



西北工业大学
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY



网络技术基础

高智刚

M.P. & WeChat: 13572460159

E-mail: gaozhigang@nwpu.edu.cn



西北工业大学
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY



第二章：物理层

- **物理层**：为数据链路层提供比特流传输服务。需要保证当一方发送1的时候，对方收到的也必须是1而不是0
- **物理层需要解决的问题**：
 - 使用多少伏的电压表示1，多少伏表示0；每一位持续多少纳秒
 - 传输过程是否在两个方向同时进行
- 在本章中，将重点讲物理层的**基本概念和通用技术**
- 针对不同的网络如不同数据传输速率的以太网、无线局域网等，物理层的层次结构划分和功能不同，将在第四章具体讲

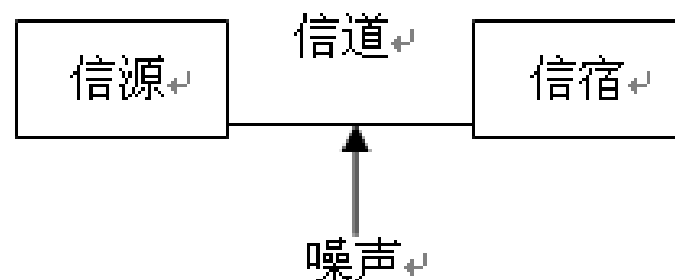
- 数据通信的基础理论
- 传输介质（传输媒体）
- 数据传输技术
- 信道复用技术

2.1 数据通信的基础理论



• 通信系统模型

- **信源**：产生和发送信息的一端
- **信宿**：接收信息的一端
- **信道**：信源和信宿间需要通过通信线路才能互通信息，通信线路通常就被称作信道。信道物理性质的不同对通信的速率和传输质量的影响也不相同
- **噪声**：信息在传输过程中可能会受到外界的干扰，这种干扰被称为噪声



(如果信道上传输的电信号，就会受到电磁场的干扰)

2.1 数据通信的基础理论



• 数据发送方式

- 信息可通过两种方式被发送：模拟信号和数字信号，均使用电压产生相应的信号
- **模拟信号**：使用可变电压产生连续波，因此导致数据发送的不精确。模拟信号的**优点**是它能对细节进行表示，但是噪声、或来自其他源的干扰，会严重地影响模拟信号，比数字信号更易于出错，因此**模拟信号对于数据发送并不是最佳选择**

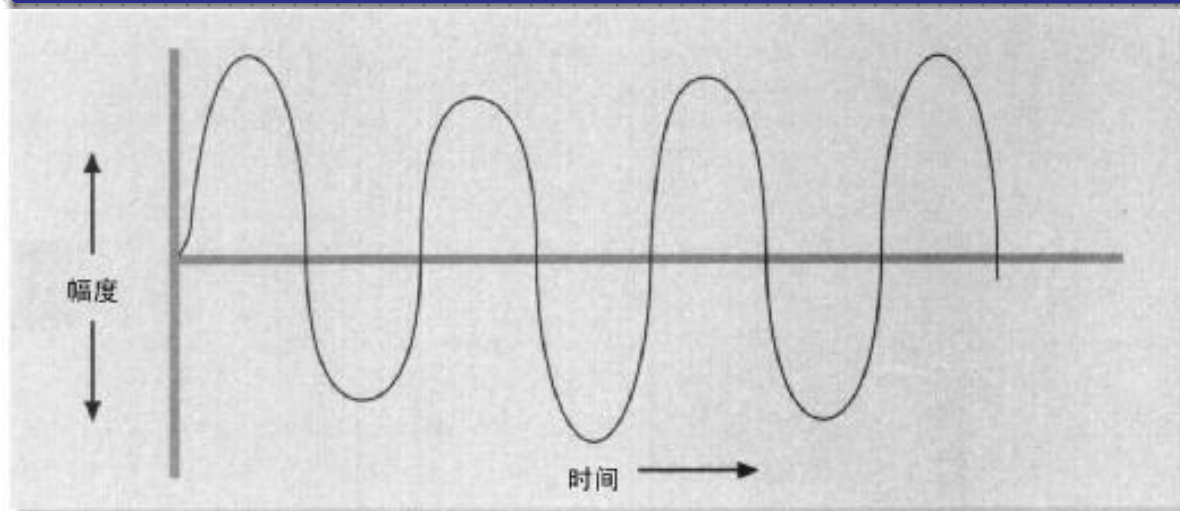
2.1 数据通信的基础理论



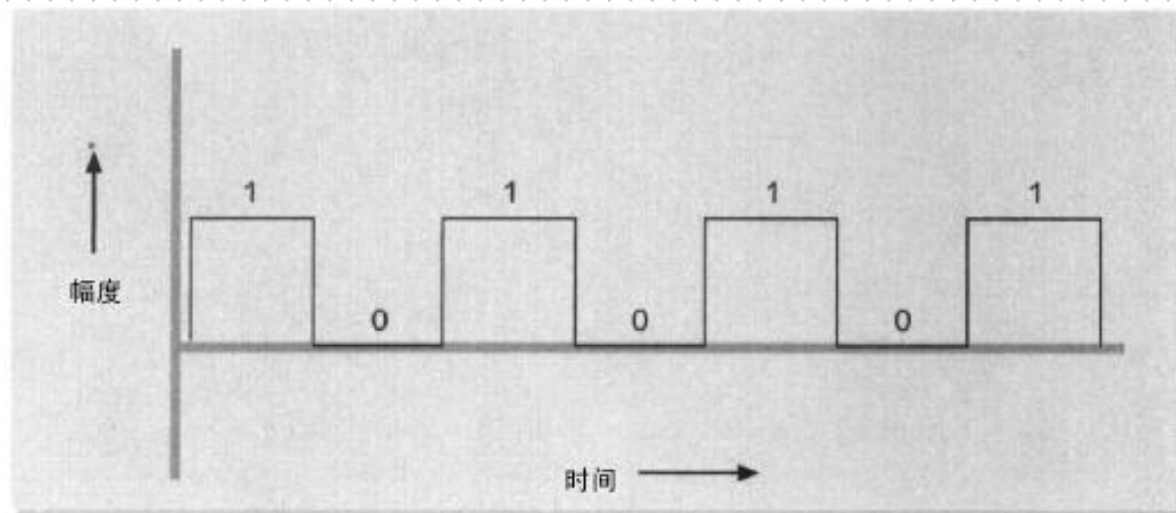
• 数据发送方式

- 信息可通过两种方式被发送：模拟信号和数字信号，均使用电压产生相应的信号
- **数字信号**：由脉冲值为1或0的精确电压组成，如在任何二进制系统中用1和0组合来对信息进行编码一样，在数字信号中每个脉冲被称为一个二进制数或位。一个位只能有两种可能值：1或0。连续8位组成1个字节，1个字节携带一个信息片。相对于模拟信号，**数字信号传输数据时更可靠些**

