《计算机网络》1-4章课后习题参考解答

第一章 概述

习题1. 将所有用户的终端组成一个大的分时系统也是一种小范围的组网方式。写出相对于这种方式，用LAN实现客户-服务器系统的两个优点。

解题思路：本题考查与对同步分时系统和LAN的基本工作原理的理解。

答：题目提及的分时系统采用同步时分复用的方式共享信道。而LAN则是每台主机分布式共享信道，类似统计时分复用。与分时系统相比，在负载较轻的情况下，LAN中主机发送之前等待占用的时延更短，且更有效利用信道。而且很容易扩展，在网络中增加主机。此外，LAN控制简单，成本低。

习题2. 有两个主要网络特性对客户-服务器系统的性能有很大影响：网络的带宽和时延。举一个高带宽高时延的网络示例；再举一个低带宽和低时延的例子。

解题思路：本题考查对于重要的网络性能指标：带宽和时延的理解

答：高带宽高时延的一个例子是横跨大陆的光纤连接，其带宽可达数千兆bps，但是因为传输距离要达数千公里，时延也高。低带宽和低时延的一个例子是使用双绞线相连的LAN，带宽是10Mbps，时延却可以忽略不计。

习题3.除了带宽和时延，要描述下列业务网络的QoS还需要什么参数：（1）数字化语音业务（2）视频业务（3）金融事务业务？

解题思路：本题考查对于除带宽和时延之外的其它网络性能指标的理解

答：（1）数字化语音业务还需要时延抖动（jitter）

（2）视频业务也需要时延抖动

（3）对于金融事务业务，可靠性和安全性也非常重要。

习题4. 存储转发分组交换系统的时延中的一个因素是交换机存储和转发一个数据包所用的时间。如果交换时间是10微秒，对于一个客户-服务器系统的响应时间是否可能是一个主要因素。假定客户机在纽约，而服务器在加利福尼亚；假定铜缆和光纤的传播速度是真空中光速的2/3。

解题思路：本题考查对于组成时延的一个因素——节点交换时间的理解，并且比较交换时间和传播时延的大小。

答：传播速度v = c×(2/3) = 3×108×2/3 = 2×108 米/秒

交换机存储转发的时延相当于传输距离：s= v×t = 2×108 ×10×10-6 = 2000米

而纽约到加利福尼亚的距离超过2000公里，远大于2000米，因此交换机的处理时间对于响应时间影响不大，可以忽略。

习题5. 一个客户-服务器系统使用卫星网络，卫星在40000公里的高空。从发出请求到收到响应至少需要多少时间？

解题思路：本题考查对于传播时延概念的理解及计算。

答：理想状态下的传播速度为光速c = 3×108 米/秒

客户发送请求到卫星接收所花费的时间t1 = 40000×103/(3×108) = 0.13秒

卫星将请求转发给服务器所花费时间t2 = t1 = 0.13秒

服务器通过卫星将响应发回给客户机所用的时间是0.13×2=0.26秒

因此总时间为0.26×2=0.52秒

习题9. 广播子网的一个缺点是当多个主机同时访问信道时会浪费带宽。例如，假定将信道按时间分成多个离散的时隙，每个时隙中，n个主机中的每个主机以概率p访问信道。求由于冲突而浪费时隙的比例？

解题思路：本题考查对于信道冲突的理解和简单的冲突概率计算。这个结论将用于MAC子层的学习中。

答：当只有一台主机访问信道时，时隙不会被浪费，其概率为p1 = n×p(1-p) n-1

当没有主机访问占用信道时，此时信道空闲，其概率为p2 = (1-p) n

其它的情况为发生了冲突，因此冲突的概率为1-p1-p2

所以因为冲突而被浪费的时隙的比例应该为 1 – p1 – p2 = 1- n×p×(1-p) n-1 - (1-p)n

习题10. 使用分层协议的两点原因是什么？分层协议的一个可能缺点是什么？

解题思路：本题考查对于网络体系结构采用分层方法的理解。

答：使用分层协议的其中两点主要好处如下：

（1） 简化网络的设计和实现的难度。（2）各层之间的依赖性较低，只要不改变服务和接口，各层内部进行修改不会影响其它层。

一个可能的缺点是：由于各层都要加上控制信息和处理的开销，性能比不分层的系统要差。

习题11. 无连接通信和面向连接通信的主要区别是什么？分别给出使用无连接通信的一个协议示例和使用面向连接通信的一个协议示例。

解题思路：本题考查对于网络体系结构中的两个重要概念——面向连接服务和无连接服务的理解。

答：面向连接通信和无连接通信主要有以下三点区别：通信双方是否需要预先建立连接、能够保证数据传输的可靠性、通信过程中是否需要完整的目的地址等。

DNS是无连接通信的协议示例，而TCP则是面向连接通信的协议示例。

习题12. 两个网络都提供可靠的面向连接服务。其中一个提供可靠的字节流，另一个则提供可靠的报文流。这两者是否相同？如果相同，为什么要区分成两类？如果不同，请举例说明其区别。

解题思路：本题考查面向连接的服务中，可靠的字节流服务和可靠的报文流服务的区别。在传输层一章中，将再次强调TCP提供的是可靠的字节流服务。

答：可靠的字节流与可靠的报文流不同。可靠的字节流没有边界，而可靠的报文流则有边界。例如：一个发送进程向一个连接中写入了1024字节数据，然后又写入了1024字节数据。对于可靠的报文流服务，接收进程将收到两个1024字节的数据；而对于可靠的字节流服务，接收进程将可能收到一个完整的2048字节的数据，即不能保证上层信息的边界。

