0, -2, 0, 2, 0, 2)，则C收到A发送的数据是( )。  
 A. 000      B. 101      C. 110      D. 111

每段和(1, 1, 1, 1)做内积再除以4      1      -1

# 36. IEEE802.11



- IEEE802.11无线局域网(WiFi)的构成：每个无线设备称为**站点**(主机)，每个主机需要与一个**接入点AP**(基站)相关联，一个AP构成一个**基本服务集(BSS)**，多个通过有线链路相连的AP构成一个局域网。
- IEEE802.11定义了11个不同频段信道，每个AP需要分配一个信道，各自有一个名称(**SSID**)。
- 主机可以以被动或主动的两种方式与AP进行关联：**类似DHCP的过程**
  - 被动：①多个AP在信道中不断发送**信标帧**(包含SSID与MAC地址)，②主机扫描信道，通过信标帧选择一个AP(一般为信号强度最大的)，向该AP发送**关联请求帧**，③AP向主机发送**关联响应帧**。
  - 主动：①主机主动在信道中广播**探测请求帧**，②多个AP同时发送**探测响应帧**，③主机向选择的AP发送**关联请求帧**，④AP向主机发送**关联响应帧**。

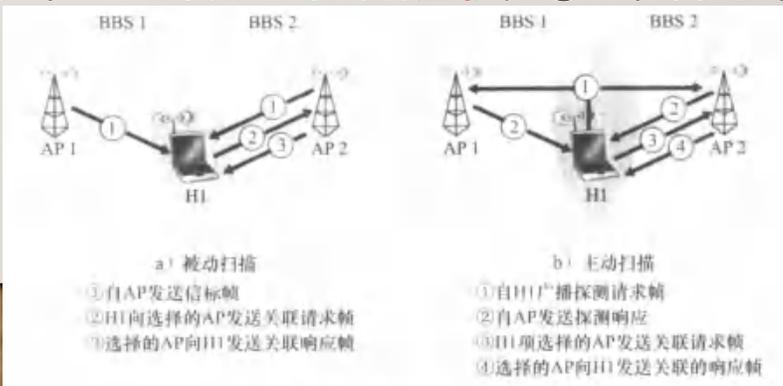


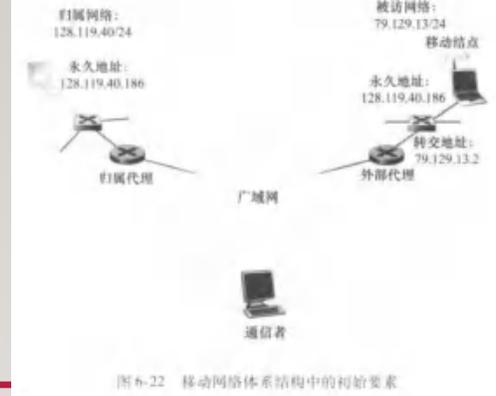
图6-9 对接入点的主动和被动扫描

21. IEEE802.11 无线局域网中，无线主机主动与 AP 关联时，发送的帧数是( )  
A. 1                      **B. 2**                      C. 3                      D. 4



# 37. 移动IP

注意移动主机具有的2个地址：  
**主IP地址**：永久固定，在“逻辑”上被用来与其它主机通信，位于本地归属网络的子网中，其它主机需要知道。  
**转交地址**：随主机移动动态可变，反映移动主机现在的真实位置，位于外部网络的子网中，其它主机不需要知道，但本地归属代理需要知道。



在移动网络中，移动主机可以在物理上随意从一个网络移动到另一个网络(揣着手机到处走)，但为了保证用户的移动性对网络应用透明，需要保证移动主机的**主IP地址固定不变**。移动主机本身始终使用这个IP地址对外通信。

移动主机需要被固定的**本地归属网络**中的**归属代理**(本地代理)进行**永久**管理，当移动主机移动到外部网络时，外部网络的**外部代理**会为其分配**转交地址(COA)**，移动主机需要**告知**其归属代理其现在的转交地址(称之为“注册”)。

不管你在哪，这里始终是家

让家里知道你现在在哪

当其它外网主机通过移动主机的**主IP地址**向移动主机发送IP数据报时，会先被**本地归属代理**收到，然后通过隧道封装IP数据报，通过被告知的**转交地址**发往移动主机所在的外部网络，最终被移动主机接收。

其它主机无需也没必要知道你现在人在哪，只会发到你的住址

家里知道你现在在哪，给你转发过去

25. 在移动IP网络中，某主机向移动主机M发送的IP分组的目的IP地址为( )  
A. 家代理IP地址      B. 外代理IP地址      C. M的永久地址      D. M的转交地址

