

的专家去寻找。

“比特/秒”和“码元/秒”是不完全一样的，因为比特和码元所代表的意思并不相同。在使用二进制编码时，一个码元对应于一个比特。在这种情况下，“比特/秒”和“码元/秒”在数值上是一样的。但一个码元不一定总是对应于一个比特。根据编码的不同，一个码元可以对应于几个比特，但也可以是几个码元对应于一个比特。

✓【2-07】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 (bit/s)?

解答：如果我们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。可见现在用一个码元就可以表示 4 个比特。因此，当码元速率为 20000 码元/秒时，我们得到的数据率就是 4 倍的码元速率，即 80000 bit/s。

✓【2-08】假定要用 3 kHz 带宽的电话信道传送 64 kbit/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？

解答：将以上数据代入香农公式，得出： $C = 3 \text{ kHz} \times \log_2(1 + S/N) = 64 \text{ kbit/s}$

解出 $1 + S/N = 2^{64/3}$

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

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

这个结果说明：这个信道应该是个信噪比很高的信道。

✓【2-09】用香农公式计算一下，假定信道带宽为 3100 Hz，最大信息传输速率为 35 kbit/s，那么若想使最大信息传输速率增加 60%，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 10 倍，问最大信息传输速率能否再增加 20%？

解答：将以上数据代入香农公式，得出： $35000 = 3100 \log_2(1 + S/N)$

$$\log_2(1 + S/N) = 35000 / 3100 = 350 / 31 = \lg(1 + S/N) / \lg 2$$

请注意：以 10 为底的对数通常就记为 \lg 。

$$\lg(1 + S/N) = \lg 2 \times 350 / 31$$

$$1 + S/N = 10^{\lg 2 \times 350 / 31}$$

$$S/N = 10^{\lg 2 \times 350 / 31} - 1 = 2505$$

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

$$35000 \times 1.6 = 3100 \log_2(1 + xS/N)$$

$$\log_2(1 + xS/N) = 35000 \times 1.6 / 3100 = 350 \times 1.6 / 31$$

$$\lg(1 + xS/N) / \lg 2 = 350 \times 1.6 / 31$$

$$1 + xS/N = 10^{\lg 2 \times 350 \times 1.6 / 31}$$

$$xS/N = 10^{\lg 2 \times 350 \times 1.6 / 31} - 1$$



$$x = (10^{\lg 2 \times 350 \times 1.6/31} - 1) / (10^{\lg 2 \times 350/31} - 1) = (10^{5.438} - 1) / (10^{3.399} - 1) \approx 10^{5.438} / 10^{3.399} \\ = 10^{2.039} = 109.396$$

信噪比应增大到约 100 倍。

设在此基础上将信噪比 S/N 再增大到 10 倍, 而最大信息传输速率可以再增大到 y 倍, 则利用香农公式, 得出

$$35000 \times 1.6 \times y = 3100 \log_2(1 + 2505 \times 109.396 \times 10) \\ y = 3100 \log_2(1 + 2505 \times 109.396 \times 10) / 35000 \times 1.6 \\ = (3100 \lg 2740370.8 / \lg 2) / 35000 \times 1.6 = 1.184 \\ \text{即最大信息速率只能再增加 } 18.4\% \text{ 左右。}$$

【2-10】常用的传输媒体有哪几种? 各有何特点?

解答: 传输媒体可分为两大类, 即导向传输媒体和非导向传输媒体。在导向传输媒体中, 电磁波被导向沿着固体媒体(铜线或光纤)传播; 而非导向传输媒体就是指自由空间, 在非导向传输媒体中电磁波的传输常称为无线传输。

常用的导向传输媒体有以下几种。

(1) 双绞线: 也称为双扭线, 它的结构比较简单, 就是把两根互相绝缘的铜导线并排放在一起, 然后用规则的方法绞合起来。双绞线的价格便宜, 性能也不错, 其通信距离一般为几到十几公里, 使用十分广泛。双绞线又可分为无屏蔽双绞线和屏蔽双绞线两大类。前者更加便宜, 但传输距离和抗干扰性能比不上后者。