2.1 数据通信的基础理论



模拟信号的一个例子

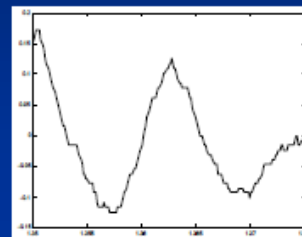


数字信号的一个例子

2.1 数据通信的基础理论

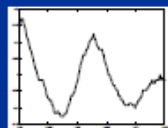


模拟技术



$v(t)$

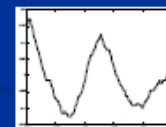
数字技术



010001010

ADC

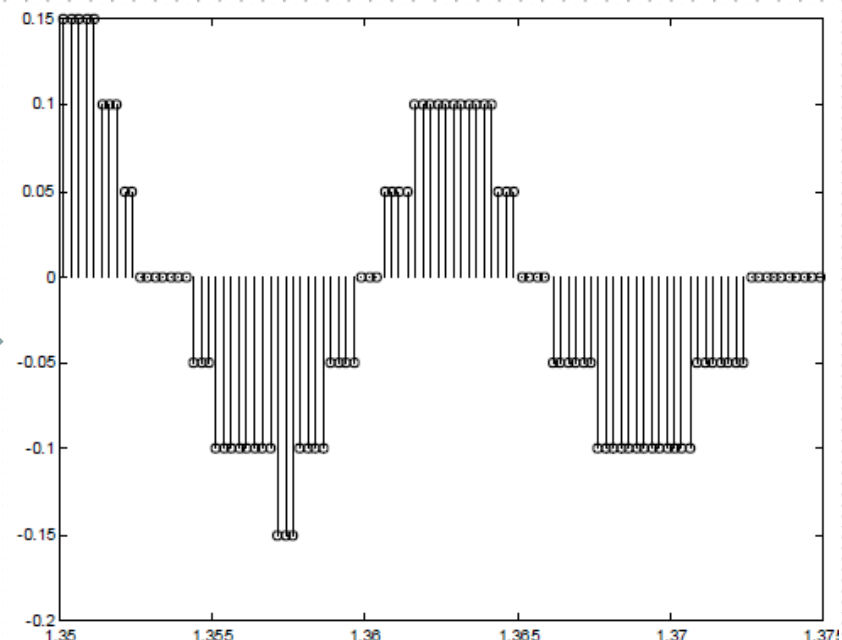
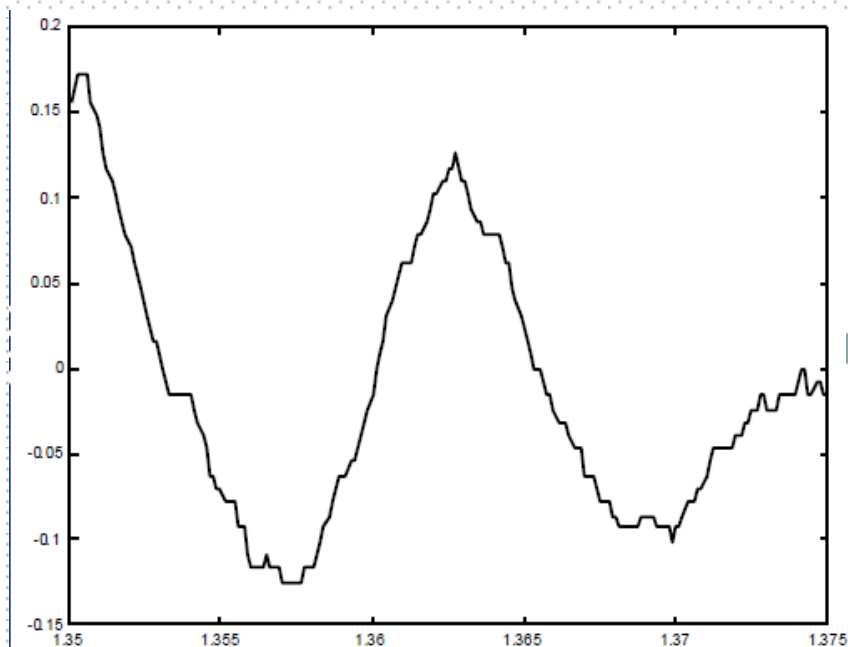
DAC



2.1 数据通信的基础理论



• 模拟信号数字化转化

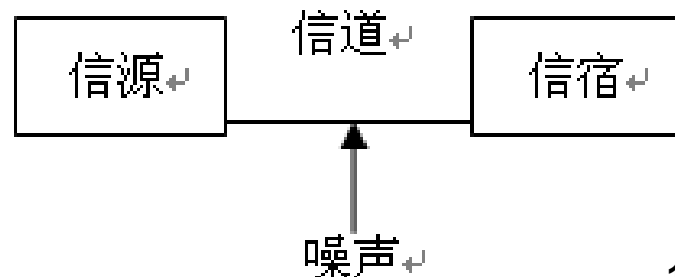


2.1 数据通信的基础理论



• 数据通信

- 数据通信：信源发出数字数据，无论是模拟信号传输还是数字信号传输，统称为数据通信
- 数据通信专指信源和信宿中数据的形式是数字的，在信道中传输时则可以根据需要采用模拟传输方式或数字传输方式

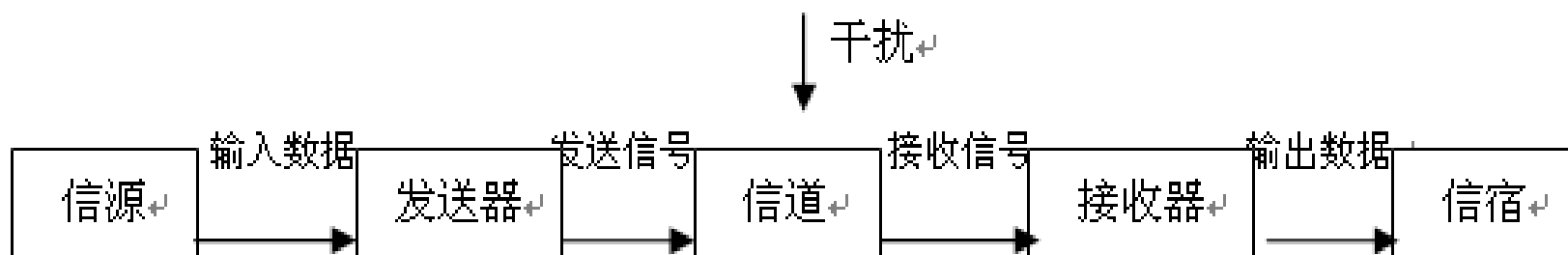


2.1 数据通信的基础理论



• 数据通信模型

典型的发送器和接收器有调制解调器、网卡等

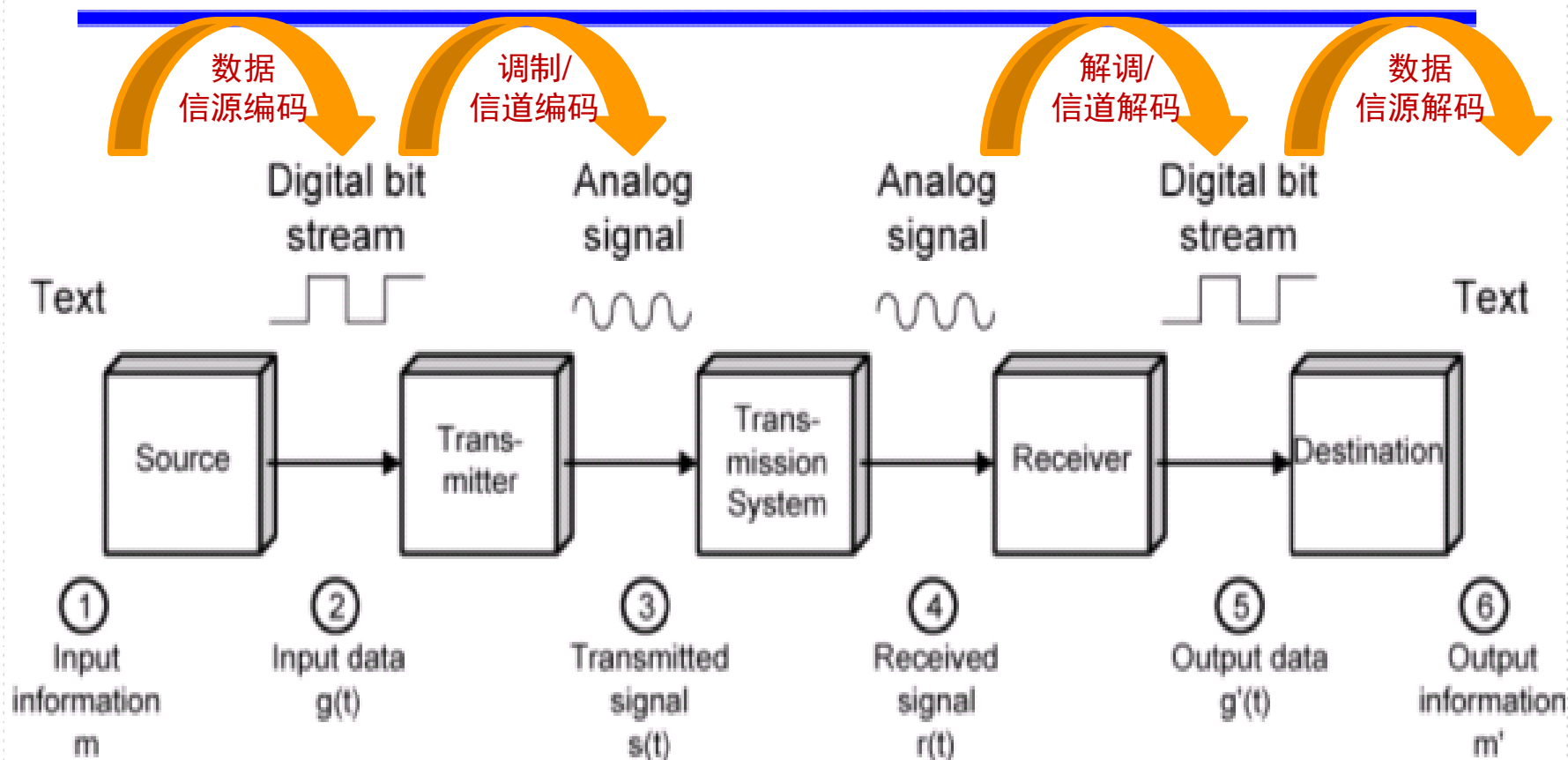


- **发送器**：负责将信源产生的输入数据转换成某种形式的传输信号，并发送到信道上
(数字→模拟=**调制**、数字→数字=**编码**)
- **接收器**：从信道上接收信号，逆向转换为数据交给信宿
(模拟→数字=**解调**、数字→数字=**解码**)

