

Chapter 1 OVERVIEW

- [1. 因特网概述](#)

- [1.1. 网络、互联网、因特网](#)
- [1.2. 因特网发展的三个阶段](#)
- [1.3. 因特网服务提供者 \(Internet Service Provider, ISP\)](#)
- [1.4. 因特网已发展成为基于ISP的多层次结构的互连网络](#)
- [1.5. 因特网的标准化工作](#)
- [1.6. 制定因特网正式标准的四个阶段](#)
- [1.7. 因特网的管理机构](#)
- [1.8. 因特网的组成：边缘部分 + 核心部分](#)

- [2. 电路交换、分组交换和报文交换](#)

- [2.1. 电路交换](#)
- [2.2. 分组交换](#)
- [2.3. 报文交换](#)
- [2.4. 三种交换方式的对比](#)

- [3. 计算机网络的定义和分类](#)

- [3.1. 计算机网络的定义](#)
 - [3.1.1. 早期的简单定义](#)
 - [3.1.2. 现阶段的一个较好定义](#)
- [3.2. 计算机网络的分类](#)
 - [3.2.1. 交换方式](#)
 - [3.2.2. 使用者](#)
 - [3.2.3. 传输介质](#)
 - [3.2.4. 覆盖范围](#)
 - [3.2.5. 拓扑结构](#)

- [4. 计算机网络的性能指标](#)

- [4.1. 速率](#)
- [4.2. 带宽](#)
- [4.3. 吞吐量](#)
- [4.4. 时延](#)
 - [4.4.1. 发送时延](#)
 - [4.4.2. 传播时延](#)
 - [4.4.3. 排队时延](#)
 - [4.4.4. 处理时延](#)
- [4.5. 时延带宽积](#)
- [4.6. 往返时间 \(RTT\)](#)
- [4.7. 利用率](#)
 - [4.7.1. 链路利用率](#)
 - [4.7.2. 网络利用率](#)
- [4.8. 丢包率](#)

- [5. 计算机网络的体系结构](#)

- [5.1. 常见的三种计算机网络体系结构](#)
 - [5.2. 分层的必要性](#)
 - [5.2.1. 物理层](#)
 - [5.2.2. 数据链路层](#)
 - [5.2.3. 网络层](#)
 - [5.2.4. 运输层](#)
 - [5.2.5. 应用层](#)
 - [5.3. 分层思想举例](#)
 - [5.4. 专用术语](#)
 - [5.4.1. 实体](#)
 - [5.4.1.1. 对等实体](#)
 - [5.4.2. 协议](#)
 - [5.4.3. 服务](#)
- [6. 题目](#)
 - [6.1. 体系结构相关](#)
 - [6.1.1. 【2009 33】 补充：OSI表示层与会话层的功能、数据链路层、网络层、运输层作用范围](#)
 - [6.1.2. 【2010 33】 网络体系结构描述的内容](#)
 - [6.1.3. 【2011 33】 TCP/IP参考模型的网路层提供无连接不可靠的数据报服务](#)
 - [6.1.4. 【2012 33】 TCP/IP体系结构中 IP直接为ICMP提供服务](#)
 - [6.1.5. 【2013 33】 各层的功能](#)
 - [6.1.6. 【2014 33】 传输层为会话层提供服务](#)
 - [6.1.7. 【2015 33】 POP3协议](#)
 - [6.1.8. 【2016 33】 R1、Switch、Hub](#)
 - [6.1.9. 【2017 33】 传输效率](#)
 - [6.1.10. 【2018 33】 DNS可以使用传输层无连接服务](#)
 - [6.1.11. 练习](#)
 - [6.2. 时延相关](#)
 - [6.2.1. 【1】](#)
 - [6.2.2. 【2】](#)
 - [6.2.2.1. 一般结论](#)
 - [6.2.3. 【3】 解不等式](#)
 - [6.2.4. 【4】](#)
 - [6.2.5. 【5】 【2013 35】](#)
 - [6.2.6. 【6】 【2010 34】](#)

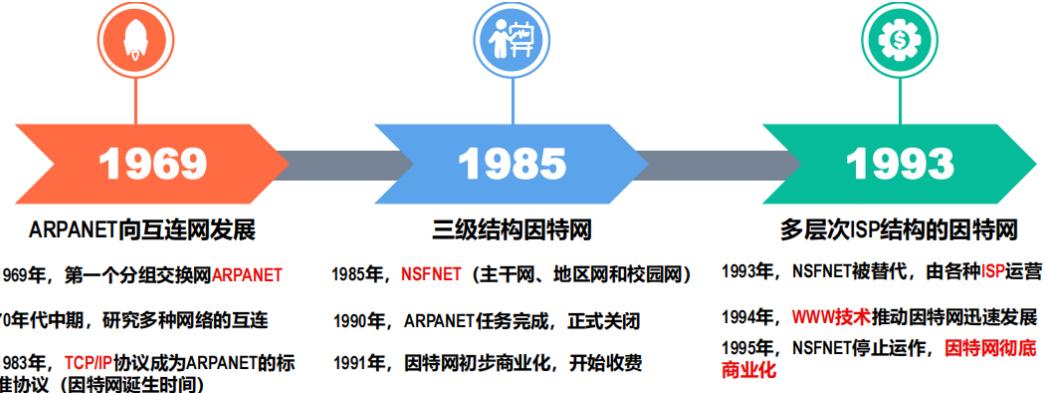
1. 因特网概述

1.1. 网络、互联网、因特网

- 网络（Network）：结点（Node） + 链路（Link）
- 互联网（互连网）：网络的网络（Network of Networks），可以通过路由器互连起来
- 因特网（Internet）：当今世界上最大的互联网

| internet 对比 Internet | |
|----------------------|-----------|
| 通用名词 | 专用名词 |
| 互连网（互联网） | 因特网 |
| 任意通信协议 | TCP/IP协议族 |

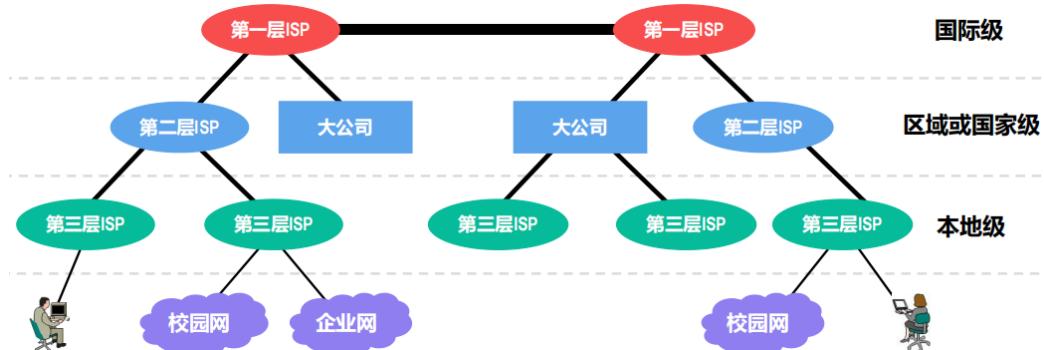
1.2. 因特网发展的三个阶段



- 第一个分组交换网: ARPANET, 1969
- 因特网诞生时间: 1983年

1.3. 因特网服务提供者 (Internet Service Provider, ISP)

1.4. 因特网已发展成为基于ISP的多层次结构的互连网络



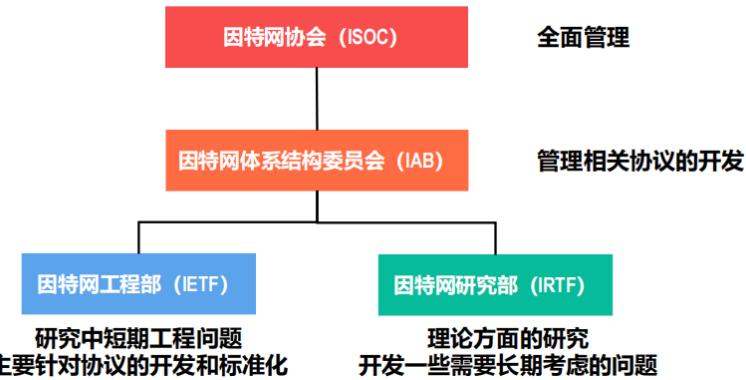
1.5. 因特网的标准化工作

- 特点: 面向公众, 其任何一个建议标准在成为因特网标准之前都以 RFC 技术文档的形式在因特网上发表
 - RFC (Request For Comments) 的意思是“请求评论”。任何人都可以从因特网上免费下载RFC文档 (<http://www.ietf.org/rfc.html>) , 并随时对某个 RFC 文档发表意见和建议。

