

第二章 物理层

1、假设图 1 所示波形图符合曼彻斯特编码规范，试写出其 0-1 编码序列，并画出对应的符合差分曼彻斯特编码规范的波形图。此外，分别画出符合不归零制和差分不归零制规范的波形图。

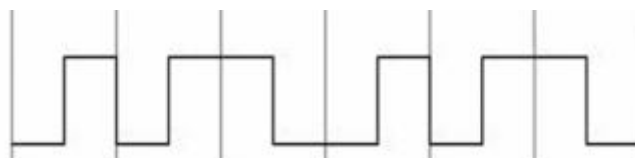


图 1. 符合曼彻斯特编码规范的信号

参考答案

对应编码序列：001101（2 分）

差分曼彻斯特编码波形图：（2 分）



不归零制波形图：（2 分）



差分不归零制波形图：（2 分）



2、假设一条含噪信道的带宽为 3000 Hz，最大信息传输速率为 30kb/s，那么若想使最大信息传输速率增加 60%，请问信噪比 S/N 应增大到多少倍？如果在刚才计算出的基础上将信噪比 S/N 再增大到 16 倍，试问最大信息传输速率能否再增加 35%？

参考答案

1) 将数据代入香农公式得

$$30000 = 3000 \log_2(1 + S/N),$$

解得

$$S/N = 2^{10} - 1$$

假设将信噪比增大了 x 倍，则有

$$30000 \times 1.6 = 3000 \log_2(1 + xS/N),$$

可得

,

有

$$x = (2^{16} - 1) / (2^{10} - 1) \approx 64$$

2) 假设将最大信息传输速率增加了 y 倍，则有

$$30000y = 3000 \log_2(1 + 16S/N),$$

进一步，有

,

得

$$y \approx 1.4$$

显然有

$$1.4 > 1.35$$

可以再增加 35%。

3、主机 A 到主机 B 的路径上有三段链路，其速率分别为 2Mbit/s，1Mbit/s 和 500kbit/s。现在 A 向 B 发送一个长度为 10MB 的文件，假设网络上没有其它的流量。试问该文件从 A 传送到 B 大约需要多少时间？为什么这里只是计算大约的时间？

这里要求发送时延 那么就是要瓶颈链路速率

参考答案

文件传输速率由瓶颈链路速率决定，因此 A 到 B 的速率为 500kbit/s。

文件长度为 10MB，但文件长度的 M 不是 10^6 而是 2^{20} 。1B = 8bit，因此文件长度为 $10 \times 8 \times 2^{20} \text{bit} = 83,886,080 \text{ bits}$ 。

文件的传送时间 = 文件长度 ÷ 吞吐量 = $83,886,080 \div 500 \text{ kbit/s} = 167.76 \text{ s}$ ，即约为 168s。

2) 因为有很多细节都没有考虑，如划分为多大的分组、每个分组首部的开销，在链路上的传播时延，在每个节点的处理时延和排队时延等等。

4、有一条点对点链路，长度为 50km。假设数据在此链路上的传播速率为 $2 \times 10^8 \text{ m/s}$ ，请问链路的带宽应为多少才能使传播时延和发送 100 字节的分组的发送时延一样大？如果发送的是 512 字节长的分组，结果又应如何？

参考答案

略

5、请简述曼彻斯特编码规范和差分曼彻斯特编码规范的要义。假设图 1 所示波形图符合曼彻斯特编码规范，试写出其 0-1 编码序列，并画出对应的符合差分曼彻斯特编码规范的波形图。



