

1. 计算机网络的使用

模型	内容
访问信息	客户-服务器模型、对等通信
人-人通信	即时通信、远程学习、社交网络
电子商务	B2C,B2B,G2C,C2C,P2P
娱乐	
物联网	

带来社会问题：人之间的冲突、盗版问题、图灵测试区分人机、信息盗取

2. 计算机网络类型

宽带接入网络、移动和无线接入网络、数据中心网络（ex.CDN 内容分发网络）、传输网络（ex.ISP Internet 服务提供商）、企业网络

3. 计算机网络分类

• 按传输技术：

分类	描述	关键技术	用途
点到点网络	单播、多路、分组转发	路由选择算法	长距离广域网
广播式网络	<ul style="list-style-type: none"> 多机共享单信道 两个以上节点同时发送会产生冲突 数据链路层和网络层都有自己的广播地址、组播地址、单播地址 	介质访问控制方法	短距离局域网广播

• 按网络规模：

分类	描述	举例
个域网 PAN	通过短距离无线电,允许设备围绕一个人通信	蓝牙（主-从操纵模式）
局域网 LAN	私有网络,用于资源共享&信息交换,分为有线与无线	有线 LAN——以太网 家庭网路
城域网 MAN	有线&无线	有线电视网, 3G 标准 IEEE 806.16(WiMax)（无线）
广域网 WAN	包含了大量的机器称为主机,主机通过通信子网连接起来	虚拟专用网络 VPN
因特网/互联网 Internet	互相连接起来的网络	-

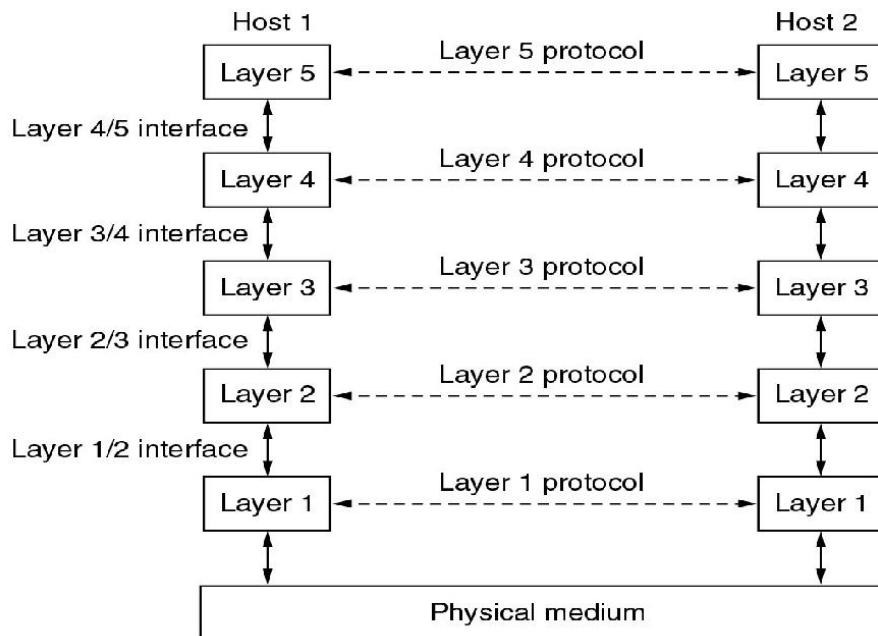
4. 协议层次结构

①设计目标：可靠性、资源分配、演进性、安全性

②层次结构的特点降低了网络设计的复杂性，容易实现标准化降低成本，某些情况下比使用单层协议性能差。

绝大多数网络都组织成了一个**层次栈**或者**分级栈**

名词	描述
协议 protocol	计算机网络的同等层次的通信双方，就如何进行通信所做的约定
对等体 peer	不同计算机上构成的相应层次的实体
物理介质 physical medium	栈的最底层，由它进行实际的通信
接口 interface	定义下层向上层提供的原语操作和服务
网络体系结构 network architecture	层和协议的集合
协议栈 protocol stack	一个特定的系统是用的协议列表，即每一层一个协议



- 上图显示**5层网络**。对应着层、对等体、协议和接口的概念

5. 服务

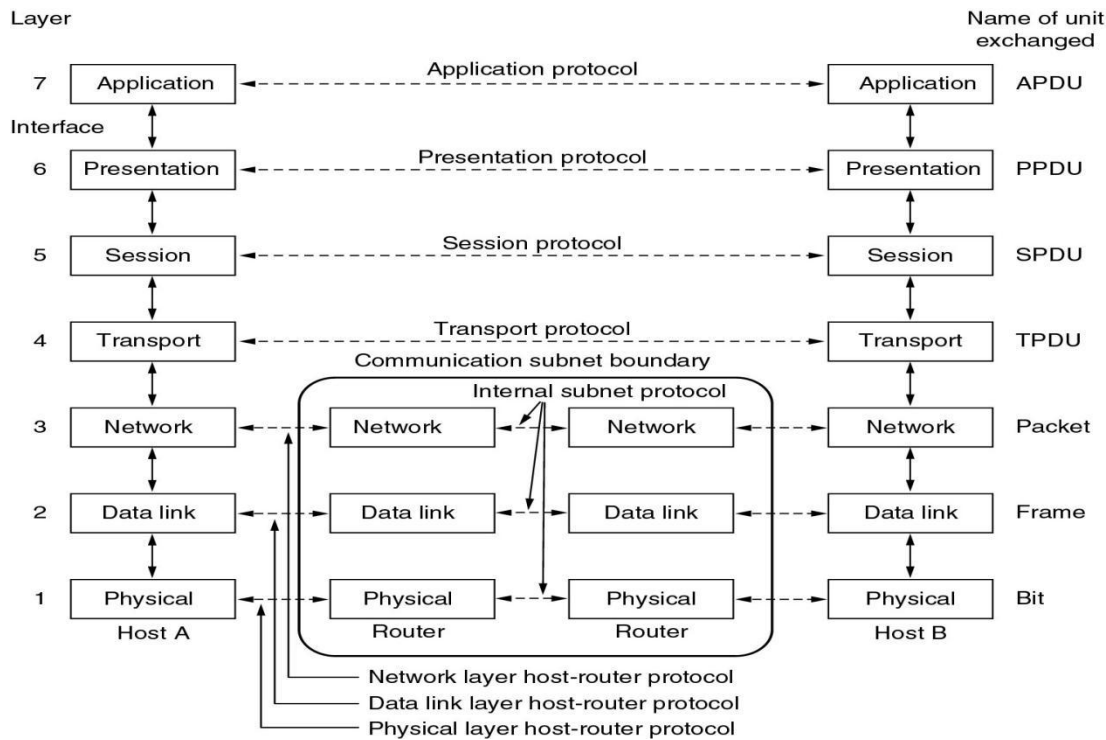
服务类型	描述
面向连接服务	在使用面向连接的服务时，用户首先要建立连接，使用连接，然后释放连接
无连接服务	每个报文都带有完整的地址，并且每个报文都独立于其它报文，由系统选定的路线传递
可靠服务	接收方要向发送方确认收到消息
不可靠服务	接收方不必向发送方确认收到消息

类型	可靠性	例子
面向连接	可靠	消息流&字节流
	不可靠	VoIP, 微信, QQ
无连接	可靠	有确认的数据报
	不可靠	数据报服务：网络层的 IP, 传输层的 UDP

6. OSI 参考模型

国际标准化组织正式发布的标准，是还未实现的法定标准。

层	端口	信息单位	特点
物理层	集线器/调制解调器	比特	数据都是 0/1，处理机械、电器、时序的接口以及物理传输介质，单工、双工、半双工。
数据链路层	交换机/网桥	帧	成帧，可靠服务确认(曾经)，流量控制(曾经)，广播式网络控制共享信道。
网络层	路由器	包	路由选择、异构网络互连。
传输层	网关	报文	端到端(发送接收端)，接受上层数据分割后传递给网络层。
会话层	网关	报文	互联网中不用
表示层	网关	报文	互联网中不用
应用层	网关	报文	包含直接针对用户需要的协议，如 HTTP、FTP。



差错描述	发生层	原因
噪声使传输链路上的一个 0 变为 1	物理层	0/1 的传输只在物理层
收到一个序号错误的帧	数据链路层	数据链路层成帧
一个分组被传送到错误的目的站	网络层	分组、目的站

7. TCP/IP 模型

是 ARPANET 和因特网使用的一组协议，是民间实现的事实标准。

内容	总结
主机—网络层	在网卡、网卡驱动中，管理实际网络媒体。
互联网层	分组独立发往目标，定义了 IP 协议
传输层	源端和目的端主机上的对等实体进行对话。有 TCP 和 UDP 两个协议。
应用层	包含高层协议服务。如 HTTP、FTP...