习题15. 在一些网络里，数据链路层通过请求重传出错的帧来处理传输差错。如果一帧出错的概率是p，假定确认（ACK）从不丢失，要发送一帧需要平均传输多少次？

解题思路：本题考查已知出错概率时，平均传输次数的计算。这个结论将用于数据链路层和MAC子层的学习中。

答：假定第k次传输成功，前面k-1次均失败，则平均传输次数为



习题16. OSI参考模型和TCP/IP协议栈的哪一层分别完成下列功能？

（a）把传输的比特流分成帧 (b) 确定使用哪条路由来通过子网

解题思路：本题目考查对于OSI参考模型和TCP/IP协议栈各层功能的理解。这些概念是网络分层体系结构的重点。

答：（a）OSI：数据链路层 TCP/IP：链路层

（b）OSI：网络层 TCP/IP：网际层

习题17. 如果数据链路层交换的单元称为帧，而网络层交换的单元称为分组，是帧封装了分组还是分组封装了帧？请解释。

解题思路：本题考查对于封装概念的理解，封装指的是某层的协议实体在其上层的PDU之前加上头部（数据链路层在上层PDU之后还会加上尾部），构成本层的PDU。一层协议的功能就是靠其PDU的头部（和尾部）内的控制信息来提供的。

答：是帧封装了分组（包）。因为网络层在数据链路层的上层，在分组向下传输的过程中，数据链路层在分组之前加上帧头，在分组之后加上帧尾，这就是封装。

习题18. 一个系统具有n层协议体系。应用产生了一个长度为M字节的报文。在每一层，都会增加一个h字节的首部。首部所占网络带宽的比率是多少？

解题思路：本题考查对于封装的简单计算。要注意题目中是指应用产生了M字节的报文，而不是应用层，因此n层中的每一层都增加h字节的首部。

答： n层协议中，每一层都增加h字节首部，因此首部总长度为nh字节，所占带宽的比率为 nh/( M + nh)。

习题20. TCP和UDP的主要区别是什么？

解题思路：本题考查对于因特网传输层的两个重要协议的功能的理解。

答：TCP提供的是可靠的面向连接的服务，而UDP提供的是不可靠的无连接服务。

习题22. 在两台计算机之间传输一个文件时，有两种可能的确认机制。第一种机制是，文件被分成多个分组传输，接收方确认每个分组，但不对整个文件进行确认；第二种机制是，接收方在收到整个文件之后进行确认，但不对每个分组确认。请对这两种机制进行讨论。

解题思路：本题考查对于不同的确认方式的理解和比较。

答：第一种机制中，当某个分组的传输发生错误时，可以只重发该分组，而无需重发整个文件。其优点是重传开销小，但确认的开销相对第二种机制要大。适合于网络可靠性能较差，容易发生传输错误或丢失的情况。

第二种机制中，一旦某个分组发生错误，则需要重传整个文件。适合于网络传输故障率比较低的情况，其优点是节省确认所消耗的网络资源。

习题30. 假定k层提供的服务发生变化，对于(k-1)层和(k+1)层的服务有何影响？

解题思路：本题考查网络体系结构中相邻两层的关系。

答：k层服务的变化会导致(k+1)层的服务随之改变，对于(k-1)层的服务则没有影响。

第二章 物理层

习题2. 一个8kHz的无噪声信道每毫秒采样1次，最大数据率是多少？

解题思路：本题考查对于采样概念和奈奎斯特公式的理解。

答：根据奈奎斯特公式，带宽固定，采样频率固定，最大数据率将取决于电平级数L。

每秒采样1000次，信号速率就是1000波特。若每次采样产生16位数据，则最大数据率为16kbps; 若每次采样产生1024位，则最大数据率约为1.024Mbps。

习题3. 在信噪比为20dB的3kHz信道上发送二进制信号，最大数据率是多少？

解题思路：本题考查对于两个最大数据率公式——奈奎斯特公式和香农公式的理解。

答：按照香农公式，S/N=100，可计算出最大数据率是19.975kbps，即数据率的上限。不能采用何种调制技术，最大数据率都不会超过这个上限。

而按照奈奎斯特公式，可计算出最大数据率为6kbps。

因此，最大数据率为6 kbps。

习题4. 要使用多大的信噪比才能在100kHz的线路上传输T1信号？

解题思路：本题考查对于香农公式的使用。

答：根据香农公式，有H×log2(1 + S /N) = 1.544×106 ，其中H = 100000

可算出S /N = 215-1，即大约46 dB。

习题7. 现要在光纤上传输一系列计算机屏幕的图像，屏幕是1920×1200 像素，每个像素有24位，每秒钟产生50屏图像，试求需要多少带宽？

解题思路：本题目考查对于大数据量应用的高带宽要求的理解。应根据像素计算出一屏图像的数据量，再根据单位时间内产生的图像数计算出带宽要求。

答：所需要的带宽= 1920×1200×24×50= 2.765 Gbps。

习题8. 奈奎斯特定理只适合铜线，还是同样适用于高质量单模光纤？

解题思路：本题考查对于奈奎斯特定理的理解。

答：奈奎斯特定理是一个数学性质，和具体技术无关。其含义是：如果一个函数的傅里叶频谱不包含频率在f之上的正弦和余弦分量，以频率2f对该函数采样，就可以获得全部信息。在实际应用中，奈奎斯特用于计算在模拟信道上承载数字数据的最大数据率。因此，奈奎斯特定理适用于任何传输媒体。