2.1 数据通信的基础理论



Simplified Data Communications Model



2.1 数据通信的基础理论



- 通信操作模式

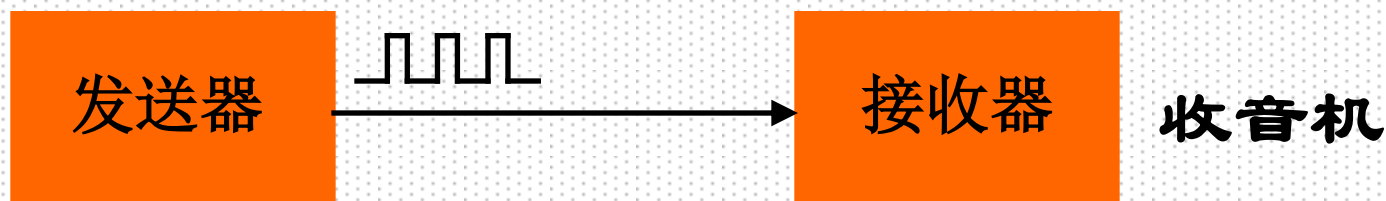
- 根据信号传输方向与时间特性，数据通信可以分为下列三种通信操作模式：

- 单工(Simplex)
 - 半双工(Half-duplex)
 - 全双工(Full-duplex)

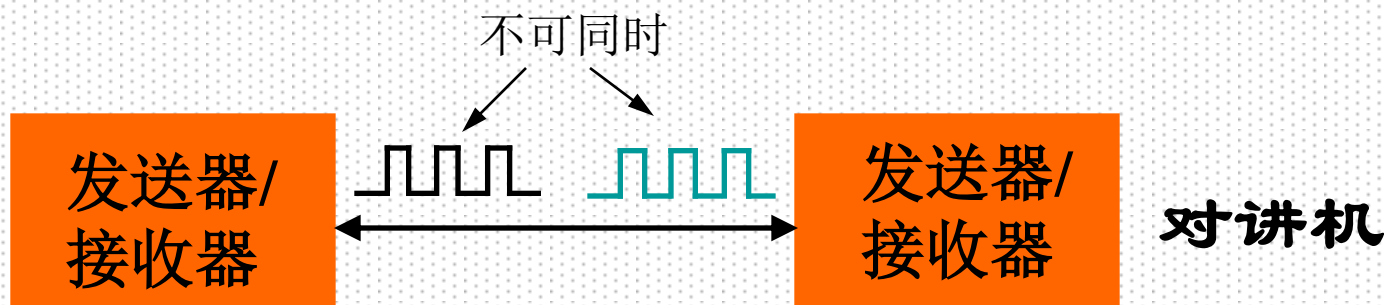
2.1 数据通信的基础理论



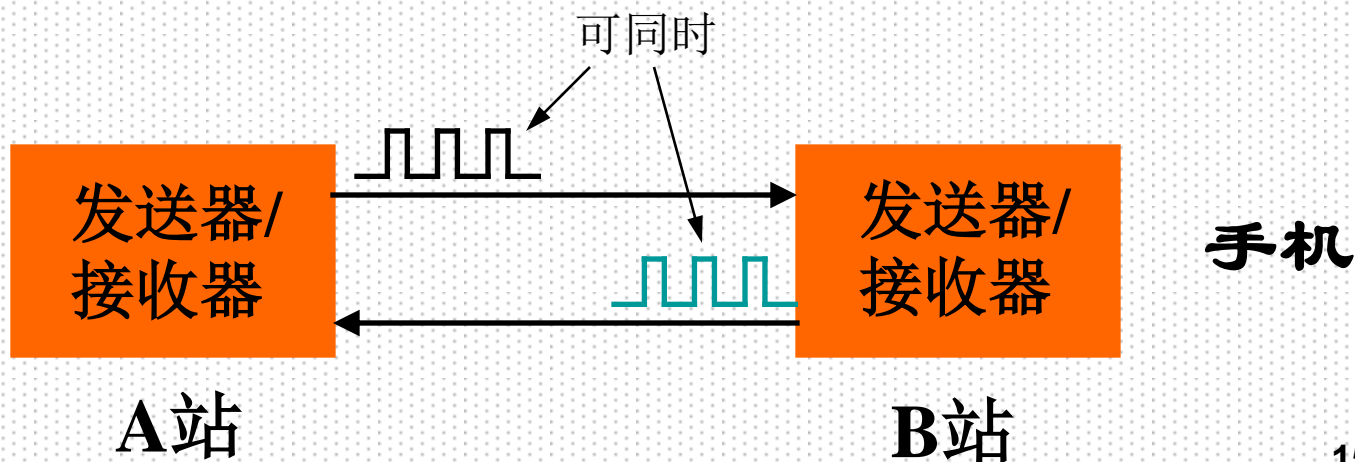
单工方式：



半双工方式：



全双工方式：



2.1 数据通信的基础理论



- 单工操作模式（单向通信）

- 在单工操作模式中，发送器和接收器之间只有一个单向的传输信道，数据传输是单向的，只能从发送器传送到接收器
- 例如，收音机、电视机、计算机输出设备(打印机或显示器)等设备采用单工操作方式

2.1 数据通信的基础理论



• 半双工操作模式（双向分时通信）

- 传输信道是双向的，且每个设备同时具有发送器和接收器功能，它们之间可分时轮流进行双向数据传输，但在某一时刻只能沿一个方向传输数据
- 半双工操作模式一般用于通信设备或传输信道没有足够的带宽去支持同时双向通信的场合，或者通信双方的通信顺序需要交替进行的场合
- 例如，对讲机等设备采用半双工操作方式

2.1 数据通信的基础理论



- 全双工操作模式（双向同时通信）

- 在全双工操作模式中，传输信道是双向的，且每个通信设备同时具有发送器和接收器功能，它们之间可以同时进行双向数据传输。这种通信操作模式的优点是吞吐量大，但要求传输信道应提供足够的带宽支持
- 例如，电话等采用全双工操作方式

2.2 传输介质



- 传输介质是在数据传输系统中位于发送设备和接收设备之间的物理通路
- 数据传输的特征和质量是由介质的特征和信号的特征两个方面决定的
- 在现实的世界中，有多种物理介质可用于实际的传输，每一种物理介质在带宽、延迟、成本和安装维护难度上都不相同

2.2 传输介质



- 有线传输介质
 - 双绞线
 - 同轴电缆
 - 光导纤维
- 无线传输介质

2.2 传输介质



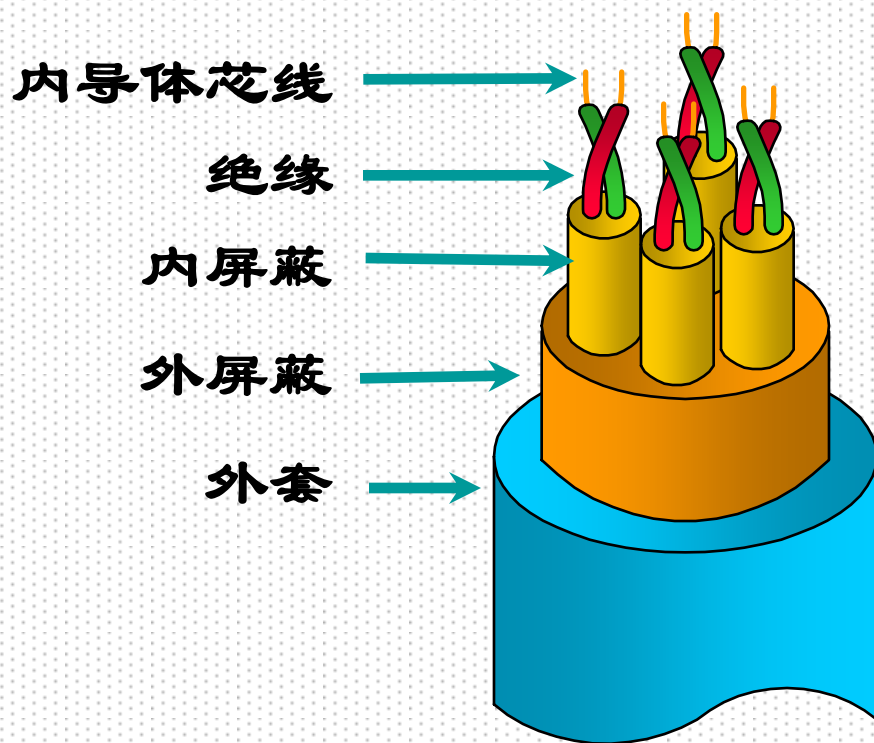
• 有线传输介质-双绞线

- 双绞线 (Twisted Pair Line) : 目前最常见的传输介质。
由两条互相绝缘的铜线组成, 这两条线像螺纹一样拧在一起, 这样可以减少邻近线路的电气干扰
- 双绞线比较适合于短距离的信号传输, 既可用于传输模拟信号, 也可用于传输数字信号, 信号传输速率取决于双绞线的芯线材料、传输距离、驱动器与接收器能力等诸多因素
- 双绞线早期的应用是电话系统

2.2 传输介质



• 有线传输介质-双绞线



- 螺旋绞合的双导线
- 每根4对、25对、1800对
- 典型连接距离100m (LAN)
- RJ45插座、插头
- 优缺点:

