

Ch-02 物理层

物理层的作用：在物理介质上传输数据（比特流）

提供的服务：

- 提供发送和接收比特流的能力，包括连接的建立、维持和释放
- 在两个相邻通信节点之间唯一地标识数据电路

数据通信系统的理论基础

信号功率 S ，单位为 W ，焦耳

信道带宽 B ，单位为 Hz

噪声功率 N ，通信线路上的平均噪声功率

SNR: S/N 为信噪比

- $SNR_{dB} = 10 \log_{10}(S/N)$

数据率：单位时间传输的比特数

误码率：传输错误的概率，衡量传输质量

香农容量公式：

- 信道极限信息传输速率 $C = B \log_2(1 + S/N)$ b/s

奈奎斯特定理

- 在理想无噪声信道条件下，最大数据率 $= 2B \log_2 V$
- B 为信道带宽， V 为状态数
- 信道带宽为 B ，信号最高频率为 B ，符号率为 $2B$

基带传输

非归零码 NRZ (Non-Return-Zero):

- 0 表示为信号的高电平，1 表示为信号的低电平
- 时钟恢复：根据跳变恢复时钟，可能长时间无跳变，接收端难以与发送端同步
- 带宽为 B ，符号率为 $2B$ ，数据率为 $2B$

非归零反转码 NRZI (NRZ Inverted):

- 一种差分编码
- 信号跳变表示 1，无跳变表示 0
- 带宽为 B ，数据率为 $2B$

曼彻斯特编码:

- 发送 0 时，电平由高到低跳变
- 发送 1 时，电平由低到高跳变
- 每比特时间内肯定有一次跳变，接收方通过检测该跳变来保持与发送方的位同步
- 带宽效率：若带宽为 B ，则符号率为 B ，数据率为 B

差分曼彻斯特编码:

- 每位信号的起始处，有跳变时表示 0，没有跳变时表示 1
- 每比特时间仍然有一个跳变，用来同步

4B5B 编码:

- 4 比特数据用 5 比特码组编码，前部最多 1 个 0，尾部最多 2 个 0，连零不超过 3 个
- 编码效率 80%

QPSK

- 4 种状态数

QAM

- QAM-16: 16 种状态数

- QAM-64: 64 种状态数

信道复用技术

信道复用：在一条传输线路上传输多路信号的技术

频分复用 FDM (Frequency Division Multiplexing):

- 信号占用不同频段同时传输
- 广播系统、电话系统、电视系统

时分复用 TDM (Time Division Multiplexing):

- 信号占用同样的频段在不同时隙上传输

码分复用 CDM (Code Division Multiplexing):

- 信号采用不同的码子同时同频传输

信道单双工

单工信道：只提供在一个方向上传输的信道

双工信道：提供在两个方向上同时传输的信道

- 时分双工 TDD (Time Division Duplex)
- 频分双工 FDD (Frequency Division Duplex)

TDM 复用—T1标准

- 每帧长193b，持续时间 $125\mu s$ ，24 个信道，总数据 $1.533Mbps$
- 每个信道含 8 位数据，数据率 $56kbps$
- 193b 中，有效数据为 7×24
- 信道利用率为 87%

数据传输网

两类速率等级信号

- PDH
- SDH

SONET 基本帧

- 每 $125\mu s$ 传输 810 字节

公用电话交换网 PSTN (Public Switched Telephone Network)

ADSL

有线电视网

- 若要在通带为 $2\text{MHz} \sim 2.1544\text{MHz}$ 的线路上，支持 T1 速率 (1.544Mbps) 的数据传输。问：
 - a) 信道的信噪比必须达到多少？（提示：香依定理）
 - b) 分析 T1 线路的信道利用率
（提示：信道利用率 = 信源数据速率 / 总数据速率）
- 参考答案 a) 30dB。 b) 87%

$$1. 1.544\text{Mbps} = B \log_2(1 + S/N) = 0.1544\text{MHz} \log_2(1 + S/N)$$

$$S/N = 1023, 10 \log_{10}(S/N) = 30\text{dB}$$

$$2. \frac{7 \times 24}{193} = 87\%$$

- 在无噪声情况下，若信道带宽为3KHz，采用QAM-16调制，计算该通信链路的最大数据速率。(参考答案24Kbps)

奈奎斯特定理： $2B \log_2 V = 24$