

# 计算机网络学习笔记

SpiritTrance

2022 年 7 月 25 日

目录

1	前言	3
2	计算机网络和因特网	4
2.1	什么是因特网	4
2.2	网络边缘	4
2.3	网络核心	5
2.3.1	分组交换	6
2.3.2	电路交换	6
2.3.3	网络的网络	6
2.4	分组交换网中的时延，丢包和吞吐量	6
2.4.1	分组交换网中的时延概述	6
2.4.2	排队时延和丢包	7
2.4.3	端到端时延	7
2.4.4	计算机网络中的吞吐量	7
2.5	协议层次及服务类型	7
2.5.1	分层的体系结构	7
2.5.2	封装	8
2.6	面对攻击的网络	8
2.7	计算机网络和因特网的历史	9
2.8	本章重点回顾	9
3	应用层	10
3.1	应用层协议原理	10
3.1.1	网络应用程序体系结构	10
3.1.2	进程通信	10
3.1.3	可供应用程序使用的运输服务	10
3.1.4	因特网提供的运输服务	10
3.1.5	应用层协议	11
3.1.6	本书涉及的网络应用	11
3.2	Web和HTTP	11

## 1 前言

参考教材：《计算机网络：自顶向下方法》

## 2 计算机网络和因特网

### 2.1 什么是因特网

基本概念：

- **主机(端系统)**：桌面计算机，服务器，移动计算机.....
- **通信链路**：通信的物理媒体，如同轴电缆，铜线，光纤，无线电频谱
- **传输速率**：以bit/s衡量
- **分组**：发送端将数据分段，加上首部字节形成的信息
- **分组交换机**：转发分组的设备，包括：
  - **路由器**：用于网络核心中
  - **链路层交换机**：通常用于接入网中
- **路径**：一个分组从发送端到接收端经历的通信链路和分组交换机
- **因特网服务提供商(ISP)**：提供不同类型的网络接入，ISP也互联，且表现出层级特征
- **协议**：控制信息收发，如**IP(网际协议)**规定端系统到路由器信息收发的格式
- **分布式应用程序**：涉及多个相互交换数据的端系统的应用程序。运行在端系统上
- **套接字接口**：接口规定一个端系统向另一个端系统交付数据的方式

#### 协议(protocol)

协议定义了两个或多个通信实体之间交换的报文的**格式和顺序**，以及报文发送和接受一条报文或其他事件采取的动作

### 2.2 网络边缘

**端系统(主机)**被进一步分为两类：**客户**和**服务器**。

#### 接入网

家庭接入：

- **数字用户线(DSL)**：其ISP为本地电话公司。图见P9 图1-5.

路径：**【家庭PC → DSL调制解调器（数字信号→高频音） → 分配器（接受来自PC和家庭电话的信号，用户一侧分隔数据和电话信号） → 电话线（采取频分复用的技术，0-4kHz为双向电话信道，4kHz-50kHz为中速上行信道，50kHz-1MHz为高速下行信道） → 数字用户线接入复用器（DSLAM，高频音→数字信号，分隔电话和数据信号） → 本地中心局】**

DSL标准定义了多个传输速率，上行速率一般小于下行速率，这种接入被称为是**不对称的**，实际的传输速率分等级，受DSL提供商定制的套餐服务，距离，电气等因素影响。

利用的是**本地电话**基础设施。

- 电缆因特网接入

利用的是有线电视基础设施。

**混合光纤同轴（HFC）**：光缆从电缆头端连接到地区枢纽，从地区枢纽使用同轴电缆接到客户处。

路径：【各家各户→**电缆调制解调器**→同轴电缆→光纤节点→光缆 →**电缆调制解调器系统（CMTS）**】

**特征**：共享广播媒体（下行信道和上行信道共享，通俗地说，人多了网就卡）

- 光纤到户（FTTH）

两种光纤分布体系结构：**主动光纤网络(AON)**，**被动光纤网络(TON)**

路径：【家庭路由器→光纤网络端接器（ONT）→光纤分配器(所有分组在此处**复制**)→光纤线路端接器（光电信号转换）】

企业和家庭接入：

- **以太网** 先接入以太网交换机，以太网交换机再与机构路由器相连。用户接入以太网交换机的速率在100Mbps–1Gbps之间，服务器在1Gbps–10Gbps之间

- **WiFi**

广域无线接入

- **3G**
- **LTE**

物理媒体

- **导引型媒体**：电波沿固体传播
  - **双绞铜线**：便宜常用，常用于**局域网（LAN）**，10Mbps–10Gbps
  - **同轴电缆**：两个同心铜导体构成，可用作**导引型共享媒体**（多对多）
  - **光缆**：传输速率高（10Gbps–100Gbps），不受电磁干扰，衰减低，难窃听，用于长途导引型传输媒体
- **非导引型媒体**：电波在空气中传播
  - **陆地无线电信道**：有穿透性，长距离承载信号。衰落取决于路径损耗，遮挡衰落，多径衰落和干扰。按传播距离分为三类：很短距离，局域，广域（1m，100m，10000m...）
  - **卫星无线电信道**：用于通信的卫星分为**同步卫星**和**近地卫星**