成本低
组装密度高、节省空间
安装容易 (综合布线系统)
平衡传输 (高速率)
抗干扰性一般
连接距离短

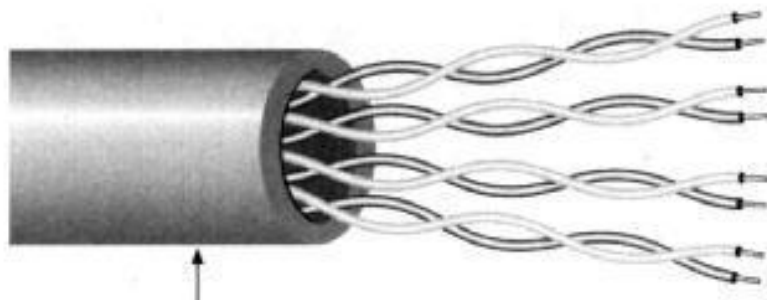
2.2 传输介质



• 有线传输介质-双绞线

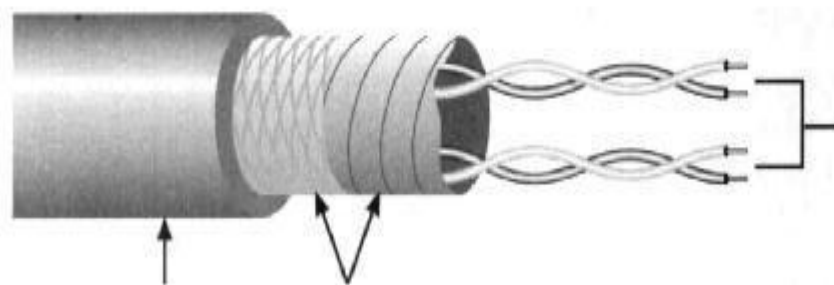
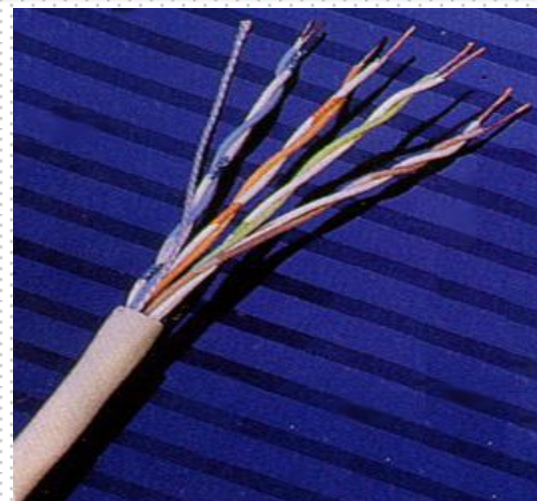
- 双绞线可以分为两种：非屏蔽和屏蔽
- **非屏蔽双绞线(Unshielded Twisted Pair)** 电缆由多对双绞线和一个塑料外皮构成。非屏蔽双绞线易受外部干扰，包括来自环境噪音与附近的双绞线；但因其价格低廉且易于安装和使用，所以应用非常广泛
- **屏蔽双绞线 (Shielded Twisted Pair)** 电缆的内部与非屏蔽双绞线电缆一样是双绞铜线，外层由铝箔包裹。屏蔽双绞线在抗干扰方面优于UTP，但相对而言更贵

2.2 传输介质



封套/外壳

UTP电缆

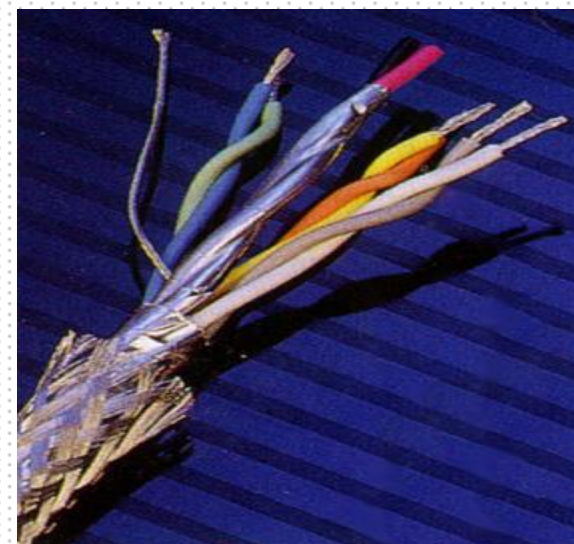


封套/外壳

箔屏蔽层

两个双绞线时

STP电缆



2.2 传输介质



- 有线传输介质-双绞线

- 各类UTP的关键差别在于单位距离上的螺旋的数目。5类旋得较紧，一般为每英寸3-4转，而3类则一般是每英尺3-4转
- 旋得越紧，价格越贵，但性能也好得多



(a) Category 3 UTP

(b) Category 5 UTP

- 有线传输介质-双绞线

- 根据传输带宽和电气特性，双绞线被分为若干等级。对于计算机网络来说，3类和5类双绞线非常重要

- 3类：UTP电缆及其端接设备的传输带宽可达16MHZ
 - 5类：UTP电缆及其端接设备的传输带宽可100MHZ

2.2 传输介质



• 有线传输介质-双绞线

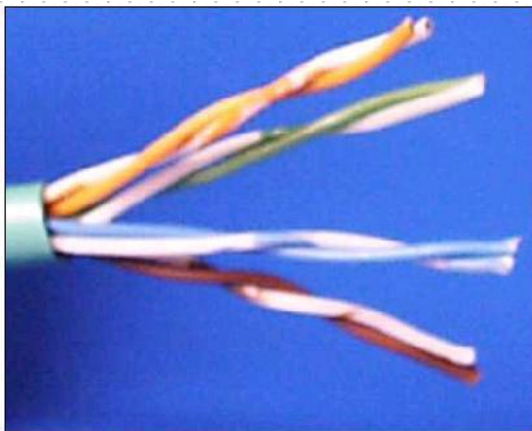
双绞线的特点:

- 双绞线电缆是目前局域网中最通用的电缆形式，它相对便宜，灵活并且易于安装
- 双绞线电缆提供较高的网络传输速度
- 双绞线电缆有一个缺点，那就是由于其灵活性，它比同轴电缆更易遭受物理损害

2.2 传输介质



- 有线传输介质-双绞线



双绞线



RJ-45

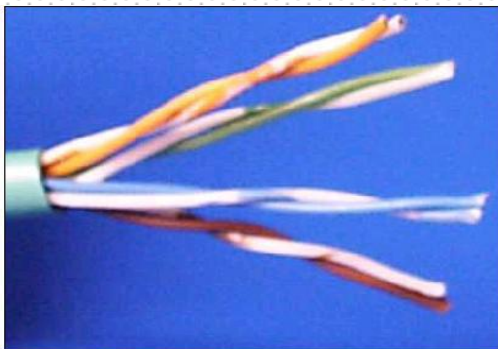
8根线，其中4根用于输入/输出数据，其他四根保留

- 双绞线连接分为两种，一种是机对机，一种是机对集线器，水晶头的做法也有两种，一种为568A，一种为568B，**同等设备**的水晶头由568A+568B两个水晶头组成。**不同设备**由两个568A或两个568B的水晶头组成

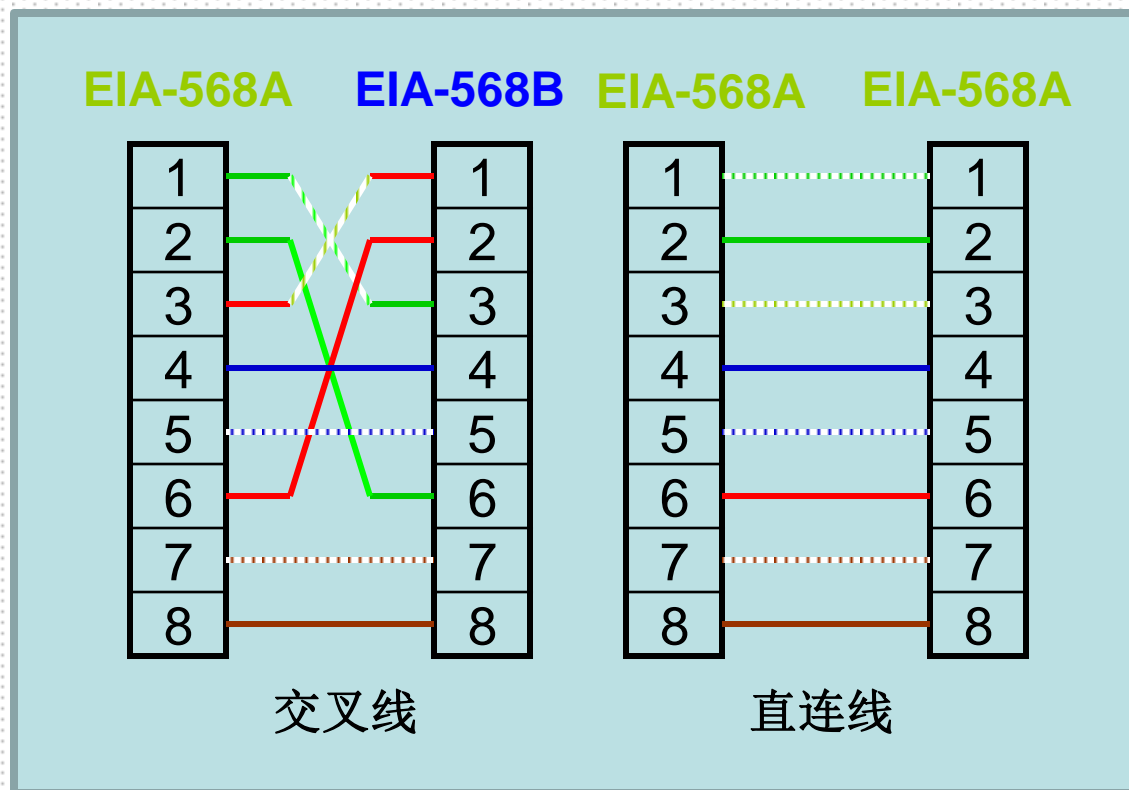
2.2 传输介质



• 有线传输介质-双绞线



线对	色彩码
1	白蓝, 蓝
2	白橙, 橙
3	白绿, 绿
4	白棕, 棕



交叉线：交换机-交换机、PC-PC、HUB-HUB (标准端口)

