

《计算机网络》复习题

1.掌握计算机网络ISO/OSI七层模型中各层的作用，掌握TCP/IP体系结构各层的基本功能，熟悉TCP/IP体系结构中的主要协议。

ISO/OSI

【物理层】在物理媒介上正确透明的传输无结构的比特流，为上一层提供一个物理链接。

【数据链路层】负责在两个相邻结点间的线路上，无差错的传送以帧为单位的数据。数据链路层要负责建立、维持和释放数据链路的连接。帧的封装和解封，差错控制（校验码），流量控制（发送的帧速率不大于接收能力），提供传输透明性（HDLC的位插入）

【网络层】网络层的任务就是选择合适的网间路由和交换结点，确保数据及时从源端传送到目的端，在需要时对上层数据进行分段和重组。两种服务方式（数据报-面向非连接的传输服务，虚电路-面向连接的），路由选择（报文分组，选择传输路线），路由更新（动态算法、流量变化、拓扑结构变更、确定路由），拥塞控制

【传输层】对网络层的连接进行管理，在用户进程之间提供端到端的可靠的透明的通信服务。主要功能：传输连接的建立与拆除、流量控制与拥塞控制、差错控制、网络服务质量的选择

【会话层】在传输层的基础上增加控制、协调会话的机制，建立组织协调应用进程之间的交互。会话层不参与具体的传输，它提供包括访问验证和会话管理在内的建立和维护应用之间通信的机制。

【表示层】定义用户或者应用程序之间交换数据的格式，提供数据表示之间的转换服务，保证传输的信息到达目的站后意义不变。提供格式化的表示和转换数据服务。数据的压缩和解压缩，加密和解密等工作都由表示层负责。

【应用层】为用户的应用进程提供标准的网络服务和应用接口。确定进程之间通信的性质以满足用户需要以及提供网络与用户应用。

TCP/IP

【网络接口层】负责将网际层的IP数据报通过物理网络发送，或从物理网络接收数据帧，抽出IP数据报上交网际层。

【网际网（IP）层】负责相同或不同网络中计算机之间的通信，主要处理数据和路由。提供无连接的、不可靠的数据报传输服务。

网际协议IP、地址转换协议ARP、反向地址转换协议RARP、互联网控制报文协议ICMP

【传输层】主要功能是数据格式化、数据确认和丢失重传等。提供应用进程间可靠的传输服务，称为端到端的通信。

传输控制协议TCP、用户数据报协议UDP（简单文件传输协议TFTP、网络文件系统NFS、简单网络管理协议SNMP）

【应用层】向用户提供一组常用的应用层协议，为文件传输、电子邮件、远程登录、网络管理、Web浏览等应用提供了支持。

文件传输协议FTP、远程通信协议TELNET、简单邮件传送协议SMTP

域名系统DNS、超文本传输协议HTTP、简单网络管理协议SNMP

2.通信网络的数据编码有哪几种，其特点是什么？叙述不归零制编码、曼彻斯特编码和差分曼彻斯特编码的特点。对于数字数据10101011，请画出它采用以上3种编码方式编码后的信号波形。

【通信网络的数据编码有哪几种，其特点是什么】

1.数字数据的数字信号编码：使数字数据能在数字信道上传输

2.数字数据的调制编码：使数字数据能在模拟信道上传输

3.模拟信号的数字编码：使模拟数据能在数字信道上传输

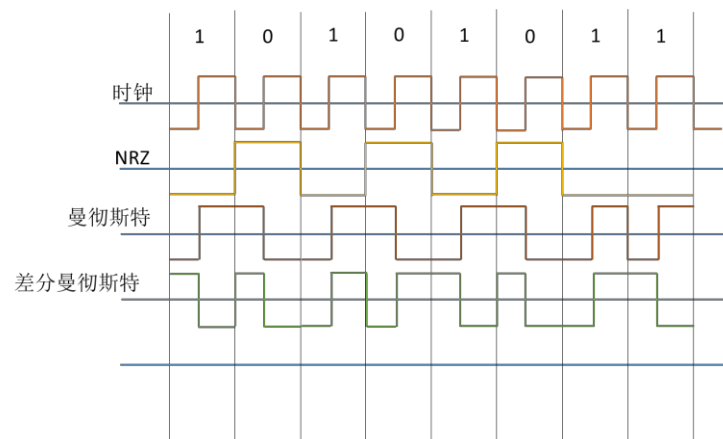
【不归零制编码、曼彻斯特编码和差分曼彻斯特编码的特点】

• **不归零制编码**：二进制数字 0、1 分别用两种电平来表示；常用 -5V 表示 1，+5V 表示 0；缺点：0 与 1 难以区分；存在直流分量，传输中不能有变压器或电容；不具备自同步机制，传输时必须使用外同步。

• **曼彻斯特编码**：主要由以太网使用；用电压的变化表示 0 和 1；规定在每个码元的中间发生跳变；高->低的跳变代表 0，低->高的跳变代表 1；每个码元中间都要发生跳变，接收端可将此变化提取出来作为同步信号。这种编码也称为自同步码；缺点：需要双倍的传输带宽（即信号速率是数据速率的 2 倍）

• **差分曼彻斯特编码**：主要由令牌环使用；每个码元的中间仍要发生跳变；用码元开始处有无跳变来表示 0 和 1，有跳变代表 0，无跳变代表 1；在解码过程，只要把前一位的后半位和本位的前半位进行“异或”，相同“1”；不同“0”。