02. 一台主机移动到了另一个LAN中，如果一个分组到达了它原来所在的LAN中，那么分组会被转发给( )。  
A. 移动IP的本地代理      B. 移动IP的外部代理  
C. 主机      D. 丢弃

04. 如果一台主机的IP地址为160.80.40.20/16，那么当它移动到了另一个不属于160.80/16子网的网络中时，它将( )。  
A. 可以直接接收和直接发送分组，没有任何影响  
B. 既不可以直接接收分组，也不可以直接发送分组  
C. 不可以直接发送分组，但可以直接接收分组  
D. 可以直接发送分组，但不可以直接接收分组

移动主机坚持使用永久IP地址，但它并不在其对应的子网中，必须通过外部代理间接收发

# 38. 物理层

- (物理层知识较为松散, 也并不重要, 但考试会考。我在这个版本中新加入了关于物理层几个重点的简单总结, 基本上只需要掌握它们即可)
- 理想无噪声信道的信道容量:  $C = 2B \log_2 M$ , 计算最大数据传输速率(bps)。

信道带宽(Hz) 信号状态数

Q: 在无噪声情况下, 若某通信链路的带宽为3 kHz, 采用4个相位、每个相位具有4种振幅的QAM调制技术, 则该通信链路的最大数据传输速率是多少?

信号状态数  $M=4 \times 4=16$  种

$$C = 2 * 3KHz * \log_2 16 = 24Kbps$$

这个不用理解啥意思, 只需要知道不同相位与不同振幅的组合表示不同的信号状态, 因此信号状态数=相位数×振幅数, 考试也直接这样出题, 有时会告诉你例如“采取QAM64调制”, 不知道也不要紧, 直接取M=64即可。

- 有噪声信道的信道容量:  $C = B \log_2(1 + \frac{S}{N})$ , 这里的  $\frac{S}{N}$  一般会以分贝值(即xxx dB)给出, 并不是能直接代入式子计算的真实值! 分贝值  $= 10 \log_{10} \frac{S}{N}$ , 需要逆向计算。

信道带宽(Hz) 信噪比

Q: 若某通信链路的带宽为2 MHz, 信噪比为30 dB, 则该通信链路的最大数据传输速率约是多少?

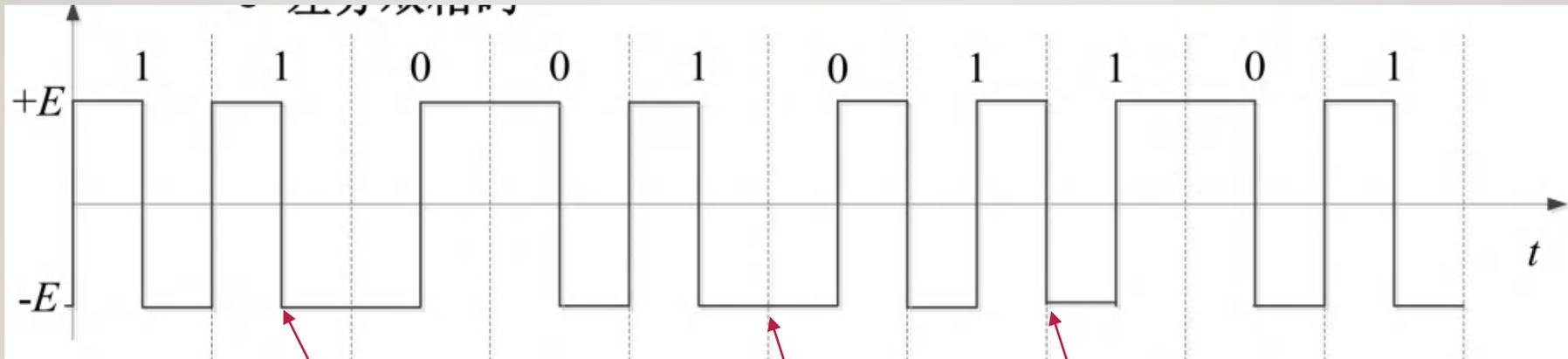
$$\frac{S}{N} = 10^{\frac{30dB}{10}} = 1000$$

$$C = 2MHz * \log_2(1 + 1000) \approx 2MHz * 10 = 20MHz$$

这里考试只可能会出十分直接的代入式子计算的题.....