习题21. 一个MODEM的星云图类似图2-23，数据点在(0, 1) and (0, 2)。该MODEM使用的是相位调制还是振幅调制？

解题思路：本题考查对于调幅、调频和调相等基本调制技术的理解。

答：数据点的相位一直是0，而使用了两个不同的振幅，因此这是振幅调制。

习题24. 一个ADSL系统使用DMT将3/4的可用数据信道分配给下行链路。在每个信道上是用QAM64调制。下行链路的总容量是多少？

解题思路：本题考查对于ADSL采用FDM技术和QAM调制技术的理解。

答：ADSL有256个子信道，其中6个用于电话，2个用于控制，还剩下248个数据信道，每个子信道为4000波特。

下行信道的数据率为：248×3/4×4000×log264= 4.464 Mbps

习题25. 带宽为4000Hz的10个信号使用FDM复用到一条信道上，假定保护带为400Hz，复用信道最少需要多大的带宽？

解题思路：本题考查对于FDM技术的理解。

答：10个信道复用在一起需要9个保护带，因此至少需要的总带宽为

4000×10+400×9= 43600Hz

习题26. PCM的采样时间为什么设置为125μs？

解题思路：本题考查对于PCM采样周期的理解。

答：话音信道的带宽为4000Hz，按照奈奎斯特定理，采样频率应该为带宽的两倍，即每秒采样8000次，每125μs采样一次。

习题28. 一条4kHz的无噪声信道使用下列技术得到的最大数据率分别是多少？

a) 每个采样点用2比特表示的模拟编码，如QPSK

b) T1 PCM系统

解题思路：本题考查对于多级调制技术和PCM系统的TDM技术的理解。QPSK是用4个不同相位来表示二进制数据，每个相位点可以表示两位数据。PCM系统采用同步TDM技术，复用帧中的一个时隙承载一路话音数据。

答：使用QPSK的最大数据率是：2×4k×2=16kbps

而采用T1，复用帧中的每个时隙有7位数据位， 其数据率为：2×4k×7= 56kbps

习题35. 有3个分组交换网络，每个网络中均包含n个节点。第一个网络采用有集中交换机的星型拓扑；第二个网络采用双向环型拓扑；第三个采用全互连拓扑结构，即每个节点都连接到其它任意一个节点。试求每个网络中的最好情形、平均情形和最坏情形下的跳数？

解题思路：本题考查对于不同的拓扑结构中节点互连情形的理解。

答：

对于星型网络，最好情形=平均情形=最坏情形= 2跳

对于双向环型网络，最好情形=1跳（发给邻居节点），平均情形= n/4跳，最坏情形= n/2 跳

对于全互连网络，最好情形=平均情形=最坏情形=1跳

习题36. 要在k跳路径上发送一个x比特的报文，请比较采用电路交换方式和采用分组交换方式（轻载）的时延。电路建立的时间s秒，传播时延是每跳d秒，分组大小是p比特，数据率是b比特/秒。什么情况下，分组交换网络的时延较低？并解释在什么条件下，分组交换网络优于电路交换网络？

解题思路：本题考查对于电路交换和分组交换的原理的理解，以及时延的计算和比较。在时延的计算中，由于采用相同的拓扑，两种方式的传播时延是一样的。电路交换需要考虑建立连接和释放连接。分组交换则需要将报文分成多个分组来发送。

答：采用电路交换的时延= 

采用分组交换的时延= 

假定x能被p整除，分组交换的时延=

要使分组交换的时延更小，有，

习题37. 现有x比特用户数据，要在分组交换网络中一个k跳的路径上分成多个分组传输，每个分组包含p比特数据和h比特包头，假定x>>(p+h)；线路数据率是b比特/秒，忽略传播时延。p如何取值才能使总时延最小？

解题思路：本题考查对于电路交换和分组交换的原理的理解，以及时延的计算和比较。

答：忽略传播时延，总时延= 

对上式求导，并令导数为0，可求出总时延最小时，

第三章 数据链路层

习题1. 一个上层分组（数据包）被分为10帧，每帧有80%可能无损到达。如果在数据链路层没有差错控制，该报文要平均传送多少次才能正确交付？

解题思路：本题目和第一章的习题15类似，考查已知出错概率的前提下，如何计算平均发送次数。

答：一次发送成功的概率为 0.810 = 0.107

两次发送成功的概率为 (1-0.107)×0.107

三次发送成功的概率为 (1-0.107)2×0.107

由此类推k次发送成功的概率为：(1-0.107)k-1×0.107

发送次数的平均值= 

习题2. 在一个数据流中有下列数据片段： A B ESC C ESC FLAG FLAG D，使用字节填充方法，填充之后的结果是什么？

解题思路：本题考查对于字节填充原理的理解。字节填充成帧方式采用固定的字符表示帧的开始和结束，如果数据中出现帧首尾字符，则在前面增加转义字符来区分，以实现透明传输。

答：经过填充之后的字节串是：A B ESC ESC C ESC ESC ESC FLAG ESC FLAG D，其中红色的为填充的转义字符。

习题3. 字节填充算法里最大的开销是多少？

解题思路：本题考查对于字节填充算法中透明传输方法的理解。如果数据中出现帧首尾字符或者转义字符，则在前面增加转义字符来区分。

答：如果数据部分只有FLAG和ESC字符，则经过填充之后，原数据字符数和转义字符个数相同，因此开销=转义字符数/数据字符数=100%

习题4. 使用比特填充时，是否可能出现单比特差错（丢失、插入或者修改等），而通过校验和无法查出？如果不会，为什么？如果会，什么情况下会出现？校验和长度对此是否有影响？

解题思路： 本题考查对于校验概念和校验能力的理解。

答：有可能出现。当使用比特填充时，如果有单比特数据在传输的过程中发生改变，对于n位校验和，有1/(2n)的概率无法查出错误，即被判断为校验和字段的n位数据的值恰好是使得对数据部分校验正确的值。校验和的位数越长，错误被忽略的概率越低。