内容	总结
TCP	可靠的面向连接的协议，适合传输大量数据。
UDP	不可靠的无连接的协议。

数据传输时：通过应用层加上一个 HTTP 头，然后传输层加上 TCP 的头，网络层加上 IP 的头，数据链路层加上以太网的头，物理层变成 01 的机器码。接受时相反。

8. 进制

表示传输速率时(Bps)用 10 进制，表示存储时用 2 进制

第二章 物理层

1. 导向的传输介质

介质	特点	应用
永久存储设备	①超越远程计算机网络的极高数据率 ②延迟时间大	巨量数据传输(PB 级别)
双绞线 Twisted pair	①模拟信号和数字信号都可传输 ②带宽取决于导线直径和传输的距离 ③由按螺旋结构排列的两根绝缘线构成，可抵抗共模干扰 ④带宽特性好，延迟特性差 ⑤分为屏蔽和非屏蔽(UTP) ⑥低频传输接近同轴电缆、高频传输劣于同轴电缆	近距离通信
同轴电缆	①一般采用多点连接方式 ②硬的铜芯和外面包上一层绝缘材料 ③抗干扰性、带宽和传输距离的特性比双绞线要好，比光纤弱	有线电视 城域网
电力线	①数据信号叠加在电力信号上 ②难普及，没有统一标准	家庭网络
光纤 Fiber Cables	①光纤传输系统由 3 个关键组件构成：光源、传输介质和检测器 ②纤芯、包层和护套，不受电磁干扰，全反射 ③光纤速率非常高、容量大、保密性强 ④多模光纤接头便宜多用于机房，单模光纤多用于远的骨干网。	网络骨干的长途运输、高速 LAN、高速 Internet 接入

2. 双绞线和光纤的对比

	双绞线	光纤
带宽	低	高
衰减 (小衰减意味着更少的中继器)	大	小
干扰	易受干扰和腐蚀	不受电源浪涌、电磁干扰或电源故障 不受空气中腐蚀性化学物质影响
重量	重	轻
保密性	易被窃听	不漏光、难接入->难窃听
技术&质量	成熟	不成熟、易损坏
成本	低	高
传输	可双向	不可双向（光纤本质：光单向传输）

第三章 数据链路层

1. 数据链路层设计问题

(1) 数据链路层完成特定功能：

- ①向网络层提供一个定义良好的服务接口
- ②将字节序列组成帧，成为自包含的数据段
- ③检测和纠正传输错误
- ④调节数据流，确保慢速的接收方不会被快速的发送方淹没

(2) ★数据链路层从网络层获得**数据包 packets**，**封装成帧 frames**，通过**物理层**发送，接收方反向。

(3) 数据链路层的功能是为网络层提供服务，将源机器中来自网络层的数据包传输给目的机器的网络层。

重点一 为网络提供的服务

内容	总结
无确认的无连接服务	不建连接、不确认。 适用于误码率低的场合或实时通信。
有确认的无连接服务	不建连接、有确认。 适用于不可靠信道。
有确认的面向连接服务	建立并释放连接、有确认。 适用于长距离且不可靠的链路。

- (4) 成帧：把比特流分成离散的帧，并对每一帧计算出校验和，将校验和和帧一起发送，当帧到达目的地后重新计算校验和，相符无差错，不相符则有差错，采取差错控制措施。

重点二 成帧

内容	总结
字符计数法	首位是包含帧头的长度。 缺点：计数值容易被篡改。
字节填充的标志字节法	在 ESC/FLAG 前加 ESC，头尾加 FLAG 缺点：依赖于 8 位字符模式
位填充的标志位法	开始结束都用一个特殊位串“01111110”，帧中连着 5 个 1 加 0。 适用于长距离且不可靠的链路。
物理层键码违例法	01 低高 10 高低位四种组合方式两种用于分界。

- (5) 差错控制：保证所有的帧最终都能正确的按照正确的顺序交付给目的机器的网络层

重点三 差错控制

内容	总结
接收方接收到正确帧	向发送方发送确认/否认帧
发送方收到否认帧	重传
发送方发送数据丢失	引入定时器，重传
接收方的确认帧丢失	对每个发送帧编号

- (6) 流量控制：解决收发方速率、处理能力及缓冲区数量不匹配问题

重点四 流量控制

内容	总结
基于反馈的流控制	由接收方通过反馈机制控制发送方的发送
基于速率的流控制	内置机制限制发送方传输速率

2. 基本数据链路协议

内容	总结
协议 1 一种乌托邦式的单工协议	数据单向、发送接收双方一直就绪、处理时间忽略、 缓冲空间无限大、信道中信息不出错 发送程序：取数据，构成帧，发送帧

	接收程序：等待，接收帧，将数据传递给网络层
协议 2 无错误信道上的单工停-等协议	在协议 1 基础上加入反馈。 等待确认帧 实现流量控制 。
协议 3 有错误信道上的单工停-等协议	在协议 2 基础上 增加定时器并在帧头设置序列号 解决死锁问题和新帧重复帧的区分 。 确认帧到达，发送下一个数据帧。 否认帧到达，重发。 计数器超时，重发。 检查到重复帧，丢弃。

3. 提高效率

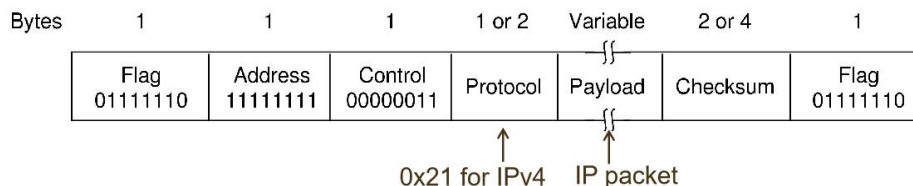
滑动窗口协议 在协议 3 的基础上改进为双向传输与捎带技术。

内容	总结
发送窗口	下界：已发送位得到确认的帧序号 上界：要发送的下一个帧序号
接收窗口	下界：希望接收的帧序号 上界：允许接收的帧的最大序号

内容	总结
协议 4 1 位滑动窗口协议 相当于停-等	发送方发出一帧，要等确认才能发下一帧。 发送 0/1 号帧，确认帧对应 0/1.
协议 5 回退 N 协议	在协议 4 的基础上连续多发数据使得发送窗口大小>1,接收窗口大小=1。 发送 n 长度的字段时，发送窗口大小为 2^n-1 . 协议 5 提高了带宽利用率。
协议 6 选择重传协议	在协议 5 基础上将接收窗口的大小>1。 窗口大小为 2^{n-1}