1.6. 制定因特网正式标准的四个阶段

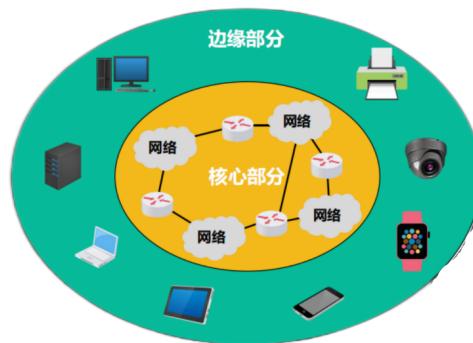


1.7. 因特网的管理机构



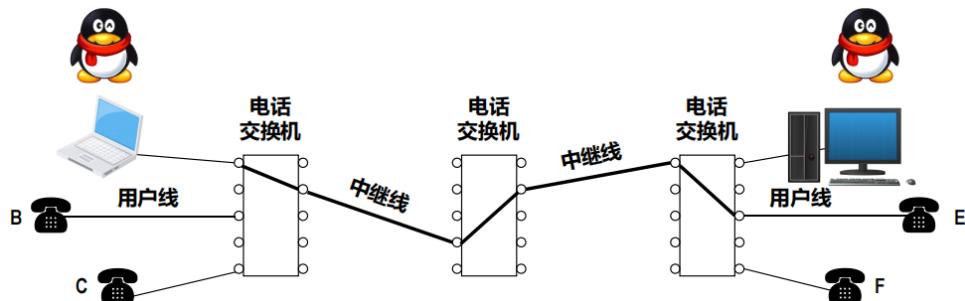
1.8. 因特网的组成：边缘部分 + 核心部分

- 边缘：主机，用户直接使用，用于通信和资源共享
- 核心：大量网络 + 路由器，为边缘部分提供服务



2. 电路交换、分组交换和报文交换

2.1. 电路交换



- 方式：电话交换机接通电话线
- step
 - 建立连接（分配通信资源）
 - 通话（一直占用通信资源）
 - 释放连接（归还通信资源）
- 线路的传输效率低

2.2. 分组交换

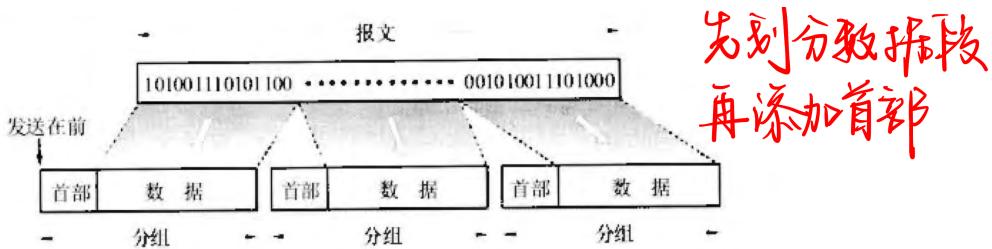
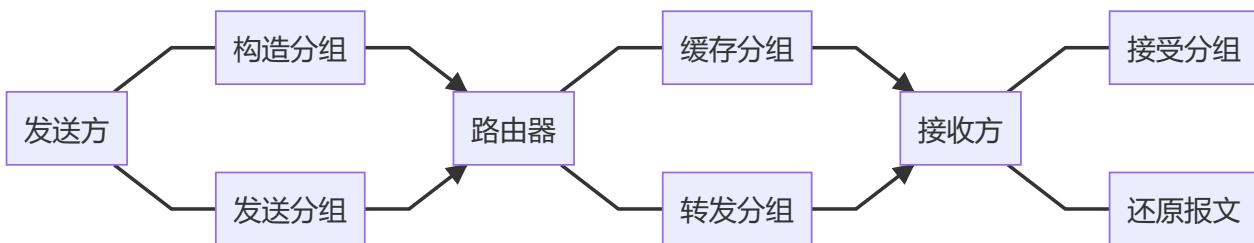
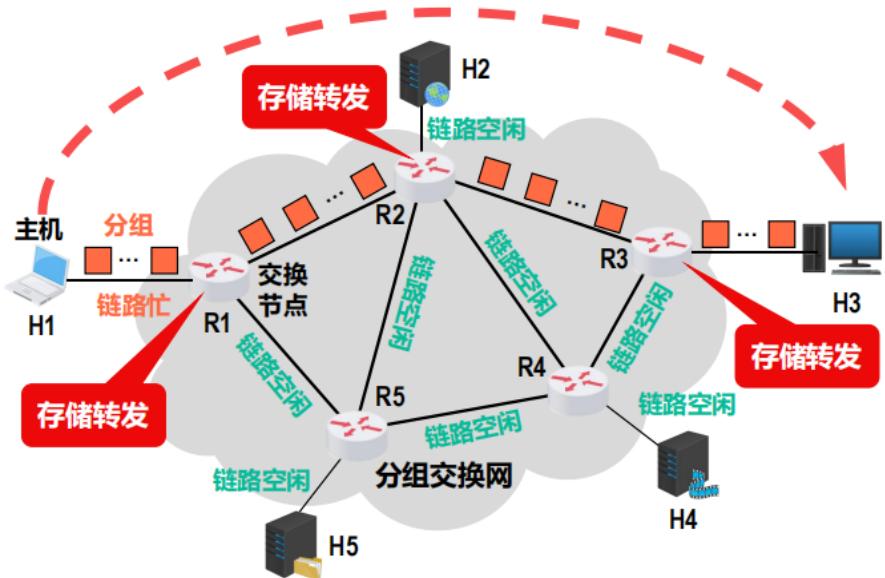


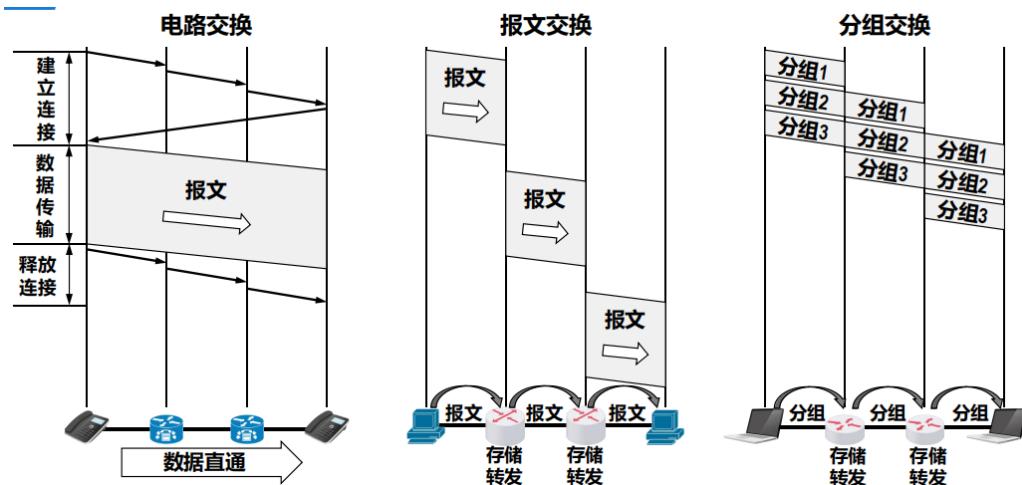
图 1-9 以分组为基本单位在网络中传送

| 优点 | 缺点 |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 没有建立连接和释放连接的过程。 | 分组首部带来了额外的传输开销。 |
| 分组传输过程中逐段占用通信链路，有较高的通信线路利用率。 | 交换节点存储转发分组会造成一定的时延。 |
| 交换节点可以为每一个分组独立选择转发路由，使得网络有很好的生存性。 | 无法确保通信时端到端通信资源全部可用，在通信量较大时可能造成网络拥塞。 |
| 有利于差错控制，具有更好的灵活性 | 分组可能会出现失序和丢失等问题 |