## 2.3 网络核心

**网络核心**：分组交换机和链路构成的网状网络

**网络边缘**：端系统

交换数据有两种方法：**分组交换**和**电路交换**

### 2.3.1 分组交换

**报文：**作用①控制功能②包含数据

**分组：**报文划分出的数据块，通过分组交换机传送

**存储转发传输：**交换机在输入端采取接收到**整个分组**后再向输出链路传输数据。

**存储转发时延**如式(1)所示，其中N为链路条数，R为速率，L为分组大小。

$$d_{\text{端到端}} = N \frac{L}{R} \quad (1)$$

**输出缓存（输出队列）：**多个分组先后来到一个分组交换机，分组交换机一次只能忙于传输一个分组，因此需要缓存，从而产生**排队时延**。如果队列满时又有分组传输进分组交换机，那么会发生**丢包**现象。

每个分组的首部包含了目的地的IP地址。

**转发表：**建立目的地址到输出链路的映射

**路由选择协议：**负责配置转发表

### 2.3.2 电路交换

**电路交换：**端系统会话会建立**端到端连接**，会**预留**所需资源。产生的时延来自于建立链接，正常的传输数据消耗的时间，以及**传播时延**。

#### 电路交换中的复用

**频分复用（FDM）：**链路的频谱由所有连接共享，链路为每一条连接专用一个频段，频段的宽度被称为**带宽**。

**时分复用（TDM）：**时间被划为固定的帧，而帧又划为固定的时隙，每个连接对应一个时隙，进行数据的传输。

对于TDM，有：

$$\text{电路的传输速率} = \text{帧的传输速率} \times \text{时隙中的比特数量} \quad (2)$$

#### 分组交换与电路交换的对比

- 分组交换有更好的带宽共享（资源浪费少），实现简单成本低
- 电路交换预留了资源，如果某些用户没有需求，其对应预留的资源会被浪费
- 总结：电路交换**预留资源**，分组交换**按需分配**

### 2.3.3 网络的网络

因特网由十多个第一层ISP和十万多个较低层ISP构成，有层级关系。层内层间相连，较低层ISP是较高层ISP 的客户。

## 2.4 分组交换网中的时延，丢包和吞吐量

### 2.4.1 分组交换网中的时延概述

下面针对一台路由器的时延展开讨论。

### 时延的类型

- **处理时延**：检查分组首部和决定分组导向何处花费的时间
- **排队时延**：在队列中等待传输所需时间
- **传输时延**：分组从路由器推向链路所需的时间，与分组长度 $L$ 和链路传输速率 $v$ 有关，与**链路长度无关**
- **传播时延**：分组从链路开始到链路结束所需的时间

传播时延和传输时延的区别好比火车穿隧道，火车车身长度不可忽略（如火车100m，隧道1km），火车头进入隧道到火车尾进入隧道的时间是传输时延；火车尾进入隧道到火车尾离开隧道是传播时延。

处理时延和路由器的最大吞吐速率有关，传输距离过长则**传播时延**显著，传输速率过慢，**传输时延**也会比较显著

#### 2.4.2 排队时延和丢包

##### 排队时延

令 $a \text{ pkt/s}$ 为分组到达队列的平均速率，分组的平均长度为 $L \text{ bits}$ ，传输速率为 $R \text{ bps}$ ，则：

**流量强度**： $La/R$ ，在流量工程里面要求**流量强度不能大于1**，否则排队时延会趋于无穷大。

##### 丢包

由于队列长度实际有上限，当流量强度大于1时，因为队列溢出从而出现**丢包**

#### 2.4.3 端到端时延

现在考虑从发送端到接收端的时延，中间途径 $N - 1$ 台路由器，则：

$$\text{端到端时延} = N(\text{处理时延} + \text{传输时延} + \text{传播时延}) \quad (3)$$

注意上式没有考虑排队时延，如果要考虑排队时延，那就是读者的课后习题了（书上说的我不背锅，逃（））

**其他的时延**：端系统有意延迟传输造成的时延，媒体分组化时延（IP语音中，数字化语音**填充**出一个分组所需时间）

#### 2.4.4 计算机网络中的吞吐量

**吞吐量**：由速率直接定义，单位为bps

**瓶颈链路**：一条连接中，传输速率最小的那条链路。整个连接的传输速率取最小值。如果有多个连接经过同一个瓶颈链路，那么每条连接的传输速率会被均分（频分复用/码分复用）。

### 2.5 协议层次及服务类型

#### 2.5.1 分层的体系结构

分层的优点：概念化、结构化

分层的缺点：功能冗余，层内信息缺失

**协议栈**：各层的所有协议。**因特网协议栈**有五层：物理层，链路层，网络层，运输层和应用层。

因特网协议栈

- **应用层**：网络应用程序及应用层协议存留的地方。如HTTP，SMTP，FTP等。应用层协议**分布在端系统**上，位于应用层的信息分组称为**报文**。
- **运输层**：在应用程序端点之间**传送应用层报文**，运输协议有两种：TCP和UDP 。运输层的信息分组称为**报文段**。