(2) 同轴电缆: 由内导体铜质芯线(单股实心线或多股绞合线)、绝缘层、网状编织的外导体屏蔽层(也可以是单股的)以及保护塑料外层所组成。由于外导体屏蔽层的作用, 同轴电缆具有很好的抗干扰特性, 被广泛用于传输较高速率的数据。目前同轴电缆主要用在有线电视网的居民小区中。同轴电缆的带宽取决于电缆的质量。目前高质量的同轴电缆的带宽已接近 1 GHz。

(3) 光纤: 光纤是光纤通信的传输媒体。在发送端有光源, 可以采用发光二极管或半导体激光器, 它们在电脉冲的作用下能产生出光脉冲。在接收端利用光电二极管做成光检测器, 在检测到光脉冲时可还原出电脉冲。光纤有多模光纤和单模光纤之分, 现在多模光纤已经很少使用了。单模光纤的损耗较小, 过去在 2.5 Gbit/s 的高速率下可传输数十公里而不必采用中继器, 但随着光纤的制造工艺不断进步, 单根光纤的传输速率已提高到 10 Gbit/s, 甚至 40 Gbit/s。如果采用密集波分复用技术, 例如使用 160 的波分复用, 那么一根光纤的传输速率就可达到 1.6 Tbit/s。光纤不仅具有通信容量非常大的优点, 而且还具有其他的一些特点: 传输损耗小、抗雷电和电磁干扰性能好、无串音干扰、保密性好、体积小、重量轻。现在光纤通信的性价比越来越高, 光纤已经成为非常普及的一种传输媒体。

(4) 架空明线: 虽然铺设容易, 但通信质量差, 受气候环境等影响较大, 目前已经很少使用。

非导向传输媒体实际上就是利用自由空间来传播电磁波的。由于信息技术的发展, 社会各方面的节奏变快了, 人们不仅要求能够在运动中进行电话通信(即移动电话通信), 而且还要求能够在运动中进行计算机数据通信(俗称上网)。因此最近无线电通信发展得特别快, 因为利用无线信道进行信息传输, 是在运动中通信的唯一手段。



无线传输可使用的频段很广。人们现在已经利用了好几个波段进行通信。例如:

(1) 短波波段: 通信距离远, 但通信质量较差。

(2) 微波波段: 微波在空间是直线传播的, 因此传播距离受到限制, 一般只有 50~100 km。

不过, 可用接力的方法把信号传送到很远的地方。卫星通信实质上也是一种微波接力通信, 其频带很宽, 通信容量很大, 信号所受到的干扰较小, 通信比较稳定, 但信号的迟延较大。

【2-11】 假定有一种双绞线的衰减是 0.7 dB/km (在 1 kHz 时), 若容许有 20 dB 的衰减, 试问使用这种双绞线的链路的工作距离有多长? 如果要使这种双绞线的工作距离增大到 100 km, 问应当使衰减降低到多少?

解答: 使用这种双绞线的链路的工作距离是: $20 / 0.7 = 28.6 \text{ km}$ 。

若工作距离增大到 100 km, 则衰减应降低到 $20 / 100 = 0.2 \text{ dB/km}$ 。

【2-12】 试计算工作在 1200~1400 nm 之间以及工作在 1400~1600 nm 之间的光波的频带宽度。假定光在光纤中的传播速率为 $2 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。

解答: 频率=光速/波长, 在光纤中光速为 $2 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。

1200~1400 nm:

带宽 = 与 1200 nm 波长对应的频率减去与 1400 nm 波长对应的频率
 $= 2 \times 10^8 / 1200 \times 10^{-9} - 2 \times 10^8 / 1400 \times 10^{-9} = 23.8 \times 10^{12} \text{ Hz} = 23.8 \text{ THz}$

1400~1600 nm:

带宽 = $2 \times 10^8 / 1400 \times 10^{-9} - 2 \times 10^8 / 1600 \times 10^{-9} = 17.86 \times 10^{12} \text{ Hz} = 17.86 \text{ THz}$

【2-13】 为什么要使用信道复用技术? 常用的信道复用技术有哪些?