习题6. 为增强单比特校验的可靠性，一个差错检测编码使用一个校验位来检查所有奇数位，使用第二个校验位来检查所有偶数位。此编码的汉明距离是多少？

解题思路：本题考查对于汉明距离的理解。

答：没有校验位时，编码的汉明距离是1，增加了校验位之后，编码的汉明距离是2。

习题7. 求使用偶校验汉明码对一个八位字节10101111校验之后的二进制位串。

解题思路：本题考查对于汉明码的校验原理的理解。

答：按照汉明码的原则，增加了校验位之后，位串应该是p1p2 1p3010p41111，从左至右其位序号分别为1-12，其中p1,p2,p3,p4为校验位。

p1对第3、5、7、9、11位进行偶校验，可求出p1=1

p2对第3、6、7、10、11位进行偶校验，可求出p2=0

p3对第5、6、7、12位进行偶校验，可求出p3=0

p4对第9、10、11、12位进行偶校验，可求出p4=0

因此增加了校验位之后的位串是：1010 0100 1111

习题9. 一种检测差错的方法是把数据分成n行k列的数据块来传输，每行一个校验位，每列一个校验位，右下角的校验位对其所在行和列进行校验。这种方法可以检查出所有单比特差错吗？能检查出所有双比特差错吗？三比特差错呢？证明这种方法不能检查出某些四比特差错。

解题思路：本题考查对于行列同时校验方法的原理的理解。

答：这种方法可以检查出所有单比特差错，一个单比特差错将导致其所在的行和列都出现校验错误。也可以检查出所有双比特差错，即使出错的两个比特在同一行或者同一列，也能查出。对于3比特差错，如果一个数据位错，其对应的行列校验位均错，则无法检测出差错。对于4比特差错，如果出错的四个点正好位于矩形的4个顶点，则无法检查出差错。

习题11. 假定数据以1000比特成块发送，可能发生1比特差错，出错的概率是独立的且重传不出错。误码率为多少时，采用奇偶校验检错并重传的方法要好于汉明码直接纠错？

解题思路：本题考查对于两种差错控制方法：汉明码直接纠错和只检错重传纠错的开销的理解。在误码率比较高时，根据汉明码校验位长度的不等式，可以算出汉明码的开销；

答：根据不等式 ，可以算出1000位数据，汉明码需要10位校验位，即一共传输1010位；而采用奇偶校验并重传的方法，需要1位校验位，出错时重传1001位。

假设每位出错的概率为p，采用检错重传一共传输 1001+ 1000p×1001 位

1001+ 1000p×1001 < 1010，解出p< 8.99×10-6

习题14. 用生成多项式x3+1除x7+x5+1的余数是多少？

解题思路：本题考查对于重要的校验技术——CRC校验原理的理解和计算。

答：首先把被除数和生成多项式的系统都写成二进制位串，被除数为10100001，生成多项式为1001。然后用模2除法（对应位进行异或，不进位也不借位），求出余数为111，其对应的多项式为x2+x+1。

习题15. 位流10011101使用教材中描述的标准CRC方法来进行校验。生成多项式是x3+1。写出实际传输的位串。假定在传输中第三位被反转，证明在接收方能检测出差错。举例说明接收方不能检测出位差错的情形。

解题思路：本题考查对于重要的校验技术——CRC校验原理的理解和计算。

答： 生成多项式的最高阶为3，因此先在待校验的位串之后增加3个0，即1001 1101 000；然后以此位串为被除数，生成多项式的位串（1001）为除数采用模2除法进行计算，求出余数为100。（注意，对于接收方检错，由于校验字段已经包含在收到的位串中，一定不能在位串之后再添加r个0）

实际传输位串为：1001 1101 100

第三位反转之后的出错位串为：1011 1101 100

用1011 1101 100除以1001，得到余数100，余数不为0说明该位串有错，因此可以检测出错误。

如果发生在左数第三位与第九位均发生了反转错误，即收到的位串为1011 1101 000，此时校验的结果为0，即接收方无法检测出错误。

习题16. 数据链路层协议总是把CRC放在帧尾而不是帧头，为什么？

解题思路：本题目考查对于数据链路层采用硬件实现CRC原理的理解。

答：如果把CRC放在帧头，那么在发送前要把整个帧扫描一遍来计算CRC，然后再从帧头开始发送，这样每一位都要处理两次，比较浪费时间。

把CRC放在帧尾，边发送边计算校验位，数据比特发送完紧跟着把硬件寄存器里生成的校验比特发出去，可以一次完成，效率较高。

习题17. 在3.3.3节讨论的ARQ协议中，概述了一种情况：由于ACK帧丢失，对每一帧接收方都收到两次。如果数据帧和ACK都不丢失，接收方是否有可能收到重复的帧？

解题思路：本题考查对于ARQ协议中出现重复帧情形的理解。

答：有可能。例如，某一帧已正确到达，但接收方因为CPU忙、处理速度慢等原因而推迟了ACK的发送，结果导致发送方的重发定时器超时，重发数据帧。此时，接收方将收到重复帧。

习题18. 某信道的数据率是4 kbps，传播时延是20毫秒，帧长为多少时，停等协议的效率能至少能达到50%？

解题思路：本题考查对于停等协议的效率的理解和计算。停等协议的效率=发送时延/传输总时延=发送时延/(发送时延+2×传播时延)