4. 数据链路层协议示例

内容	总结
PPP 协议	点到点。 成帧、链路控制协议(LCP)、协商网络层选项。 IP 分组最小开销：2 标志字节，1 协议字节，2 校验字节 IP 分组最大开销：2 标志字节，1 地址字节，1 控制字节，2 协议字节，4 校验字节。
PPPoE	以太网上传输 PPP。
SONET 上的数据包 POS	物理层协议，用于光纤。



5. ★★★习题中出现的概念★★★

第四章 介质访问控制子层

1. 信道分配问题

2. 多路访问协议

内容	总结
纯 ALOHA 协议	有数据就发送，1 位重叠就冲突，冲突重发 利用率最好是 18.4%
分槽 ALOHA 协议	时间分为离散的槽，下一个时槽才允许发送(牺牲随机性) 利用率最好时 36.8%
1-持续 CSMA	空闲时以 1 概率发送，信道忙时一直监听信道 优点：减少了信道空闲时间； 缺点：增加了发生冲突的概率
非持续 CSMA	空闲时发送，信道忙则等待后再监听信道 优点：减少了冲突的概率； 缺点：增加了信道空闲时间，数据发送延迟增大； 信道效率比 1-坚持 CSMA 高，传输延迟比 1-坚持 CSMA 大。
p-持续 CSMA	空闲时以 p 概率发送，忙时等待下一个时槽 适用于分槽信道
CSMA/CD	带冲突检测的载波侦听多路访问。用于以太网。 发前先侦听，空闲即发送，边发边监听，冲突时后退。 ①最差情况下能在 $2t$ 时间内检测到冲突。 ②竞争槽长度=2 * (单向传输长度 / 传输延迟) ③为了能够按照 CSMA/CD 工作，最小帧的发送时间不能小于 2*传播延迟
无冲突协议	位图协议、令牌协议、二进制倒数计数协议。 位图协议在发送前预留信道。 • 轻负载下，每一帧的额外开销是 N 位，数据长度是 d 位，信道效率为 $d / (N + d)$ ； • 重负载下，所有站在任何时候都有数据要发送，N 为竞争期被分摊到 N 个帧上，效率为 $d / (d + 1)$
无线局域网协议	WLAN 不能用 CSMA/CD：无线信号半双工，随距离增大衰减；隐藏站问题；暴露站问题。 隐藏站：竞争者太远导致不能检测到潜在介质竞争对手。 暴露站：错误检测到给其他站传输的信号。 避免冲突的多路访问(MACA)：避免冲突

3. 以太网

IEEE 802 协议：物理层(PHY)，逻辑链路控制(LLC)、介质访问控制(MAC)，以太网有着强大的生命力。

内容	总结
以太网电缆	10Base5(粗以太网)、10Base2(细以太网) 数据率 Mbps+基带或通带+段最大长度

	<p>10Base-T: 双绞线、增删点方便、易维护</p> <p>直接连接法、交叉连接法</p> <p>10Base-F: 光纤、抗干扰能力强</p> <table><tr><th>Name</th><th>Cable</th><th>Max. seg.</th><th>Nodes/seg.</th><th>Advantages</th></tr><tr><td>10Base5</td><td>Thick coax</td><td>500 m</td><td>100</td><td>Original cable; now obsolete</td></tr><tr><td>10Base2</td><td>Thin coax</td><td>185 m</td><td>30</td><td>No hub needed</td></tr><tr><td>10Base-T</td><td>Twisted pair</td><td>100 m</td><td>1024</td><td>Cheapest system</td></tr><tr><td>10Base-F</td><td>Fiber optics</td><td>2000 m</td><td>1024</td><td>Best between buildings</td></tr></table>	Name	Cable	Max. seg.	Nodes/seg.	Advantages	10Base5	Thick coax	500 m	100	Original cable; now obsolete	10Base2	Thin coax	185 m	30	No hub needed	10Base-T	Twisted pair	100 m	1024	Cheapest system	10Base-F	Fiber optics	2000 m	1024	Best between buildings
Name	Cable	Max. seg.	Nodes/seg.	Advantages																						
10Base5	Thick coax	500 m	100	Original cable; now obsolete																						
10Base2	Thin coax	185 m	30	No hub needed																						
10Base-T	Twisted pair	100 m	1024	Cheapest system																						
10Base-F	Fiber optics	2000 m	1024	Best between buildings																						
MAC 子层协议	<div><div>字节</div><div>86621-15000-464</div><div>(a) </div><div>(b) </div><div>帧格式</div><div>(a)DIX以太网 (b)IEEE802.3</div><div>两种帧格式</div></div> <div>①先导码：8 个“10101010”，帧首定界符是最后一个字节，其最后两位变为 11，标志着帧的开始。</div> <div>②目标地址：第一个传输位为 0 是普通地址；1 是组地址&多播；地址全 1 为广播。</div> <div>③源地址前 3 字节为组织唯一标识符，使其全球唯一性</div> <div>④长度（类型）域：数据域小于 46 字节时，填充域需要填充 0.</div> <div>⑤避免帧的第一个比特到达电缆的远端前帧已经发完，帧发送时间应该大于 2τ</div> <div>⑥二元指数后退法:发生 10 次冲突前，发生第 i 次冲突的各个站点在 0-2ⁱ-1 随机选择一个等待时槽重传；发生 10 次冲突后，选择等待时槽数固定在 0-2¹⁰-1 间；发生 16 次冲突后，发送失败报告上层。</div>																									
	交换式以太网	<p>解决以太网共享信道的问题。</p> <p>大于 4 个端口的交换机。</p>																								
	快速以太网	<table><tr><th>Name</th><th>Cable</th><th>Max. segment</th><th>Advantages</th></tr><tr><td>100Base-T4</td><td>Twisted pair</td><td>100 m</td><td>Uses category 3 UTP</td></tr><tr><td>100Base-TX</td><td>Twisted pair</td><td>100 m</td><td>Full duplex at 100 Mbps (Cat 5 UTP)</td></tr><tr><td>100Base-FX</td><td>Fiber optics</td><td>2000 m</td><td>Full duplex at 100 Mbps; long runs</td></tr></table> <p>速度提高 10 倍，格式不变。集线器(共享式)，交换机(交换式)</p> <p>自动协商机制：协商最佳速度和双工模式</p>	Name	Cable	Max. segment	Advantages	100Base-T4	Twisted pair	100 m	Uses category 3 UTP	100Base-TX	Twisted pair	100 m	Full duplex at 100 Mbps (Cat 5 UTP)	100Base-FX	Fiber optics	2000 m	Full duplex at 100 Mbps; long runs								
	Name	Cable	Max. segment	Advantages																						
	100Base-T4	Twisted pair	100 m	Uses category 3 UTP																						
100Base-TX	Twisted pair	100 m	Full duplex at 100 Mbps (Cat 5 UTP)																							
100Base-FX	Fiber optics	2000 m	Full duplex at 100 Mbps; long runs																							
千兆以太网	<p>速度提高到 1000M。只能点到点</p>																									

MAC 子层协议中的最小帧长问题:

- 对于 10Mbps LAN, 最大冲突检测时间为 51.2 微秒, 因此最短帧长为 64 字节;
- 以太网要求有效帧部分必须至少 64 字节长, 有效帧就是目标地址到校验位, 如下,



4. 无线 LAN (WLAN)