图 1 符合曼彻斯特编码规范的信号

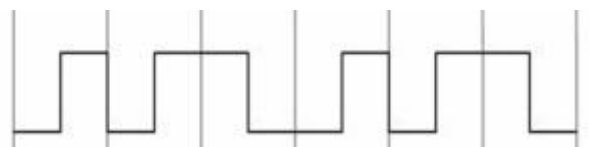
参考答案

曼彻斯特编码规范：用一个信号码元中间电压跳变的相位不同来区分数据“1”和“0”，正的电压跳变表示“0”；负的电压跳变表示“1”。

差分曼彻斯特编码：每个码元的中间跳变只作为同步时钟信号；数据“0”和“1”的取值是用信号位的起始处有无跳变来表示，若有跳变则为“0”；若无跳变则为“1”。

对应编码序列：001101

对应差分曼彻斯特编码波形图为：



6、物理层是解决点到点之间信号的传输技术问题，问题如下：

1) 假定某信道受奈氏准则限制的最高码元速率为 20000 码元/秒。如果采用振幅调制，把码元的振幅划分为 16 个不同等级来传送，那么可以获得多高的数据率(b/s)？

2) 针对非理想信道，假定要用 3 kHz 带宽的电话信道传送 64 KB/s 的数据(无差错传输)，试问这个信道应具有多高的信噪比(分别用比值和分贝来表示)？这个结果说明什么问题？

参考答案

问题 1：：用二进制数字来表示这 16 个不同等级的振幅，那么需要使用 4 个二进制数字。即 0000, 0001, 0010, 0011, 0100, 0101, 0110, 0111, 1000, 1001, 1010, 1011, 1100, 1101, 1110, 1111。可见用一个码元就可以表示 4 个比特。因此码元速率为 20000 码元/秒时，依据奈氏准则得到的数据率就是 4 倍的码元

速率，即 80000 b/s。

问题 2：将数据代入香农公式，得出： $C = 3 \text{ kHz} \times \log_2(1 + S/N) = 64 \text{ KB/s}$ ，
解出 $1 + S/N = 2^{64/3}$

$$S/N = 2.64 \times 10^6$$

或用分贝表示： $(S/N)_{\text{dB}} = 10 \log_{10}(2.64 \times 10^6) = 64.2 \text{ dB}$

7、对于带宽为 3kHz 的信道，如果采用 4 种不同状态来表示数据：

- (1) 在不考虑信道噪声情况下，该信道最大数据传输速率是多少？
- (2) 如果信道信噪比为 30 分贝，则信道的最大数据传输速率是多少？

参考答案

(1) 利用奈斯特定理，最大数据传输速率为：

$$C_{\text{max}} = 2 \times 3 \times \log_2 4 = 12 \text{ kbs}$$

信噪比有两种表示方式 如果是分贝 那么是 $10 \log_{10}$

(2) 由于信道信噪比为 30 分贝，则： $30 = 10 \times \log_{10}(S/N)$

所以 $S/N = 1000$;

依据题意，利用香农定理信道最大数据传输速率为：

$$C_{\text{max}} = W \times \log_2(1 + S/N) = 3000 \times \log_2(1 + 1000) \approx 30 \text{ kbps}$$

8、一个数据报通信子网允许各结点在必要时将收到的分组丢弃，丢弃概率为 P。假设有一个主机通过两个中间网络结点与另一个主机以数据报方式通信，因此，两个主机之间需要经过 3 段链路。当传输数据报时，只要任何一个结点丢弃分组，则源主机最终将重传该分组。请问：

- (1) 每个分组在一次传输过程中平均经过几段链路？
- (2) 每个分组平均需要传送几次？
- (3) 目的主机每收到一个分组，连同该分组在传输时被丢弃的情况，平均需要几段链路？

参考答案

(1) 从源主机发送每个分组可能有 1 段、2 段或者 3 段链路可能。

走 1 段链路说明通过第一个交换结点被丢弃，概率为 P；

走 2 段链路说明通过第二个交换结点被丢弃，概率为 $(1-P)P$ ；

走 3 段链路说明两个交换结点均没有被丢弃，概率为 $(1-P)(1-P)$ ；

(3 分)

则一个分组平均通路长度的期望值是 3 个概率的加权和

$$L = 1 \times P + 2 \times (1-P)P + 3 \times (1-P)(1-P) = P^2 - 3P + 3$$

(2) 一次传输成功概率为 $(1-p)^2$, 另 $a = (1-p)^2$, 则

两次传输成功概率 = $a(1-a)$

三次传输成功概率 = $a(1-a)^2$

...