# 38. 物理层

- MOOC上介绍了几种数字基带传输码型（给定一段信号，判断传输了什么二进制数据），但考试(应该?)只考且必考差分曼彻斯特编码。



比特周期，表示一个比特

每个比特周期中间必定会有跳变，  
但仅用于同步，和数据无关

比特周期开始时  
无跳变，表示0

比特周期开始时  
有跳变，表示1

注意：MOOC上是这样讲的，但在一些更加权威的书籍上，是“无跳变表示1，有跳变表示0”，我们建议采取后一种解释，不过老师曾经明确表示，考试时两种都可算对。

## 38. 物理层

- 4种二进制数字调制方式：二进制幅移键控（**2ASK**），二进制频移键控（**2FSK**），二进制相移键控（**2PSK**），二进制差分相移键控（**2DPSK**）。我们只需要知道它们的特性：

➤ 频带利用率：

- 2ASK、2PSK以及2DPSK的频带利用率相同
- 2FSK的频带利用率最低

➤ 误码率：

- 在相同信噪比下，2PSK的误码率最低，而2ASK的误码率最高
- 二进制相移键控抗噪声性能优于二进制频移键控，二进制频移键控优于二进制幅移键控

➤ 对信道特性的敏感性：

- 2ASK对信道特性变化比较敏感，性能最差
- 2FSK与2PSK对信道特性变化不敏感

24. 二进制数字调制中，频带利用率最低的是( )

- A. 2ASK      B. 2FSK      C. 2PSK      D. 2DPSK

- 比特率与波特率的转换： $R_b = R_B \log_2 M$ ，每个码元有M种状态，每秒钟传输 $R_B$ 个码元，这是**波特率**。从比特的角度来看，每个码元携带 $\log_2 M$ 比特信息，因此数据传输速率(**比特率**)为 $R_B \log_2 M$  bps。

# \*附录1：你或许应该知道的名词缩写

(这些仅仅是为了让你更好地理解它们)

- 
- **TTL**: Time To Live, (缓存记录的)生存时间
  - **RTT**: Round Trip Time, 往返时间
  - **ISP**: Internet Service Provider, 因特网服务提供商
  - **TCP**: Transmission Control Protocol, 传输控制协议
  - **UDP**: User Datagram Protocol, 用户数据报协议
  - **IP**: Internet Protocol, 网际协议
  - **C/S**: Client-Server, 客户端-服务器模式
  - **P2P**: Peer To Peer, 端到端模式
  - **DSL**: Digital Subscriber Line, 数字用户线
  - **bps**: bits per second, 比特每秒
  - **FDM**: Frequency-Division Multiplexing, 频分复用
  - **TDM**: Time-Division Multiplexing, 时分复用
  - **IXP**: Internet Exchange Point, 因特网交换点
  - $d_{proc}$ : delay of process, 处理时延
  - $d_{queue}$ : delay of queue, 排队时延
  - $d_{trans}$ : delay of transmission, 传输时延
  - $d_{prop}$ : delay of propagation, 传播时延
  - **LAN**: Local Area Network, 局域网
  - **HTTP**: HyperText Transfer Protocol, 超文本传输协议
  - **HTML**: HyperText Mark-up Language, 超文本标记语言
  - **URL**: Universal Resource Locator, 统一资源定位地址
  - **CDN**: Content Distribution Network, 内容分发网络
  - **FTP**: File Transfer Protocol, 文件传输协议
  - **SMTP**: Simple Mail Transfer Protocol, 简单邮件传输协议
  - **MIME**: Multipurpose Internet Mail Extensions, 多用途网络邮件扩展
  - **POP3**: Post Office Protocol 3, 邮局协议(第3版)
  - **IMAP**: Internet Mail Access Protocol, 因特网邮件访问协议
  - **DNS**: Domain Name System, 域名系统
  - **TLD**: Top-Level Domain, 顶级域
  - **GBN**: Go Back N, 回退N步
  - **SR**: Selective Repeat, 选择重传
  - **TTL**, Time To Live, 存活时间
  - **MTU**, Maximum Transmission Unit, 最大传送单元

# \*附录1：你或许应该知道的名词缩写

(这些仅仅是为了让你更好地理解它们)