解答: 许多用户通过复用技术就可以共同使用一个共享信道来进行通信。虽然复用要付出一定代价 (共享信道由于带宽较大因而费用也较高, 再加上复用器和分用器也要增加成本), 但如果复用的信道数量较大, 那么总的来看在经济上还是合算的。

常用的复用技术有: 频分复用、时分复用 (包括统计时分复用)、波分复用 (包括密集波分复用和稀疏波分复用) 和码分复用 (即码分多址)。

【2-14】 试写出下列英文缩写的全称, 并进行简单的解释。

FDM, FDMA, TDM, TDMA, STDM, WDM, DWDM, CDMA, SONET, SDH, STM-1, OC-48。

解答: 简单解释如下。

FDM (Frequency Division Multiplexing, 频分复用): 给每个信号分配唯一的载波频率并通过单一媒体来传输多个独立信号的方法。组合多个信号的硬件称为复用器, 分离这些信号的硬件称为分用器。这里只强调了复用的方式, 而并不关心复用的这些信道是来自多个用户还是来自一个用户。

FDMA (Frequency Division Multiple Access, 频分多址): 强调这种复用信道可以让多个用户 (可以在不同地点) 使用不同频率的信道接入到复用信道。这里当然采用了复用技术, 只不过省略了“复用”二字。如果把译名改为“频分复用多址”, 就太不简练了。因此, “频分多址”



$$W = 32K$$

- 10 采用相-幅调制(PAM)技术在带宽为 32kHz 的无噪声信道上传输数字信号,每个相位处都有两种不同幅度的电平。若要达到 192Kb/s 的数据速率,至少要有多少种不同的相位?

解 根据奈奎斯特公式 $C = 2H \log_2 N$

由题意 $C = 192K, H = 32K$

解得 $\log_2 N = 3, N = 8$

所以至少需要相位 $8 \div 2 = 4$ (种)

- 11 速率为 9600b/s 的调制解调器,若采用无校验位、一位停止位的异步传输方式,试计算 2min 内最多能传输多少个汉字(双字节)?

解 ① 2min 传输的位数为 $9600b/s \times 120 = 1152000$ 位

② 由于每个汉字用双字节表示,所以在给定的异步传输方式下每个汉字需传输的位数为 $(8+1+1) \times 2 = 20$ 位

③ 2min 内传输的汉字数为 $1152000 \text{ 位} \div 20 \text{ 位} = 57600$ (个)

- 12 长 2km、数据传输率为 10Mb/s 的基带总线 LAN,信号传播速度为 $200m/\mu s$,试计算:

(1) 1000 比特的帧从发送开始到接收结束的最大时间是多少?

(2) 若两相距最远的站点在同一时刻发送数据,则经过多长时间两站发现冲突?

解 (1) $1000bit/10Mbps + 2000m/200(m/\mu s) = 100\mu s + 10\mu s = 110\mu s$

(2) $2000m/200(m/\mu s) = 10\mu s$

- 13 假设带宽为 3000Hz 的模拟信道中只存在高斯白噪声,并且信噪比是 20dB,则该信道能否可靠地传输速率为 64Kb/s 的数据流?

答 按 Shannon 定理:在信噪比为 20dB 的信道上,信道最大容量为:

$$C = W \log_2 (1 + S/N)$$

已知信噪比电平为 20dB,则信噪功率比 $S/N = 100$

$$C = 3000 \times \log_2 (1 + 100) = 3000 \times 6.66 = 19.98 \text{ Kb/s}$$

则该信道不能可靠地传输速率为 64kb/s 的数据流

- 14 常用的传输介质有哪几种? 各有何特点?