【采用以上 3 种编码方式画出数字数据 10101011 编码后的信号波形】



【补充】4B/5B 编码，FDDI 使用，将每 4 比特作为一组，将每组按照编码规则转换成相应的 5B 码。多进制编码， $M=2^n$

3. 举出至少三种提高数据传输可靠性的方法。

(1) 自动请求重发 (ARQ)：当接收端发现差错时，设法通知发送端重发，直到收到正确的码字为止；

(2) 前向纠错 (FEC)：接收端不但能发现差错，而且能确定二进制码元发生错误的位置，而加以纠正；

(3) 混合方式 (HEC)：发送端编码具有一定的纠错能力，接收端对收到的数据进行检测。发现有错且未超过纠错能力，则自动纠错；如超过纠错能力则发出反馈信息，命令发送端重发。

表2 差错控制方式对比

差错控制方式	差错控制编码	优点	缺点	适用环境
ARQ	检错码	译码设备简单	实时性差, 需要反馈信道	干扰较大, 突发错误多的信道
FEC	纠错码	实时性好, 不要求反馈信道	冗余码较多, 传输效率低, 译码设备复杂	散发错误型信道, 实时性要求高
HEC	纠错码	差错控制能力强	设备复杂, 需要反馈信道	要求纠错性能好, 实时性要求不高

4.为什么要使用信道复用技术? 常用的信道复用技术有哪些?

通过共享信道、最大限度提高信道利用率。

常用的信道复用技术有:频分、时分、码分、波分。

5.什么是CRC 码?如何由信息码生成校验码?给定一个信息位串10110010 和生成多项式 $G(x)=11001$, 问: 校验码应该是几位的?请计算出校验码 $R(x)$ 和CRC 码 $C(x)$, 并验证: $C(x)=G(x)Q(x)$, 其中 $Q(x)$ 为生成校验码运算所得的商。

【CRC 码】CRC 码即循环冗余校验码, 是局域网络技术中常用的检错码。

【由信息码生成校验码】 $R(x) = x^r K(x) \div G(x)$ 的 r 位余数, 除法用无借位减(异或), $G(x)$ 为给定的生成多项式

【校验码的计算与位数】已知信息码 $K(x)=10110010$, 生成多项式 $G(x)=11001 = (r=4$ 四位)

CRC 校验码位数=生成多项式位数 - 1 所以 $R(x)=1101$ $C(x)= 101100101101$

【证明】 $C(X)/G(X)$, 因此若余数为零, 则认为传输无误; 若余数不为零, 则认为检验出传输差错。

6.什么是数据传输速率和信号传输速率?它们有什么关系?

【数据传输速率】每秒传输的数据(编码前的数字数据)的二进制位数, b/s, 或 bps, 比特率。

【信号传输速率】编码后传输信号在信道上的传输速率, 每秒钟传输信号变化次数, 波特(baud), 码元传输速率, 波特率。

【两者关系】一般情况下, 若码元状态数为 $M(M$ 为 2 的整数次幂), 码元传输速率为 B , 则数据传输速率 $C=B\log_2 M$ 。 M 码元状态数为一个码元所取的有效离散值的个数。

7.叙述奈奎斯特准则和香农定理。对于一条带宽为200MHz的通信线路, 如果信噪比为30dB, 其最高数据传输速率能达到多少?如果信噪比为20dB呢?

【奈奎斯特准则】带宽为 W Hz 的无噪声低通信道, 最高码元传输速率: $B_{\max}=2W$, 最高数据传输速率 $C_{\max}=B_{\max}\log_2 M$

【香农定理】信噪比为 S/N 的高斯白噪声干扰信道可达到的数据传输速率:
 $C=W\log_2(1+S/N)$ 。信噪比通常使用 $10\log_{10}S/N$, 分贝(dB), 如 $S/N=1000$, 相当于 30dB。

8.假定用户共享一条10Mbps的链路。同时假定当每个用户传输时连续以5Mbps传输，但每个用户仅传输20%的时间。

a)当使用电路交换时，能够支持多少用户？

b)假定使用分组交换。为什么如果两个或更少的用户同时传输的话，在链路前面基本上没有排队时延？为什么如果3个用户同时传输的话，将有排队时延？

c)求出某指定用户正在传输的概率。

d)假定现在有3个用户。求出在任何给定的时间，所有3个用户在同时传输的概率。

a)

$$N = \frac{10Mbps}{5Mbps} = 2$$

b) 因为两个用户使用网络时，网络刚好能负担两个用户的最大使用量，而第三个用户的出现会导致客户总需求的带宽达到 15Mbps，超过网络能负担的 10Mbps，所以会出现排队时延。

c) 可以将某指定用户使用网络的时间比例认为为该用户正在传输的概率：

$$P = 20\%$$

d)

$$P = 20\%^3 = 0.008$$

9.假定两台主机A和B相隔10000Km，由一条直接的R=10Mbps的链路相连。假定跨越该链路的传播速率是 $2.5 \times 10^8 m/s$ 。

a)计算带宽-时延积 $R \cdot t_{prop}$

b)考虑从主机 A 到主机 B 发送一个 600000 比特的文件。假定该文件作为一个大的报文连续发送。在任何给定的时间，在链路上具有的比特数量最大值是多少？

c)给出带宽-时延积的一种解释。

d)在该链路上一个比特的宽度（以米计）是多少？它比一个足球场更长吗？

e)根据传播速率 s，带宽 R 和链路 m 的长度，推导出一个比特带宽的一般表达式。

a) t_{prop} 为传播时延。带宽 - 时延积 $R \cdot t_{prop} = 10Mbps \times \frac{10000 \times 10^3 m}{2.5 \times 10^8 m/s} = 40000 bits$