内容	总结
----	----

802.11 体系结构和协议栈	<p>①基础设施模式：每一个客户与一个接入点（AP）关联起来，该接入点又依次连接到另一个网络，客户通过接入点来向其他客户发送帧。常用模式。</p> <p>②自组织模式：无接入点，客户间直接发送帧。不常用</p>																																						
802.11 物理层	<p>①红外线技术：1Mbps 和 2Mbps 两种速率</p> <p>②跳频通信 FHSS：IEEE 802.11 标准规定使用 2.4GHz 的工业、科学与医药专用的 ISM 频段。跳频扩频通信数据传输速率为 1Mbps 或 2Mbps</p> <p>高速率的直接序列扩频 HR-DSSS， 11Mb/s</p> <p>③直接序列扩频 DSSS：同上</p> <p>④正交频分多路复用 OFDM：IEEE 802.11a 规定使用 5GHz 的 ISM 频段， 54Mb/s</p> <p>⑤802.11g 使用 802.11a 的调制方法，使用 2.4GHz 的频段，可以达到 54Mbps</p> <table><tr><th>Name</th><th>Technique</th><th>Max. Bit Rate</th></tr><tr><td>802.11b</td><td>Spread spectrum, 2.4 GHz</td><td>11 Mbps</td></tr><tr><td>802.11g</td><td>OFDM, 2.4 GHz</td><td>54 Mbps</td></tr><tr><td>802.11a</td><td>OFDM, 5 GHz</td><td>54 Mbps</td></tr><tr><td>802.11n</td><td>OFDM with MIMO, 2.4/5 GHz</td><td>600 Mbps</td></tr></table>	Name	Technique	Max. Bit Rate	802.11b	Spread spectrum, 2.4 GHz	11 Mbps	802.11g	OFDM, 2.4 GHz	54 Mbps	802.11a	OFDM, 5 GHz	54 Mbps	802.11n	OFDM with MIMO, 2.4/5 GHz	600 Mbps																							
Name	Technique	Max. Bit Rate																																					
802.11b	Spread spectrum, 2.4 GHz	11 Mbps																																					
802.11g	OFDM, 2.4 GHz	54 Mbps																																					
802.11a	OFDM, 5 GHz	54 Mbps																																					
802.11n	OFDM with MIMO, 2.4/5 GHz	600 Mbps																																					
802.11MAC 子层协议	<p>①不能用 CSMA/CD，原因在上面已经说过。采用 CSMA/CA（带冲突避免的 CSMA）它支持两种操作方法：</p> <ul style="list-style-type: none">• 第一种采用载波侦听• 第二种以 MACAW 为基础，用到了虚拟信道监听方法 <p>②物理侦听和虚拟侦听式该协议的核心。</p> <p>③可选 RST/CTS 机制（参考 MACA）。</p> <p>④支持两种操作模式：DCF(分布式协调功能)，PCF(点协调功能)，其中 DCF 采用 CSMA/CA</p>																																						
802.11 帧结构	<p>数据帧、管理帧、控制帧</p> <div><div>Bytes</div><table><tr><td>2</td><td>2</td><td>6</td><td>6</td><td>6</td><td>2</td><td>0-2312</td><td>4</td></tr><tr><td>Frame control</td><td>Duration</td><td>Address 1 (recipient)</td><td>Address 2 (transmitter)</td><td>Address 3</td><td>Sequence</td><td>Data</td><td>Check sequence</td></tr></table><div></div><table><tr><td>Version = 00</td><td>Type = 10</td><td>Subtype = 0000</td><td>To DS</td><td>From DS</td><td>More frag.</td><td>Retry</td><td>Pwr. mgt.</td><td>More data</td><td>Protected</td><td>Order</td></tr><tr><td>2</td><td>2</td><td>4</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table><div>Bits</div></div>	2	2	6	6	6	2	0-2312	4	Frame control	Duration	Address 1 (recipient)	Address 2 (transmitter)	Address 3	Sequence	Data	Check sequence	Version = 00	Type = 10	Subtype = 0000	To DS	From DS	More frag.	Retry	Pwr. mgt.	More data	Protected	Order	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	6	6	6	2	0-2312	4																																
Frame control	Duration	Address 1 (recipient)	Address 2 (transmitter)	Address 3	Sequence	Data	Check sequence																																
Version = 00	Type = 10	Subtype = 0000	To DS	From DS	More frag.	Retry	Pwr. mgt.	More data	Protected	Order																													
2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1																													
服务	<p>①5 种分发服务：由基站提供的，他们处理站的移动性。当移动站进入单元的时候通过这些服务与基站关联起来；当移动站离开单元的时候，通过这些服务与基站断开联系。关联、重新关联、分发、分离、融合。</p> <p>②4 种站服务：在单元内部进行的：认证、解除认证、私</p>																																						

	密性、数据投递。
--	----------

5. 数据链路层交换

- (1) 定义:网桥 (bridge) 是工作在数据链路层的一种互连设备,它在互连的 LAN 之间实现帧的存储和转发。
- (2) 作用: 将一个个独立管理的 LAN, 用桥来连接, 并且经济实惠
- (3) 用处: ①学校和企业各部门 LAN, 建筑与建筑的 LAN 互连
②将一个负载很重的大 LAN 分隔成使用网桥互连的几个 LAN 以减轻负担;
③网桥可以隔离负载, 防止出故障的站点损害全网;
④网桥可以有助于安全保密

内容	总结										
网桥	<p>①网桥与交换机类似, 不过端口较少。</p> <p>②学习网桥对用户是透明的。相当于以太网交换机, 工作在混杂方式, 接收所有和它相连的 LAN 上传送的帧。</p> <p>③扩散算法和逆向学习。★★★考大题★★★</p> <ul style="list-style-type: none"> • 目的地端口与源端口相同, 丢弃; • 目的端口与源端口不同, 转发; • 目的端口未知, 扩散。 <p>④生成树网桥: LAN 间多个网桥, 构造生成树解决回路问题。</p>										
虚拟局域网(VLAN)	<p>①将逻辑拓扑结构和物理的拓扑结构脱离开</p> <p>②一个交换机虚拟出多个交换机, 降低移动和变更的管理成本, 控制广播、增强网络安全性、网络监督和管理自动化</p> <p>③连在不同 LAN 的重要性: 安全性、负载、广播流量 (广播风暴)</p> <p>④在网桥或者交换机中必须建立配置表, 指明了通过哪些端口可以访问哪些 VLAN, 一个端口可以被标记上多种 VLAN 颜色。</p> <p>配置方法</p> <ul style="list-style-type: none"> • 手工: 基于端口的 VLAN、基于 MAC 地址的 VLAN、基于 IP 地址的 VLAN • 自动 										
中继器、集线器、网桥、交换机、路由器和网关	<table border="1"> <tr> <td>Application layer</td><td>Application gateway</td></tr> <tr> <td>Transport layer</td><td>Transport gateway</td></tr> <tr> <td>Network layer</td><td>Router</td></tr> <tr> <td>Data link layer</td><td>Bridge, switch</td></tr> <tr> <td>Physical layer</td><td>Repeater, hub</td></tr> </table> <p>(a)</p> <p>(b)</p> <p>①各种互连设备运行在不同的层次上。用户生成某些数据, 然后将这些数据发送给一台远程主机。</p> <p>②物理层:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 中继器用于连接两根电缆, 起到信号再生放大的作用。 • 集线器将多条输入线路连接起来, 起到集线的作用, 整个集线器构成了一个冲突域。 <p>数据链路层:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 网桥连接连个或多个 LAN, 需要从帧头中提取目的地址, 查表确定输出端口 • 交换机与网桥类似, 都是基于帧地址路由。交换机主要被用来连接独 	Application layer	Application gateway	Transport layer	Transport gateway	Network layer	Router	Data link layer	Bridge, switch	Physical layer	Repeater, hub
Application layer	Application gateway										
Transport layer	Transport gateway										
Network layer	Router										
Data link layer	Bridge, switch										
Physical layer	Repeater, hub										

