

## 第一章 计算机网络与互联网络

### 1.1 什么是互联网络

- 从构成的角度来看：
  - 互联网络
    - ◆ 点：（端系统，网络应用） + 路由器
    - ◆ 边：链路
    - ◆ 互联网络 是网络的网络
- 从服务的角度来看：互联网络=能够为应用提供通信服务的**通信架构**(有连接可靠的服务和无连接的不可靠服务)+使用通信服务相互配合工作的**应用**
- 协议： 对等层实体在通信过程中所遵循的规则集合 **理解**
  - ◆ 语法+语义+时序

### 1.2 网络边缘

- 网络的结构= 网络边缘(应用， 主机)+网络核心(路由器)+接入网络与通信链路
- 网络边缘：运行应用的端系统（端系统中的应用交互方式） **理解**
  - C/S 模式，特点
  - P2P 模式，特点
- 利用网络的服务：
  - 面向连接的服务
  - 无连接的服务

### 1.3 网络核心

- 网络核心
  - 组成：网络交换设备如：路由器+链路
  - 功能：数据交换
- 数据交换方式 及比较
  - 分组交换： 存储转发方式， 统计复用 **理解**
    - ◆ VC
    - ◆ Datagram
  - 线路交换
    - ◆ FDM
    - ◆ TDM
    - ◆ WDM

### 1.4 网络接入与物理媒介

- 将端系统连接到边缘路由器的链路或网络
- 住宅接入： 点到点接入
  - ADSL
  - HFC
  - Cable Modem
  - Home Networks

- 机构接入： LAN
  - 以太网
  - WLAN
- 物理链路
  - 导向型介质
  - 非导向型介质
- 常用介质
  - TP 双绞线
  - 同轴电缆
  - 光纤
  - Radio

### 1.5 互联网络结构与 ISP

- 近似层次型结构
  - T-1 ISP
  - T-2 ISP( Regional ISP)
  - Local ISP
- ISP 之间的连接
  - 对等连接
  - IXP
- 内容提供商网络
  - 在全球部署 DC
  - 内容提供商网络在多处与各个 ISP 相联
  - 内容提供商自己部署网络将全球的 DC 相联
    - ◆ 内容提供商 DC 自己之间的访问，通过自己部署的专网
    - ◆ 用户接入后通过离用户最近的 DC 为之服务

### 1.6 分组交换网络中的延迟与丢失

- 延迟的 4 个原因 （计算）-掌握
  - 处理延迟
  - 排队延迟
  - 传输延迟
  - 传播延迟
  - 例如： n 段，分组 L， R， 传播延迟 d 每段如何计算总体延迟；
- 流量强度：  $\text{La/R}$  -掌握
  - 排队延迟 依赖流量强度的公式；
- 丢失原因：缓冲区溢出+出错没通过校验
- 吞吐量：了解
  - 瞬间吞吐量
  - 平均吞吐量
  - 瓶颈链路决定了主机之间的吞吐量（从每段链路获得的大致带宽是  $1/N$ ，瓶颈链路是所有链路段中获得带宽最小的 ）

### 1.7 协议层次与服务模型

- 为什么要分层：网络比较复杂，分层实现比较容易设计，调试，实现；
- 分层：将复杂的网络功能划分成功能明确的层次，上层利用下层提供的服务来实现本层的协议，从而为上层提供更复杂的功能；
- 一些术语和概念：**理解**
  - 服务、服务访问原语、服务访问点
  - 面向连接的服务，无连接的服务
  - 协议，协议数据单元 PDU
  - 服务和协议之间的关系（区别与联系）
- 互联网络分层模型及每一层的功能 **理解**
  - 应用层
  - 传输层
  - 网络层
  - 链路层
  - 物理层
- 封装和解封装

### 1.8 历史 了解

- ARPANET：美国军方资助的分组交换实验网，由于 TCP/IP 架构的包容性、免费使用、架构便于应用创新吸引更多的用户等原因，用户数量、节点数量和应用数量越来越多。
  - NSF 建立 ARPANET 的访问网
  - 民用网络从军用网络脱开，成为现在的互联网。
- 术语：IETF（ITU，IEEE）、RFC

