

**3-09** 一个 PPP 帧的数据部分(用十六进制写出)是 7D5EFE277D5D7D5D657D5E。试问正真的数据是什么(十六进制写出)?

答: 题中没有强调传输条件, 默认是异步传输, 即使用字节充填。重点转换有以下三个重点:

$0x7E \rightarrow 0x7D, 0x5E$

$0x7D \rightarrow 0x7D, 0x5D$

$0xab(<0x20) \rightarrow 0x7D, 0xcd(cd = 20 + ab)$

所以实际的数据为: 7EFE277D7D657E。

**3-10** PPP 协议使用同步传输技术传输比特串 011011111111100。试问经过零比特填充后变成怎么样的比特串? 若是接收端接收到的为: 0001110111110111110110, 问删除发送端加入的零比特后变成怎么样的比特串?

答: 当使用同步传输技术时, 零比特填充为: 发现 5 个连续的 1 填充一个 0。所以当传输 011011111111100 时, 填充后为: 01101111011111000; 若接收为: 0001110111110111110110, 则原始信号为 000111011111111110。

**3-16** 数据率为 10Mb/s 的以太网在物理媒体的层面上的码元传输速率为多少码元/秒?

答: 以太网使用曼切斯特编码, 这就意味着发送的每一位都有两个信号周期。标准以太网的数据速率是 10MB/s, 因此波特率是数据率的两倍, 即 20M 码元/秒。

**3-18** 试说明 10BASE-T 中的“10”、“BASE”和“T”所代表的意义

答: “10”代表 10Mb/s, “BASE”为基带传输, “T”代表双绞线。

**3-20** 假定 1km 长的 CSMA/CD 网络数据率为 1Gb/s, 设信号在网络上传播的速率为: 200000km/s, 求能够使用此协议的最短帧长。

答: 由信号在网络上传播的速率和网络距离可知, 往返传播实验  $2\tau = 2 \times \frac{1km}{200000km/s} = 10\mu s$ 。

为了能按照 CSMA/CD 方式工作, 则需要满足最小帧发送时延大于  $2\tau = 10\mu s$ ,

当数据率为 1Gb/s 时, 最短帧长为:  $l = 1Gb/s \times 10\mu s = 10000bit$ 。

**3-28** 有 10 个站连接到以太网上, 试计算一下三种情况每个站所能得到的带宽:

(1) 10 个站都连接到一个 10Mb/s 的以太集线器;

(2) 10 个站都连接到一个 100Mb/s 的以太集线器;

(3) 10 个站都连接到一个 10Mb/s 的以太交换网。

答: 当用集线器连接, 则是平分带宽; 交换机则是独享带宽。

由此可知 (1) 1Mb/s; (2) 10Mb/s; (3); 10Mb/s。

**3-30** 以太网交换机有什么特点, 用它怎么组成虚拟局域网?

答: 特点: 以太网交换机实质就是一个多端口的网桥, 它工作在数据链路层上。

每一个端口都直接与一个主机或一个集线器相连, 并且是全双工工作。它能同时连通多对端口, 使每一对通信能进行无碰撞地传输数据。在通信时是独占而不是和其他网络用户共享传输媒体的带宽。

**A-04** 有一比特串 01101111111111100 用 HDLC 协议发送, 经过零比特填充后变成什么样的比特串? 若 HDLC 帧数据部分为 00011101111101111011110, 问删除填充后是怎么样的比特串?

答: 原始比特经零比特填充后为: 01101111101111101100; 收到的比特串去掉零比特填充后为: 0001110111111111110。

**A-05** 信道速率为  $4kb/s$ , 采用停止等待协议, 传播时延为  $t_p = 20ms$ , 确认帧长度和处理时间均可忽略, 问帧长为多少才可以使信道利用率到 50%?

答: 题中使用的为停止等待协议, 则需要一个 ACK 返回来确认。

不妨设帧长为  $x$ , 则想要满足题目中的条件则:  $\frac{t_s}{2t_p + t_s} = 50\% \Rightarrow \frac{\frac{x}{4k}}{2t_p + \frac{x}{4k}} = 50\%$

带入数据, 解得  $x = 160b$ 。

**A-06** 卫星信道的数据率为  $1Mb/s$ , 卫星通道来回的传播时延为  $0.25s$ , 每一个数据帧都是  $2000bit$ , 忽略误码率、确认时长和处理时间。试计算下列情况的信道利用率:

(1) 停止等待协议;

(2) 连续 ARQ 协议,  $V_m = 7$ ;

(3) 连续 ARQ,  $V_m = 127$ ;

(4) 连续 ARQ,  $V_m = 255$

答: 由题中已知条件可知:  $t_s = \frac{2000}{1M} = 2ms$ ,  $t_p = 0.25s$ , 所以可知:

(1)  $\eta = \frac{2}{252} \approx 0.8\%$ ;