答 有线传输介质主要有双绞线、同轴电缆和光缆等,无线传输介质主要包括无线电波、地面微波、卫星微波、红外线。特点请参见教材 30~35 页。

- 15 对于带宽为 3kHz、信噪比为 20dB 的信道,当其用于发送二进制信号时,它的最大数据传输速率是多少?

答 按 Shannon 定理:在信噪比为 20dB 的信道上,信道最大容量为:

$$C = W \log_2 (1 + S/N)$$

已知信噪比电平为 20dB,则信噪功率比 $S/N = 100$



$$C=3000 \times \log_2(1+100)=3000 \times 6.66=19.98 \text{ Kb/s}$$

而奈氏极限值是 6 Kb/s, 显然, 瓶颈是奈氏极限, 所以, 最大传输速率是 6 Kb/s

16 一个每毫秒采样一次的 4kHz 无噪声信道的最大数据传输率是多少?

答 不管采样速率如何, 一个无噪声信道都可以运载任意数量的信息, 因为每个采样值都可以发送大量数据。事实上, 对于 4kHz 的信道, 以高于 8000 次/s 的速率来采样是没有意义的。因为本题中每毫秒采样一次, 则采样频率为 1000 次/s, 若每个采样点的值用 4bit 编码, 则速率是 4Kb/s, 若每个采样点的值用 16bit 编码, 则速率可达 16Kb/s。

17 什么是多路复用? 按照复用方式的不同, 多路复用技术基本上可分为几类? 分别是什么?

答 多路复用技术是指在一条传输信道中传输多路信号, 以提高传输媒体利用率的技术。分为时分复用、频分复用、码分复用和波分复用 4 类。

18 简述集线器的工作原理。

答 Hub 只是一个多端口的信号放大设备, 工作中当一个端口接收到数据信号时, 由于信号在从源端口到 Hub 的传输过程中已有了衰减, 所以 Hub 便将该信号进行整形放大, 使被衰减的信号再生(恢复)到发送时的状态, 紧接着转发到其他所有处于工作状态的端口上。从 Hub 的工作方式可以看出, 它在网络中只起到信号放大和重发作用, 其目的是扩大网络的传输范围, 而不具备信号的定向传送能力, 是一个标准的共享式设备。

19 简述 DTE 和 DCE 的概念。

答 DTE: (Data Terminal Equipment, 数据终端设备) 是泛指智能终端(各类计算机系统、服务器)或简单终端设备(如打印机), 内含数据通信(或传输)控制单元, 其又称为计算机系统。

DCE: (Data Circuit Terminating Equipment, 数据电路终接设备) 是指用于处理网络通信的设备。

20 物理层接口标准包含哪方面的特性? 每种特性的具体含义是什么?

答 包含 4 个方面的特性: 机械特性、电气特性、规程特性和功能特性。

机械特性规定了接插件的几何尺寸和引线排列。

电气特性描述了通信接口的发信器(驱动器)、接收器的电气连接方法及其电气参数, 如信号电压(或电流、信号源、负载阻抗等)。

规程特性描述通信接口上传输时间与控制需要执行的事件顺序。

功能特性描述了接口执行的功能, 定义接插件的每一引线(针, Pin)的作用。

21 用宽带 ADSL 上网, 实际“网速”是多少, 以及达不到理想的原因?

答 ①用宽带 ADSL 上网最高速率为 512Kb/s, 下载文件时一般速率为 50KBytes/s 左右。“512 Kb/s”和 50KBytes/s 单位不同, 512Kb/s 的全称应该是 512Kbits/s, 即单位是位, 而 50KBytes/s 的单位是字节, 一个字节等于 8 位, 这样, 512Kbits/s = 64KBytes/s 实际上差别不大。同样道理, 现在所说的 1M 的 ADSL, 传输速度也就大约在 128Kb/s 左右。