## 第二章 应用层

原理+应用实例+SOCKET 编程

应用的开发只集中在端系统上，对路由器没有任何改变=》互联网架构鼓励应用创新

### 2.1 网络应用原理

- 应用架构
  - C/S
  - P2P
  - 混合
- 进程间通信
  - 同主机：操作系统定义的通信方法
  - 不同主机：利用网络提供的架构交换报文
- SOCKET
  - 一个整数，OS 用于标示应用通信关系所采用的本地标示
  - TCP： 连接的本地标示
  - UDP： 端节点的本地标示
- 进程编址：IP+PORT（本质上在传输层上应用了端口号，用于区分应用，TCP 和 UDP 使用端口号的方式不同）
- 应用所需要的服务需要考虑的因素（网络所提供的主要指标）
  - 丢失率可靠性
  - 延迟、延迟差（抖动）
  - 带宽
  - 安全性
- 传输层协议
  - TCP 提供的服务特性：可靠字节流服务，面向连接，流量控制，拥塞控制
  - UDP 提供的服务特性：无连接，不可靠的服务
  - 都能够提供进程的标示，区分不同的进程

### 2.2 WEB 和 HTTP

- WEB 应用包括：
  - HTTP 协议
  - HTML
  - CLIENT, SERVER
- 术语：网页， 对象， 引用 URL
- HTTP 协议
  - 定义了 C 和 S 之间通信的报文格式， 解释和时序
  - HTTP 连接
    - ◆ 持续性连接
    - ◆ 非持续性连接
  - 往返延迟 RTT 和对象的抓取时间

- 报文格式
  - ◆ 请求报文
    - 方法
  - ◆ 响应报文
    - 状态码
- COOKIES
- WEB 缓存
  - 作用：通过本地命中，减少这些对象的访问延迟；进一步减少接入链路的流量强度，从而降低派对延迟带来总体平均延迟的减少；减轻服务器的负担。
  - 优点：通过一个实例，计算不要求；

### 2.3 FTP（不要求）

- 作用：在 CS 之间传输文件
- 构成
  - C
  - S
  - FTP
- FTP 的连接
  - 控制连接(带外传输)
  - 数据连接
- 命令和响应

### 2.4 EMAIL

- 电子邮件应用的构成
  - 用户代理
  - 邮件服务器
  - SMTP
- 邮件报文格式解析
  - 报文头
  - 报文体
  - MIME：邮件多媒体扩展，可以在邮件中编解码多媒体内容
- 邮件存取协议
  - 作用
  - 常用
    - ◆ IMAP
    - ◆ POP3

### 2.5 DNS

- DNS 作用：完成域名到 IP 地址的转换（还包括，别名->正规名字；邮件服务器名字->正规名字转换等），应用层面的互联网基础设施。其他应用使用的应用。

- DNS 的概念： 分布式、层次数据库
  - 命名是分层的；
  - 域名信息存储和服务是分布的，每个域名服务器担任一个区域 ZONE 的名字到 IP 地址的权威转换，也缓存名字-ip 信息的转换。
- DNS 的构成
  - 解析器：本地应用
  - 域名服务器
  - DNS 协议
    - ◆ 报文：请求和应答格式相同
    - ◆ RR：资源记录
- 域名解析的过程(解析器->本地 DNS 服务器->上层域名服务器->...->权威名字服务器， 返回)
  - 递归解析
  - 叠代解析
- DNS 缓存
  - 作用
  - 本地缓存+服务器缓存

## 2.6 P2P( 了解： P2P 的概念和优势即可)

- P2P 概念： 每个对等体即是客户端又是服务器；
  - P2P 网络是这些 peer 构成的应用层面的逻辑网络
  - P2P 网络比 C/S 方式分发内容快的原因: 这些 peer 节点参与到内容的上载，流量和服务都是分布的，可扩展性；
- 典型 P2P 应用及其原理（不要求）
  - Napster：知道名词
  - Gnutella：知道名词
  - KaZaA：知道名词
  - BT：知道名字
  - DHT：

## 2.7 视频流化服务和 CDN 了解

- 服务器向客户端进行视频流化的方式：UDP 流化，http 流化，DASH (Dynamic, Adaptive Streaming over HTTP)
- DASH 流化的过程
  - 客户端获取告示文件
  - 客户端按照情况，向（可能是不同的）服务器请求不同视频质量的内容块，客户端智能；
- CDN：
  - 单个服务器，或者服务器群向客户端提供海量内容并发服务的问题：扩展性差
  - CDN：原理
    - ◆ 应用层面的协作服务网络
    - ◆ 在全网部署缓存节点，内容预先部署到 CDN 缓存节点上；