	<p>立的计算机。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 现代交换机通常不采用存储转发式交换，而采用直通式交换 <p>网络层：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 路由器：当一个分组进入到一个路由器中的时候，帧头帧尾被去掉，把帧的负载字段的内容分组传递给路由软件，路由软件利用分组的头信息来选择输出线路。 <p>传输层：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 传输网关：将两台使用了不同的面向连接传输协议的计算机连接起来 <p>应用层：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 应用网关能理解数据的格式和内容，并且可以将消息从一种格式转换为另一种格式
--	---

第五章 网络层

1. 网络层的设计问题

内容	总结
存储-转发数据包交换	数据包发送到默认路由，转发到下一个路由器
提供给传输层的服务	服务独立、数量结构对上不可见、统一编制 无连接服务、面向连接服务

2. 路由算法

(1) 介绍：路由算法是**网络层软件**的一部分，它负责确定一个进来的分组应该被传送到哪一条输出线路上。

- 子网采用数据报方式，每个分组都要做路由选择；
- 子网采用虚电路方式，只需在建立连接时做一次路由选择。

路由分两个进程：

- 根据路由表查找进来的分组（目的地址）所对应的输出线路。（**转发**）
- 根据路由算法，填充和更新路由表（**算法**）

(2) 特性：正确性、简单性、健壮性、稳定性、公平性、效率

(3) 在**全局效率和单个连接的公平性**之间必须有一种**折中**的方法

(4) 分类：

- ①静态路由算法（非自适应算法）：默认，不能根据网络流量和拓扑结构的变化更新路由表。
- ②动态路由算法（自适应算法）：根据网络流量和拓扑结构的变化更新路由表。

(5)

内容	总结
最优化原则	最优化原则 汇集树：路由器算法目的是为所有路由器找出汇集树
最短路径路由	构建子网拓扑图，找出两对节点间的最短路径 使用 Dijkstra 算法
扩散法	属于静态算法，用于无线网络，产生大量重复包 选择性扩散
距离矢量路由	属于动态算法，最初在 ARPANET 使用，用于 RIP 协议 与相邻的路由器将整个表交换 根据路由表对比选择最短的路径 会产生无穷计算的问题。
链路状态路由算法	距离向量路由算法不考虑带宽、收敛速度慢

	<p>只发送邻居信息，但发给所有</p> <p>发现邻居结点->测量到每个邻居结点的延迟或开销->创建链路状态数据包->将这个数据包发送给所有其他路由器->计算到每个其它路由器的最短路径</p> <p>数据包包括发送方的标识符、序号、年龄、邻居列表</p> <p>改进后的发送标志标记可能转发的方向，确认标志为消息传输的来源。</p>
--	---

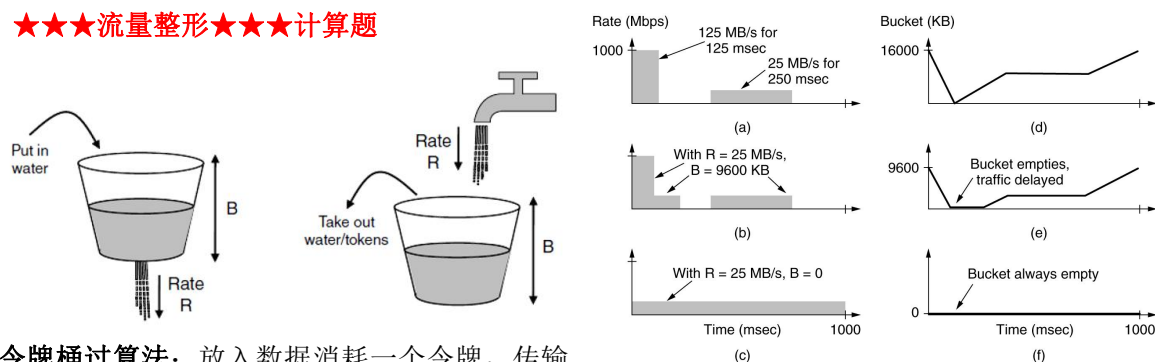
3. 流量管理

(1) 拥塞：网络中出现太多数据包，网络性能急剧下降，产生拥塞

由慢（预防性强）到快（反应性好）：

- ①网络供给：避免拥塞最简单的方法是建立一个与必须承载的流量负载相匹配的网络
- ②流量感知路由：根据网络变化的流量模式对路径进行定制和剪裁，把流量分散到多个路径
- ③准入控制：如果网络不能支持发送者对于发送流量的需求，就简单地拒绝发送者的请求
- ④节流：网络可以要求源端减缓发送速率
- ⑤负载脱落：网络丢弃那些它不能传递的数据包

(2) ★★★★★流量整形★★★★★计算题



令牌桶过算法：放入数据消耗一个令牌，传输

后删除令牌，令牌到上限后不再增加令牌，令牌为 0 时不再减少

计算以最大速率发送突发数据的持续时间：

公式 $B + RS = MS$ 突发时间的长度设为 S 秒，令牌桶的容量为 B 字节，令牌到达速率为 R 字节/秒，以及最大输出速率 M 字节/秒。

对于上右图，它的解释是：(a)来自主机的流量。由速率为 200mbps、容量为(b) 9600 KB 和(c) 0 KB 的令牌桶形成的输出。用于整形的令牌桶级别，速率为 200mbps，容量为(d) 16000 KB，(e) 9600 KB，(f) 0 KB。

由公式，代入 $B=9600KB$ ， $M=125MB/S$ ， $R=25MB/S$ ，得到突发长度 S 约为 94ms

4. 服务质量和应用体验质量 QoE

随着多媒体网络连接需求的增长，仅仅依靠减少拥塞和提供网络性能的方法是不够的，需要依靠通过网络和协议设计的方式来保证服务质量。即如何提供与应用的需求相匹配的服务质量。

应用需求、过度配置、数据包调度、综合服务、区分服务

5. 网络互连

多个网络连接起来构成互联网。

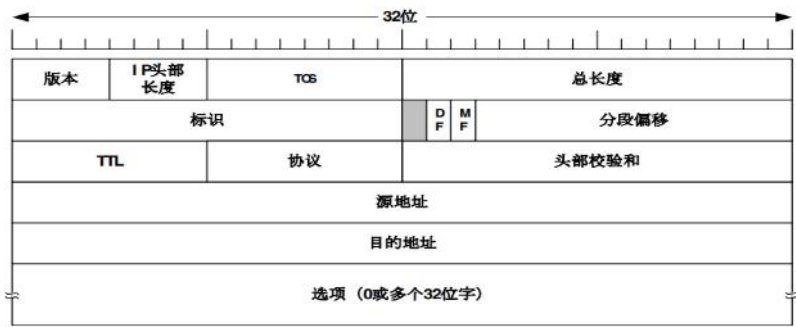
内容	总结
物理层	中继器和集线器，0/1 数据
数据链接层	网桥和交换机，接收转发帧，检查 MAC 地址
网络层	路由器，网络间存储转发数据包

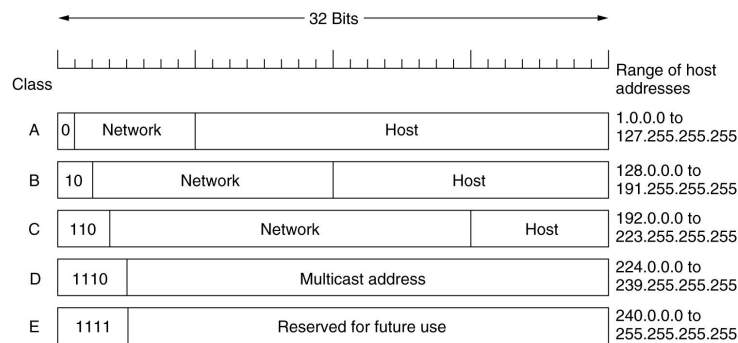
传输层	传输网关，两个传输层连接之间的接口
应用层	应用网关，可以翻译消息的语义