2.3. 报文交换

- 报文交换是分组交换的前身
- 方式：报文被整个地发送、整体接收完成后才能转发
- 缺点：引起转发时延、需要较大存储缓存空间

2.4. 三种交换方式的对比



- 报文交换和分组交换都不需要建立连接，传送突发数据时可以提高通信线路利用率

3. 计算机网络的定义和分类

3.1. 计算机网络的定义

- 没有精确和统一的定义

3.1.1. 早期的简单定义

互联、自治的计算机集合

3.1.2. 现阶段的一个较好定义

计算机网络主要是由一些通用的、可编程的硬件互连而成的

- 这些硬件
 - 并非专门用来实现某一特定目的（例如，传送数据或视频信号）
 - 而是能够用来传送多种不同类型的数据，并能支持广泛的和日益增长的应用。

3.2. 计算机网络的分类

3.2.1. 交换方式

电路交换、报文交换、分组交换

3.2.2. 使用者

公用网（因特网）、专用网（军队、铁路、电力、银行）

3.2.3. 传输介质

有线网络、无线网络

3.2.4. 覆盖范围

WAN、MAN、LAN、PAN

3.2.5. 拓扑结构

总线形、星形、环形、网状形

4. 计算机网络的性能指标

4.1. 速率

数据的传输速率，也称数据率/比特率

| 数据量的单位 | 换算关系 |
|----------|------------------------------|
| 比特 (b) | 基本单位 |
| 字节 (B) | $1B = 8bit$ |
| 千字节 (KB) | $KB = 2^{10} B$ |
| 兆字节 (MB) | $MB = K \cdot KB = 2^{20} B$ |
| 吉字节 (GB) | $GB = K \cdot MB = 2^{30} B$ |
| 太字节 (TB) | $TB = K \cdot GB = 2^{40} B$ |

| 速率的单位 | 换算关系 |
|--------------|-------------------------------------|
| 比特/秒 (b/s) | 基本单位 |
| 千比特/秒 (kb/s) | $kb/s = 10^3 b/s$ |
| 兆比特/秒 (Mb/s) | $Mb/s = k \cdot kb/s = 10^6 b/s$ |
| 吉比特/秒 (Gb/s) | $Gb/s = k \cdot Mb/s = 10^9 b/s$ |
| 太比特/秒 (Tb/s) | $Tb/s = k \cdot Gb/s = 10^{12} b/s$ |

4.2. 带宽

带宽在模拟信号系统中的意义

- 某个信号所包含的各种不同频率成分所占据的频率范围。
- 单位: Hz (kHz, MHz, GHz)。

带宽在计算机网络中的意义

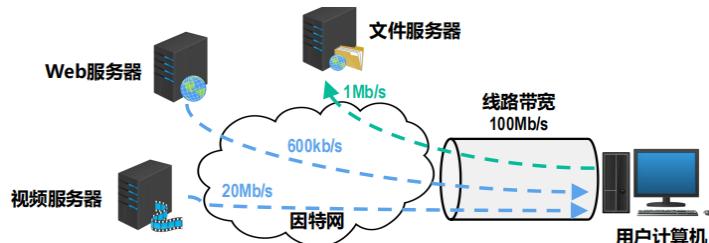
- 用来表示网络的通信线路所能传送数据的能力，即在单位时间内从网络中的某一点到另一点所能通过的最高数据率。
- 单位: b/s (kb/s, Mb/s, Gb/s, Tb/s)。

数据传送速率 = \min [主机接口速率, 线路带宽, 交换机或路由器的接口速率]

4.3. 吞吐量

单位时间内通过某个网络或接口的实际数据量

- 常被用于对实际网络的测量，以便获知到底有多少数据量通过了网络。
- 受网络带宽的限制



$$\text{吞吐量} = 20Mb/s + 600kb/s + 1Mb/s = 21.6Mb/s$$

4.4. 时延

指数据从网络的一端传送到另一端所耗费的时间，也称为延迟或迟延。

- 数据构成：一个或多个分组、甚至是一个比特

4.4.1. 发送时延

$$\text{发送时延} = \frac{\text{分组长度}(b)}{\text{发送速率}(b/s)}$$

发送速率 = $\min[\text{主机接口速率}, \text{线路带宽}, \text{交换机或路由器的接口速率}]$

4.4.2. 传播时延

$$\text{传播时延} = \frac{\text{信道长度}(m)}{\text{信号传播速率}(m/s)}$$

| 介质 | 速率 |
|------|-------------------------------|
| 自由空间 | $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ |
| 铜线 | $2.3 \times 10^8 \text{ m/s}$ |
| 光纤 | $2.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ |

4.4.3. 排队时延

不方便计算、不考虑

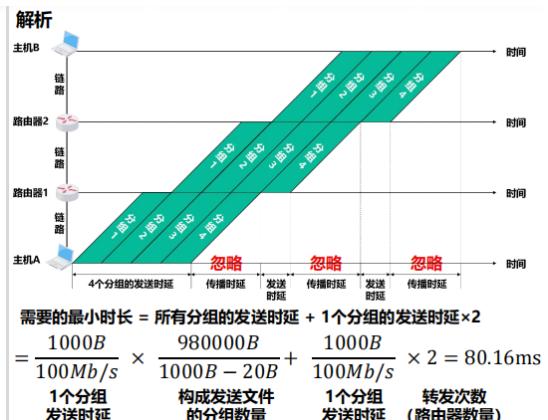
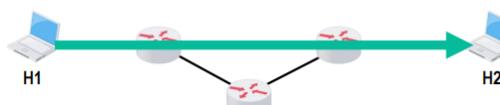
4.4.4. 处理时延

不方便计算、不考虑

[2010年题34]

在下图所示的采用“存储-转发”方式的分组交换网中，所有链路的数据传输速率为100Mbps，分组大小为1000B，其中分组头大小为20B。若主机H1向主机H2发送一个大小为980 000B的文件，则在不考虑分组拆装时间和传播延迟的情况下，从H1发送开始到H2接收完为止，需要的时间至少是(C)。

- A. 80ms B. 80.08ms
C. 80.16ms D. 80.24ms

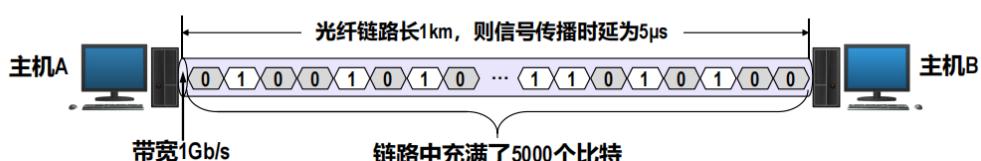


4.5. 时延带宽积

传播时延和带宽的乘积，也称为以比特为单位的链路长度

【举例】 主机A和B之间采用光纤链路，链路长1km，链路带宽为1Gb/s，请计算该链路的时延带宽积。

$$\text{时延带宽积} = \frac{1\text{km}}{2 \times 10^8 \text{m/s}} \times 1\text{Gb/s} = 5000\text{b}$$



4.6. 往返时间 (RTT)

