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，以及报文发收或其他事件的操作）

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），电缆（有线电视基设）（电缆调制解调器），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，telent，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器之间的传输方式，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，倒计数定时器。

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，互联网络，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）：因特网互联 （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（迭异分式,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，归属代理处注册，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）