- ◆ 用户请求通过域名解析重定向向离自己“最近的节点”请求内容
- 缓存节点放置的方式
  - ◆ Enter Deep
  - ◆ Bring Home

## 2.9 TCP 的 SOCKET 编程 理解

- SOCKET 概念：TCP 连接的本地标示，向这个 SOCKET 写就是发送给对方的进程；从 SOCKET 中读，就是读取对方发送过来的数据；
- SOCKET API：创建，使用（读和写），关闭；
- TCP SOCKET 数据传输的特点：面向连接，可靠字节流服务
- TCP SOCKET 编程
  - 建立 SOCKET
    - ◆ 客户端 TCP 实体动作： 和服务器端的 TCP 实体握手沟通
    - ◆ 服务器端的动作
    - ◆ 三次握手
  - 使用 SOCKET
  - 关闭 SOCKET

## 2.10 UDP 的 SOCKET 编程 理解

- UDP SOCKET 数据传输的特点
- 编程 不要求
  - 建立 SOCKET(之前客户端 UDP 实体和服务器不用握手，不为之后的通信做准备)
  - 使用
  - 关闭

## 第三章 传输层

### 3.1 传输层服务

- 传输服务：能够使端系统应用之间进行逻辑通信
- 传输协议：运行于端系统的 2 个对等传输层实体相互通信应该遵守的规则集合
- 传输服务和网络服务的区别
  - 网络服务：主机到主机的通信
  - 传输服务：进程到进程的通信
- 互联网络传输层协议
  - TCP：有连接，可靠保序数传服务
  - UDP：无连接，不可靠，不保序的数传服务

### 3.2 复用与解复用

- 复用：源端多个上层应用收集数据：应用报文，封装报文
- 解复用：接收端将数据按照端口号（结合 IP 地址）给相应的 SOCKET 对应的应用
- 复用和解复用的工作原理：IP PORT
  - TCP 有连接情况：SOCKETS 为 4 元组
  - UDP 无连接情况：SOCKETS 为 2 元组

### 3.3 无连接传输层协议 UDP

- UDP 的必要性：有些应用对实时性比较在乎，对可靠性要求不高
- UDP 报文（无连接的，因此叫做 UDP 数据报）格式
  - UDP 报文校验和的计算 理解

### 3.4 可靠数据传输原理

- 协议演进的方式讲解如何进行 RDT
  - 加入一些假设，简单的协议可以提供 RDT 服务
  - 去掉一些假设，需要协议实体做相应的变化从而能够进行 RDT
- 技术机制 理解
  - 校验和，正向确认，反向确认
  - 序号：检查重复
  - 只有正向确认的机制
  - 检错重发和超时重发：处理丢失
    - ◆ 滑动窗口
- 利用率计算 了解
  - 停止等待技术：链路带宽延迟积（容量）效率低
  - 管道技术：在未经对方确认的情况下，可以连续发送多个 PDU
    - ◆ GBN：发送窗口大于 1，接收窗口=1（只能顺序接收；发送方只设置一个超时定时器，一旦出错，返回到出错的那一个 PDU 重发）
    - ◆ SR：发送窗口大于 1，接收窗口大于 1（能够乱序接收；发送方为