b)文件的每个报文在链路上存在的最大时间为 t_{prop} ，文件发送速度为 R，在链路上的比特数量最大为 $R \cdot t_{prop} = 40000 bits$ 。

c)链路上具有的比特数量的最大值。

d)一个比特占据的宽度为：

$$l = \frac{L}{R \times t_{prop}} = \frac{1 \times 10^7}{40000} = 250m$$

比足球场宽。

e)设比特带宽为 l:

$$l = \frac{m}{R \times t_{prop}} = \frac{m}{R \times \frac{m}{s}} = \frac{s}{R}$$

10.分组交换网中的时延包含哪些类型，各自的含义是什么？

【结点处理时延】检查比特差错、分组首部等，决定将该分组导向何处所需要的时间。

【排队时延】在输出的连路上等待的传输时间。

【传输时延】 $R =$ 链路带宽 (bps)； $L =$ 分组长度 (比特)；发送比特进入链路的时

间= L/R 。

【传播时延】从该链路的起点到路由器B传播所需要的时间。

d =物理链路的长度； s =在媒体中传播的速度($\sim 2 \times 10^8 \text{m/sec}$)；传播时延 = d/s 。

11.列写五种网络互连设备，并叙述各自的特点。

互连设备	工作层次	主要特点
中继器	物理层	对接收信号进行再生和发送，只起到扩展传输距离的作用，对高层协议是透明的，但使用个数有限。对信号放大、整形，不检测数据流头部信息，无缓存。只简单转发，没有过滤能力。
集线器	物理层	多端口的中继器。每个端口只与一个站点相连，形成的信号点对点传输，使以太网形成星型结构。广播式发送数据。
网桥	数据链路层	根据帧物理地址进行网络之间的信息转发，可缓解网络通信繁忙度，提高效率。 只能够连接相同 MAC 层的网络。储存转发式。过滤通信量，扩大物理范围，提高 可靠性。
二层交换	数据链路层	指传统的交换机，多端口网桥。
三层交换	网络层	带路由功能的二层交换机。
路由器	网络层	通过逻辑地址进行网络之间的信息转发，可完成异构网络之前的互联互通，只能连接使用相同网络协议的子网。从逻辑上划分网络，连接多个网络，通过一系列算法选择最佳路径。
多层交换	高层(第4~7	带协议转换的交换机。
网关	高层(第4~7	最复杂的网络互连设备，用户连接网络层以上执行不同协议

12.CSMA / CD 对CSMA 的改进主要是什么?目的是什么?冲突以后以太网采用什么后退算法?对该算法进行说明。在严重冲突的情况下，以太网随机选择的后退重试时机最多有多少个?

【CSMA/CD 的改进】增加了冲突检测的功能，即边发送边检测冲突；若在传输中测得冲突，停止发送，并发出一个 32 比特的阻塞(jam) 信号；采用后退算法，等待随机时间重试。

【目的】若产生碰撞，总线上传输的信号产生了严重的失真，无法从中恢复出有用的信息来。因此，为了避免冲突的发生以及随之而来的网络资源的浪费（信道浪费），每一个正在发送数据的站，一旦发现总线上出现了碰撞，适配器就要立即停止发送，然后等待一段随机时间后再次发送。

【后退算法】IEEE 802.3 采用截断二进制指数后退算法计算随机等待时间。 $T=2^i \tau$ * (2^i-1) ，取 0- T 随机值，重试次数： $i>10$ 截断，上限

16, $2^i \tau$ 取 512 位时。重传达 16 次仍不能成功时(这表明同时打算发送数据的站太多，以至连续发生冲突)，则丢弃帧，并向高层报告。

重试时间在 $2^i \tau$ (0~1023)之间随机选择，一个站可能有 1024 个可能的间隙进行发送，这也是以太网规定最多支持 1024 个站点的原因。

【最多后退重试时机】1023 个。

13.以太网的回退算法中,时槽取多大?根据是什么?以太网帧所携带数据的最小长度是多少?为什么?发送的数据长度达不到最小长度怎么办?

【时槽取多大以及根据】网络传输介质长度不同及中继器等设备数目不同,信号在网上往返一次所需时间 2τ 也不同。将时槽定义为 最长以太网的 2τ 。这样,各种长度的网络,发送数据后在一个时槽内都可以检测到是否发生冲突。考虑到最大规模网络的情况(如802.3

粗缆以太网4个中继器连接5个网段,共2500m),并加上32位强化冲突的堵塞信号的发送时间,IEEE802.3标准将时槽取为发送 512 位 的时间,称为512位时。对于10Mb/s的数据传输速率,每位 $0.1\mu s$,时槽为 $51.2\mu s$,则最大后退时间为 $1023 \times 51.2 = 52.4ms$ 。

【以太网帧最小长度】512位时的时槽将以太网帧所携带数据的最小长度限制为 46个字节。最小帧长度共64字节 512 位,包括46个字节、12字节源地址和目的地址、2字节数据长度及4字节的 FCS。如果帧长度<64个字节,在时槽之内发完,无法保证正常地进行冲突检测。

