

一、概论 描述因特网（基本软硬件，分布式和基设）连接（通信链路，分组交换机（路由器（网络核心），链路层交换机（接入网）），ISP（因特网服务提供商），RFC（IETF的标准文档，请求评论）。

套接字接口（规定程序请求基设向另一端上特定目的地程序交付数据的方式），协议（实体交换报文格式和顺序，以及报文收发或其他事件的操作）

边缘（端（桌面机，服务器，移动机），（客户，服务器））。接入网（将端连接到边缘路由器（端到端第一台路由器）的网络），家庭（DSL（数字用户线）（本地电话基设），有线电视基设）（有线电视调制解调器），FTTH（光纤到户），5G 固定式无线）。企业接入（以太网，wifi）。广域无线接入（3G，LTE4G，5G）。

物理媒介（非（无线网，卫星）导引（光缆，双绞铜线，同轴电缆）。网络核心：分组交换（存储转发传输机制）（节点处理，排队，传输，传播）（La/R：流量强度），电路交换（频，时分），（静默期）。

网络的网络（因特网）：pop（存在点），多宿（ISP 相连），IXP（因特网交换点）。吞吐量（主机接收文件速率），限制（接入网）。协议分层（概念化，结构化），协议层（软硬件或两者结合），协议栈，应用（程序及协议存留地方，报文），运输（端点间传报文，报文段），网络层（数据报，主机间），链路层（帧），物理层（比特）。分组（首部字段，有效载荷字段）。

攻击：僵尸网络，拒绝服务，DoS（弱点，带宽，连接），DDos（分布式 Dos），被动接收机（分组嗅探器），IP 哄骗

二、应用层

协议原理：实例：HTTP，FTP，DNS，POP3，SMTP，在网络边缘，研发核心：写出运行在不同端系统能通过网络彼此通信的程序。进程：运行在端上的一个程序。

体系结构（应用程序研发者设计，规定如何在端系统组织该程序）：cs 模式（web，ftp，telnet，邮件）：客户端：主动服务器，间歇互联网，动态 ip，不连客户端。服务器：一直运行，固定 ip 和约定端口号。P2p 模式（bitTorrent）：无一直运行服务器，主机既是也是，端系统可连，动态 ip 自扩展性，难管理。混合体：napster，即时通信

进程通信：同主机：进程间通信机制。不同：交换报文。接口：套接字（程序和网络之间的应用编程接口）

分布式进程通信：1.标识（SAP）：端节点。2.提供服务：传输层实体封装（TCP：四元组，UDP：二元）3.使用服务：应用层协议：定义了不同端系统怎么交换报文（类型，语法，语义，次序规则），分为（公开协议，私有协议）

描述服务：1 可靠数据传输，2.定时，3.吞吐量（带宽敏感，弹性应用），4.安全性。

Web 页：由一些对象组成，其中 html 包含对对象的引用。

http：超文本传输协议，web 的应用层协议，使用 TCP 连接，cs 模式（浏览器，服务器）。无状态：不维护信息，能容纳多客户端。定义了 web 客户向服务器请求页面的方式，以及服务器床送 web 的方式。

http 分类：（非）持久 http。持久 http：1.1 及以上：流水模式（不等上一个的答复就发下一个）和非流水。非持久缺点：每个对象要 2RTT，OS 要为每次 TCP 连接分配资源。http2：

目标（减少感知时延，摆脱传送单一页面时的并行 tcp 连接，手段（经单一 tcp 连接使请求与响应多路复用），改变数据格式化方法以及客户和服务之间的传输方式，改进（将 http 报文分成独立的帧，交错发送他们并在接收端装配起来）

HTTP 报文：请求（请求行，首部行），响应（响应行，首部行）。状态码：200：ok 301：moved permently,400:bad request 404:not found;505:HTTP version not supported。报文优先

次序：分配 1 到 256 之间的权重。http3：quic

Cookie:用户-服务器状态。用途：用户验证，用户状态。组成：1 HTTP 响应（请求）报文有 cookie 首部行 2 用户端系统保留有 cookie 文件 3 web 站点有后端数据库。

Web 缓存：代理服务器。（缓存直接返回对象或者从原始服务器获取对象再返回）用途：1 降低服务器响应时间 2 降低机构内和互联网链路流量 3 帮助 icp 更好地提供内容。