答：当帧的发送时延等于往返传播时延时，效率将达到50%。传播时延为20×2=40毫秒，要使发送时延达到40毫秒，帧长至少为4000×0.04= 160位。

本题也可以停等协议的性能公式计算：停等协议的效率=1/(1+2a)，a=传播时延/发送时延

习题20. 一条3000公里长的T1中继线路使用协议5来传输64字节长的数据帧。如果传播速度为6微妙/公里，需要多少位序列号？

解题思路：本题考查对于GobackN ARQ协议的性能的理解和计算。为达到最大信道利用率，序号空间（发送方的最大窗口）必须能满足发送方一直连续发送。协议5采用捎带确认方式（piggyback），但在题目中并未说明，因此假定在收到数据帧之后，采用不含数据的ACK短帧确认的情形，忽略ACK帧的发送时延。

答：

假定序号为n位，GobackN协议的最大发送窗口W=2n-1

其信道利用率公式为W/(1+2a)，a=传播时延/发送时延，本题中W的取值应使信道利用率达到100%

传播时延=3000×6=18毫秒，发送时延= 64×8/1.536M = 0.3毫秒

a=18/0.3 = 60，W/(1+2a) ≥1，可求出W≥121，即2n-1≥121，求出n≥7

即至少要7位序号

注：本题中T1的速率按1.536Mbps来计算，是排除了复用帧中的第一位（定帧位）。

习题27. 在带宽为1Mbps的无差错链路上使用协议6进行通信，设最大帧长为1000位，网络层每秒产生一个新的数据包，重传超时间隔为10ms。如果不使用ACK定时器，将产生不必要的重传。求一帧的平均重传次数。

解题思路：本题考查对于协议6的算法和ACK定时器作用的理解。

答：发送一帧的时间是1000/106=1ms，每秒只有一帧要发送，而重传间隔10ms<1秒，没有ACK定时器，即只采用捎带确认，重传不可避免。

假设A发送某一帧，B收到后，接收窗口滑动，但因为没有要回送的帧，则等待；A发送10ms之后重发该帧，B收到、发现是重复帧，则发送NAK；A收到NAK之后不再重发。因此每一帧都发送两次。

习题28. 协议6中，MAX\_SEQ = 2n-1。很明显这个条件有利于帧头字段的有效使用，但我们没有说明这个条件是必须的。对于MAX\_SEQ = 4，协议是否能正确工作？请举例说明。

解题思路：本题考查对于协议6的理解。

答：如果MAX\_SEQ = 4，协议将会出错。

MAX\_SEQ = 4, 将有NrBufs = 2，即偶数序号的帧使用0号缓存，而奇数序号的帧使用1号缓存。此时，0号帧和4号帧将使用同一个缓存。

假定0-3号帧都已正确接收并确认，接收窗口将变为[4,0]，如果4号帧丢失，而0号帧正确到达，该帧将保存在0号缓存，且arrived [0]=TRUE。协议算法中的Frame Arrival情形下的while循环将得以执行，0号帧被上交给网络层，出现不按序上交的错误。因此，协议6要求MAX\_SEQ必须是奇数才能正常工作。

习题29. 在1Mbps的卫星信道上发送多个长度为1000位的帧。从地面到卫星的传播时延是270毫秒，采用捎带确认(piggybacking)方式。帧头很短，且使用3位序号。请分别计算采用下列协议的最大信道利用率：

(a) 停等协议

(b) 协议5

(c) 协议6

解题思路：本题考查对于三种重要的可靠性传输协议——停等ARQ协议、GobackN ARQ协议和选择重传ARQ协议的原理的理解和性能计算。

答：发送时延=1000/1M=1毫秒，传播时延=270毫秒，a=传播时延/发送时延=270

1. 停等协议的最大信道利用率=1/(2+2a) =1/542=0.18%

(b) 采用协议5的最大发送窗口=23-1 = 7，最大信道利用率= 7/542 = 1.29%.

(c) 采用协议6的最大发送窗口=23-1 = 4，最大信道利用率= 4/542 = 0.74%

习题30. 在64kbps的无差错卫星信道上单方向发送多个长度为512字节的数据帧，反向会送较短的ACK帧。地面-卫星的传播时延是270毫秒。当发送窗口分别为1、7、15、127时，最大吞吐量各是多少？

解题思路：本题考查发送窗口大小对于ARQ协议效率的影响。最大吞吐量=信道利用率×标称带宽，注意信道利用率最大值为1，最大吞吐量不会超过标称带宽。

答：发送时延=512×8/64k = 64毫秒，传播时延=270毫秒，a=传播时延/发送时延= 4.2

设发送窗口大小为W，W/(1+2a)≥1，可求出W≥10时，信道利用率最高。

发送窗口=1时，吞吐量=1/(1+2a)×64k = 6.8 kbps

发送窗口=7时，吞吐量=7/(1+2a)×64k = 47.7 kbps

发送窗口为15和127时，信道满负荷工作，最大吞吐量为64kbps。

习题31. 在一条100公里长的电缆上采用T1速率来发送数据，电缆的传播时延是真空中光速的2/3。请问多少位数据可以充满电缆？

解题思路：本题考查发送时延和传播时延在数值上的关系，即当第一位传播到电缆另一端时，发送方已经发送了多少位。

答：电缆中的传播速度为200000公里/秒，也就是200公里/毫秒，所以100公里的电缆将在500微秒内被充满。每个T1帧在125微秒内发送193位。500微秒相当于4帧的长度，即193×4=772位将充满电缆。

习题32. 为什么PPP使用字节填充而不使用位填充？请写出至少一个原因。

解题思路：本题考查对于PPP原理的理解。

答：PPP是由软件实现的，而位填充几乎都是在硬件协议中实现的。对于软件实现，字节操作比位操作更简单。此外，PPP是设计用于调制解调器的。调制解调器接收和传送数据的单位是字符而不是位。

习题33. 在PPP帧中承载IP数据包的最小开销是多少？只计算PPP本身的开销，不考虑IP包头。最大开销是多少？

解题思路：本题考查对于PPP帧头控制字段的理解。

答：最小开销是：每一帧有2个标志字节、1个协议字节和2个校验字节，每帧总共5字节开销。

最大开销是：2个标志字节、1个地址字节、1个控制字节、2个协议字节和4个校验字节，一共10字节开销。

补充题1. 采用3比特序号的SR协议，若接收窗口为5，则发送窗口的最大值是多少?