指从发送端发送数据分组开始，到发送端收到接收端发来的相应确认分组为止，总共耗费的时间。

4.7. 利用率

4.7.1. 链路利用率

指某条链路有百分之几的时间是被利用的（即有数据通过）。

- 当某链路的利用率增大时，该链路引起的时延就会迅速增加。

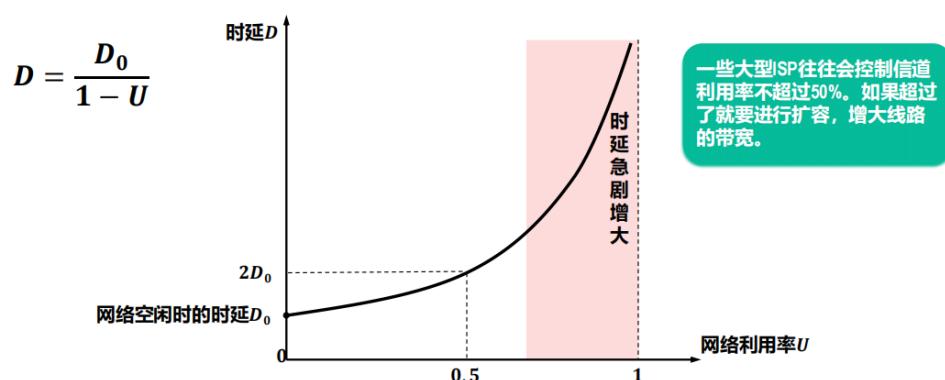
4.7.2. 网络利用率

指网络中所有链路的链路利用率的加权平均。

- 在网络通信量不断增大时，分组在交换节点（路由器或交换机）中的排队时延会随之增大，因此网络引起的时延就会增大。

令 D_0 表示网络空闲时的时延， D 表示网络当前的时延，那么在理想的假定条件下，可用下式来表示 D 、 D_0 和网络利用率 U 之间的关系。

$$D = \frac{D_0}{1 - U}$$



4.8. 丢包率

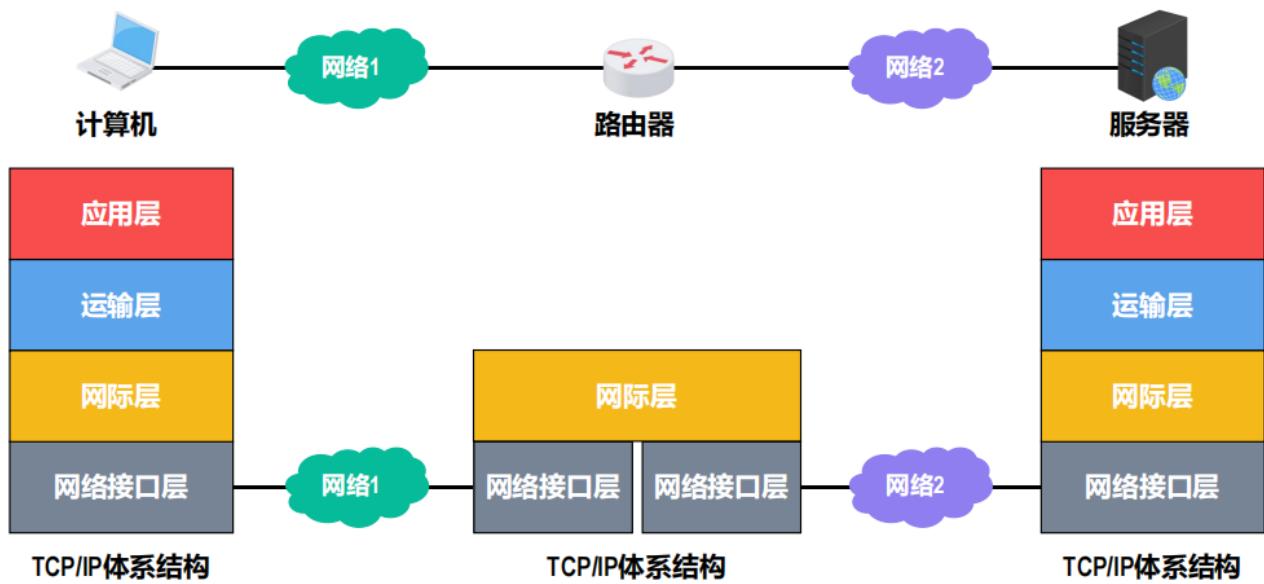
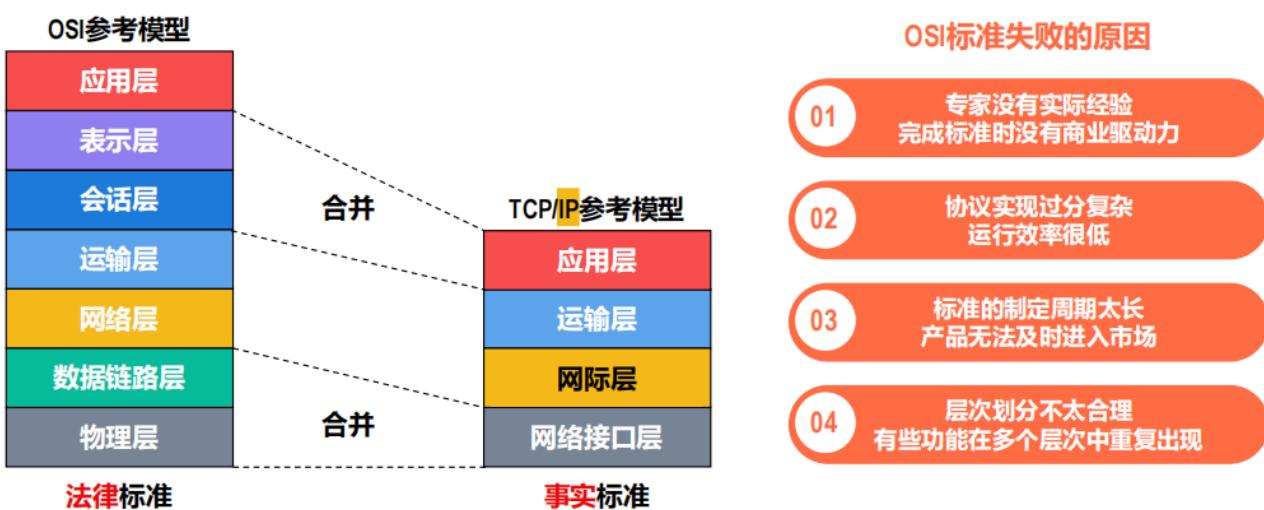
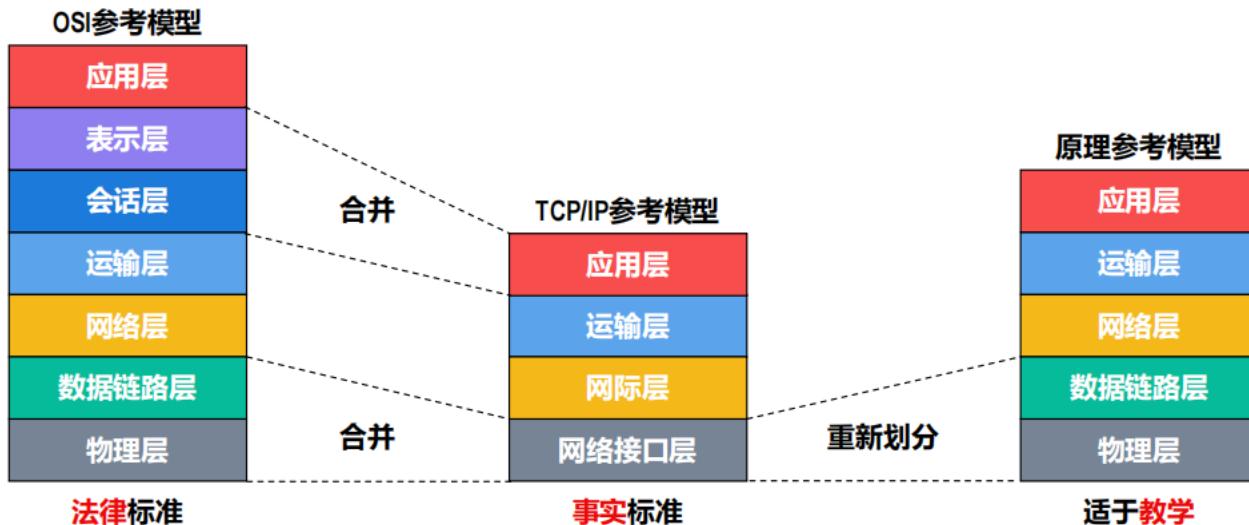
是指在一定的时间范围内，传输过程中丢失的分组数量与总分组数量的比率。

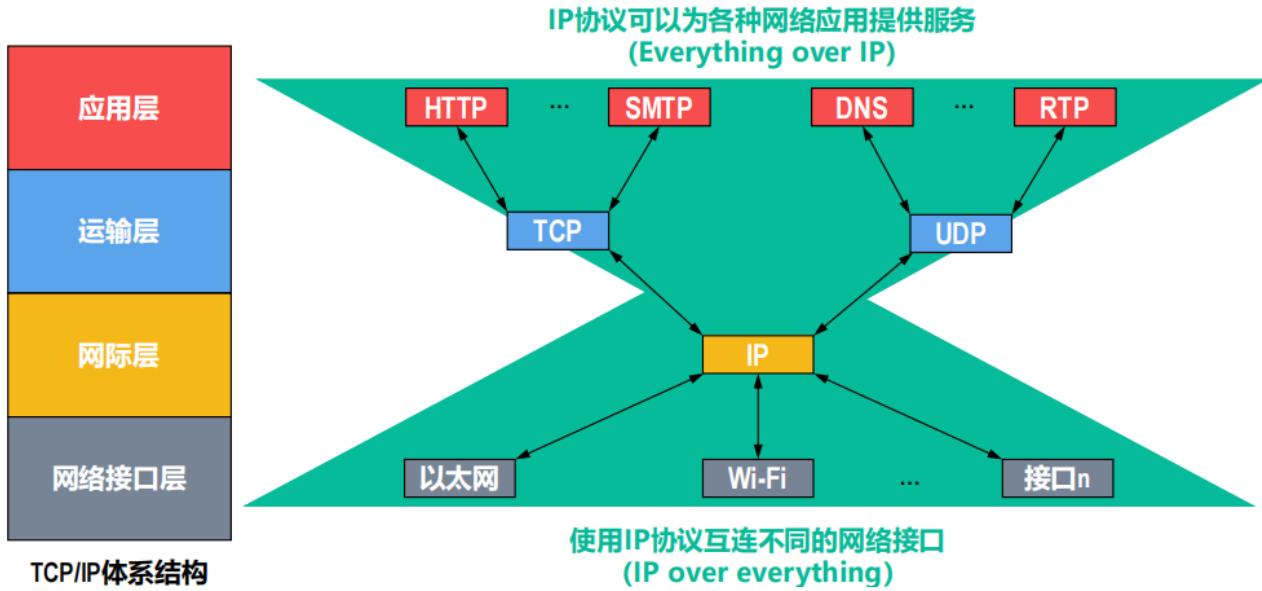
- 分类：接口丢包率、结点丢包率、链路丢包率、路径丢包率、网络丢包率
- 分组丢失主要有以下两种情况：
 - 分组在传输过程中出现误码，被传输路径中的节点交换机（例如路由器）或目的主机检测出误码而丢弃。
 - 节点交换机根据丢弃策略主动丢弃分组。