每个发送出去的 PDU 设置超时定时器，哪个超时重发哪个）

### 3.5 有连接传输层协议：TCP

- TCP 服务特性
  - 点-点；可靠保序 字节流；管道（在未加确认情况下一一次次传多个未经确认的段）；缓冲；全双工；面向连接；流控制；
- TCP 段结构
  - 各个字段的作用
  - 连接建立时协商好双方的起始序号；
  - 序号是首字节在字节流的偏移量；
  - 确认：是对顺序收到的最后一个字节+1
- RTT 时间估计和重发超时时间估计
  - 移动平均计算：平均往返延迟
  - 移动平均计算：当前往返延迟采样值 与 平均值的 偏差
  - 平均值+4 偏差
- TCP 的可靠数据传输原理
  - 快速重传：在没有超时情况下，收到对方对于某一个段的重复三次（一共 4 个）ACK
- 流量控制
  - 流控目的：防止淹没接收方
  - 流控手段：将接收窗口大小捎带方式传递给发送端
- TCP 连接管理 理解
  - 连接建立： 3 次握手技术 对双方选择的初始序号给予确认，准备好缓冲区
    - ◆ 第一次握手：SYN=1， ACK=0；发起端的序号
    - ◆ 第二次：syn=1， ack=1；被呼叫方的序号
    - ◆ 第三次：(syn=0) ack=1
  - 连接拆除：对称，存在 2 军问题不完美（也不存在完美释放连接的方案，用定时器凑合解决）
  - 连接状态及其变迁

### 3.6 拥塞控制原理

- 拥塞的概念，什么是拥塞，为什么会发生拥塞
- 拥塞控制目的
- 拥塞控制手段 理解
  - 端到端的拥塞控制：TCP 采用这种方式
  - 网络辅助的拥塞控制：ATM 网络标志和携带拥塞信息，反馈给主机（不要求）

### 3.7 TCP 的拥塞控制原理

- TCP 拥塞控制原理 -掌握
  - 检测拥塞：超时（拥塞，存在误判的可能性，但是概率比较低）、三个冗余 ACK（轻微拥塞）

- 拥塞控制机制：AIMD 慢启动 超时之后的保守策略
- TCP 拥塞控制的 2 种算法：
  - ◆ Tahoe: 超时事件和 3 个冗余 ACK 处理一样的 不要求
  - ◆ reno 算法（超时事件发生和 3 个冗余 ACK 处理不一样 - 掌握）
- 平均延迟和超时定时器时间的设置
  - JACSON 算法（具体初始化和迭代算法 不要求）：
    - ◆ 平均往返延迟公式
    - ◆ Dev 算法：第一个 超时时间=延迟的 1/2，初值设置；后面按公式
    - ◆ 超时时间设置： $es+4dev$
- TCP 公平性：了解
- TCP 的吞吐量计算：不要求

## 第四章 网络层之数据平面

### 4.1 简介

- 网络层的主要服务和功能
  - 服务：向传输层提供主机到主机的段传输服务
  - 功能 1--转发，数据平面功能：从路由器的一个端口流入，从另外一个端口流出
  - 功能 2--路由，控制平面的功能：决定从源到目的的路径
    - ◆ 2 个功能相互配合将数据报从源传送到目标主机；关联是转发表、流表
- 实现网络层功能的两种方式
  - 传统方式：
    - ◆ 控制平面和数据平面功能垂直集成在每个设备上（路由器）；
    - ◆ 控制平面功能：路由协议实体分布式地计算路由表；
    - ◆ 数据平面的功能：IP 协议按照路由表进行分组的转发；
  - SDN 通用转发方式
    - ◆ 控制平面和数据平面分离，在不同设备上实现；
    - ◆ sdn 控制器集中式计算、下发流表实现控制平面功能；
    - ◆ sdn 分组交换机按照流表对到来的分组进行转发，实现数据平面的功能
- 网络层提供服务的一些重要指标
  - 带宽
  - 延迟，延迟差
  - 丢包与否，丢包率

### 4.2 路由器结构和工作原理

- 路由器的 2 大功能 **理解**
  - 路由协议：结果形成路由表(转发表)
  - 转发分组：使用转发表转发分组，交换
- 构成
  - 输入端口：线路终端实现物理层功能、链路协议实体实现链路层功能，网络层功能实现分布式分组转发；
    - ◆ 最长前缀匹配
  - 交换结构：基于内存的，基于 bus 的，基于 CROSSBAR 的
  - 输出端口三个层面的功能
    - ◆ 网络层可以实现分组的调度：FIFO, RR, WFQ
    - ◆ 调度支持对多媒体分组等优先级分组的传输支持
  - 路由处理器：控制各部分协调工作