内容	总结
网络连接	数据包通过增加数据链路层对映的头，从而实现链路层与网络层的数据传输。
隧道技术	源和目的主机网络类型相同，连接的是不同类型网络 IPV6 数据加一个 IPV4 的头传输，到达后卸掉这个头
路由	两级路由算法：内部网关协议：自治域内部使用的协议，如 RIP、OSPF； 外部网关协议：自治域间使用的协议，如 BGP。
段重组策略	分段重组过程对沿途后续其他网络透明 分段重组过程对其他网络不透明
分段编号	偏移量法(IP 用)，最后一段小于等于基本段长度 数据包：原始数据包号、分段号、最后段指示位

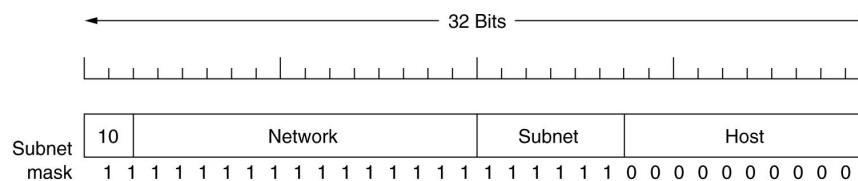
6. ★★★★★★网络层★★★★★★

将整个 Internet 粘合在一起的是 IP。

内容	总结
IPv4 协议	<p>标准头部长度为 20 字节。还有最长 40 字节的可选变长部分</p>  <p>段偏移量 (Fragment offset)：指明该分段在当前数据包中的什么位置，只有 13 位，所以除最后一个段外的所有段的长度必须是 8 字节 (基本段长) 的倍数。</p>
IP 地址	<p>为了屏蔽物理网络的地址差异，通一了 IP 地址(32 位)。</p> <p>一个 IP 地址对应一个网络接口。</p> <p>包括网络部分和主机部分。</p>



- A 类地址：第一个字节 0-127，8 网络（固定 1 位 0+7 位）+24 主机
- B 类地址：第一个字节 128-191，16 网络（固定 2 位 10+14 位）+16 主机
- C 类地址：第一个字节 192-233，24 网络（固定 3 位 110+21 位）+8 主机
- D 类地址：第一个字节 224-247，28 位多播地址
- E 类地址：第一个字节 248-255，预留将来扩展
- IP 地址由三种表示方式：点分十进制、二进制、十六进制
- 私有地址：10 开头的、172.16-172.31、192.168
 - 特殊地址：环回地址 127.xx.yy.zz
 - 广播地址 网络号不变，主机号全 1
 - 网络地址 网络号不变，主机号全 0
 - 子网划分：将网络分成若干供内部使用的部分，称为子网。主机部分划分为子网和有效主机位



子网划分举例

例如：C类网络192.10.1.0，主机号部分的前三位用于标识子网号，即：

11000000 00001010 00000001 xxxyyyyy

网络号+子网号

子网号为全“0”全“1”不能使用，于是划分出 $2^3-2=6$ 个子网，子网地址分别为：

11000000	00001010	00000001	00100000	-	192.10.1.32
11000000	00001010	00000001	01000000	-	192.10.1.64
11000000	00001010	00000001	01100000	-	192.10.1.96
11000000	00001010	00000001	10000000	-	192.10.1.128
11000000	00001010	00000001	10100000	-	192.10.1.160
11000000	00001010	00000001	11000000	-	192.10.1.192

- 前缀：同一网络中的所有主机，其地址的网络部分都相同，这意味着一个网络对应于 IP 地址空间内的一个连续块，这个块称为前缀
 - 子网掩码：网络+子网部分全为 1，主机部分全为 0
 - IP 地址的网络部分=IP 地址 \wedge 子网掩码
- CIDR：网络 and 主机间采用可变长度的划分方法，不再划类别
- CIDR 路由表构成：IP 地址、子网掩码、输出路线
- CIDR 最长匹配原则
- IP 路由表：目的地址+子网掩码+下一跳地址+接口

	<p>IP 地址可以被聚集起来。</p> <p>路由表匹配：与掩码相与判断与目的地址是否相同，相同匹配，多个相同选择最长匹配，然后从该路线输出</p> <p>交换机连网络号相同的网络，路由器连网络号不同的网络</p>
NAT	<p>一个向外发送的数据包进入到 NAT 盒，源地址被公有 IP 替代，传输层源端口号被一个索引值代替。</p> <p>返回时根据传输层的目的端口号从 NAT 盒中号到对应表项，提取响应私有 IP 地址和原来的端口号，填到数据包中。</p>

内容	总结
Internet 控制协议	<p>ICMP：控制消息协议，主要用来报告因特网的出错和测试，封装在 IP 包中</p> <p>ARP：地址解析协议，解决网络层地址（IP 地址）与数据链路层地址（MAC 地址）的映射问题，将 IP 地址映射为对应硬件地址</p> <p>DHCP：动态主机配置协议</p>
Internet 路由协议	<p>Internet 将互联网分为许多自治域(AS)</p> <p>内部网关协议：自治域内部使用的协议，如 RIP、OSPF；</p> <p>外部网关协议：自治域间使用的协议，如 BGP。</p> <p>OSPF 域内路由协议：开放最短路径优先，支持点到点、LAN、WAN</p>
域间路由协议 BGP	自治域之间的路由算法，通过 TCP 连接传送路由信息

第六章 传输层

1. 传输服务

内容	总结
向上提供的服务	<p>①面向连接服务：连接建立，数据传输，连接释放</p> <p>②无连接服务</p> <p>③传输实体：完成传输层功能的硬软件，可能位于操作系统的内核，或者在一个独立的用户进程中，或者以一个连接库的形式被绑定到网络应用中。</p>
传输服务原语	<p>①传输用户（应用程序）通过传输服务原语访问传输服务。</p> <p>②传输协议数据单元(TPDU)外嵌套 TPUD 头、数据包头、帧头</p> <div data-bbox="619 1756 1308 1966" data-label="Diagram"> <pre> graph LR subgraph Frame direction TB FH[Frame header] subgraph Packet direction TB PH[Packet header] subgraph Segment direction TB SH[Segment header] SP[Segment payload] end end FP[Frame payload] end FH --- PH PH --- SH SH --- SP SP --- FP </pre> <p>③不需要连接的时候，传输层的实体必须将它释放，释放连</p> </div>

	<p>接的方式有两种：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 不对称方式：任何一方都可以关闭双向连接； • 对称方式：每个方向的连接单独关闭，双方都执行 DISCONNECT 才能关闭整条连接。
--	---

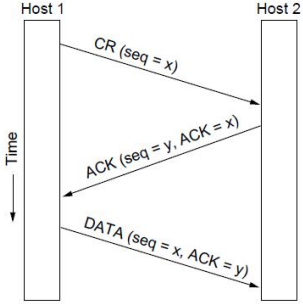
(1) 传输层的最终目标是**向它的用户提供高效的、可靠的和性价比合理的服务**

(2) 网络层和传输层相似,引入传输层的原因:

①**消除网络层的不可靠性**：网络层是网络承运商控制的，传输层是**用户控制的**。

②提供从源端主机到目的端主机的可靠的、与实际使用的网络无关的信息传输。即应用**开发人员**可以根据一组标准的传输层的服务原语编写代码，**可以运行在各种不同的网络上**，不用处理不同的子网接口。