当使用连续 ARQ 协议时, 需要判断  $W_m$  和  $1 + 2a = 1 + 2\frac{T}{T}$  之间的关系。若是前者较小, 则  $U = \frac{W_m}{1+2a}$ , 否则利用率为 100%

所以 (2)  $U = \frac{W_m}{1+2a} = \frac{7}{126} = 5.56\%$ ; (3)  $W_m = 127 > 1 + 2a = 126$ ,  $U = 100\%$ ; (4)  $W_m = 255 > 1 + 2a = 126$ ,  $U = 100\%$ 。

**A-07** 返回  $N$  组连续 ARQ 协议采用的帧号位数为 3, 尺寸窗口为 3, 请画出下列事件发生时输入输出的滑动窗口图:

a. 初始态; b. 发送帧 0, 1, 2; c. 接收帧 0; d. 接收 ACK0; e. 接收 NAK1; f. 发送帧 1, 2; g. 接收帧 1, 2; h. 发送帧 3; i. 接收帧 3; j. 接收 ACK3.

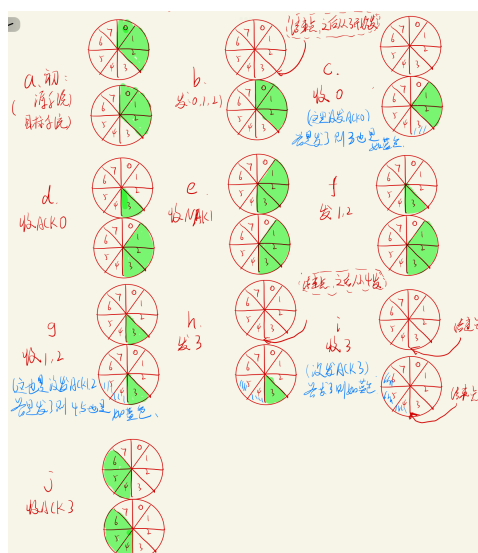
答: 如图所示: (图中蓝字部分解释接收到有没有自动发 ACK, 若是没有则是原本, 若是自动发了则是包含蓝色部分的范围) 若是这里图看不清, 最后还附有一张大图方便查看。

**A-08** 若干个终端用纯 ALOHA 随机接入协议与远端主机通信。信道速率速率为:  $2400b/s$ 。每个终端平均两分钟发送一个帧, 帧长为  $200bit$ , 问终端数目最多允许多少? 若采用时序 ALOHA, 结果又是多少?

答: 由题可知, 每个终端的传输速率为:  $\frac{1}{2 \times 60} fps$ , 对于  $P - ALOHA$  而言,  $\overline{\alpha_c} = 0.184$ , 设终端数目最多为  $x$ , 则需要满足不等式:

$$x \times \frac{1}{2 \times 60} \leq \frac{R_b}{l} \times \overline{\alpha_c} = \frac{2400}{200} \times 0.184$$

带入数据解得:  $x = 264$ ; 对于  $S - ALOHA$  有  $\overline{\alpha_c} = 0.368$ , 带入同样的式子, 解出最大数目为: 529。



**A-09** 在  $P-ALOHA$  协议中，若工作系统在  $G = 0.5$  的状态，求信道为空闲的概率。

答：对于纯 ALOHA，在任一帧时内生成  $k$  帧的概率服从泊松分布。信道为空闲（即：生成 0 帧）的概率为： $e^{-(G)} = e^{-(0.5)} = 0.6055$

**A-10** 10000 个终端争用同一个  $S-ALOHA$  信道。平均每个终端每小时发帧 18 次，时隙长度为  $125\mu s$ 。试求网络负载  $G$ 。

答：由题可算出，所有终端在一个时隙中发送： $\frac{10000 \times 18 \times 125\mu}{60 \times 60} = \frac{1}{160} = 0.00625$ ，即： $G = 0.00625$ 。

**A-11**  $S-ALOHA$  的时隙为  $40ms$ 。大量用户同时工作，使网络每秒平均发送 50 个帧。

(1) 试计算一次即成功的概率；

(2) 试计算正好冲突  $k$  次后才发送成功的概率；

(3) 每个帧平均要发送多少次？

答：(1) 在任意一帧之内，生成  $k$  帧的概率服从泊松分布，即： $P_r[k] = \frac{G^k e^{-G}}{k!}$ 。

对于  $S-ALOHA$ ，要想一次性直接发送成功，则概率为： $e^{-G}$ ，而网络平均每秒发送 50 个帧，结算下每个时隙发送 2 个帧。所以  $G = 2$ ，带入可知，一次成功的概率为： $P = e^{-2} \approx 0.1353$ 。

(2) 正好冲突  $k$  次后才成功，有概率论公式可知： $P_k = (1 - e^{-G})^k e^{-G} = (1 - e^{-2})^k e^{-2}$ 。

