

计算机网络第四章课后习题参考答案

习题 2. N 个站点共享一个 56kbps 的纯 ALOHA 信道。每个站点平均每 100 秒输出一个 1000 比特的帧，即使前一个帧没有发送完毕也依旧进行（例如，每个站点都有缓存）。N 的最大值是多少？

解题思路：本题考查对于纯 ALOHA 协议的性能的理解

答：对于纯 ALOHA，根据吞吐量公式，最大可用的带宽是： $0.184 \times 56\text{kbps} = 10.304\text{kbps}$ 。

每个站点需要的带宽是 $1000/100 = 10\text{bps}$ 。

因此最多站点数 $N = 10304/10 = 1030$ 个。

习题 3. 10 万个航空订票站竞争使用一个时隙（时槽）ALOHA 信道。每个站每小时平均有 18 次请求。一个时隙是 125usec。信道的总负载大约是多少？

解题思路：本题考查对于 ALOHA 协议中负载 G 概念的理解

答：每个站每 $3600/18 = 200$ 秒发一次请求，已知有 10000 个终端，因此信道上的总负载是 200 秒发 10000 次请求，即平均每秒 50 次请求；

时隙为 $125 \mu\text{s}$ ，每秒有 $1/(125 \times 10^{-6}) = 8000$ 个时隙

因此平均每个时隙发送请求的次数是： $G = 50/8000 = 1/160$ （次）

习题 4. 对于有一个无限多用户的时隙 ALOHA 信道的测量表明，10%的时隙是空闲的。

- (a) 信道负载 G 为多少？
- (b) 吞吐量为多少？
- (c) 信道是负载不足还是过载？

解题思路：本题目考查对于时隙 ALOHA 吞吐量公式的理解

答：（a）空闲时隙的概率 $P_0 = e^{-G} = 0.1$

因此 $G = -\ln P_0 = -\ln 0.1 = 2.3$

（b）时隙 ALOHA 的吞吐量公式为 $S = Ge^{-G} = 2.3 \times 0.1 = 0.23$

（c）时隙 ALOHA 在负载 $G=1$ 时达到最大吞吐量， $G>1$ 时，吞吐量将严重下降，即过载。

本题中 $G=2.3>1$ ，因此信道过载。

习题 5. 教材图 4-4 显示了多种 MAC 协议（纯 ALOHA 到 0.01 坚持 CSMA）的最大吞吐量的范围。为了获得更高的吞吐量，一个协议会做一些权衡，例如增加特别的硬件支持或者增加等待时间。对于图中的各协议，解释每个协议进行了哪些权衡。

解题思路：本题考查对于各种随机接入 MAC 协议的原理的理解。

答：纯 ALOHA：简单，无需附加硬件，吞吐量低。

时隙 ALOHA：需要增加同步机制以及等待时间，以提高吞吐量。

1 坚持 CSMA：在信道忙时持续监听，以便最快发现信道空闲，然后立刻发送。因此在轻载时等待时延小，吞吐率高；但重载时，容易冲突。

非坚持 CSMA：在信道忙时，退避一段时间，然后再监听。因此，等待的时间比 1 坚持长，但冲突概率相对低，因此重载时吞吐率高，即以等待时间换取高吞吐量。

p 坚持 CSMA：在信道忙时持续监听，在信道空闲时以概率 p 发送，重载时吞吐量较高，以推迟发送来换取高吞吐量。p 越小，重载时的吞吐量越高。

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。

答：(a) 信号在平行双芯电缆上的传播速率为 $3 \times 10^8 \times 82\% = 2.46 \times 10^8$ 米/秒，长度为 2km 的电缆传播时延 $\tau = 8.13 \mu s$ ， $2\tau = 16.26 \mu s$

(b) 信号在多模光纤电缆上的传播速率为 $3 \times 10^8 \times 65\% = 1.95 \times 10^8$ 米/秒，长度为 40km 的电缆传播延迟是 $\tau = 205.13 \mu s$ ， $2\tau = 410.26 \mu s$

习题 7. 在使用基本位图协议的 LAN 中，一个站点 s 最坏情况下要等待多久才能开始发送一帧？

解题思路：本题考查对于位图协议原理的理解。注意在位图协议中是以位时间来描述等待时间。

答：在最坏的情况下，所有站点都要发送，每个站点都要等到其它（N-1）个站发送完毕才能开始发送自己的数据帧。

因此等待时间为：预约时隙 N + 帧发送时间 $(N-1) \times d = N + (N-1) \times d$ 比特

如果考虑特殊的情形，是对于最大编号站点，想要发送时预约时隙刚过，而且所有站都有大量数据要发送，该站点的等待时间是 $N + 2 \times (N-1) \times d$