直连线：PC/路由器-交换机/HUB、HUB-HUB (级连端口)

2.2 传输介质



- 有线传输介质-同轴电缆

- 同轴电缆 (coaxial cable) : 在20世纪80年代, 它是Ethernet网络的基础, 曾经是多年流行的传输介质。然而, 随着时间的推移, 大部分现代局域网中, 双绞线电缆逐渐取代了同轴电缆
- 同轴电缆包括: 绝缘体包围的一根中央铜线、一个网状金属屏蔽层以及一个塑料封套

2.2 传输介质



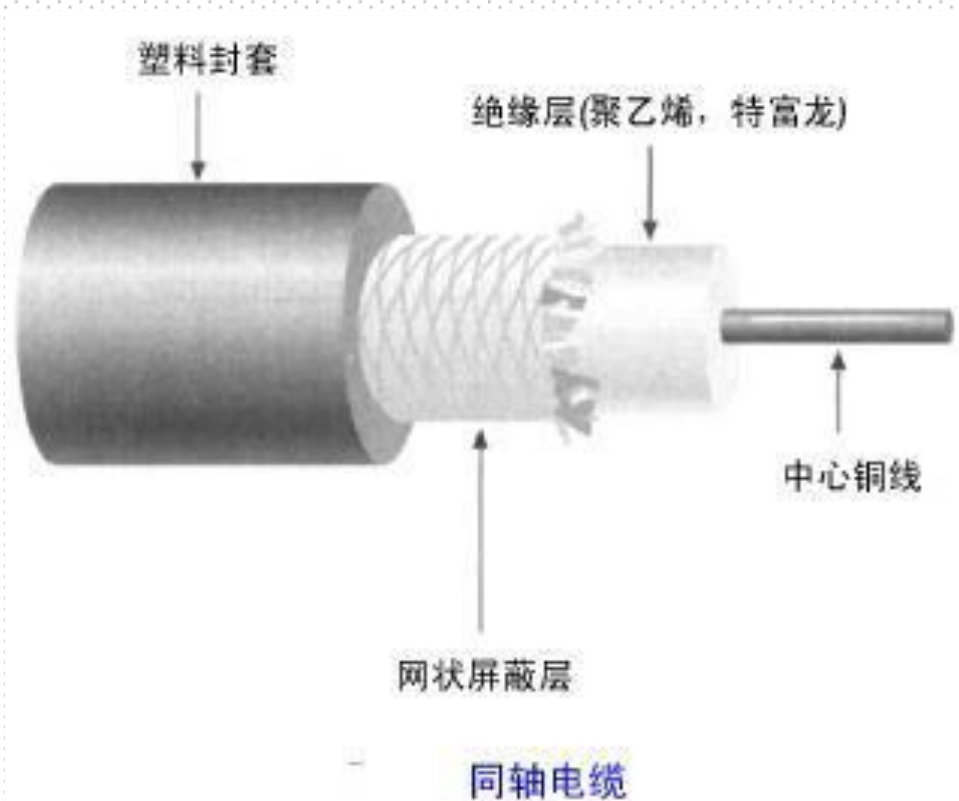
• 有线传输介质-同轴电缆

- 与双绞线相比，同轴电缆具有更好的屏蔽性，所以可在很高速率上传输很长距离。过去同轴电缆在电话系统中广泛用于长途线路，但目前已被光纤所取代，然而，同轴电缆仍广泛应用于有线电视系统中
- 目前，有两种同轴电缆广泛使用，一种是 50Ω 电缆，用于数字传输；例如：如10 Mb/s Ethernet采用的就是 50Ω 同轴电缆
- 另一种是 75Ω 电缆，用于模拟传输；如有线电视系统