Email

组成：1 用户代理（邮件阅读器）2 邮件服务器（保存输入输出邮件） 3 简单邮件传输协议（POP3 邮局协议 本地管理文件夹 不保留状态（用户确认，事物处理阶段）；IMAP 因特网访问协议 远程管理文件夹 保留状态；HTTP）

SMTP：TCP 连接，格式为 7 位 ASCII 码。扩展 MIME：多媒体邮件扩展

HTTP 和 SMTP：前者是拉 一个对象一个报文；后者是推，所有对象一个报文，且 7 位码。

DNS 域名解释系统（domain name system）UDP,53 号端口，在 BIND 上

组成：1 DNS 服务器实现的分布式数据库；2 查询数据库的应用层协议

实现思路：分布式的数据库完成转化；分层的，基于域的命名机制；以应用层协议实现

域名结构：根 顶级域 权威。DNS 资源记录格式（RR）（name，value,type，ttl）（A，cname，NS，MX）。查询：递归（从请求主机到本地 DNS 服务器的查询），迭代。缓存：改善时延性能并减少在因特网上传输的 DNS 数量

报文：（标识符，标志/，问题数，回答 RR 数/，权威 RR 数，附加 RR 数/，问题/，回答/，权威/，附加信息）

文件分发：cs：（N*F/us，F/dmin）p2p（F/us，F/dmin，N*F/（us+所有 ui））。

Torrent：洪流：参与一个特定文件分发的所有对等方的集合 加入洪流：追踪器注册；累计文件块（256kb）。

扰动：节点上下线

请求块：“最稀缺优先”发送：4 个最大带宽服务（疏通）。

DASH：经 HTTP 的动态适应性流，告示文件（URL 和比特率），速率决定算法。

内容分发网：CDN（专用，第三方），服务器安置（深入，邀请做客），操作（截获请求，确定适合的 CDN 服务器集群，重定向到其中某服务器），集群选择策略（最近，时延和丢包性能做实时测量）。

套接字编程：应用程序（由协议标准中定义的操作的实现，专用的网络应用程序）

第三章 运输层：进程间逻辑通信，多路复用要求（套接字有唯一标识符，报文段有特殊字段匹配套接字）

可靠传输：自动重传请求（ABQ）协议，比特差错（差错检测，接收方反馈，重传），停等协议，倒计时定时器。

流水线：基序号（最早为确认分组序号），下一个序号（最小未使用序号）。GBN 响应（上层调用，收到 Ack，超时）（同 TCP）。

TCP：MSS（最大报文长度），MTU（最大传输单元），重传时间（指数加权移动平均+4 倍样本 RTT），超时间隔加倍（每次把超时间隔翻倍），快速重传（3 冗余 ACK）。

流量控制（接收方缓存溢出），TCP 连接（SYN 报文段，SYNACK 报文段，FIN 比特），TCP 状态（closed，SYN_SENT，ESTABLISHED，FIN_WAIT_1(2)，TIME_WAIT）。

拥塞控制（端到端，网络辅助（阻塞分组，路由器标记分组字段），TCP 控制（发送方根据感知的拥塞程度限制速率），慢启动，拥塞避免，快速恢复，AIMD。

网络辅助：ECN（明确拥塞通告），基于时延（在丢包前主动检测拥塞）（TCP Vegas），BBR 拥塞控制协议。

QUIC (快速 UDP 互联网连接): UDP 和 TCP 的功能之间, 应用层协议, 特征 (面向连接, 安全, 数据流, 可靠, TCP 友好的拥塞控制)。

第四章 数据平面, **SDN** (软件定义网络), **网络服务模型** (定义分组在主机间的端到端传输特性) (确保交付, (ATM) 具有时延上界的确保交互, 有序分组交付, 确保最小带宽, 安全, 完整性)。

转发: 首部字段值, 输入出端口, 交换结构, 路由选择处理器 (执行路由选择协议, 接收转发表项, 前缀, 最长前缀匹配规则), 硬件实现, **处理信息** (基于目的地转发, 泛化转发), **查找表项** (三态内存可寻址存储器 (TCAM))。