因此, 每个分组平均传输次数为

$$T = \sum_{n=1}^{\infty} n a (1-a)^{n-1} = 1/a = 1/(1-p)^2$$

(3) 每个被成功接收到的分组平均经过的链路数 H 为

$$H = L * T = (p^2 - 3p + 3) / (1-p)^2$$

9、假设一条含噪信道的带宽为 3100 Hz, 最大信息传输速率为 31kb/s, 那么若想使最大信息传输速率增加 60%, 请问信噪比 S / N 应增大到多少倍?

参考答案

将以上数据代入香农公式, 得出: $31000 = 3100 \times \log_2(1 + S/N)$

$$\log_2(1 + S/N) = 310/31 = 10$$

$$1 + S/N = 2^{10} \quad S/N = 2^{10} - 1;$$

使最大信息传输速率增加 60% 时, 设信噪比 S/N 应增大到 x 倍, 则

$$31000 \times 1.6 = 3100 \log_2(1 + xS/N)$$

$$\log_2(1 + xS/N) = 16 \quad 1 + xS/N = 2^{16}$$

$$x = (2^{16} - 1) / (2^{10} - 1) \approx 2^6 = 64$$

二、10、假设在主机 S 和主机 C 通过一条中间有 5 个路由器的路径相连, 每一跳的传播延迟均为 20ms, 数据传输速率都是 10Mbps。若采用电路交换网, 其电路建立时间是 50ms; 若采用分组交换网, 其分组长度为 1000 比特, 且各结点中排队时延可忽略不计。若主机 S 要向 C 沿该路径传输总数据量为 20000 字节的消息,

(1) 请你分析一下采用上述哪种交换技术总时延最短?

(2) 请问在什么情况下采用电路交换更优, 什么情况下采用分组交换更优

参考答案

电路交换网: 总延迟为 $t_1 = 50 + 20000 \times 8 \times 1000 / 10^7 + 6 \times 20 = 186\text{ms}$

分组交换网: 总延迟为 $t_2 = 20000 \times 8 \times 1000 / 10^7 + (6-1) \times 1000 \times 1000 / 10^7 + 6 \times 20 = 136.5\text{ms}$

因 $t_1 > t_2$ 时, 分组交换网更快。

对于实时性要求高的交互式通信来说, 采用电路交换更优。

对于要求快速传输, 还有需要容错的情况下, 采用分组交换更优。

11、若下图为 10BaseT 网卡接收到的信号波形, 则该网卡收到的比特串是什

么？请问该信号采取的是哪种编码技术？其调制速率是多少？请简述该编码技术的特点。

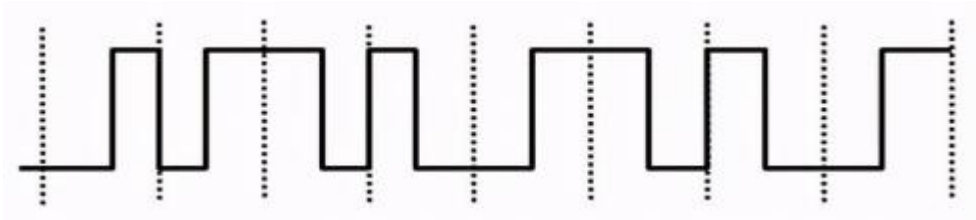


图 1 信号波形图

参考答案

比特串为：00110110

曼彻斯特编码，调制速率为20Mbps，

其规范为：用一个信号码元中间电压跳变的相位不同来区分数据“1”和“0”，
正的电压跳变表示“0”；负的电压跳变表示“1”。