2.2 传输介质



• 有线传输介质-同轴电缆

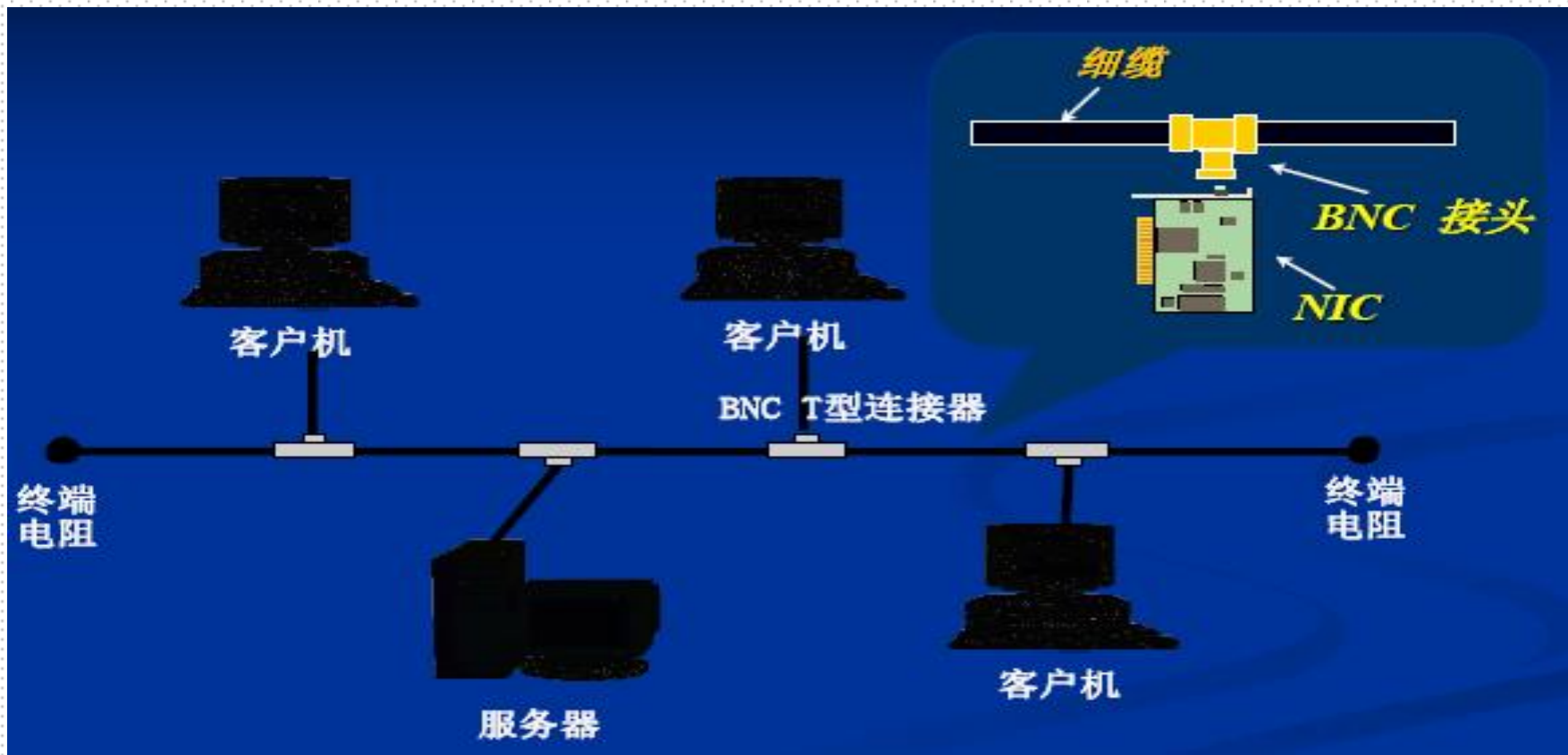


细同轴电缆



粗同轴电缆

2.2 传输介质



BNC：刺刀螺母连接器，细同轴电缆连接器

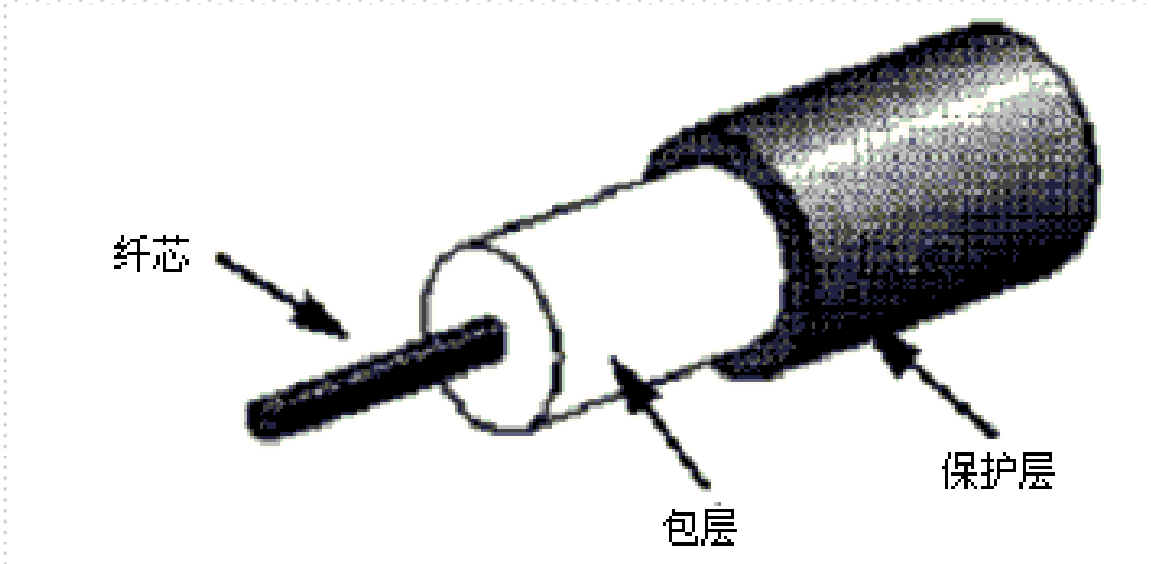
BNC-T型头：用于连接网卡和电缆的连接器

2.2 传输介质



- 有线传输介质-光导纤维（光纤）

- 光导纤维简称为光缆。在它的中心部分包括了一根或多根玻璃纤维，通过从激光器或发光二极管发出的光波穿过中心纤维来进行数据传输



2.2 传输介质



- 有线传输介质-光导纤维（光纤）
 - 光导纤维的工作原理：当一束光线从一种介质到达另外一种介质时，光线会发生折射现象。折射的角度取决于两种介质的折射率。当入射角度超过一个特定的临界值，则光线会被全反射，而不会再进入另外一种介质

2.2 传输介质



- 有线传输介质-光导纤维（光纤）

- 光传输系统由三部分组成：

- 光发送器：光发送器利用电信号对光源进行光强控制，从而将电信号转换为光信号
 - 光纤介质：光信号经过光纤介质传输到接收端
 - 光接收器：通过光电二极管把光信号还原成电信号

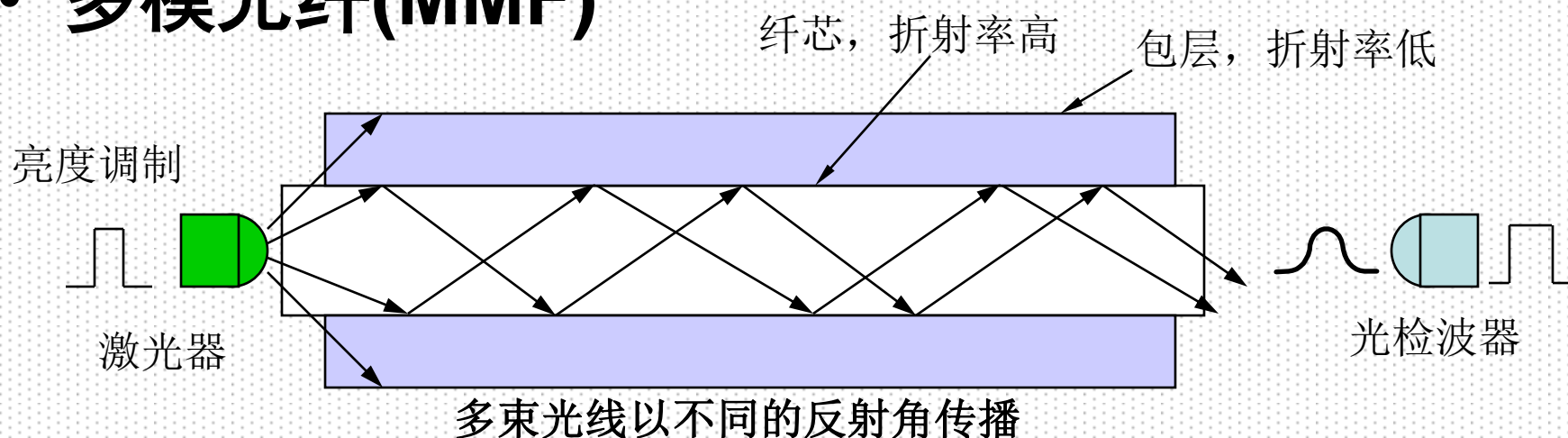
• 有线传输介质-光导纤维（光纤）

- 由于任何入射角大于临界值的光束都会在内部反射，所以许多不同的光束可以在不同的反射角传播。也可以说，每一束光都有不同的模式（mode），所以一根具有这种特性的光纤叫做**多模光纤（multimode fiber）**。由于多模光纤中有多个传输路径，每个路径的长度不同，通过光纤的时间也不同
- 如果光纤直径减小到光波的波长量级时，光线几乎没有空间进行来回反射，只能按照轴线传播，这样的光纤称为**单模光纤（single-mode fiber）**

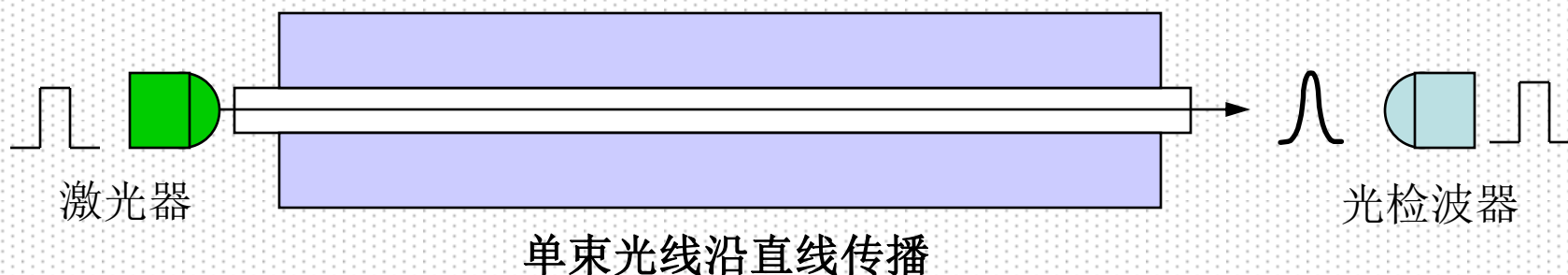
2.2 传输介质



- 多模光纤(MMF)