2. 传输服务的要素

内容	总结
寻址	<p>①定义远程应用程序的传输服务访问点 TSAP (Transport Service Access Point)，将应用进程与这些 TSAP 相连。</p> <p>②采用初始连接协议，有进程服务器负责监听和连接</p>
建立连接	<p>①三次握手法解决网络层会丢失存储和重复包的问题</p> <p>正常操作：CR->ACK->data</p> <p>重复 TPDU：一个延迟重复段没有造成伤害</p> <p>重复 TPDU 和重复 ACK: 老的 TPUD 组合不能让协议失效，也不能导致无人期望情况下偶然建立一个连接</p> 
释放连接	<p>不对称式：一方释放，整个断开</p> <p>对称式：每个方向单独释放。不存在安全的通过 N 次握手实现对称式连接释放的方法。一般用三次握手+定时器实现</p>
差错控制	端到端的校验机制
流量控制	利用可变滑动窗口协议实现控流

3. Internet 传输协议——UDP

(1) 用户数据协议 UDP：无连接的端到端传输协议

①无连接、不可靠

②没有流量控制、错误控制、重传机制

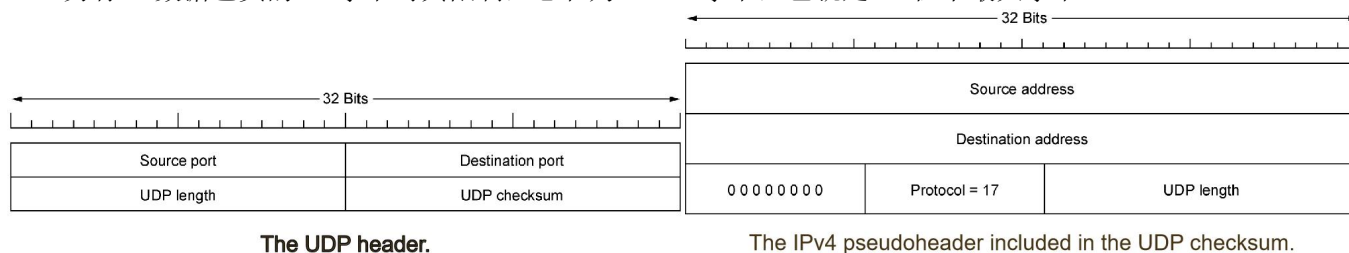
③上层协议：

- RIP：路由信息周期发送
- DNS：避免 TCP 连接建立延迟
- SNMP：当网络拥塞时，网管也要运行。网管信息带内 (in-band) 传输，用 UDP 比用可靠的、具有拥塞控制的 TCP 效果要好。

④UDP 头：源端口+目的端口+UDP 长度+UDP 校验和（校验的是 IP 伪头）

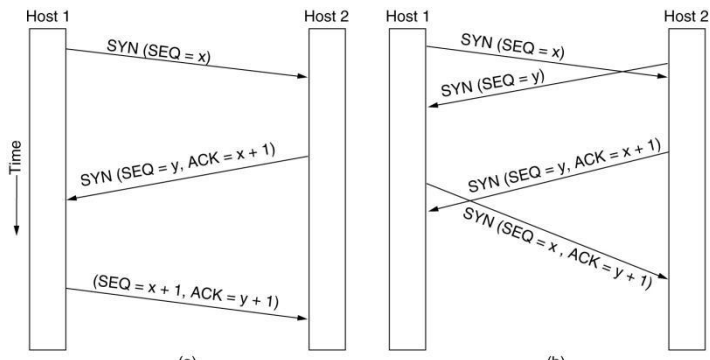
封装：IP 头+UDP 头+UDP 数据

(2) 说明：UDP 长度字段包含了头和数据两部分，最短 8 字节（恰好覆盖 UDP 头）最大长度 65515 字节，另有 IP 数据包头的 20 字节对其限制，总和为 65535 字节，也就是 16 位下最大字节



4. ★★★★★Internet 传输协议——TCP★★★★★

内容	总结
介绍	①在不可靠互联网上提供一个可靠的端到端字节流 ②面向连接的、可靠的、端到端的、基于字节流的传输协议
服务模型	①通过收发双方创建套接字实现访问 TCP 服务 ②套接字：IP 地址，端口 ③点到点的全双工、不支持多播和广播
TCP 协议	①收发段的 TCP 实体以数据段形式交换数据 ②数据段大小：每个数据段包括 TCP 头（20 字节） ，合适 IP 的 65515 字节净荷大小；每个网络都有最大创数单源 MTU，1500 字节 ③ IP 数据包长度=IP 头（20 字节）+TCP 头（20 字节）+TCP 数据段 ④使用滑动窗口协议，确认序号等于接收方希望接收的下一个序号。 ⑤超时重传
TCP 头	<p>序列号和确认号都是 32 位，后者指定的是按顺序期待的下一字节，而不是已经正确接收到的最后一个字节，它是累计确认，用一个数字概括了接收到的所有数据，不会越过丢失的数据</p>
TCP 连接	三次握手建立连接 <ul style="list-style-type: none"> • 服务器方执行 LISTEN 和 ACCEPT 原语，被动监听； • 客户方执行 connect 原语，产生一个 SYN 为 1 和 ACK 为 0 的 TCP 段，表示连接请求； • 服务器方的传输实体接收到这个 TCP 段后，首先检查是否有服务进程在所请求的端口上监听，若没有，回答 RST 置位的 TCP 段； • 若有服务进程在所请求的端口上监听，该服务进程可以决定是否接

	<p>受该请求。在接受后，发出一个 SYN 置 1 和 ACK 置 1 的 TCP 段表示连接确认，并请求与对方的连接；</p> <ul style="list-style-type: none">• 发起方收到确认后，发出一个 SYN 置 0 和 ACK 置 1 的 TCP 段表示对方的连接确认；• 若两个主机同时试图建立彼此间的连接(图 b)，则只能建立一条连接。 <div></div>																											
TCP 连接释放	<p>①TCP 连接可堪称一对单工连接，释放过程对每个单工连接单独释放</p> <p>②释放连接时，发出 FIN 位置 1 的 TCP 段并启动定时器，在收到确认后关闭连接。若无确认并且超时，也关闭连接。</p>																											
TCP 滑动窗口	<p>策略一：延迟确认，不可能捎带式接收方延时</p> <p>策略二：Nagle 算法，收到确认后才发送下个数据段</p> <p>策略三：Clark 算法，解决慢窗口症状</p>																											
TCP 知名端口	<table><tr><th>Port</th><th>Protocol</th><th>Use</th></tr><tr><td>21</td><td>FTP</td><td>File transfer</td></tr><tr><td>23</td><td>Telnet</td><td>Remote login</td></tr><tr><td>25</td><td>SMTP</td><td>E-mail</td></tr><tr><td>69</td><td>TFTP</td><td>Trivial File Transfer Protocol</td></tr><tr><td>79</td><td>Finger</td><td>Lookup info about a user</td></tr><tr><td>80</td><td>HTTP</td><td>World Wide Web</td></tr><tr><td>110</td><td>POP-3</td><td>Remote e-mail access</td></tr><tr><td>119</td><td>NNTP</td><td>USENET news</td></tr></table>	Port	Protocol	Use	21	FTP	File transfer	23	Telnet	Remote login	25	SMTP	E-mail	69	TFTP	Trivial File Transfer Protocol	79	Finger	Lookup info about a user	80	HTTP	World Wide Web	110	POP-3	Remote e-mail access	119	NNTP	USENET news
Port	Protocol	Use																										
21	FTP	File transfer																										
23	Telnet	Remote login																										
25	SMTP	E-mail																										
69	TFTP	Trivial File Transfer Protocol																										
79	Finger	Lookup info about a user																										
80	HTTP	World Wide Web																										
110	POP-3	Remote e-mail access																										
119	NNTP	USENET news																										
慢启动算法	<p>步骤：①连接建立时拥塞窗口（congwin）初始值为该连接允许的最大段长②发出一个最大段长的 TCP 段，若正确确认，拥塞窗口变为两个最大段长③发出 n 个最大长度的 TCP 段，若都得到确认，则拥塞窗口加倍④重复上一步，直至发生丢包超时事件，设置拥塞窗口的大小为原来的 1/2（阈值）。</p>																											