解题思路：本题考查对于选择重传ARQ协议中发送窗口和接收窗口的个数之间关系的理解。

答：使用n位序号的选择重传协议的滑动窗口个数应满足WT+WR≤2n，对于3位序号，WT+WR≤8，WR=5，则WT≤3

补充题2. 50-kbps的卫星信道，往返时延为 500ms，帧长为 1000位，使用SR协议，若使效率达到50%，序号的比特数至少是多少?

解题思路：本题考查对于选择重传ARQ协议中效率（信道利用率）公式的掌握，及发送窗口和序号的关系的理解。

答：因题目中没有强调使用忽略发送时间的ACK帧来确认，假定为捎带确认。

α=传播时延/发送时延 = 250/(1000/50) = 12.5

设发送窗口为W，选择重传协议的信道利用率为 W/(2+2α) =50%，可求出 W=14

W≤2n-1，可求出 n=5

补充题3. 数据链路层采用GBN协议，发送方已经发送了编号为0-7的帧，当计时器超时时，若发送方只收到0、4、5号帧的确认，则发送方需要重发的帧数是多少?

解题思路：本题考查对于GBN ARQ协议中累计确认概念、确认序号和重传机制的理解。

答：对5号帧的确认说明5号帧及以前的帧全部正确接收，因此发送方需要重发未确认的6号和7号帧，即需要重发的帧数是2。

补充题4. 两台计算机的数据链路层协议实体采取滑动窗口机制利用16kbps的卫星信道传输长度为128字节的数据帧，信道传播时延为270ms。

1) 计算使用停等协议的信道利用率；

2) 计算使用发送窗口为7的GBN协议的信道利用率；

     3) 计算使用发送窗口为15的GBN协议的信道利用率；

     4) 为使信道利用率达到最高，使用GBN协议时序号的比特数最少为多少位？

解题思路：本题考查对于停等协议和GBN ARQ协议的信道利用率公式的掌握，及发送窗口和序号的关系的理解。

答：因题目中没有强调使用忽略发送时间的ACK帧来确认，假定为捎带确认。

α=传播时延/发送时延 = 270/(128×8/16) ≈4.2，2+2α=10.4

1. 停等协议的信道利用率=1/(2+2α)= 1/10.4 ≈ 9.6%
2. 发送窗口为7的GBN协议的信道利用率=7/(2+2α)= 7/10.4 ≈ 67.3%
3. 对于发送窗口为15的GBN协议，因为15>10.4，信道利用率为1
4. W=2n-1≥10.4，可求出n≥4

补充题5. 已知数据位流为1101 0110，采用CRC校验，G(x)=x3+1，计算出校验位。

解题思路：本题考查CRC校验原理的理解和计算方法的掌握。

注意，如果G(x)的最高幂次为r，则在数据位后先填上r个0作为被除数；G(x)对应的位串作为除数；计算时采用的是模二除法，对应位异或，不进位也不借位。校验位为r位，如果不足r位，则在前面用0补足。

答：计算出校验位为：111

第四章 MAC子层

习题6. 下列情况下，求CSMA/CD的竞争时隙：

（a）一个2km长的平行双芯电缆（单向的传播速率是真空中光速的82%）

（b）一个40km的多模光纤线路（单个的传播速率是真空中光速的65%）

解题思路：本题考查对于竞争时隙（2τ）的理解。采用CSMA/CD的网络中，一个站点在开始发送数据后，最多需要经过2τ的时间才能发现冲突，因此2τ称为竞争时隙（或争用期）。

答：（a）信号在平行双芯电缆上的传播速率为3×108×82%= 2.46×108 米/秒，长度为2km的电缆传播时延τ=8.13μs，2τ=16.26μs

（b）信号在多模光纤电缆上的传播速率为3×108×65%=1.95×108 米/秒，长度为40km的电缆传播延迟是τ=205.13μs，2τ=410.26μs

习题11. 6个站点（从A到F）使用MACA协议通信，是否存在可能同时发生两个传输？给出你的解释。

解题思路：此题考查对于MACA协议解决暴露站问题的理解。

答：可能。

发送RTS的站点只要收到CTS，就可以无冲突发送。假设从A到F各个站点依次排列在一条直线上，其信号覆盖范围只到自己的邻居站点，即A的信号只有B能收到，B的信号只有A和C能收到，以此类推。若A要发送数据给B，E要发送数据给F，由于A和E通过RTS和CTS都检测出没有冲突，这两个传输可以同时发生。

习题13. 标准的10Mbps以太网的波特率是多少？

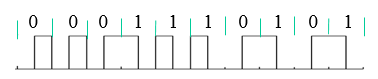
解题思路：此题考查对于曼彻斯特编码原理的理解。

答：传统的10Mbps以太网使用曼彻斯特编码，它发送的每一位都有两个信号周期，即信号频率是数据率的2倍。数据率为10 Mbps，因此信号速率是20M波特。

习题14. 画出位流0001110101的曼彻斯特编码。

解题思路：此题考查对于曼彻斯特编码原理的掌握。

答：假设按照书上的规定，码元中间的上跳变表示0，下跳变表示1。



注意：这道题必须要画图，答LHLH…是错误的。

习题16. 在一个1公里长的电缆上，不使用中继器的情况下，考虑构建一个速率在1 Gbps的CSMA/CD网络。在电缆上的信号传播速率是200,000 km/sec。最小帧的长度是多少？