交换 (内存, 总线, 互连网络, 多级交换元素)。**阻塞** (队列首部 (HOL) 阻塞), 弃尾, 主动队列管理 (AQM), 随机早期检测 (RED), **缓存** (承受流量波动但时延 (缓存膨胀))。**IPv4: 数据报** (版本, 首部长度, 服务类型, 数据报长度/, 标识, 标志, 片偏移/, 寿命, 协议, 首部检验和/, 源和目的 IP 地址, 选项, 数据), **接口** (主机与链路边界), **IP** (32 比特, 点分十进制记法), **分配** (无类别域间路由选择 (CIDR), 前缀), **因特网名字和编号分配机构** (ICANN), **动态主机配置协议** (DHCP) (即插即用协议) (C/S) 步骤 (DHCP 服务器发现, 提供, 请求), DHCP ACK)。

网络地址转换 (NAT): NAT 转换表 (端口号, IP 地址), **NAT 穿越**, **通用即插即用** (UPnP)。

IPv6: 动机 (地址数, 调整, 强化 v4), **格式** (版本, 流量类型, 流标签, 有效载荷长度, 下一个首部, 跳限制, 源地址和目的地址, 数据), **无** (分片重组, 检验和, 选项)。

基于目的地转发: **匹配** (首部字段和入端口 ID) 加**操作** (转发, 丢弃, 修改字段) (分组转发, 跨越接口进行负载均衡分组, 重写首部值, 阻挡丢弃分组, 向特定服务器发分组), **转发表** (**流表** (首部字段值集合, 计数器集合, 匹配时的操作集合))。

中间盒 (路径上, 转发以外的功能的盒子) (NAT 转换, 安全服务, 性能增强), **网络功能虚拟化**

第五章

控制平面: 网络范围的逻辑, 控制 路径 路由器 转发, 控制 配置。**Ospf** (开放): 单一 isp (规模, 管理自治 (AS)) (安全, 相同开销, 单多播, 单 AS)。**BGP** (ISP 之间): 因特网互连 (分布异步) (获得信息, 确定路由) (AS-PATH NEXT-HOP) 本地偏好值 IP 任播; (策略, 规模, 性能)

链接两平面: 转发和流表。(每个路由器控制, 逻辑集中, CA: 关键差异)

SDN: (基于流, 平面分离, 网络控制, 可编程, 生态) (**控制器** (通信, 管理, 接口), 程序, **openflow 协议** (配置, 修改, 读状态, 发分组, 流删除, 端口, 分组), **谷歌** (设备, 数据拷贝, 集中控制))

路由: **集中** (完整, LS), **分散** (迭分分式,DV) **比较**: 复杂, 收敛, 健壮; 静, 动态。负载敏感, 迟钝。

震荡: 强制开销不依赖, 路由器不同时。 **自同步**: 时间随机化。**循环**: 毒性逆转。**ICMP**: 沟通, 差错报告, (类型, 编码字段), traceroute。

网络管理: (管服, 被管, 数据, 代理, 协议) **运营商** (CLI, SNMP/MIB, NETCONF/YANG (管服, 被管)), **SNMP** (应用层, 管服, 代表, 传控制, 信息) **请求响应模式**, **陷阱报文**。

六、链路层 **服务** (成帧, 接入, 可付, 差错), **适配器** 芯片, **检测** (奇偶 (前向), 检方 (检验和), 循环)

多路访问: (信分 (时 (时间帧, 时隙), 频分, 码分), **随接** (ALOHA, CSMA), **轮流** (轮询, 令牌))。**CSMA**: (载波, 碰撞) 二进制指数后退。

电缆: **接入**: CMTS, **定义**: CMTS 规范 (MAP)。

交换局域网: **寻址**: (mac, lan, 物理) (6 字节, 十六进制) **特殊** (全 1, FF*6) **地址解析** (ASR)。

以太网: **成功** (部署早, 简单, 更新, 流行) **同轴电缆**, **集线器** 比特 第二层。**交换机**: 第三层。**以太网帧** (数据, 目的, 源址, 类型, CRC,前同步) 不可靠 **BASE** (基带以太网) **吉比特**, 没有碰撞 (不用 mac)。