(3) 由期望公式可知： $E = \sum_{k=0}^{\infty} k P_k = \sum_{k=0}^{\infty} k (1 - e^{-2})^k e^{-2} = e^2 \approx 7.3891$ 。（改写成从 1 开始的式子，再找原函数消去前面的  $k$ ，最后用等比求和）

**A-12** 若  $S-ALOHA$  系统有 10% 的时隙是空闲的，问网络的负载  $G$  和吞吐率  $S$  分别时多少？现在系统是否过载？

答：由泊松定律可知： $P_0 = e^{-G} = 10\%$ ，两边取对数，再移动系数，可知： $G = -\ln 0.1 = 2.3026 > 1$ ，所以是过载的；再由公式得： $S = Ge^{-G} = 0.23026$ 。

**A-13** 一站数很大的  $S-ALOHA$  系统在工作时，其空闲时隙占了 65%，试求  $G, S$ 。

答：由泊松定律可知： $P_0 = e^{-G} = 65\%$ ，可知： $G = -\ln 0.65 \approx 0.4308$ ， $S = Ge^{-G} = 0.28$

A-14 一颗卫星使用两条上行链路和一条下行链路的 S-ALOHA，两条上行链路分别连了 1000 和 500 名用户，每个用户平均每小时发送 36 个请求，时隙为 100ms，卫星有储存能力，且储存空间够大。

问：(1) 下行信道利用率为多少？(2) 系统的效率是多少？

答：对于上链路，有  $G = \frac{N \times 36 \times 100m}{60 \times 60}$ ，所以两条上行链路有：  $G_1 = 1$ ， $G_2 = 0.5$ ，所以  $P_{s1} = 1 \times e^{-1} = 0.368$ ， $P_{e1} = e^{-1} = 0.368$ ， $P_{c1} = 1 - P_{s1} - P_{e1} = 0.264$ ， $P_{s2} = 0.5 \times e^{-0.5} = 0.303$ ， $P_{e2} = e^{-0.5} = 0.607$ ， $P_{c2} = 1 - P_{s2} - P_{e2} = 0.09$ 。

(1) 所以下行信道利用率为： $U = 2P_{s1}P_{s2} + P_{s1}P_{e2} + P_{s2}P_{e1} + P_{s1}P_{c2} + P_{c1}P_{s2} = 0.671$

(2) 系统的效率： $\eta = \frac{UB}{3B} = 22.4\%$ 。(注：这里假设三条信道的带宽都是一样的)

## 3.2 ALOHA协议

### 卫星通信ALOHA

- 在卫星通信中，设有两个信道，一个上行一个下行，整个系统的带宽为2B (bps)，每个信道为B (bps)，采用时隙ALOHA，则：

实际是B (上行、下行)  $\rightarrow B \times S$   $G=1$  时有最大值  $S=G \cdot e^{-G}$

$$\text{最大吞吐量} = \frac{B}{e} \text{ bps}$$

$$\text{信道利用效率} = \frac{\text{吞吐量}}{\text{总带宽}} = \frac{B/e}{2B} = \frac{1}{2e} = 0.184 = 18.4\%$$

- 改用2个上行信道和一个下行信道，卫星无存储能力，每个上行信道连接无限用户。每个用户随机选择一个信道发送，假定理想信道，即G=1，则每一上行信道每一时隙T<sub>0</sub>内：

(1) T<sub>0</sub>内成功发送一帧： $P(1) = Ge^{-G} = \frac{1}{e} = 0.368 = 36.8\%$

(2) T<sub>0</sub>内无帧发送： $P(0) = \frac{1}{e} = 0.368 = 36.8\%$

(3) 发生碰撞： $1 - P(1) - P(0) = 1 - 0.368 - 0.368 = 0.264 = 26.4\%$

## 3.2 ALOHA协议

### 卫星通信ALOHA

- 对于两个独立信道，有9种可能事件：

		信道1		
		空	成功	碰撞
信道2	空	0.135	0.135	0.097
	成功	0.135	0.135	0.097
	碰撞	0.097	0.097	0.07

- 正好一个信道发送成功的概率：0.464，该帧被转到下行信道广播。

- 两个信道同时发送成功的概率：0.135，随机丢弃一个帧，转发另一个帧。

- 信道总利用率： $U = 0.464 + 0.135 \times 2 = 0.599$  0.734 (这个是有存储能力的时候)

- 设系统带宽为3B (bps)，则系统的效率为：

$$\eta = \frac{\text{吞吐量}}{\text{总带宽}} = \frac{0.599B}{3B} = 0.2 = 20\%$$

- 比只用一条上行信道一条下行信道的系统效率提高1.6%，或吞吐量提高  $(0.2 - 1.84) / 1.84 = 8.7\%$  (多条道会更好一些)