解题思路：此题考查对于以太网最短帧长的原理的掌握。以太网有最短帧长的原因是，保证帧的发送时间不少于2τ，以便发送站点能够在发送完毕之前检测到冲突。

答：对于1km电缆，单程传播时延τ=1/200000=5μs，往返时延为2τ=10μs，即最短帧的发送时间不能小于10μs。

对于1Gbps的发送速率，10μs可以发送的比特数为 10×10-6×109=104位

因此最短帧长是10000位，即1250字节。

习题17. 一个长度为60字节的IP包（包含了头部）将通过一个以太网进行传输。如果没有使用LLC，则在以太网中传输需要填充字节吗？如果需要，填充多少？

解题思路：此题考查对于以太网最短帧长的掌握。

答：以太网的最短以太帧有64字节长，其中帧头的目的地址、源地址、类型/长度字段和帧尾的校验和字段一共是18字节，数据部分最少为46字节，如果不足46字节则需要填充。题目中的IP包为60字节，超过了46字节。因此不需要填充。

习题18. 以太网帧必须在64字节以上，这样做的理由是：当电缆的另一端发生冲突的时候，传送方仍然还在发送过程中。快速以太网也有同样的64字节最小帧的限制，但它可以以快10倍的速度发送数据。请问它如何维持同样的最小帧长度限制的？

解题思路：此题考查快速以太网与传统以太网的相同点与不同点。

答：快速以太网的速率是传统以太网的10倍，但保留了传统以太网的最短帧长的规定，这是通过限制电缆最大长度来实现的，快速以太网的最大电缆长度是传统以太网的1/10。

习题20. 千兆以太网每秒钟能够处理多少帧？请仔细想一下：并考虑所有有关的情形。提示：请考虑千兆以太网的实质。

解题思路：此题考查千兆以太网的主要原理，包括帧突发和载波扩展的概念。

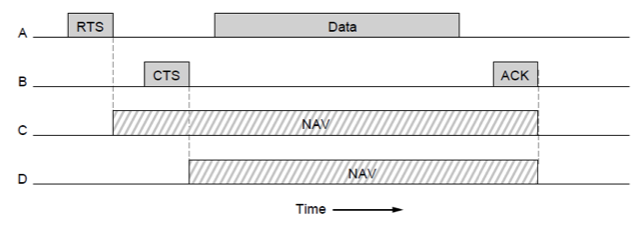
答：千兆以太网的最短帧长为512位（即64字节），信息传输速率为1Gbps。

当帧是以一串短帧（帧突发）的形式发送时，则千兆以太网每秒可以处理109/512=1953125比特≈2百万个帧。

当最短帧则以载波扩展的形式发送，即每个帧被填充到4096位，则千兆以太网每秒可以处理的帧的个数是：109/4096≈244140个帧

对于发送最大帧（1518×8=12144位）的情形，则每秒可处理的帧的个数为82345个。

习题22. 在图4-27中（即下图）显示了4个站点A、B、C和D。你认为后两个站点中（C和D）哪一个最接近A？为什么？



解题思路：此题考查对于网络分配向量NAV概念的理解。

答：站点C离A更近。

因为C能收到A的RTS帧，并且通过NAV（网络分配向量）做出响应。D的NAV不包括RTS的时间，说明D没有收到RTS帧，即D位于A的无线信号覆盖范围之外。

习题23. 举例说明在802.11协议中的RTS/CTS与MACA协议中的RTS/CTS的区别。

解题思路：此题考查对于802.11协议原理的理解。

答：由于NAV，802.11的RTS/CTS不能解决暴露站的问题。例如，在教材图4-11的情景（B），MACA协议将允许两对主机同时通信，即B发送给到A和C发送给D；但802.11中，C收到B发送的RTS，根据NAV，它将在B的数据帧传输的整个过程中（包括传输ACK）退避，而不能发送给D。

习题24. 某带AP的无线LAN有10个站点，其中4个站点的数据率为6Mbps，4个站点的数据率为18Mbps，另外2个站点的数据率为54Mbps。如果10个站点同时发送数据，在下列情况下，每个站点得到的数据率分别是多少？

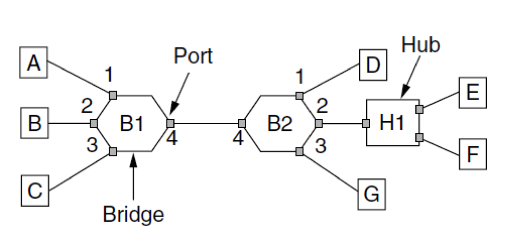
1. 不使用TXOP
2. 使用TXOP

解题思路：此题考查对于速率异常问题和TXOP原理的理解。

答：(1)不使用TXOP时，每个站点在占用信道时只发送一个数据帧，该帧的发送时间可归一化为1/数据率，因此每个站点得到相同的平均数据率，即 = =1.08Mbps

(2)使用TXOP时，每个站点按照平均分配时间来占用信道，即每个站点占用1/10信道，因此对于数据率为6Mbps的4个站点，每个站点得到的数据率是0.6Mbps；数据率为18Mbps的4个站点，每个站点得到的数据率是1.8Mbps；数据率为54Mbps的4个站点，每个站点得到的数据率是5.4Mbps。

习题38. 如书图4-41（b）（即下图）所示，使用网桥B1和B2扩展局域网。假设两个网桥的初始转发表（Hash Table）都是空的。请按照下列发送顺序，给出每个帧所经过的网桥及其端口。

(a) A发送一个包给C

(b) E 发送一个包给F.

(c) F 发送一个包给 E.

(d) G发送一个包给E.

(e) D发送一个包给A.