交换机: 透明, (转发 (交换机表 (mac, 接口, 时间)), 过滤, **自学习** (源 mac, 接口, 时间)), (消碰, 异链, 管理), **交换路由比较** (第二, 三层), **优点** (即插即用, 高过滤和分组; 高 ABP 流量, 处理量, 对广播无保护), **路由器优点** (丰富拓扑结构, 对广播有防火墙; 非即插即用, 处理时长)

虚拟局域网: **因为缺点** (无流量隔离, 交换机无效使用, 管理), **扩展性 VLAN 交换机** (VLAN 干线连接)。**链路虚拟化**: **MPLS** (多协议标签交换) (分组交换的虚电路), 标签交换路由器。

数据中心: 主机 (刀片), **机架顶部交换机**, **边界路由器**, **数据中心网络设计** (网络和协议设计的艺术) 负载均衡, **等级体系结构** (路由器和交换机等级结构), **发展趋势** (成本降低, 出现层次结构, 分层网络, 集中式 SDN 管理和控制, 虚拟化, 物理约束, 硬件模块化和定制化)。

第七章 **无线网络分类** (**标准** (几个无线跳, 是否有基站) 两两条件分四类), **无线链路特征** (信号递减, 其他源干扰, 多路径传播), **信噪比** (SNR), **比特差错率** (BER), **隐藏终端问题** (衰减), **处理该问题** (1 **RTS** (短请求发送控制帧), **CTS** (允许发送控制帧), **预约**, 2 使用 wifi 作点对点链路)

WiFi: 802.11 无线局域网, CSMA/CA, **工作** (2.4GHz, 5GHz), **体系结构** (**基本构建** (**基本服务集** (BSS) **包含** (无线站点 (mac), 接入点 (AP) (基础设施无限局域网))))), **信道与关联**: **无限站点和 AP** (**分配**: 服务集标识符 (SSID), 信道号), **信标帧** (SSID, mac, 被动, 主动扫描 () 探测帧), **关联帧** (请求, 响应, DHCP 发现报文)

帧: **核心** (**有效载荷** (IP 数据报或 ABR 分组)), **地址字段** (4 个 (2, 传输的 mac, 1, 接收的 mac, 3, 子网边界路由器的 mac))

GPS (全球定位) **WPS** (wifi 定位系统)。

Wifi 特色: 速率适应 (物理层调制), 功率管理。

蓝牙: 无限个人区域网络, 微微网, 2.4Ghz (不需执照), 时分复用, 信道跳频 (跳频扩频), **自组织网络**, **主控设备与客户机**, **建立网络** (邻居发现, 蓝牙寻呼)。

蜂窝网络: 4, 5G: **小区**, **架构** (4GLTE (标准), 边缘无线网和核心网络), **移动设备** (国际移动用户身份 (IMSI), 用户身份模块 (SIM)), **基站** (管理无线电资源和移动设备), **归属用户服务器** (HSS), **服务网关** (S-GW), **PDN 网关** (P-GW), **移动性管理实体** (MME (身份验证, 路径设置, 小区位置跟踪))。

LTE 协议栈: **子层** (分组数据汇聚, **无线链路控制** (拆分, 重组数据报), 介质访问控制 (MAC)), 正交频分复用 (OFDM), 机会主义调度, **符加功能** (网络连接 (连到基站, 相互鉴别, 移动设备到 PDN 的路径配置), **功率管理** (睡眠模式))。

全球蜂窝网络: **网络的网络**, **互联网协议分组交换** (IPX), 5G (频率 (FR1 (452M-6GHz), FR2 (24-52GHz))), **标准组成** (eMBB (增强型移动带宽), URLLC (及可靠低时延通信), mMTC (大规模及其类型通信)), 5G **核心网络** (**用户平面功能** (UPF, **接入和移动性管理功能** (AMF), **会话管理功能** (SMF)))。

归属网络, **被访网络**。**移动性管理** (1 移动设备和基站关联 2 设备网元控制平面配置 3 设备转发隧道的数据平面配置 4 设备切换到另一个基站)。**移动 IP** (代理发现, 归属代理注册, 数据包的间接路由)。**TCP 拥塞控制在无限中的问题** (本地恢复, 发送方知晓链路, 分离连接方法)