- 单模光纤(SMF): 光纤的直径接近一个光波波长



2.2 传输介质

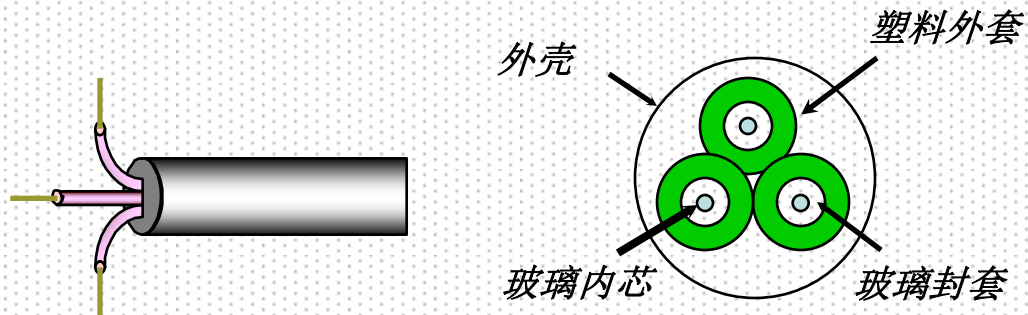


• 有线传输介质-光导纤维（光纤）

单芯光缆



多芯光缆



2.2 传输介质



- 有线传输介质-光导纤维（光纤）



FC/PC型光尾纤接头外形图



SC/PC型光尾纤接头外形图



ST/PC型光尾纤接头外形图



FC/PC-SC/PC型光纤接头外形图

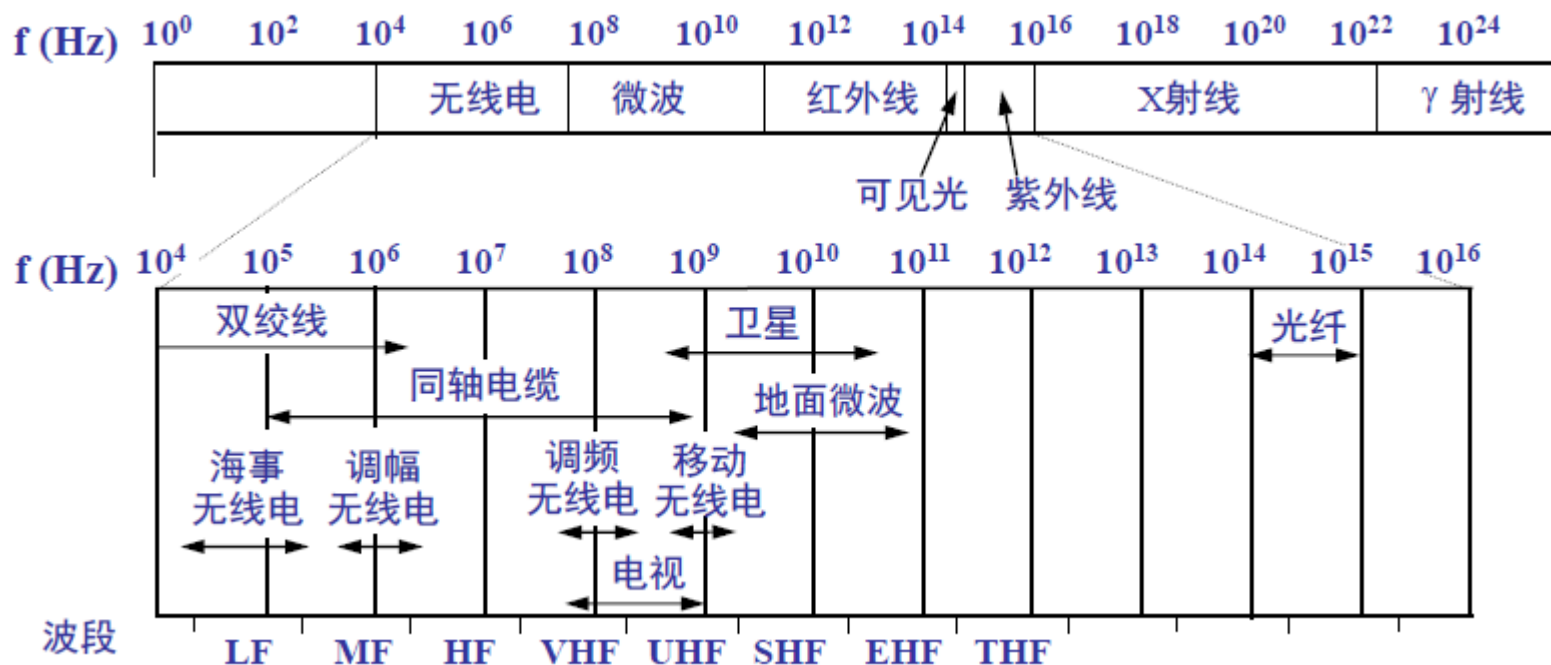
2.2 传输介质



• 无线传输

— 电磁波的频谱及应用

$$C=\lambda \cdot f$$

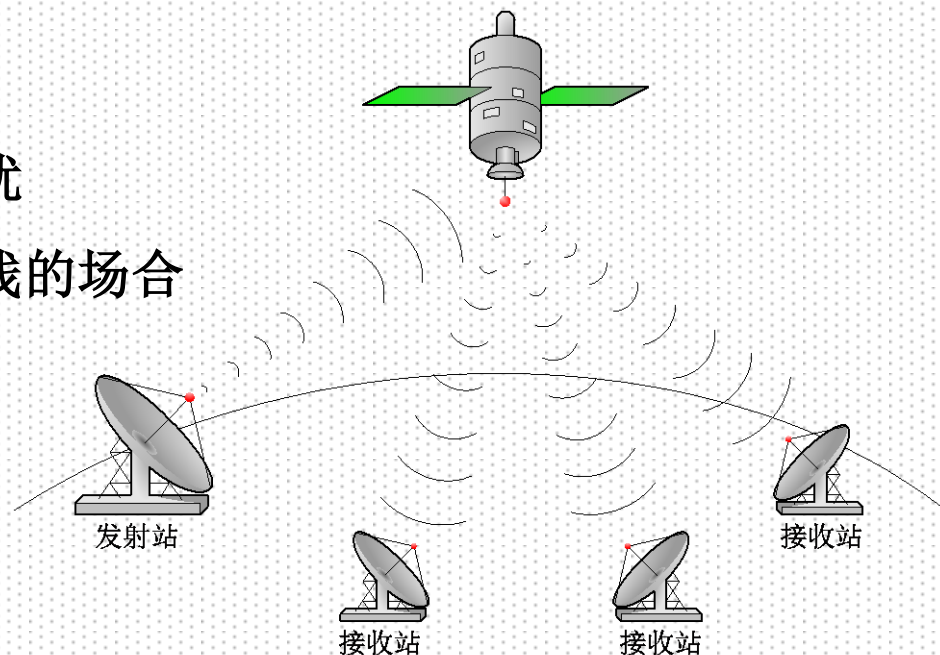


2.2 传输介质



• 无线传输

- 信号在大气或外层空间自由传播
- 使用电磁波或光波携带信息
- 优缺点：
 - 无需物理连接，易受干扰
 - 适用于长距离或不便布线的场合
 - 反射，为障碍物所阻隔
- 主要类型：
 - 无线电、地面微波
 - 通信卫星、红外线