【长度小于46字节】加填充字段(PAD)补足。

14.使用CSMA/CD协议,适配器在碰撞之后等待 $K \cdot 512$ 比特时间,其中K是随机选取的。对于 $K=64$,对于一个10Mbps的广播信道,适配器返回到第二步要等待多长时间?对于100Mbps的广播信道呢?

$$\begin{aligned} 10\text{Mbps: } t &= \frac{64 \times 512 \times 8\text{bit}}{10 \times 2^{20}\text{bps}} = 0.025\text{s} \\ 100\text{Mbps: } t &= \frac{64 \times 512 \times 8\text{bit}}{100 \times 2^{20}\text{bps}} = 0.0025\text{s} \end{aligned}$$

16.叙述交换机/交换机的基本工作原理,它为什么能提高网络传输的流量?叙述交换机/交换机的基本结构。帧转发机制有哪几种类型?它们的特点是什么?

【基本工作原理】交换机通过对信息进行重新生成,经过内部处理后转发至指定端口。它可以识别数据包中的 MAC 地址信息,然后根据 MAC 地址进行转发,并将这些 MAC 地址与对应的端口记录在自己内部的一个地址表中。

【提高网络传输流量】交换机能够隔离各网段内的通信,使得不同网段上的多个用户能同时发送信息,而不会降低网络速度。通过建立 更小的冲突域为每个用户提供更多的带宽。

【基本结构】端口:用来连接计算机,支持不同的数据传输速率。端口缓存:提供缓冲能力,特别是在同时具有不同速率的端口时,交换机的缓存会起很大作用。帧转发机构:在端口之间转发信息。底板体系结构:交换机内部的电子线路,在端口之间进行快速数据交换。

【帧转发机制】存储转发交换:差错检验,在转发之前必须接受整个帧,并进行校验,无错误则将这一帧发向目的地址,延迟为整个 帧的传输时间。直通交换:不进行差错校验,查到帧头所包含的目的站地址就直接转发,无需等待帧全部被接收,也不进行差错检验,速度快。无碎片交换:只查看前 64 字节,如果不是碎片就转发,不进行差错校验。转发的效率和速度上是前两种方式的折中。

17.交换式以太网与共享式以太网的区别是什么?一个工作组级的100BaseTX 以太网,由一台8 口hub 连接8 台计算机组成。现在要把它改造为交换式以太网,需要更新什么设备?改造前网络的传输流量是多少?改造后网络能提供的最大传输流量是多少?

【共享式以太网】1、所有站点都通过 UTP 点到点连接到一个集线器上，形成一个以集线器为中心的星型结构；2、受媒体传输频率特性的限制，集线器和每个站点之间的 UTP 电缆最大距离规定为 100m；3、网络中所有主机的收发都依赖于同一套物理介质，即共享介质；4、同一时刻只能有一台主机在发送，各主机通过遵循 CSMA/CD 规则来保证网络的正常通讯。

【交换式以太网】1、一个小规模的工作组级交换式以太网可以由一台交换机连接若干台计算机组成。因此交换式以太网比一般的以太网可以提供更大的网络带宽；n 个端口数据传输速率均为 xMb/s 的以太网交换机，最大可提供 $0.5 \times n \times x\text{Mb/s}$ 的总带宽、而 xMb/s 的以太网集线器只能提供 xMb/s 的带宽；2、隔离了冲突域，增大了网络跨距：构成单独的冲突域，突破单个冲突域的限制，可以构成更大规模网络；3、处于一个广播域，可能产生广播风暴；4、交换机作为更加智能的交换设备，能够提供更多用户所要求的功能：优先级、虚拟网、远程检测。

【区别】共享式网络就相当于无序状态，当数据和用户数量超出一定的限量时，就会造成碰撞冲突，使网络性能衰退。而交换式网络则避免了共享式网络的不足，交换技术的作用便是根据所传递信息包的目的地址，将每一信息包独立地从端口送至目的端口，避免了与其它端口发生碰撞，提高了网络的实际吞吐量。

【更新设备】集线器、交换机（多口网桥）

【改造前后的最大传输流量】改造前：最多 100Mb/s；改造后：最大 $0.5 \times 8 \times 100 = 400\text{Mb/s}$

18.IP地址有哪几类？什么是子网掩码？它的作用是什么？如何得出子网掩码？给你一个IP地址192.168.0.119，请叙述出其组成。如果其子网掩码为255.255.255.0，试写出该IP地址代表的主机地址是多少？该主机所在的网络地址是多少？

【IP 地址有哪几类】IP 地址有 5 类，A 类到 E 类，各用在不同类型的网络中。地址分类反映了网络的大小以及数据包是单播还是组播的。A 类地址（1.0.0.0-126.255.255.255）用于最大型的网络，该网络的节点数可达 16,777,216 个。B 类地址（128.0.0.0-191.255.255.255）用于中型网络，节点数可达 65,536 个。C 类地址（192.0.0.0-223.255.255.255）用于 256 个节点以下的小型网络的单点网络通信。D 类地址（224.0.0.0-239.255.255.255）并不反映网络的大小，只是用于组播，用来指定所分配的接收组播的节点组，这个节点组由组播订阅成员组成。E 类地址（240.0.0.0-255.255.255.254）用于试验。