第七章 应用层

1. DNS

（1）域名系统是一个多层次的、基于域的命名系统，并使用分布式数据库实现这种命名机制；主要用途将主机名和电子邮件目标地址映射成 IP 地址。

问题	总结
----	----

DNS 查找过程	<p>①应用程序调用库过程，并将名字作为参数传递给此过程。这一过程称为存根解析器</p> <p>②存根解析器发送一个查询给本地 DNS 解析器，随后执行递归查找，向一组 DNS 解析器查找该名称。</p> <p>③本地 DNS 解析器最终向存根解析器返回应答，其中包括对应的 IP 地址</p> <ul style="list-style-type: none">• 请求报文和响应报文都以 UDP 包格式发送 <p>④域名系统是一个典型的客户/服务器交互系统。</p>																				
DNS 名字空间和层次结构	<p>①DNS 采用分层次的地址结构</p> <p>②ICANN 组织负责命名了 250 多个顶级域名，分为通用域和国家域两种。</p> <p>③域名是大小写无关的，域名最长 255 个字符，每部分最长 63 个字符</p> <p>④创建新的域，创建者需要得到该新域的上级域的认可。每个域对它下面的子域和机器进行管理。</p> <p>⑤命名机制遵循的是组织的边界，而不是物理网络的边界。</p>																				
DNS 的应答	<table><tr><th colspan="5">资源记录格式</th></tr><tr><th>Domain_name</th><th>Time_to_live</th><th>Class</th><th>Type</th><th>Value</th></tr><tr><td>域名</td><td>生存期</td><td>类别</td><td>类型</td><td></td></tr><tr><td>指出记录适用于哪个域</td><td>指明了该条记录的稳定程度</td><td>IN</td><td>指出这是什么类型的记录</td><td>取决于记录类型</td></tr></table> <p>①每个域都有一组与它相关联的资源纪录，这些记录组成了 DNS 数据库。</p> <p>②常见的资源记录就是它的 IP 地址。域名解析时，得到的是与该域名关联的资源记录。</p> <p>③一条资源记录是一个五元组，通常用 ASICCC 文本来表示资源纪录</p>	资源记录格式					Domain_name	Time_to_live	Class	Type	Value	域名	生存期	类别	类型		指出记录适用于哪个域	指明了该条记录的稳定程度	IN	指出这是什么类型的记录	取决于记录类型
资源记录格式																					
Domain_name	Time_to_live	Class	Type	Value																	
域名	生存期	类别	类型																		
指出记录适用于哪个域	指明了该条记录的稳定程度	IN	指出这是什么类型的记录	取决于记录类型																	
资源记录常用类型 (Type)	<p>①SOA 给出了有关该名称服务器区域的主要信息来源的名称、名字服务器管理员的电子邮件地址、序列号以及各种标识和超时值。</p> <p>②A 记录包含某一个网络接口的 32 位 IP 地址</p> <p>③AAAA 记录包含某一个 128 位 IPv6 地址</p> <ul style="list-style-type: none">• 在 DNS 服务器中可以为同一个域名配置多个 IP 地址，在响应 DNS 查询时，DNS 服务器对每个查询将以 DNS 文件中主机记录的 IP 地址按顺序返回不同的解析结果，将客户端的访问引导到不同的机器上去，使得不同的客户端访问不同的服务器，从而达到负载均衡的目的。（只有一个 DNS 域名的机器可以有多个 IP 地址的原因）• 可以有两个以上 A 或 AAAA 资源记录，即单个域名的查询可能获得多个 IP 地址 <p>④NS 指明了一台用于所在域和子域的名字服务器</p> <p>⑤MX 记录指定一台主机的名字，该主机将为这个特定域名接受电子邮件</p> <p>⑥CNAME 记录允许创建别名</p> <p>⑦PTR 反向查找机器的名字，将一个名字与一个 IP 地址关联起来，叫逆向查询</p> <p>⑧SRV 是一个比较新的记录类型，它把主机标识为域内的一种给定服务</p> <p>⑨SPF 是一个新的记录类型</p> <p>⑩TXT 记录每个域可以按照任意方式来表示自己</p>																				

<p>DNS 的工作过程</p>	<p>①当解析器需要查询一个域名，就把该查询传递给一个本地域名服务器。若该域恰好落在该域名服务器管辖下，则返回权威资源记录</p> <p>②如果被查询域在远端，缓存信息又没有相关域，那么本地域名服务器启动一次远程查询</p> <p>③最后资源记录被返回给发起域名解析的机器，并在该区域的域名服务器中做缓存，超时后删除。</p> <p>递归方式：DNS 服务器与另一台 DNS 服务器联系，查看该服务器是否查到此名，不能则继续递归下去知道查到或超时。</p> <p>迭代方式：在响应报文中同志客户到另一台 DNS 服务器中查询</p>
-------------------------	--

一些可能的问答

1. 网络分类： P1

- 按传输技术：点到点，广播式
- 按网络规模：个域网 局域网 城域网 广域网 因特网/互联网

2. 协议分层的作用 P1

①设计目标：可靠性、资源分配、演进性、安全性

②层次结构的特点降低了网络设计的复杂性，容易实现标准化降低成本，某些情况下比使用单层协议性能差。

绝大多数网络都组织成了一个**层次栈**或者**分级栈**

3. OSI 模型 P2

物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层、应用层

4. 数据链路层为网络提供的服务有哪些？ P5

无确认的无连接服务、有确认的无连接服务、有确认的面向连接服务

5. 数据链路层的成帧方法有哪些？ P5

字符计数法、**字节填充的标志字节法**(在 ESC/FLAG 前加 ESC，头尾加 FLAG)、位填充的标志位法、物理层键码违例法

6. 六个协议 P6 （作业题）

一种乌托邦式的单工协议、无错误信道上的单工停-等协议、有错误信道上的单工停-等协议、**1 位滑动窗口协议（相当于停-等）、回退 N 协议、选择重传协议**

7. 多路访问协议和 MAC 子层划重点部分全部记忆 P8-9

8. 网桥工作流程、VLAN 三种划分、中继器&网桥&路由器工作特点 P11-12

9. 传输层的主要功能 P17

- 最终目标是**向它的用户提供高效的、可靠的和性价比合理的服务**
- 网络层和传输层相似,引入传输层的原因:

①**消除网络层的不可靠性**：网络层是网络承运商控制的，传输层是**用户控制的**。

②提供从源端主机到目的端主机的可靠的、与实际使用的网络无关的信息传输。即应用**开发人员**可以根据一组标准的传输层的服务原语编写代码，**可以运行在各种不同的网络上**，不用处理不同的子网接口。

10. 释放连接的对称和不对称 P17

- 不对称方式：任何一方都可以关闭双向连接；
- 对称方式：每个方向的连接单独关闭，双方都执行 DISCONNECT 才能关闭整条连接。

11. UDP 的特点。使用 UDP 的应用 P17-18

特点：①无连接的端到端传输协议②无连接、不可靠③没有流量控制、错误控制、重传机制

应用：DNS：如果一个程序需要查询某个主机名称的 IP，它可以给 DNS 服务器发送一个包含该主机名称的 UDP 数据包。服务器用一个包含该主机 IP 的 UDP 数据包作为应答。实现不需要建立连接，事后也不需要释放，只需要两条消息通过网络即可。

12. TCP 的特点、建立连接时确认号和序列号变化、知名端口、三次握手、慢启动 P18-19

13. 顶级域名的作用

便于记忆，降低互联网使用门槛；有助于实现企业的营销目标，使企业的网络营销目标和非网络营销目标达成一致

14. DNS 工作过程 P21