习题 10. 我们学习的无线 LAN 使用 CSMA/CA 和 RTS/CTS 来代替 CSMA/CD。在什么情况下，无线 LAN 可能使用 CSMA/CD？

解题思路：此题考查对于无线 LAN 信号传输特点的理解，以及对于 CSMA/CD 协议原理的理解。

答：如果所有站点的信号覆盖范围都足够大，以至于任一站点都能收到其他站点发送出的信号，即任意一个站点都能与其他的站点以广播的方式通信，这个时候可以使用 CSMA/CD。

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。A 发送数据给 B，E 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-km 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 $\tau = 1/200000 = 5 \mu s$ ，往返时延为 $2\tau = 10 \mu s$ ，即最短帧的发送时间不能小于 $10 \mu s$ 。

对于 1Gbps 的发送速率， $10 \mu s$ 可以发送的比特数为 $10 \times 10^{-6} \times 10^9 = 10^4$ 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闲置，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。

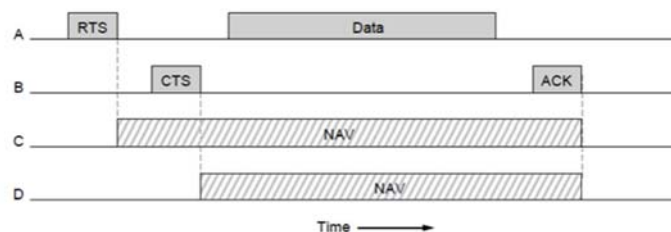
答：千兆以太网的最短帧长为 512 位（即 64 字节），信息传输速率为 1Gbps。

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 $10^9/512=1953125$ 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： $10^9/4096\approx 244140$ 个帧

对于发送最大帧（ $1518\times 8=12144$ 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。

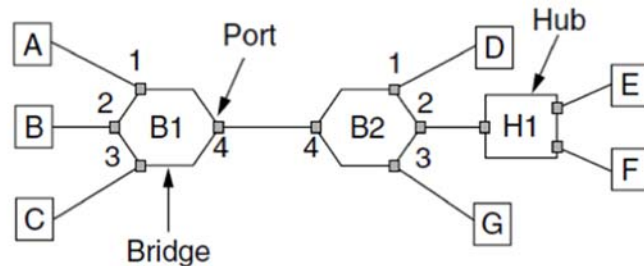
解题思路：此题考查对于 802.11 协议原理的理解。

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 A 和 C 发送给 D；但 802.11 中，C 收到 B 发送的 RTS，根据 NAV，它将在整个 B 发送的过程中退避，而不能发送给 D。

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。

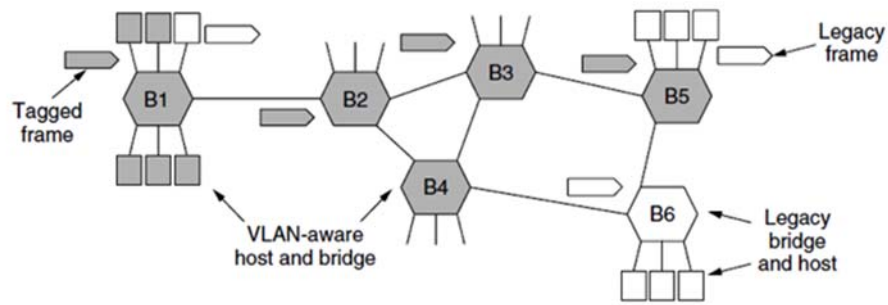
习题 39. 从损坏帧的角度看，存储-转发型交换机比直通型交换机更有优势。请说明这种优势。

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 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、一个 ALOHA 系统中的用户每秒产生 50 个请求（包括首次请求和重传请求），时隙（帧时间）是 40 毫秒。

- (a) 首次尝试即成功的概率是多少？
- (b) k 次冲突之后才成功的概率是多少？
- (c) 平均尝试多少次？

解题思路：本题考查对于 ALOHA 原理的理解和吞吐量公式的掌握。

答：（a）在任一帧时间内产生 k 帧的概率服从泊松分布。

时隙长度为 40 毫秒，即每秒 $1000 / 40 = 25$ 个时隙

每秒每个时隙产生 $50/25 = 2$ 个请求，即 $G = 2$

首次尝试成功的概率 $p = e^{-2}$

(b) k 次冲突之后才能发送成功的概率为 $P = e^{-G} \times (1 - e^{-G})^k = 0.135 \times 0.865^k$

(c) 一帧的平均发送次数为 $E = \lim_{k=1} kP = e^G = e^2 = 7.4$