- 
- **ACK**: Acknowledgment, 确认
  - **RDT**: Reliable Data Transfer protocol, 可靠数据传输协议
  - **FSM**: Finite-State Machine, 有限状态自动机
  - **MSS**: Maximum Segment Size, 最大报文段长度
  - **MTU**: Maximum Transmission Unit, 最大传输单元
  - **RTT**: Round Trip Time, 往返时间
  - **SYN**: Synchronize Sequence Number, 同步序列编号
  - **AIMD**: Additive-Increase, Multiplicative-Decrease, 加性增, 乘性减
  - **ssthresh**: slow start threshold, 慢启动阈值
  - **cwnd**: congest window, 拥塞窗口
  - **rwnd**: receive window, 接收窗口
  - **DF**, Don't Fragment, 禁止分片标志位
  - **MF**, More Fragment, 非最后一块标志位
  - **CIDR**, Classless Interdomain Routing, 无类别域间路由选择
  - **DHCP**, Dynamic Host Configuration Protocol, 动态主机配置协议
  - **NAT**, Network Address Translation, 网络地址转换
  - **ICMP**, Internet Control Message Protocol, 因特网控制报文协议
  - **LS**, Link State, 链路状态算法
  - **DV**, Distance Vector, 距离向量算法
  - **AS**, Autonomous System, 自治系统
  - **RIP**, Routing Information Protocol, 路由选择信息协议
  - **OSPF**, Open Shortest Path First, 开放最短路径优先协议
  - **BGP**, Broder Gateway Protocol, 边界网关协议
  - **MAC**, Medium Access Control, 介质访问控制
  - **CRC**, Cycle Redundancy Check, 循环冗余校验
  - **CDMA**, Code Division Multiple Access, 码分多路复用
  - **CSMA**, Carrier Sense Multiple Access, 载波侦听多路访问
  - **CSMA/CD**, CSMA with Collision Detection, 具有碰撞检测的CSMA
  - **CSMA/CA**, CSMA with Collision Avoidance, 具有碰撞避免的CSMA
  - **ARP**, Address Resolution Protocol, 地址解析协议
  - **Hub**, 集线器
  - **Switch**, 交换机

# \*附录1：你或许应该知道的名词缩写

(这些仅仅是为了让你更好地理解它们)

---

- **VLAN**, Virtual Local Area Network, 虚拟局域网
- **PPP**, Point-to-Point Protocol, 点对点协议
- **BSS**, Basic Service Set, 基本服务集
- **AP**, Access Point, 接入点
- **SSID**, Service Set Identifier, 服务集标识
- **RTS**, Request To Send, 请求发送
- **CTS**, Clear To Send, 允许发送
- **DIFS**, Distribution Inter-Frame Space, 分布式帧间间隔
- **SIFS**, Short Inter-Frame Space, 短帧间间隔

## \*附录2： 各种“协议”

---

- **HTTP协议**：应用层，用于Web对象(网页)传输，基于TCP。 [链接](#)
- **FTP协议**：应用层，用于远程文件传输，基于TCP。 [链接](#)
- **SMTP协议**：应用层，用于电子邮件的推送，基于TCP。 [链接](#)
- **POP3协议**：应用层，用于客户端对邮箱中的邮件访问(简单)，基于TCP。 [链接](#)
- **IMAP协议**：应用层，用于客户端对邮箱中的邮件访问(复杂)，基于TCP。 [链接](#)
- **DNS协议**：应用层，用于主机名/域名到IP地址的转换，基于UDP。 [链接](#)
- **UDP协议**：传输层，用于报文段的简单无连接不可靠传输，基于IP。 [链接](#)
- **rdt3.0停等协议**：理想模型，实现低效率可靠传输。 [链接](#)
- **GBN协议**：理想模型，通过滑动窗口实现高效率可靠传输。 [链接](#)
- **SR协议**：理想模型，通过滑动窗口实现高效率可靠传输。 [链接](#)
- **TCP协议**：传输层，用于报文段的有连接可靠传输，基于IP数据报。 [链接](#)
- **IP协议**：网络层，实现数据报在主机之间的尽力而为不可靠传输，基于链路层帧。 [链接](#)

## \*附录2： 各种“协议”

---

- **DHCP协议**：网络层(实际工作在应用层)，实现子网内IP地址动态分配，基于UDP。 [链接](#)
- **NAT协议**：网络层，实现内网地址到公网地址的带端口号转换。 [链接](#)
- **ICMP协议**：网络层，用于在网络层结点之间传递控制信息，基于IP数据报。 [链接](#)
- **RIP协议**：网络层(实际工作在应用层)，用于(小规模)AS内的路由选择，使用距离向量算法，基于UDP。 [链接](#)
- **OSPF协议**：网络层，用于AS内的路由选择，使用链路状态算法，基于IP数据报。 [链接](#)
- **BGP协议**：网络层(实际工作在应用层)，用于AS间的路由选择，使用路径向量算法，基于TCP。 [链接](#)
- **信道划分协议**：链路层，MAC协议的一类，通过多路复用共享链路，不会引起冲突。 [链接](#)
- **随机访问协议**：链路层，MAC协议的一类，发生冲突后随机等待时间然后重发。 [链接](#)
- **轮转访问协议**：链路层，MAC协议的一类，轮流赋予结点以链路使用权。 [链接](#)
- **ALOHA协议**：链路层，属于随机访问协议。 [链接](#)
- **时隙ALOHA协议**：链路层，属于随机访问协议。 [链接](#)
- **CSMA协议**：链路层，属于随机访问协议，能够监听链路是否忙。 [链接](#)