特殊 IP 地址：127.x.x.x 给本地网地址使用；224.x.x.x 为多播地址段；255.255.255.255 为通用的广播地址。

【子网掩码及作用】子网掩码是一种用来指明一个 IP 地址的哪些位标识的是主机所在的子网，以及哪些位标识的是主机的位掩码。子网掩码不能单独存在，它必须结合 IP 地址一起使用。作用：将某个 IP 地址划分成网络地址和主机地址两部分。

【得出子网掩码】对于无须再划分成子网的 IP 地址来说，按照其定义即可写出：如某 B 类 IP 地址为 10.12.3.0，无须再分割子网，则该 IP 地址的子网掩码为 255.255.0.0。如果它是一个 C 类地址，则其子网掩码为 255.255.255.0。其它类推。对于需要划分成子网的 IP 地址来说，其子网掩码需要经过比较复杂的计算。

【IP 地址代表的主机地址和网络地址】由网络部分和主机部分组成，主机地址是 0.0.0.119，网络地址是 192.168.0.0

19.什么是最大传输单元MTU?IP数据报传输中为什么要进行分片与重组?如何进行分片与重组?

网络链路有MTU（最大传输长度）--最大可能的链路级帧

在网络中,大IP数据报被分割,一个数据报变为几个数据报,重新装配仅在目的地完成,IP首部比特用于表示、排序相关段。

标识:数据报的标识符,目的站利用数据报标识符和源站IP地址判断收到的分片属于哪个IP数据报,以便进行数据报重组,原样拷贝。源站维持一个全局计数器产生标识。

标志:不分片,数据报不能分片,调试软件故障

片完0/未完1,该片是否原数据报的最后一篇

片偏移:8字节为单位,组合顺序。

20.试给出一个报头长 20 个字节,数据区长 2140 个字节的 IP 数据报在 MTU 为 1500 字节的以太网中最少分片数及各片的偏移量。

字段的数量为

$$N = \frac{2140}{1500 - 20} = 2$$

字段的偏移为: 0, 185。

21.考虑向具有 700 字节 MTU (最大传送单元) 的一条链路发送一个 2400 字节的数据报。假定初始数据报标有标识号 433。将会生成多少个分片? 在生成相关分片的数据报中的各个字段的值是多少?

字段的数量为

$$N = \frac{2400 - 20}{700 - 20} = 4$$

4 个字段的标识号均为 433,4 个字段的偏移为:0,85,170,255,四个字段的标志位 1,1,1,0。

22.路由选择和转发的区别是什么?

Routing (路由选择) calculate and find the right way from senders to receiver, while route forwarding (路由转发) moves the packet from router input port to the correct output port. The route forwarding base on the result of routing.

23.已知地址块中的一个地址是 140.120.84.24/20。试求这个地址块中的最小地址和最大地址。地址掩码是什么? 地址块中共有多少地址? 相当于多少个 C 类地址? (10 分)

140.120.84.24=140.120.(01010100).24

最小地址: 140.120.(01010000).0/20(80) (将主机的后 12 位都换成 0 再加一)

最大地址: 140.120.(01011111)255/20(95) (将主机的后 12 位都换成 1)

地址掩码: 255.255.240.0

共有多少个: $2^{12}=4096$ 个地址 (最大-最小)

C 类地址的第一个字节的前三位必须是 110, 所以第一段的范围为 192~223。

相当于有 16 个 C 类地址。

24.假定网络中的路由器 B 的路由表有如下的项目:

目的网络	距离	下一跳路由器
N1	7	A
N2	2	C
N6	8	F
N8	4	E

N9	4	F
----	---	---

现在 B 收到从 C 发来的路由信息：

目的网络	距离
N2	4
N3	8
N6	4
N8	3
N9	5

试求出路由器 B 更新后的路由表。（10 分）

路由表里存储的下一跳路由器都是与自己距离为 1 的路由器，因此可以得到 B 和 C 的距离为 1。

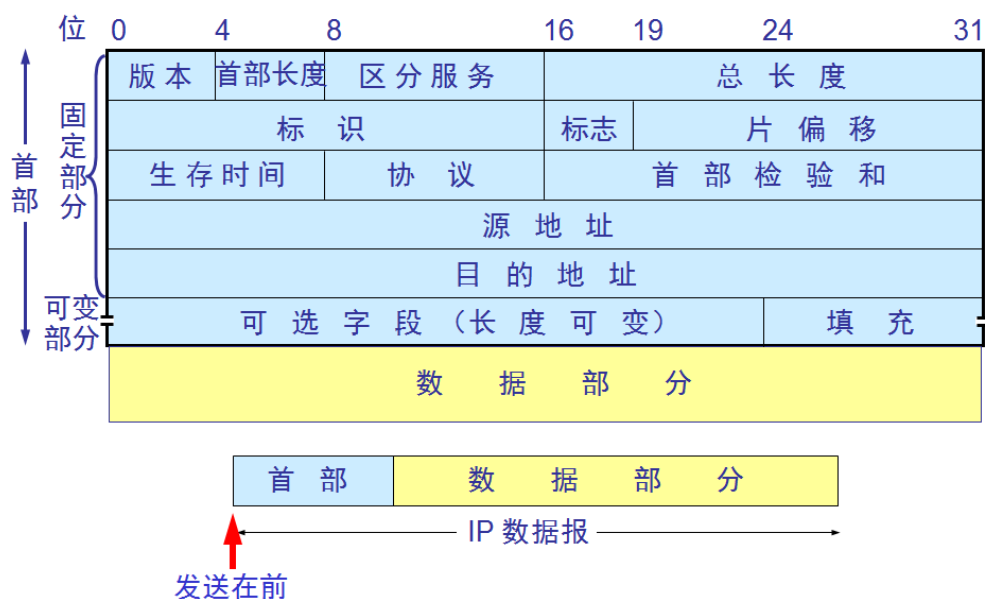
目的网络	距离	下一跳路由器
N1	7	A
N2	2	C
N6	5	C
N8	4	E/C
N9	4	F