**TCP**有流量控制和拥塞控制，而**UDP**没有，故前者可靠，后者不可靠。

- **网络层**：负责将称为**数据报**的网络层分组从一台主机移动到另一台主机。运输层向网络层提交**报文段和目的地址**。协议：包含网际协议和路由选择协议，其中著名的网际协议IP，定义了数据报中的各个字段以及端系统和路由器如何作用于这些字段。
- **链路层**：网络层依赖其将数据报在节点之间进行传输。具体是当前节点，网络层下传数据报给链路层，链路层沿路径到达下一个节点后将数据报上传给网络层。协议：如DOCSIS协议。链路层的分组被称为**帧**。
- **物理层**：将链路层中的一个**比特**从一个节点传输到下一个节点，协议与传输媒体（如双绞铜线，同轴电缆）相关，如以太网有许多物理层协议。

**OSI参考模型**：应用层，表示层，会话层，运输层，网络层，数据链路层，物理层。  
**表示层**：使通信的应用程序能解释交换数据的含义，包括数据压缩，加密和描述。  
**会话层**：数据交换的**定界和同步**功能，包括建立检查点和恢复方案的办法。

2.5.2 封装

**链路层交换机**实现链路层和物理层；而**路由器**实现网络层，链路层和物理层。

数据比较

层级	数据名称	作用
应用层	报文	原始数据
运输层	报文段	应用层报文+首部信息（接收端运输层向应用层交付报文的信息，差错检测位信息）
网络层	数据报	网络层报文段+首部信息（源和目的端系统地址）
链路层	帧	网络层数据报+首部信息

每层的分组有两个字段：首部字段和**有效载荷字段**，有效载荷字段往往来自于上一层。

2.6 面对攻击的网络

流行的攻击类型

- 有害程序
- 攻击服务器和网络基础设施
- 嗅探分组



- 伪装

具体概念参考书上P38-P39，不再赘述（看后期，暂时不想补充了，了解性内容，想补就补）

## 2.7 计算机网络和因特网的历史

略。

## 2.8 本章重点回顾

- 分组交换和电路交换
- 时延、丢包、吞吐量
- 因特网五大层次结构

## 3 应用层

### 3.1 应用层协议原理

#### 3.1.1 网络应用程序体系结构

两种主流体系结构：客户-服务器体系结构，P2P体系结构

**客户-服务器体系结构**：客户间**不直接进行通信**，服务器拥有**固定地址**（称为**IP地址**）

**P2P体系结构**：对专用服务器**依赖最小**（甚至没有），**对等方**（进行连接的主机对）进行直接通信。**自扩展性**是其特性，作用在于一个对等方通信时可以向其他对等方分发文件增加服务能力。

#### 3.1.2 进程通信

基本概念：

- **进程**：运行在端系统中（进行通信）的程序
- **服务器**：发起通信时，等待联系的**进程**
- **客户**：发起通信的**进程**
- **套接字（应用程序编程接口）**：应用层与运输层之间的接口。应用程序开发者对运输层的控制权限主要为**选择运输层协议**，还可以设置最大缓存和最大报文段长度等部分参数。

**进程寻址**：进程寻址时要定义两个信息，一是**主机地址**，二是在目的主机中指定接收进程的**标识符**。其中主机地址由**IP地址**标识，**端口号**用于指定运行在接受主机上的接收进程（接收套接字）。

把主机地址类比于门牌号，进程类比于一栋楼里的房间，那么端口号就可以类比于房间号。

#### 3.1.3 可供应用程序使用的运输服务

应用程序服务要求

**可靠数据传输**：就是指可靠性，部分如多媒体应用可以忍受一定的丢失，这种应用称为**容忍丢失的应用**

**吞吐量**：发送进程向接收进程交付比特的速率。有吞吐量要求的称为**带宽敏感的应用**，能根据当时可用带宽或多或少地利用可供使用的吞吐量的应用为**弹性应用**。

**定时**：保证不迟于多少时间传输完毕。

**安全性**：提供安全性服务，如加密通信。

#### 3.1.4 因特网提供的运输服务

两个经典的运输层协议

**TCP**：包括**面向连接的服务**（握手过程）和**可靠的数据传送服务**（无差错，按顺序，无字节丢失和冗余），还具有**拥塞控制**机制（网络出现拥塞时会抑制发送进程，达到公平共享带宽的目的）

**UDP**：仅提供**最小服务**，**没有握手过程**，**不可靠**，报文可能是**乱序**到达

运输层协议不提供**定时保证**和**吞吐量**，而定时保证在应用设计的时候尽可能保证。

### 3.1.5 应用层协议

**应用层协议**：定义了在不同端系统上如何传递报文，包括：交换的报文**类型**，各种报文类型的**语法**，字段的**语义**，确定一个进程**何时以及如何**发送报文，对报文进行**响应**的**规则**。（报文类型，语义语法，传输及响应规则）。注意**应用层协议是网络应用的一部分**。

### 3.1.6 本书涉及的网络应用

略

## 3.2 Web和HTTP