## \*附录2： 各种“协议”

- 
- **CSMA/CD协议**：链路层，属于随机访问协议，能够监听链路并在传输时检测冲突，用于有线链路。[链接](#)
  - **CSMA/CA协议**：链路层，属于随机访问协议，能够监听链路并规避冲突，用于无线链路。[链接](#)
  - **ARP协议**：链路层与网络层之间，用于在本地子网内转换IP地址与MAC地址，基于链路层帧。[链接](#)
  - **以太网协议**：链路层，用于有线局域网的链路层帧传输，使用二进制退避的CSMA/CD。[链接](#)
  - **PPP协议**：链路层，用于点对点的链路层帧传输。[链接](#)
  - **WiFi协议(IEEE802.11)**：链路层，用于无线局域网的链路层帧传输。[链接](#)

## \*附录3：一些按类别划分的知识

---

- **各种算法与典型计算问题：**

- 分组交换的时间计算(多链路总传输时间), [链接](#)
- 文件分发时间计算(C/S与P2P), [链接](#)
- 信道利用率计算(GBN为主), [链接](#)和[链接](#)
- 滑动窗口的编号比特数计算(GBN和SR), [链接](#)
- TCP的流量控制与拥塞控制算法, [链接](#)
- IP数据报分片计算, [链接](#)
- IP地址(CIDR地址块)的各种基于按位的计算, [链接](#)
- 链路状态算法与距离向量算法(以后者为主), [链接](#)
- CRC的计算, [链接](#)
- 以太网CSMA/CD协议采取的二进制指数退避算法, [链接](#)
- CSMA/CD协议的最小帧长/最大距离/最大传播时延计算, [链接](#)

## \*附录3： 一些按类别划分的知识

---

- CDMA码片序列的计算, [链接](#)
- 信道容量的计算, [链接](#)
- 各种需要维护的“表”：
  - **DNS资源记录表**, 在DNS服务器上, 维护主机名和IP地址之间的映射关系等。 [链接](#)
  - **路由表**, 在路由器上, 维护目的子网(CIDR地址块)与路由器接口的对应关系。 [链接](#)
  - **NAT转换表**, 在NAT路由器上, 维护内网IP+端口号与公网IP+端口号的对应关系。 [链接](#)
  - **距离向量表**, 在路由器等结点上, 维护邻居(和自己)到AS内每个结点的最短距离, 用于RIP协议的距离向量算法, 通过RIP通告报文更新。 [链接](#)
  - **ARP表**, 在每个网络接口上, 维护本地子网内其它接口的IP地址与MAC地址的对应关系, 通过ARP分组与响应更新。 [链接](#)
  - **交换机表**, 在交换机上, 维护MAC地址与交换机接口的对应关系, 通过自学习更新。 [链接](#)
  - **VLAN映射表**, 在交换机上, 维护VLAN与交换机接口的对应(分配)关系。 [链接](#)

## \*附录3： 一些按类别划分的知识

---

- 各种值得分析的“过程”：

- HTTP的请求/响应过程(包括并行连接、持续连接、流水线), [链接](#)
- 电子邮件的发送和访问过程, [链接](#)
- DNS的查询过程, [链接](#)
- 停等协议的发送和接收过程, [链接](#)
- 滑动窗口协议的发送和接受过程, [链接](#)
- TCP的可靠传输过程, [链接](#)
- TCP的连接建立与关闭过程(3次握手/4次握手), [链接](#)
- TCP的拥塞控制状态转移过程, [链接](#)
- DHCP的交互过程, [链接](#)
- ARP协议的查询过程, [链接](#)
- 交换机的转发过程, [链接](#)

## \*附录3： 一些按类别划分的知识

---

- 无线主机与AP的关联过程, [链接](#)
- CSMA/CA协议的传输与信道预约过程, [链接](#)
- **各种数据分组格式:**
  - HTTP报文, [链接](#)
  - UDP报文段, [链接](#)
  - TCP报文段, [链接](#)
  - IPv4数据报, [链接](#)
  - IPv6数据报, [链接](#)
  - 以太网帧, [链接](#)
  - PPP帧, [链接](#)

EOF

---