25.什么是可靠的传输和不可靠的传输，其主要区别是什么？了解IP、TCP/UDP数据报的格式。IP 数据报可携带的数据最多是多少？请分析TCP报文中的几个标志(URG、ACK、PSH、RST、SYN、FIN)的含义。请用图、文字说明TCP协议的连接建立、数据传输、连接释放、数据重传过程。

【可靠传输与不可靠传输】如果一种协议能保证数据能够完整准确地从发出地传输到目的地，则称这个协议提供的传输是可靠的。反之，则是不可靠的。区别：在于是否保证数据的无损传输，以及是否通知发送者确认这一结果。

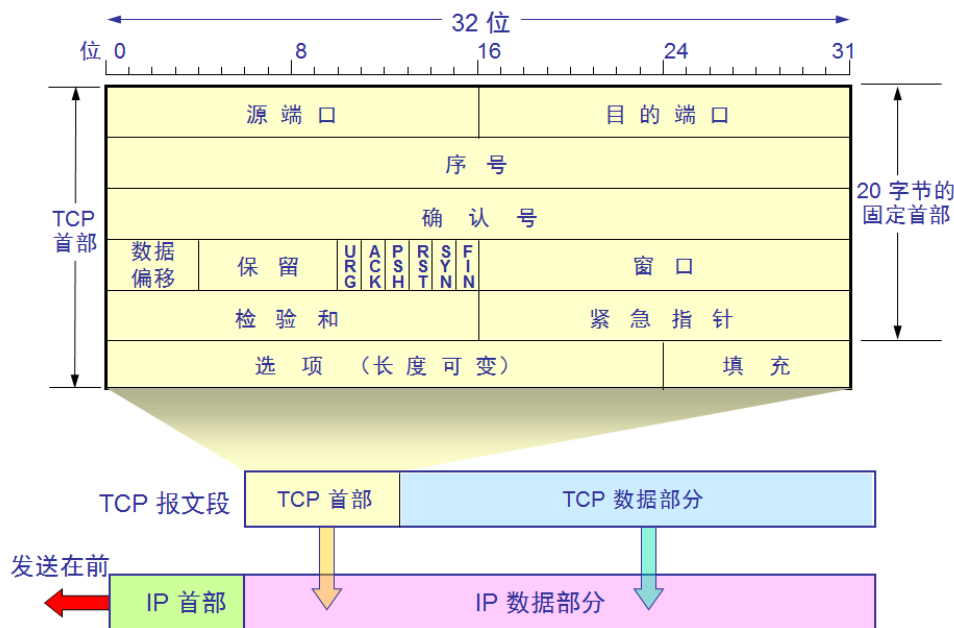
【IP 数据报的格式】

一个 IP 数据报由首部和数据两部分组成。首部的前一部分是固定长度，共 20 字节，是所有 IP 数据报必须具有的。在首部的固定部分的后面是一些可选字段，其长度是可变的。版本 4 位，首部长度 4 位，区分服务 8 位，总长度 16 位，标识 16 位，标志 3 位，片偏移 13 位，生存时间 8 位，协议 8 位，首部检验和 16 位，源地址 32 位，目的地址 32 位。IP 首部的可变部分就是一个选项字段，用来支持排错、测量以及安全等措施，内容很丰富。实际上这些选项很少被使用。



【TCP/UDP 数据报的格式】

源端口和目的端口字段各 2 字节，序号字段 4 字节，确认号字段 4 字节，数据偏移（即首部长度的）占 4 位，保留字段 6 位，标识字段，窗口字段 2 字节，检验和 2 字节，紧急指针字段占 16 位，选项字段长度可变。



【IP 数据报携带的最大数据】

在 IP 层下面的每一种数据链路层都有自己的帧格式，其中包括帧格式中的数据字段的最大长度，此即为 MTU (maximum Transfer Unit)。

在实际使用中，数据包长度很少有超过 1500 字节的。为了不使 IP 数据包的传输效率降低，有关 IP 的标准文档规定，所有主机和路由器必须能够处理的 IP 数据包长度不得小于 576 字节，此即最小的 IP 数据报的总长度。

理论上，IP 数据报首部的定长域的长度是 20 字节。最大首部长度是 60 个字节，除定长域长度 20 字节，选项的最大长度为 40 个字节。IP 数据报的总长字段暗示整个 IP 数据报的长度，包括报头长及数据区长，单位为字节。总长字段为 16 比特，所以 IP 数据