(f) B 发送一个包给F.

解题思路：此题考查对于网桥工作原理（如何转发帧、如何生成转发表）的理解。网桥收到一帧后，根据帧中的目的地址检查转发表，如果查到的输出端口与输入端口一致，则不转发；如果输出端口与输入端口不一致，则转发到相应端口；如果查不到，则洪泛转发到除输入端口之外的所有端口。转发表采用“逆向学习”的方法生成，即检查收到的帧中的源地址，将源地址和输入端口加入转发表。

答：(a) B1 将这个数据帧转发到端口 2、3和4，B2 将转发到端口1、2 和3。

(b) B2 将这个数据帧转发到端口1、3和4， B1 将转发到端口1、2 和3。

(c) B2 不转发该帧，因此B1 不会收到这个帧。

(d) B2 将这个数据帧转发到端口2，B1 不会收到这个帧。

(e) B2 将这个数据帧转发到端口4，B1将转发到端口1。

(f) B1 将这个数据帧转发到端口 1、3和4，B2将转发到端口2。

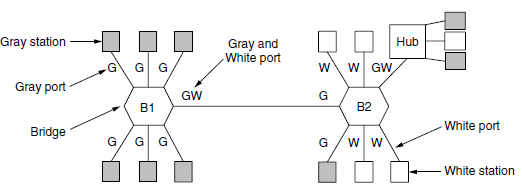
习题39. 从损坏帧的角度看，存储－转发型交换机比直通型交换机更有优势。请说明这种优势。

解题思路：本题考查对于存储-转发型交换机和直通型交换机的原理的理解。

答：存储-转发型交换机首先要接收完整的数据帧，进行校验，然后再转发。如果校验出错，就立即丢弃这个数据帧而不进行转发。

对于直通型方式，交换机在收到帧头的目的地址之后，即开始转发该帧，边转发边校验，因而即使发现了校验错误，也为时晚矣，损坏帧将无法丢弃，依然在网络中传输。

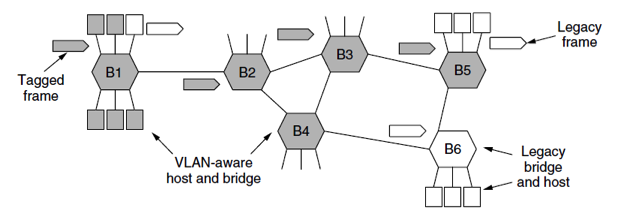
习题41. 要支持VLAN，网桥（或交换机）中需要增加配置表。在图4-47（即下图）中，网桥能否换成HUB？HUB也需要配置表吗？为什么？



解题思路：本题考查对于VLAN原理和HUB工作原理的理解。

答：如果把网桥换成HUB，将不能支持VLAN。因为HUB是物理层设备，不能识别LAN帧中的VLAN ID，它将把从一个端口收到的帧转发到所有其他端口。

习题42. 在图4-48（即下图）中，在右侧的传统域中的交换机（即B5）是一个支持VLAN的交换机，有可能使用传统的交换机吗？如果可能，请问将如何工作？如果不可能，原因是什么？

解题思路：本题考查对于VLAN原理的理解。

答：B5可以使用传统的不支持VLAN的交换机。

传统帧要进入主干（VLAN）域里，需要依靠第一个支持VLAN的交换机对它们打上标签(tag)。类似地，在从VLAN区域输出的方向上，连接VLAN域和传统域的主干交换机必须把输出帧里加的标签再去除掉。因此，如果把B5换成传统交换机，增减标签的工作将由B3完成。

补充题：一个电缆长度为1公里、传播时延为200米/秒、带宽为10Mbps的CSMA/CD LAN （非IEEE802.3网络）中，没有中继器。已知数据帧长度是256位，其中帧头、校验和其他开销字段共32位。在一个数据帧成功传输之后，各站点为接收站保留一个发送机会，以便让接收站发送一个ACK帧（32位）。假定不发生冲突，请计算该网络的有效数据率（不包括开销）。

解题思路：

本题考虑改造802.3协议使得一次数据传输后为接收站预留一个不需要竞争的时间段回送一个短ACK帧。

答：

此题中，每个站点的协议逻辑与802.3的协议逻辑不一样，包括以下两点改动：

1. 接收站收到数据后立刻返回ACK；
2. 所有站点修改“侦听”的逻辑以实现“预留”的目的：每个站点要持续侦听媒体，有能力区分数据帧和ACK帧。当检测到数据帧时，站点必须保持沉默直到侦听到ACK帧已结束或者数据帧已结束13.2us

分析系统的效率：第一阶段，发送256bit数据帧25.6μs；第二阶段等待应答2τ=10μs；第三阶段接收ACK帧3.2μs。

有效数据率= 224bits/(25.6+10+3.2)us= 5.77Mbits/sec

点评：（1）设想一个场景，只有A站点需要向B站点发送即时语音数据，不需要差错后自动重传，如果不进行这样的改造直接用802.3效率为224/256=87.5%,改造后只有57.7%。

（2）即使需要接收站回送ACK，直接用以太网的话，可以使用“累计ACK”，也就是说发送站可以连发100个帧，接收站只回复一个ACK，但改造后的系统则必须一帧一回执，效率低。底层协议的改造使得高层协议在QoS或效率策略上不再有灵活性，也不利于整体效率。

（3）修改后的站点逻辑要求接收到数据后立刻回送ACK，这不难做到。但是，侦听逻辑变得很复杂，需要区别帧类型，需要延迟处理，需要连续侦听媒体。这比802.3的简单侦听逻辑要复杂很多，802.3的逻辑很简单以致于直接用简单的电路就可以实现，改进后的方案实现复杂可能会带了成本上的开销。