5. 计算机网络的体系结构

5.1. 常见的三种计算机网络体系结构

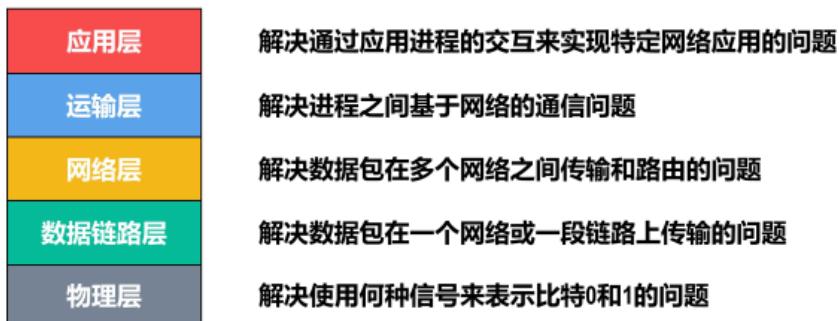
OSI参考模型、TCP/IP参考模型、原理参考模型





5.2. 分层的必要性

- 计算机网络是个非常复杂的系统
- “分层”可将庞大复杂的问题转化为若干较小的局部问题



5.2.1. 物理层

- 解决使用何种信号来表示比特0和1的问题
 - 采用什么传输媒体（介质）
 - 采用什么物理接口
 - 采用什么信号表示比特0和1

5.2.2. 数据链路层

- 解决数据包在一个网络或一段链路上传输的问题
 - 标识网络中各主机（主机编址，例如MAC地址）
 - 从比特流中区分出地址和数据（数据封装格式）
 - 协调各主机争用总线（媒体接入控制）
 - 以太网交换机的实现（自学习和转发帧）
 - 检测数据是否误码（差错检测）
 - 出现传输差错如何处理（可靠传输和不可靠传输）
 - 接收方控制发送方注入网络的数据量（流量控制）

5.2.3. 网络层

- 解决数据包在多个网络之间传输和路由的问题
 - 标识网络和网络中的各主机（网络和主机共同编址，例如IP地址）
 - 路由器转发分组（路由选择协议、路由表和转发表）