### 4.3 互联网网络层协议

- IP 网络提供的服务模型：尽力而为
  - 包括含义：丢包、乱序、不可靠、（可能包括重复）
- 网络层构成

- IP 协议 路由选择协议 ICMP 协议
- 转发表
- IP 数据报格式
  - 各个字段的作用
  - 分片和重组 -**掌握**
    - ◆ 一个分组的总体大小超过了转发链路的 MTU，因此要切片
    - ◆ 到目标主机重组
- IP 编址
  - IP 地址：主机或路由器和网络接口的标识
  - 子网
    - ◆ 在一个子网内的设备之间的通信有 2 个特点：1) 通信无需借助路由器；2) 子网前缀一样；
  - IP 地址分类：ABCDE
  - 特殊 IP 地址
  - 子网掩码和 CIDR
- NAT 不要求
- DHCP 协议：上网主机获得 IP、掩码、默认网关和 local name server
- 路由聚集：连续的子网前缀的子网可达信息可以做聚集，减少向外部传输路由的数量，减少路由计算的负担。支持大概的路由聚集，与此对应的是最长前缀匹配的措施
- IPV6
  - IPV6 格式（固定头部长度 40B），地址：128bits
  - IPV6 的变化
  - IPV4 到 IPV6 的迁移
    - ◆ 隧道 **理解**

#### 4.4 通用转发和 SDN

- SDN 方式控制平面和数据平面分离的优点 **理解**
  - 集中在控制器上实现控制逻辑，网络可编程，可以实现各种复杂的网络功能、新功能（一次部署，持续升级）、方便管理
  - 形成开发生态（控制器，分组交换机，网络应用，在一个开放的框架下协作）
  - SDN 分组交换机按照计算出的流表进行分组转发、通用、便于升级
- 分组交换机工作原理 **理解**
  - 模式匹配+行动（不仅仅是转发，还可以组播，泛洪，修改字段和阻塞等）
  - 进来分组，按照各级字段匹配流表，按照相应的行动动作分组
  - 按照优先权进行判断；之后，统计计数

## 第五章 网络层之控制平面

### 5.1 概述

- 两种方式实现控制平面功能：传统方式和 SDN 方式
- 传统方式：在每个路由器上分布式实现路由功能
- SDN 方式：在 SDN 控制器上由网络应用集中式计算、生成流表

### 5.2 路由选择算法

- 路由目标：根据收集到的路由信息（拓扑，链路代价等）计算出源到目标较好的路径，代价比较低的路径
  - 主机-主机的路径 == 路由器到路由器的路径；
  - 路由目标实际上是计算出节点的汇集树；
  - 路由原则：完整正确，简单，健壮，稳定公平，最优（次优）
- 路由分类
  - 静态和动态（自适应）
  - 局部和全局的
- LS 算法：全局的路由选择算法，工作原理 **-掌握**
  - 每个节点收集邻居信息，生成 LS；LS 全网泛洪
  - 节点收集 LS 状态分组，形成网络拓扑
  - 按照最短路径算法算出到其他节点的最优路径
- DV 算法：局部的路由选择算法，工作原理 **-掌握**
  - 每个节点维护到所有其他节点的下一跳和代价值
  - 邻居节点之间定期交换 DV
  - 按照 Bellman-Ford 不断迭代生成到所有目标的代价和相应的下一跳
- 层次路由 **理解**
  - 一个平面解决路由的问题：计算、传输和存储路由信息的量太大，不具备可扩展性，也不满足不同网络运营方不同的管理需求
  - 分成 AS，AS 内部之间的节点路由由**内部网关协议**解决；AS 之间的路由，分层解决（路由到网关，由网关路由到目标网关，到了目标 AS 内部，采用 AS 内部的路由解决）
  - 优势：分层路由，解决了规模性问题，管理性问题

### 5.3 互联网络的路由协议

- 路由协议分类
  - 内部网关协议 IGP
    - RIP
    - OSPF：AS 内部支持分层路由，同时支持多种代价
    - IGRP
  - 外部网关协议 EGP
    - ◆ BGP
      - 网关路由器参与 AS 内部路由计算，收集 AS 内部子网可达信息
      - 网关路由器通过 AS 间路由向其他 AS 网关通告子网可达信息
      - 网管路由器还转发“过手”子网可达信息，但是 AS 路径要加上

它自己 AS 编号（防止形成环路）

- 网关路由器通过 i-BGP 向 AS 内部所有路由节点通告收集到的子网可达信息
- 内部路由器，通过 AS 内路由和 AS 间路由共同决定向 AS 外部子网的下一跳（内部网关协议决定如何往网关，外部网关协议决定通过那个网关可到达 AS 外部子网）