报最长可达 65535 个字节。IP 数据报可携带的数据长度最大是 65535 减去 (20~30) 字节的首部长度。

【TCP 报文中 URG、ACK、PSH、RST、SYN、FIN 的含义】

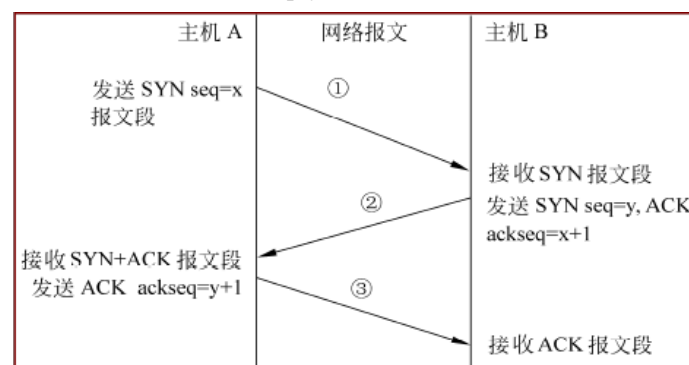
紧急 URG: 当 $URG = 1$ 时, 表明紧急指针字段有效。它告诉系统此报文段中有紧急数据, 应尽快传送(相当于高优先级的数据)。**确认 ACK:** 只有当 $ACK = 1$ 时确认号字段才有效。当 $ACK = 0$ 时, 确认号无效。

推送 PSH (PuSH): 接收 TCP 收到 $PSH = 1$ 的报文段, 就尽快地交付接收应用进程, 而不再等到整个缓存都填满了后再向上交付。**复位 RST (ReSeT):** 当 $RST = 1$ 时, 表明 TCP 连接中出现严重差错(如由于主机崩溃或其他原因), 必须释放连接, 然后再重新建立运输 连接。

同步SYN: 同步 $SYN = 1$ 表示这是一个连接请求或连接接受报文。

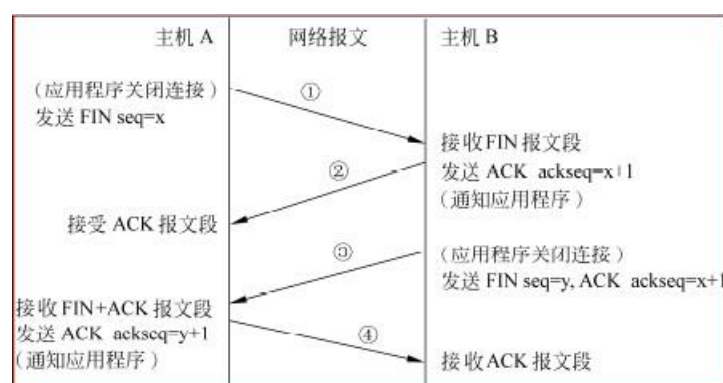
终止FIN (FINis): 用来释放一个连接。 $FIN = 1$ 表明此报文段的发送端的数据已发送完毕, 并要求释放运输连接。

【TCP 建立连接】三次握手。①主机 A 发起连接(目的端点: 主机 B 的端口 2), 发同步报文段, $SYN=1, seq=x, ACK=0$; ②主机 B 响应(主 机 A 端口 1), 发同步报文段并对 A 确认, $SYN=1, seq=y, ACK=1, ackseq=x+1$; ③主机 A 确认 B 的同步报文段, 连接建立, 发出对 B 的 确 认, $ACK=1, ackseq=y+1$ 。



【TCP 数据传输】

【TCP 连接释放】用 4 次报文段交互。①主机 A 关闭端口 1 到主机 B 端口 2 的传输连接, 发 FIN 报文段, $FIN=1, seq=x, x$ 为 A 发送数据 的最后字节的序号加 1。②主机 B 响应, 对 A 的 FIN 报文段进行确认, $ACK=1, 确认序号 ackseq=x+1$; ③主机 B 关闭 B 端口 2 到 A 端口 1 的传输连接, 收到对最后数据的确认后, 发送一个 FIN 报文段, $FIN=1, seq=y, y$ 为 B 发送数据的最后字节的序号加 1, $ACK=1, ackseq=x+1$ 。④主机 A 响应, 对 B 的 FIN 报文段进行确认, $ACK=1, 确认序号 ackseq=y+1$;



【TCP 数据重传】

26.TCP 拥塞控制主要采用哪几种技术?描述它们的工作机制。TCP 的重传机制是保证什么性能的重要措施?在什么情况下启动重传? UDP 具有重传机制吗?运行在一台主机上的一个进程使用什么信息来标识运行在另一台主机上的进程?

【拥塞控制技术】由四个核心算法组成。

(1) 慢启动: 拥塞时将慢启动门限减为发送窗口的一半, 并将拥塞窗口降到 1 个报文段长度, 收到发出的发送窗口中所有报文段的确认后, 将拥塞窗口加倍。

(2) 拥塞避免: 当拥塞窗口加到慢启门限之后, 进行加性递增。

(3) 快速重传: 若丢失报文段, 收方每收到后续报文段, 立即发出一个对丢失序号的确认, 当收到第 3 个重复的确认后就重发报文段, 而不等待重传定时器到时。

(4) 快速恢复: 快速重传后不执行慢启动, 不把拥塞窗口降到 1 个报文段长度, 而是执行拥塞避免。

【TCP 重传机制保证】数据可靠性

【什么情况下重传】在发送某一个数据以后就开启一个计时器, 在一定时间内如果没有得到发送的数据报的 ACK 报文, 那么就重新发送数据, 直到发送成功为止。

【UDP 重传机制?】UDP 自身无重传机制。若有需求, 自己写协议栈, 以 UDP 方式传输, 加上类 TCP 的确认重传机制。

【标识信息】IP 地址和端口号

27.UDP和TCP使用反码来计算它们的校验和。假设你有下面3个8比特字节: 01010110, 01110110, 11010100。这些8比特字节和的反码是多少? (注意到尽管UDP和TCP使用16比特的字来计算校验和, 但对于这个问题, 你应该考虑8比特和。) 写出所有工作过程。UDP为什么要用该和的反码, 即为什么不直接使用该和呢? 使用该反码方案, 接收方如何检测出差错?