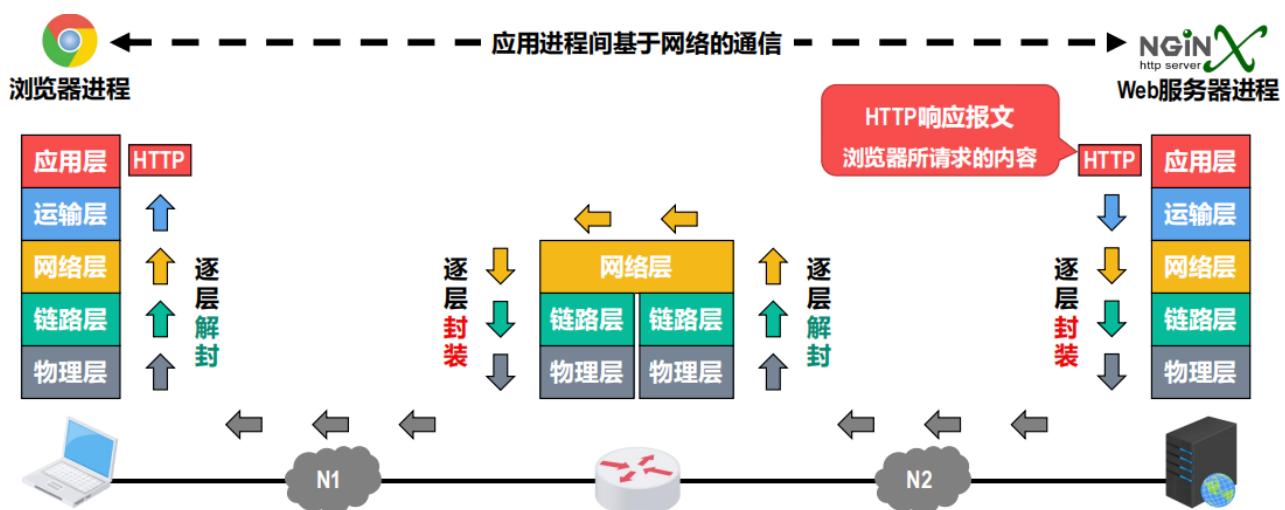
5.2.4. 运输层

- 解决进程之间基于网络的通信问题
 - 进程之间基于网络的通信（进程的标识，例如端口号）
 - 出现传输差错如何处理（可靠传输和不可靠传输）

5.2.5. 应用层

- 解决通过应用进程的交互来实现特定网络应用的问题
 - 通过应用进程间的交互来完成特定的网络应用
 - 进行会话管理和数据表示

5.3. 分层思想举例



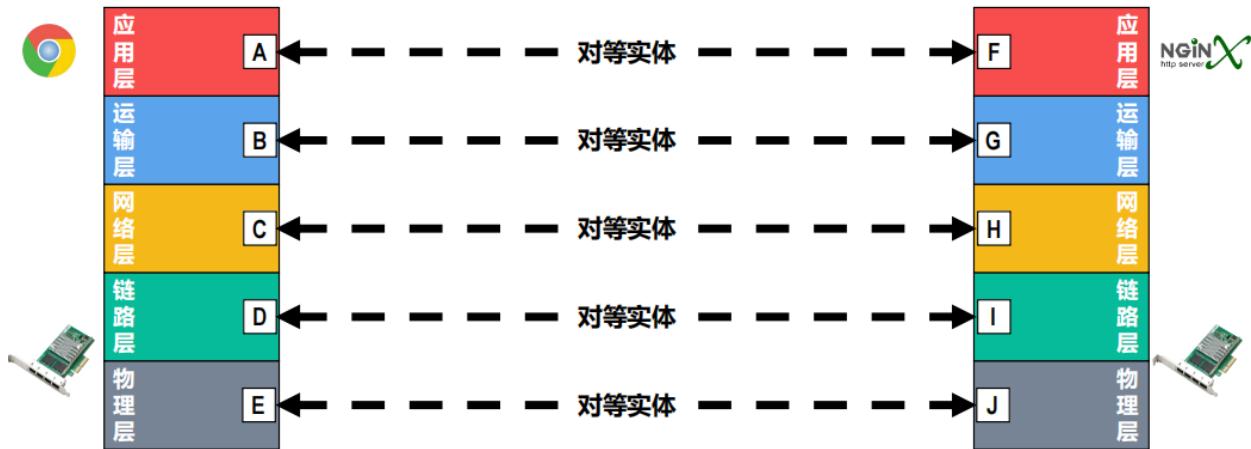
5.4. 专用术语

5.4.1. 实体

指任何可发送或接收信息的硬件或软件进程

5.4.1.1. 对等实体

指通信双方相同层次中的实体。



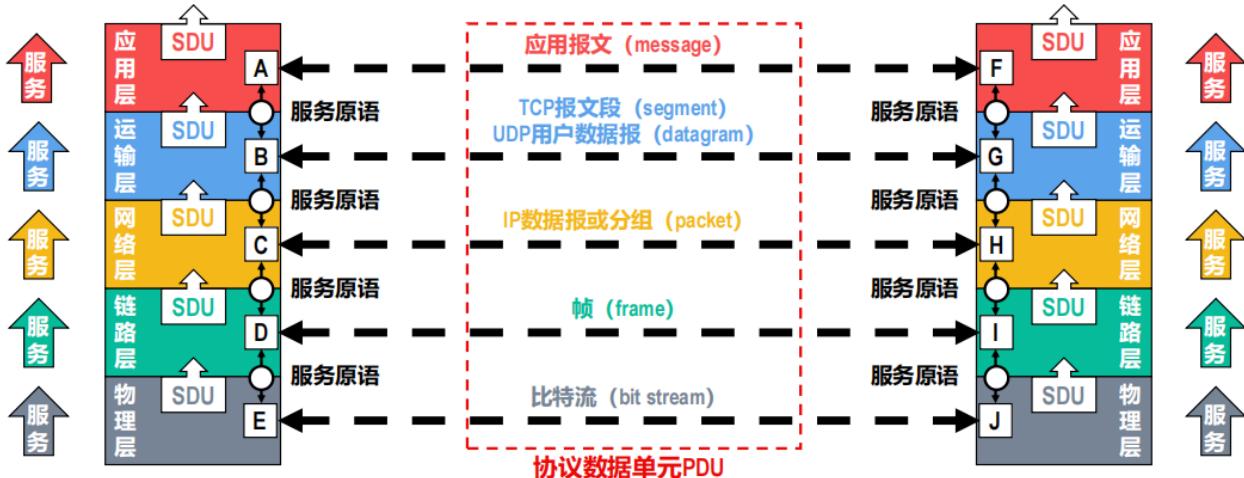
5.4.2. 协议

是控制两个对等实体在“水平方向”进行“逻辑通信”的规则的集合。

- 三要素
 - 语法：定义所交换信息的格式
 - 语义：定义通信双方所要完成的操作
 - 同步：定义通信双方的时序关系

5.4.3. 服务

- 在协议的控制下，两个对等实体在水平方向的逻辑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
- 协议是“水平”的，而服务是“垂直”的。
- 实体看得见下层提供的服务，但并不知道实现该服务的具体协议。
- 下层的协议对上层的实体是“透明”的。
- 服务访问点SAP
 - 在同一系统中相邻两层的实体交换信息的逻辑接口，用于区分不同的服务类型。
 - 帧的“类型”字段、IP数据报的“协议”字段，TCP报文段或UDP用户数据报的“端口号”字段都是SAP。
- 服务原语
 - 上层要使用下层所提供的服务时通过与下层交换的一些命令
- 协议数据单元 (Protocol Data Unit, PDU)
 - 对等层次之间传送的数据包
- 服务数据单元 (Service Data Unit, SDU)
 - 同一系统内层与层之间交换的数据包



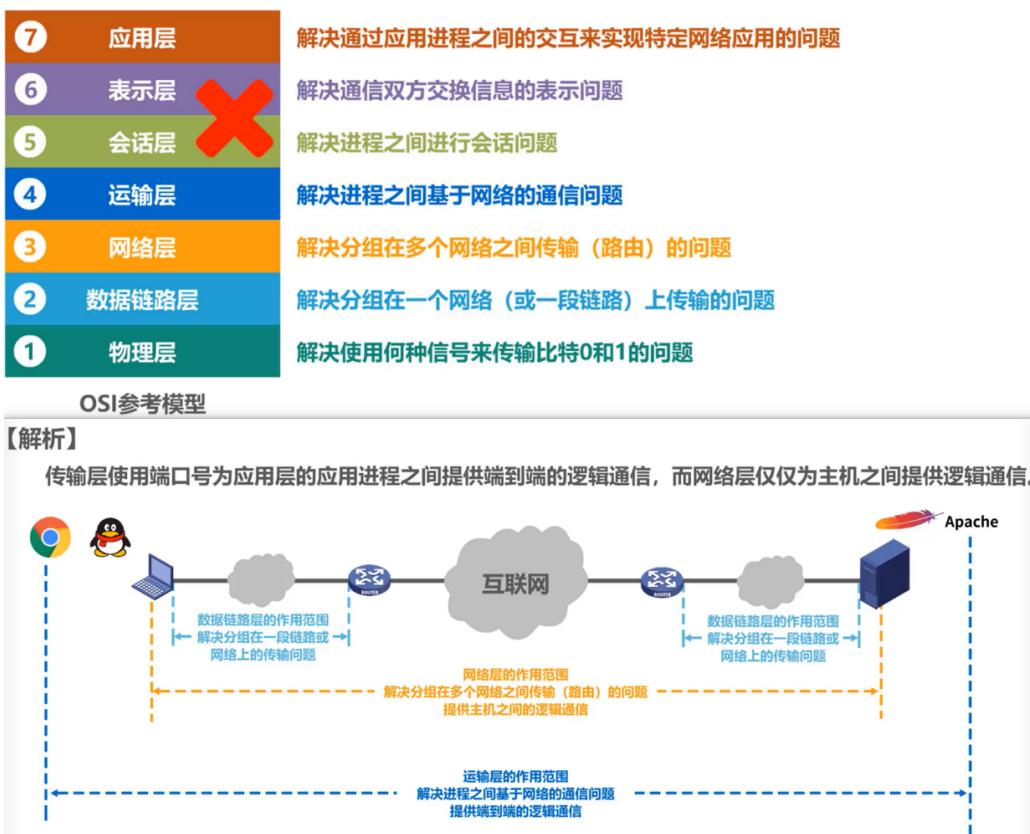
6. 题目

6.1. 体系结构相关

6.1.1. 【2009 33】补充：OSI表示层与会话层的功能、数据链路层、网络层、运输层作用范围

【2009年题33】在OSI参考模型中，自下而上第一个提供端到端服务的层次是 B

- A. 数据链路层 B. 传输层 C. 会话层 D. 应用层

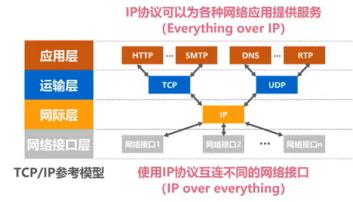


6.1.2. 【2010 33】网络体系结构描述的内容

【2010年题33】下列选项中，不属于网络体系结构所描述的内容是 C

- A. 网络的层次 ✗
C. 协议的内部实现细节 ✓

- B. 每一层使用的协议 ✗
D. 每一层必须完成的功能 ✗



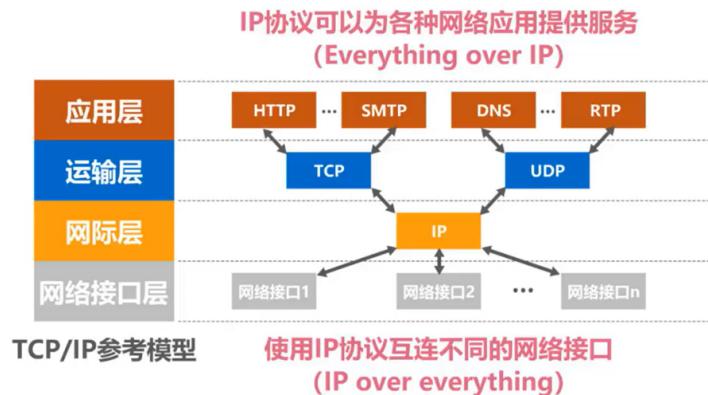
【解析】

计算机网络的体系结构就是计算机网络及其构件所应完成的功能的精确定义。需要强调的是：这些功能的实现细节（例如采用何种硬件或软件），则是遵守这种体系结构的具体实现问题，并不属于体系结构本身所描述的内容。

6.1.3. 【2011 33】TCP/IP参考模型的网路层提供无连接不可靠的数据报服务

【2011年题33】TCP/IP参考模型的网路层提供的是 A

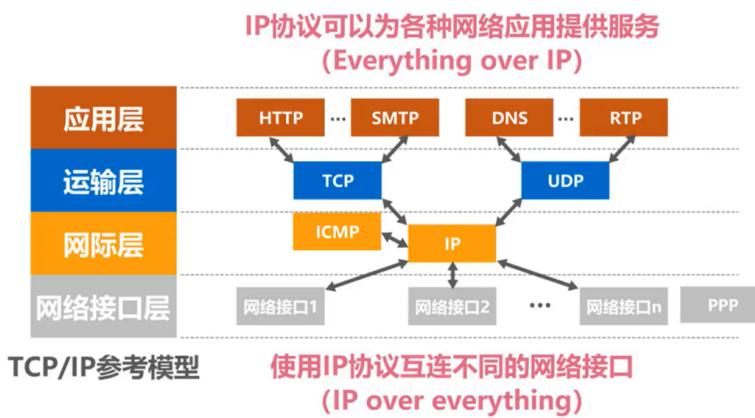
- A. 无连接不可靠的数据报服务
C. 有连接不可靠的虚电路服务
B. 无连接可靠的虚电路服务
D. 有连接可靠的虚电路服务



6.1.4. 【2012 33】TCP/IP体系结构中 IP直接为ICMP提供服务

【2012年题33】在TCP/IP体系结构中，直接为ICMP提供服务的协议是 B

- A. PPP
B. IP
C. UDP
D. TCP



6.1.5. 【2013 33】各层的功能

【2013年 题33】在OSI参考模型中，下列功能需由应用层的相邻层实现的是 B

A. 对话管理 ⑤ 会话层

B. 数据格式转换

C. 路由选择 ③ 网络层

D. 可靠数据传输



【解析】

OSI参考模型应用层的相邻层是表示层。表示层的任务是实现与数据表示相关的功能，主要包括数据字符集的转换、数据格式化、文本压缩、数据加密以及解密等工作。

| | |
|---------|---------------------------|
| ⑦ 应用层 | 解决通过应用进程之间的交互来实现特定网络应用的问题 |
| ⑥ 表示层 | 解决通信双方交换信息的表示问题 |
| ⑤ 会话层 | 解决进程之间进行会话问题 |
| ④ 运输层 | 解决进程之间基于网络的通信问题 |
| ③ 网络层 | 解决分组在多个网络之间传输（路由）的问题 |
| ② 数据链路层 | 解决分组在一个网络（或一段链路）上传输的问题 |
| ① 物理层 | 解决使用何种信号来传输比特0和1的问题 |