- 内部网关协议和外部网关协议的对比 了解
  - ◆ 内部网关协议重视效率，性能
  - ◆ 外部网关协议重视策略：经济策略和政治策略

#### 5.4 SDN 控制平面

- 在控制器上集中实现控制功能
- 控制器和 SDN 交换机按照 openflow 等南向接口协议等下发流表，上报设备状态
- SDN 控制器按照北向接口和网络应用打交道

#### 5.5 ICMP 协议 了解

- 作用：包括错误，echo 请求和应答
- 报文类型

## 第六章 数据链路层与局域网

### 6.1 引论

- 链路层提供的服务
  - 成帧、链路存取控制（链路访问控制）
  - 在相邻节点间进行可靠数据传递
  - 流量控制
  - 检错
  - 纠错
  - 全双工和半双工服务
- 链路层网络节点的连接方式
  - 点到点方式：比较适合广域
  - 多点连接的方式：比较适合局域、联网方便，但是需要解决 MAC 问题

### 6.2 检错与纠错

- 检错原理
  - 奇偶校验
  - CRC -**掌握**
    - ◆ 原理
    - ◆ 生成多项式
    - ◆ 冗余位计算方法以及验证方法

### 6.3 多路访问协议

- MAC 的必要性
- MAP
  - 信道划分
    - ◆ TDMA
    - ◆ FDMA
    - ◆ CDMA：删掉
  - RAP：随机访问协议
    - ◆ slotted ALOHA
    - ◆ ALOHA
    - ◆ CSMA, CSMA/CD（至少  $2t$  长度帧）, CSMA/CA
  - 轮转协议：不要求
    - ◆ 令牌协议

### 6.4 链路层编地址

- MAC 地址
  - 格式
  - 分配
- MAC 地址和网络层 IP 地址的区别
  - 层次不同
  - MAC 地址平面的，用于标示一个物理网络的不同站点；IP 是可以聚集

的，便于计算路由；

- ARP 协议
  - 目的：物理网络范围内 IP 地址到 MAC 地址的转换
  - 工作原理：广播查询，单播应答

## 6.5 以太网

- IEEE802.3 标准，链路层和相应的物理层
- 以太网络的帧结构
- 向上提供服务的特点
  - 无连接
  - 不可靠
- 访问控制技术：
  - CSMA/CD -掌握
  - 指数后退
- CSMA/CA 理解
- 编码
  - Manchester 编码

## 6.6 HUB 和交换机

- HUB 连接方式的问题：无法隔离冲突，在一个冲突域之中
- 交换机的工作原理
  - 选择性转发
  - 自学习
  - 流量隔离
  - 专用接入
- 路由器和交换机的区别 理解



## 第八章 网络安全

### 8.1 网络安全含义

- 网络安全含义 理解
  - 机密性
  - 可认证性
  - 报文完整性
  - 接入控制与服务可用性
- 网络安全威胁
  - 截获
  - 插入
  - 欺骗
  - 劫持
  - DOS

### 8.2 加密原理

- 加密技术
  - 对称加密
    - ◆ 替换
    - ◆ DES
    - ◆ AES
  - 公开密钥加密 理解
    - ◆ RSA(公钥, 私钥, 加密和解密, 特点)

### 8.3 认证原理

- 目的
- 使用对称加密技术进行认证的工作原理 了解
- 使用公开密钥加密体系进行认证 工作原理 理解

### 8.4 报文完整性

- 目的：可鉴别性、不可伪造性、不可抵赖性
- 手段：数字签名 理解
- 问题
- 报文摘要
  - MD5
  - SHA-1
- 改进：加密报文摘要

### 8.5 KDC 和 CA

- KDC 工作原理
- CA 工作原理
  - 数字证书 理解

### 8.6 防火墙和 IDS(IPS) 理解

- 作用
- 组成
  - 包过滤器
  - 应用网关
- 工作原理

#### 8.7 攻击与策略 不要求

#### 8.8 多层次的安全

- 安全电子邮件 -**掌握**
  - 提供机密性的电子邮件
  - 发送者认证和报文完整性
  - 提供机密性， 发送者认证和报文完整性的电子邮件
- 安全 SOCKETS 不要求
- IPSEC 不要求
- 802.11 的安全性 不要求