$0101\ 0101 + 0111\ 0000 = 1100\ 0101$

$1100\ 0101 + 0100\ 1100 = 0001\ 0001$

因此得到的二进制反码为: 1110 1110

采用反码的主要原因是即使在数据全部为零的情况下校验和也不为零, 容易检查出差错的发生。

检测错误,接收方添加四个字(原来的三个单词和校验和)。如果和包含一个0,接收方知道存在一个错误。1比特的差错可以被检测出来, 但2比特的差错无法检测(例如,如果第一个单词最后的数字转换为0,第二个词的最后数字转换为1)。

28.TCP拥塞控制与流量控制所解决的问题有什么不同?解决问题的根本途径是什么?

【不同】TCP 流量控制是端到端的控制, 解决的问题是保证目的结点不会因为缓冲资源不够而溢出, 流量反馈信息是由目的结点发给源节点。拥塞控制涉及整个传输链路, 解决网络中间交换结点和传输链路的瓶颈问题, 网络中的分组节点超载而引起的问题, 拥塞信息则是由中间交换结点反馈给源节点的。

【根本途径】减慢源发站的发送速率, 源抑制, 通过反馈控制信息降低源结点的输出分组流。

29.考虑仅有一条单一的TCP (Reno) 连接使用一条10Mbps链路, 且该链路没有缓存任何数据。假设这条链路是发送主机和接收主机之间的唯一拥塞链路。假定某TCP发送方向接收方有一个大文件要发送, 而接收方的接收缓存比拥塞窗口要大得多。我们也做下列假

设：每个TCP报文段长度为1500字节；该连接的双向传播时延是150ms；并且该TCP连接总是处于拥塞避免阶段，即忽略了慢启动。

a) 这条 TCP 连接能够取得的最大窗口长度（以报文段计）是多少？

b) 这条 TCP 连接的平均窗口长度（以报文段计）和平均吞吐量（以 bps 计）是多少？

c) 这条 TCP 连接在从丢包恢复后，再次到达其最大窗口要经历多长时间？

（提示：回想 TCP 拥塞控制的“加性增，乘性减”。当窗口长度是 w 字节，且当前往返时间是 RTT 秒时，TCP 的发送速率大约是 w/RTT 。于是 TCP 每经过 1 个 RTT ，将 w 增加一个 MSS 探测出额外的带宽，直到一个丢包事件发生为止。当丢包发生时，用 W 表示此时 w 的值。那么 TCP 的传输速率在 $W/(2 \cdot RTT)$ 到 $W/(RTT)$ 之间变化。）

a) 能取得的最大窗口长度（以报文段计）是 $10 \cdot 10^6 \cdot 0.15 / (1500 \cdot 8) = 125$

b) 因为该连接采用拥塞控制，意味着窗口长度从 $W/2$ 向 W 变化，使平均长度是 $3W/4$ ，也就是 94。因此平均吞吐量为 $94 \cdot 1500 \cdot 8 / 0.15 = 7.52 \text{ Mbps}$ 。

c) 当丢包出现，窗口长度会变成当前长度的一半，我们将平均长度视为当前长度，则需要的时间为 $(125 - 94/2) \cdot 0.15 = 11.7 \text{ sec}$ 。

30.列出5种非专用的因特网应用及它们所使用的因特网协议。HTTP 客户机以给定的 URL 获取一个web 页面，为获得该HTTP 服务器的IP 地址，除了HTTP 外，还需要什么传输层和应用层协议。

【非专用的因特网应用及协议】Web 应用和 HTTP 协议、电子邮件应用和 SMTP（简单邮件传输协议）、因特网的目录服务DNS和DNS协议、P2P应用和P2P协议、远程终端访问和 Telnet、文件传输和 FTP。

【获取 HTTP 服务器IP地址需要】HTTP 是基于传输层的 TCP 协议的，获取 URL 对应的 IP 地址需要应用层的 DNS 协议，它是基于传输层的UDP协议的。

31.为什么 HTTP 运行在 TCP 上，而不是 UDP 上？

因为与这些协议相联系的应用都要求应用数据能够被无差错的有序的接收。TCP 提供这种 服务，而 UDP 不提供。TCP 提供可靠的数据传输服务，而 UDP 提供的是不可靠数据传输

32.简要介绍 Web 缓存器（Web cache）技术以及它带来的好处。

【Web 缓存器】Web 缓存器也叫代理服务器，它是能够代表初始 Web 服务器来满足 HTTP 请求 的网络实体。Web 缓存器有自己的磁盘缓存空间，并在该储存空间中保存最近请求过的对象 的拷贝。当新请求到达时，若代理服务器发现这个请求与暂时存放的请求相同，就返回暂存 的相应，而不需要按 URL 地址再次去因特网访问该资源。

【好处】在因特网上部署 Web 缓存器有两个原因。首先，Web 缓存器可以大大减少对客户机 请求的响应时间，特别是当客户机与初始服务器之间的瓶颈带宽远低于客户机与 Web 缓存 器之间的瓶颈带宽时更是如此；其次，Web 缓存器可以大大减少一个机构内部网与因特网接 入链路上的通信量。通过减少通信量，该机构就不比急于增加带宽，因此会降低费用。