OSI参考模型

6.1.6. 【2014 33】传输层为会话层提供服务

【2014年 题33】在OSI参考模型中，直接为会话层提供服务的是 C

A. 应用层

B. 表示层

C. 传输层

D. 网络层

【解析】

网络体系结构中的某层为其相邻上层直接提供服务。在OSI参考模型中，传输层为其相邻上层会话层直接提供服务。

| | |
|---------|---------------------------|
| ⑦ 应用层 | 解决通过应用进程之间的交互来实现特定网络应用的问题 |
| ⑥ 表示层 | 解决通信双方交换信息的表示问题 |
| ⑤ 会话层 | 解决进程之间进行会话问题 |
| ④ 运输层 | 解决进程之间基于网络的通信问题 |
| ③ 网络层 | 解决分组在多个网络之间传输（路由）的问题 |
| ② 数据链路层 | 解决分组在一个网络（或一段链路）上传输的问题 |
| ① 物理层 | 解决使用何种信号来传输比特0和1的问题 |

OSI参考模型

6.1.7. 【2015 33】POP3协议

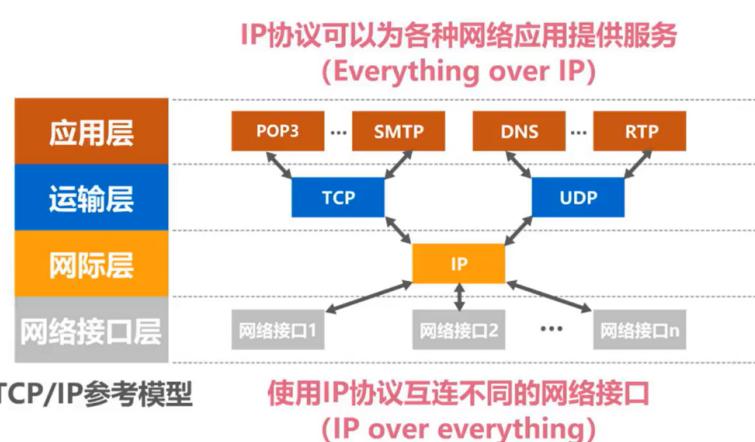
【2015年 题33】通过POP3协议接收邮件时，使用的传输层服务类型是 D

A. 无连接不可靠的数据传输服务

B. 无连接可靠的数据传输服务

C. 有连接不可靠的数据传输服务

D. 有连接可靠的数据传输服务



6.1.8. 【2016 33】 R1、Switch、Hub

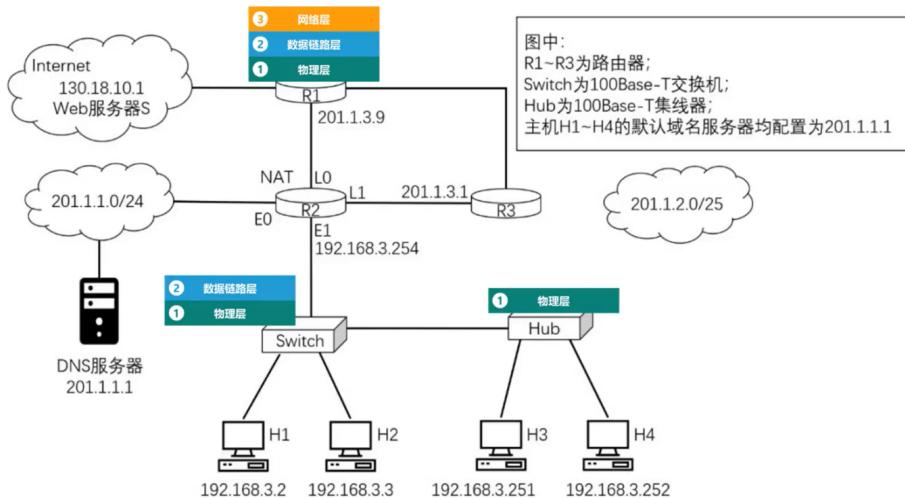
【2016年 题33】 在OSI参考模型中，R1、Switch、Hub实现的最高功能层分别是 C

A. 2、2、1

B. 2、2、2

C. 3、2、1

D. 3、2、2



6.1.9. 【2017 33】 传输效率

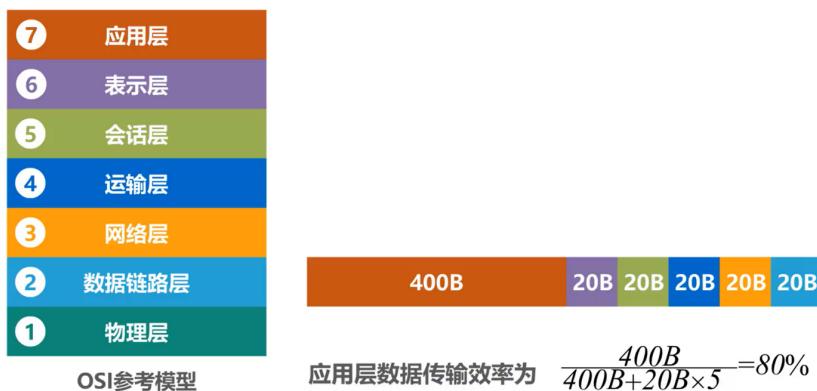
【2017年 题33】 假设OSI参考模型的应用层欲发送400B的数据（无拆分），除物理层和应用层之外，其他各层在封装PDU时均引入20B的额外开销，则应用层数据传输效率约为 A

A. 80%

B. 83%

C. 87%

D. 91%



6.1.10. 【2018 33】 DNS可以使用传输层无连接服务

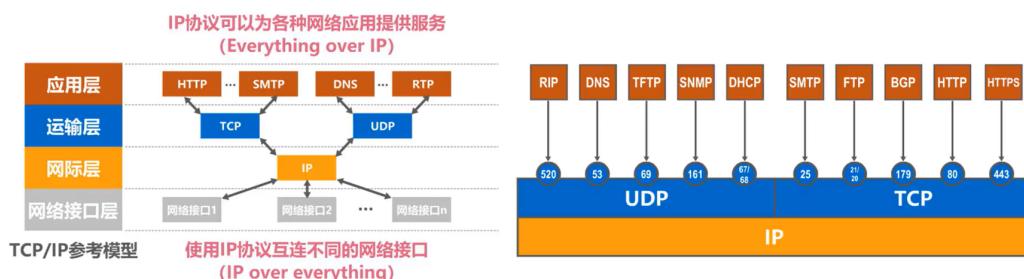
【2018年 题33】 下列TCP/IP应用层协议中，可以使用传输层无连接服务的是 B

A. FTP

B. DNS

C. SMTP

D. HTTP



6.1.11. 练习

【练习 1】在OSI参考模型中，提供分组在一个网络（或一段链路）上传输服务的层次是 B

- A. 应用层 B. 数据链路层 C. 运输层 D. 网络层

【练习 2】TCP/IP体系结构的网络接口层对应OSI体系结构的 A

- | | | | |
|----------|---------|-----------|----------|
| I. 数据链路层 | II. 物理层 | III. 网络层 | IV. 运输层 |
| A. I、II | B. I、IV | C. II、III | D. II、IV |

【练习 3】TCP/IP 协议族的核心协议是

- A. TCP B. UDP C. IP D. PPP

【练习 4】在OSI参考模型中，直接为网络层提供服务的是 D

- A. 应用层 B. 物理层 C. 运输层 D. 数据链路层

【练习 5】假设OSI参考模型的应用层欲发送600B的数据（无拆分），除应用层之外，其他各层在封装PDU时均引入20B的额外开销，则应用层数据传输效率约为 C

- A. 68% B. 76.8% C. 83.3% D. 96%

6.2. 时延相关

6.2.1. [1]

【练习1】有一个待发送的数据块，大小为100MB，网卡的发送速率为100Mbps，则网卡发送完该数据块需要多长时间？

解析

不能直接约分

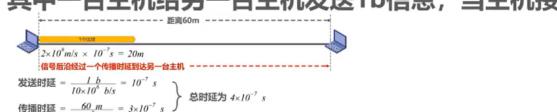
$$\frac{100MB}{100MB/s} = \frac{MB}{Mb/s} = \frac{2^{20}B}{10^6b/s} = \frac{2^{20} \times 8b}{10^6b/s} = 8.388608s$$

$$\text{估算时} \quad \approx \frac{B}{b/s} = \frac{8b}{b/s} = 8s$$

6.2.2. [2]

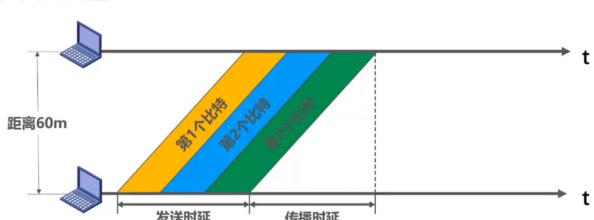
【习题1】两主机间的链路长度为60m，链路带宽为10Mb/s，信号的传播速率为 2.0×10^8 m/s，其中一台主机给另一台主机发送1b信息，当主机接收完该信息时共耗费多长时间？

【解卦】



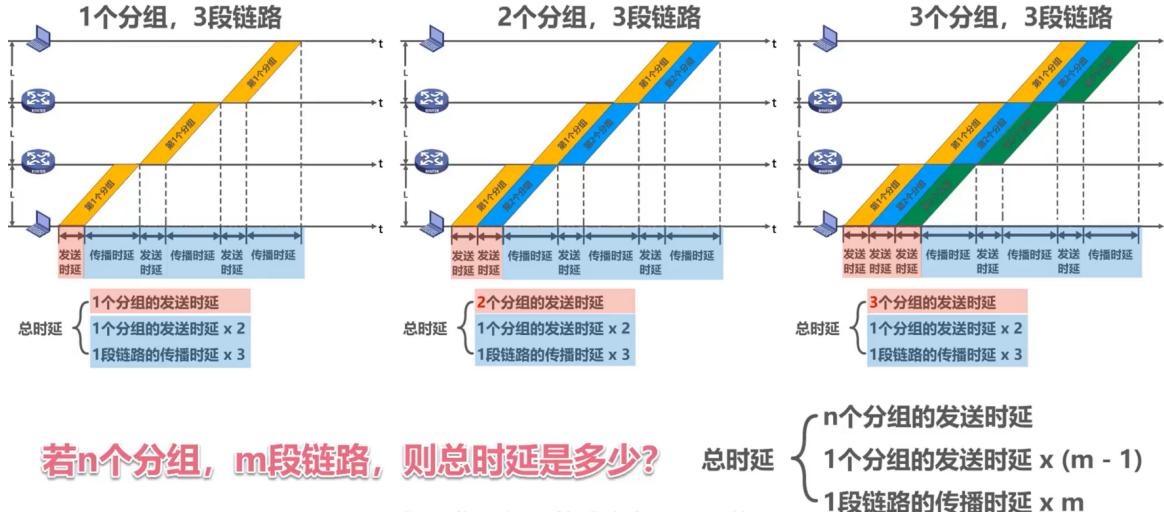
若其中一台主机给另一台主机连续发送n比特信息，当主机接收完该信息时共耗费多长时间？

$$\left. \begin{array}{l} \text{发送时延} = \frac{1}{10 \cdot 10^6 \text{ b/s}} = 10^{-7} \text{ s} \\ \text{传播时延} = \frac{60 \text{ m}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 3 \times 10^{-7} \text{ s} \end{array} \right\} \text{总时延为 } 4 \times 10^{-7} \text{ s}$$



6.2.2.1. 一般结论

假设：分组等长，各链路长度相同、带宽也相同，忽略路由器的处理时延



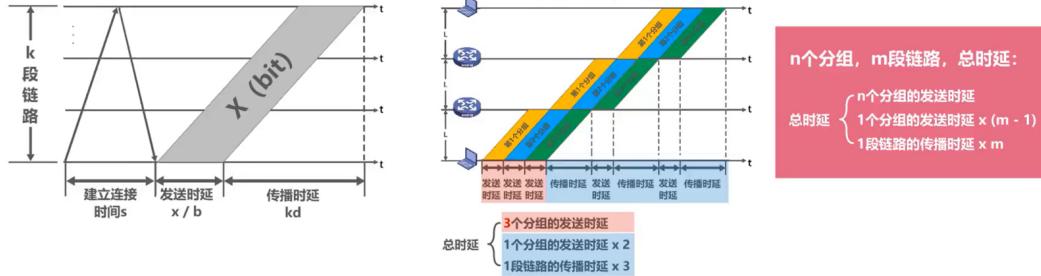
6.2.3. 【3】解不等式

【习题2】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)，带宽为b(bit/s)。在电路交换时，电路的建立时间为s(s)。在分组交换时，报文可被划分成若干个长度为p(bit)的数据段，添加首部后即可构成分组，假设分组首部的长度以及分组在各结点的排队等待时间忽略不计。

问在怎样的条件下，电路交换的时延比分组交换的要大？

【解析】



$$\text{电路交换的时延} = s + \frac{x}{b} + kd$$

$$\text{分组交换的时延} = \frac{p}{b} \times \frac{x}{p} + \frac{p}{b} \times (k-1) + kd$$

$$\text{令电路交换的时延} > \text{分组交换的时延，解得： } s > (k-1) \frac{p}{b}$$

6.2.4. 【4】

【习题3】在习题2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为每个分组的首部，其长度固定，与p的大小无关。通信的两端共经过k段链路。链路带宽为b(bit/s)，但传播时延和结点的排队时间均忽略不计。若打算使总的时延为最小，问分组的数据部分长度p应取多大？

【解析】写出总时延D的表达式：

$$D = \frac{p+h}{b} \frac{x}{p} + \frac{p+h}{b} (k-1)$$

分组数量 转发次数

为了计算D的极值，求D对p的导数，令其为0，如下所示：

$$\frac{k-1}{b} - \frac{xh}{b} \frac{1}{p^2} = 0$$

解出：

$$p = \sqrt{\frac{xh}{k-1}}$$

6.2.5. 【5】 【2013 35】

例2：【考研 2013年35题】主机甲通过1个路由器（存储转发方式）与主机乙互联，两段链路的数据传输速率为10 Mbps，主机甲分别采用报文交换和分组大小为10 kb的分组交换向主机乙发送1个大小为8 Mb (1M=10⁶) 的报文。若忽略链路传播延迟、分组头开销和分组拆装时间，则两种交换方式完成该报文传输所需的总时间分别为

A. 800ms、1600ms

C. 1600ms、800ms

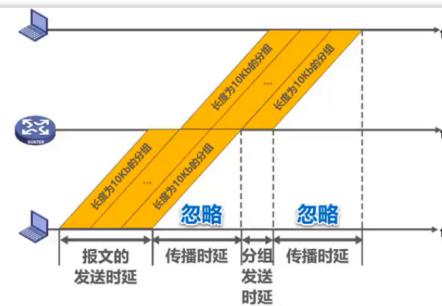
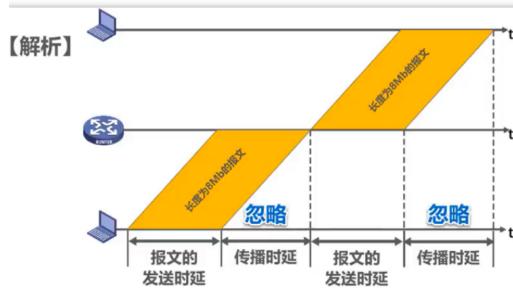
B. 801ms、1600ms

D. 1600ms、801ms

不分组 { 发送时延: $\frac{8Mb}{10Mbps} = 0.8s = 800ms$ } $> 1600ms$
接收时延: 800ms

分组后 {
发送: $\frac{10kb}{10Mbps} = 1ms$
发送第二个时: 第一个开始接收
假设每个分组为 10kb
与共 800 分组 = 801ms
接收

$$\begin{aligned} &\frac{8Mb}{10kb} \\ &= \frac{8 \cdot 10^3 kb}{10kb} = 800 \\ &= 801 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{报文交换总时间} &= \text{报文的发送时延} \times 2 \\ &= \frac{8Mb}{10Mb/s} \times 2 = 1.6s = 1600ms \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{分组交换总时间} &= \text{报文的发送时延} + 1\text{个分组的发送时延} \\ &= \frac{8Mb}{10Mb/s} + \frac{10Kb}{10Mb/s} = 0.801s = 801ms \end{aligned}$$

6.2.6. 【6】 【2010 34】

【2010年题34】

在下图所示的采用“存储-转发”方式的分组交换网中，所有链路的数据传输速率为100Mbps，分组大小为1000B，其中分组头大小为20B。若主机H1向主机H2发送一个大小为980 000B的文件，则在不考虑分组拆装时间和传播延迟的情况下，从H1发送开始到H2接收完为止，需要的时间至少是(C)。

A. 80ms

B. 80.08ms

C. 80.16ms

D. 80.24ms