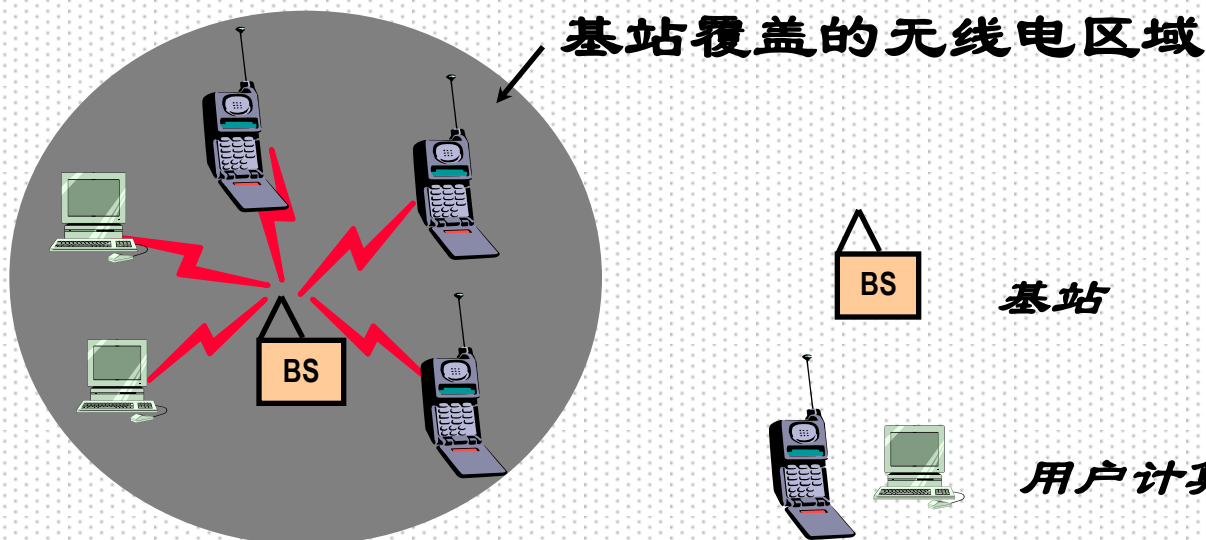


2.2 传输介质



• 无线传输-无线电

- 基站与终端之间通信采用无线链路
- 应用领域：移动通信、无线局域网（WLAN）

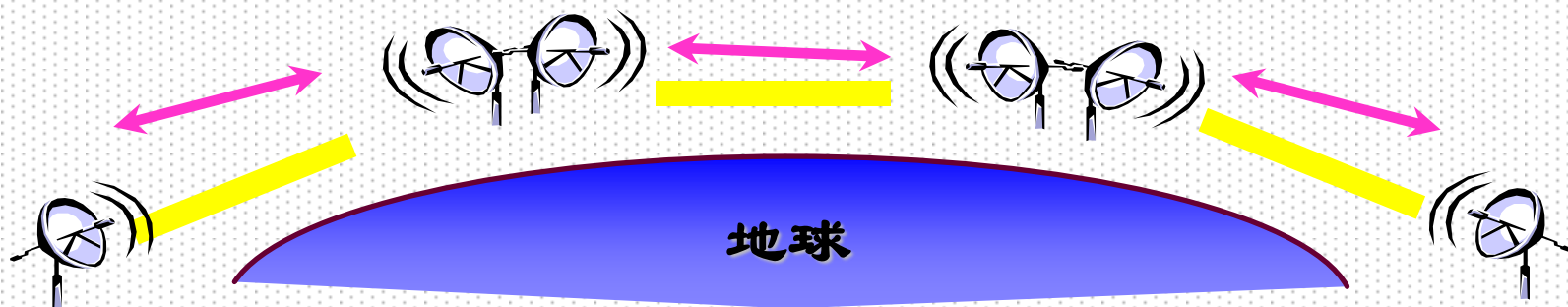


2.2 传输介质



- 无线传输-地面微波

- 通过地面站之间接力传送
- 接力站之间距离：50 -100 km
- 速率：每信道 45 Mb/s



地面站之间的直视线路



微波传送塔

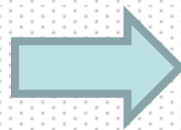
2.2 传输介质



- 微波辐射的危害性



65分钟，鸡蛋完全熟透

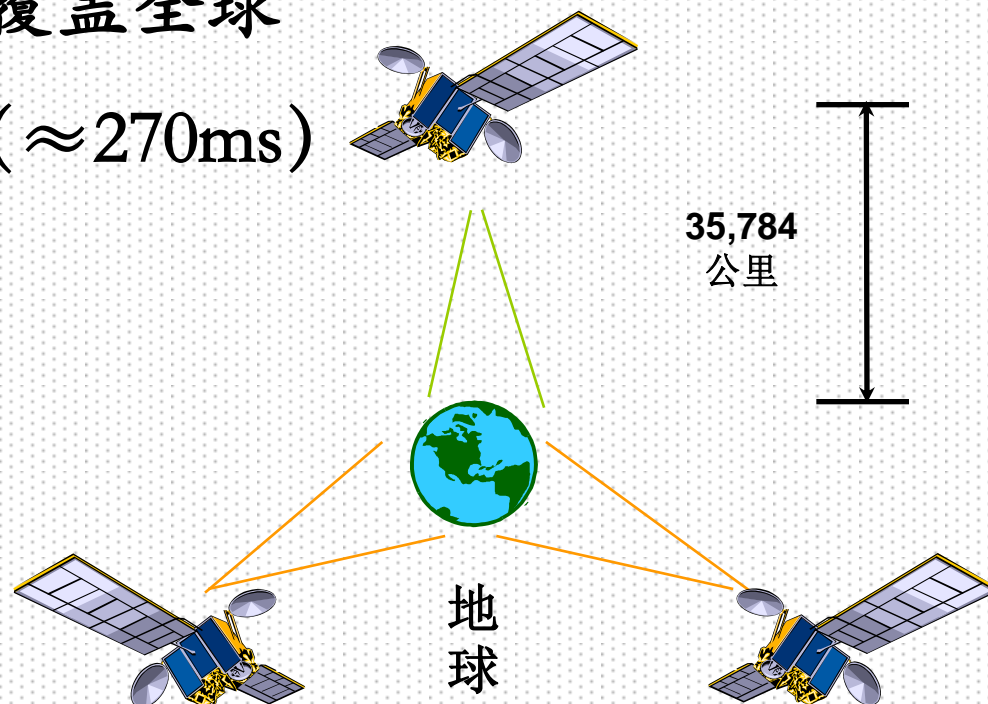


2.2 传输介质



• 无线传输-地球同步卫星

- 与地面站相对固定位置
- 使用3颗卫星即可覆盖全球
- 传输延迟时间长 ($\approx 270\text{ms}$)
- 广播式传输
- 应用领域:
 - 电视传输、长途电话
 - 专用网络、广域网



2.2 传输介质



• 常用传输介质比较

传输介质	传输方式	速率/ 工作频带	传输距离	性能	价格	应用
双绞线	宽带 基带	$\leq 1\text{Gb/s}$	模拟: 10km 数字: 500m	较好	低	模拟/数字 信号传输
50 Ω 同轴电缆	基带	10Mb/s	<3km	较好	较低	基带数字信号
75 Ω 同轴电缆	宽带	$\leq 450\text{MHz}$	100km	较好	较低	模拟电视、 数据及音频
光纤	基带	40Gb/s	20km以上	很好	较高	远距离高速 数据传输
微波	宽带	4-6GHz	几百km	好	中等	远程通信
卫星	宽带	1-10GHz	18000km	很好	高	远程通信

2.2 传输介质



- 如何选择正确的传输介质

- 高电磁辐射区域：如果环境内拥有许多电能源，尽可能使用抗噪性最好的介质。STP和光缆在目前是抗噪性较好的介质
- 拐角和狭窄空间：如果环境要求电缆在拐角处弯曲或穿过狭窄空间，尽可能使用最灵活的传输介质，STP和UTP 两者都是非常灵活的

2.2 传输介质



- 如何选择正确的传输介质

- **距离**：如果环境要求远距离传输，应考虑光缆或无线介质，你也能使用双绞线或同轴电缆，但它们更易受衰减和干扰的影响，需要中继器进行信号增强
- **安全性**：如果某个机构比较在意电线被窃听，它应选择具有最高安全性的传输介质。光缆对这种环境是很好的选择

2.2 传输介质



- 如何选择正确的传输介质

- **既存体系结构**：如果对一个已有的电缆设备增加电缆，应考虑如何与既存电缆设备相适应，以及两者间所需的连接性硬件
- **发展**：搞清楚准备如何扩展网络以及在设计布线时是如何考虑将来的应用、通信业务和地理扩展这些问题的。在这种情况下，你所选择的介质应该能适应相应需求

2.3 数据传输技术



- 数据传输技术主要关心如何通过传输介质以电磁信号形式有效的传输数据
- 数据和表示数据的信号既可以采取模拟形式也可以是数字形式。通常，数据都不是可以在网络上传输的形式，必须通过将数据转换成为传输介质可以接受的形式，因此在传输之前，数据必须转换成为电磁信号

2.3 数据传输技术



- 数据传输需解决的问题
- 数据传输系统
 - 模拟传输系统
 - 数字传输系统
- 数据传输技术
 - 频带传输技术
 - 基带传输技术

2.3 数据传输技术



• 数据传输需解决的问题

- 信息以何种方式在介质上进行传输 → 数据传输系统(模拟传输系统, 数字传输系统)
- 信息如何表示 → 数据编码技术
- 如何能够充分的利用带宽 → 多路复用技术
- 介质上信息传输的方向和时间特性如何 → 通信操作模式
- 什么时候知道对方发来了数据 → 通信同步方式
- 传输出现错误怎么判断 → 差错处理技术

2.3 数据传输技术



• 数据传输系统

- 数据传输：利用信号把数据从发送端传送到接收端的过程。传输信道为数据信号从发送端传送到接收端提供了物理通路。由于模拟数据和数字数据都可用模拟信号和数字信号表示，因此也可使用两种信号形式进行传输
- 引入了噪声和干扰，使信号发生畸变，可能造成数据传输的差错
- 由于传输信道的传输介质特性不同，还会使数据传输速率受到一定的限制

2.3 数据传输技术



- 模拟传输系统

- 模拟传输是一种不考虑信号内容的信号传输方法。信号可以表示模拟数据或表示数字数据。模拟信号在传输过程中会产生衰减和畸变，还会受到噪声的干扰，需要使用放大器将信号放大，但混入的噪声也将被放大，这是模拟传输的缺点

2.3 数据传输技术



- 模拟传输系统

- 模拟数据传输典型应用：模拟电话传输系统
- 数字数据也可以利用模拟信道进行传输，典型例子：计算机利用电话交换网进行数据交换，计算机通过调制解调器（Modem）连接电话交换网

2.3 数据传输技术



- 数字传输系统

- 数字传输与信号的内容有关，直接传输二进制数据或经过二进制编码的数据，也可以传输数字化了的模拟信号。同样，长距离的传输也会使信号衰减和畸变，为了延长传输距离，数字传输系统通常使用中继器来克服衰减和畸变。中继器将接收数字信号，经过整形恢复后，再将信号发送出去

2.3 数据传输技术



- 数字传输系统

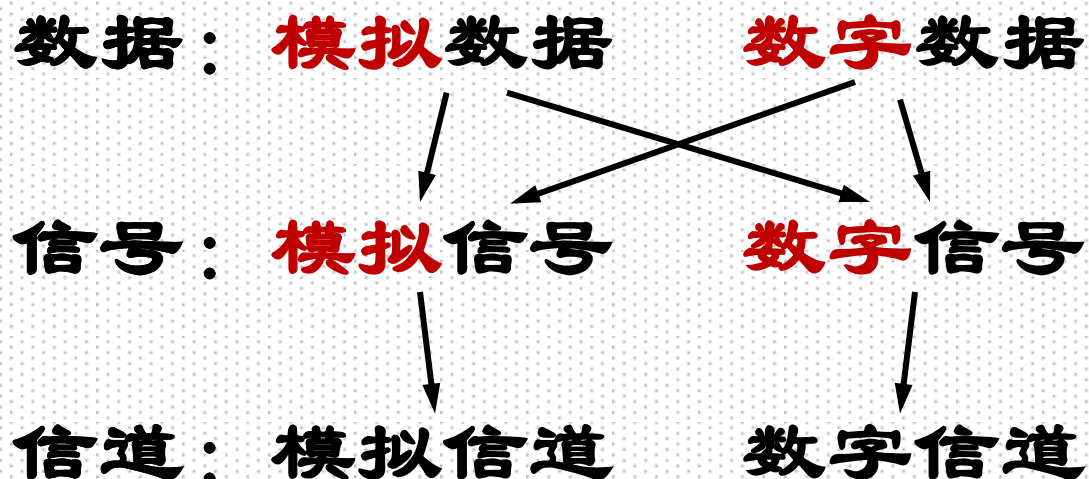
- 为了提高信号的抗干扰能力，并且便于接收端信号同步，数据必须经过适当的编码后才能传输。在数字传输系统中，每个端点必须通过**编码解码器(Codec)**实现数据编码。例如，在局域网中，任何一种网卡都包含有Codec部分

2.3 数据传输技术



- 数据传输技术

- 不同类型的信号在不同类型的信道上传输有4种情况：

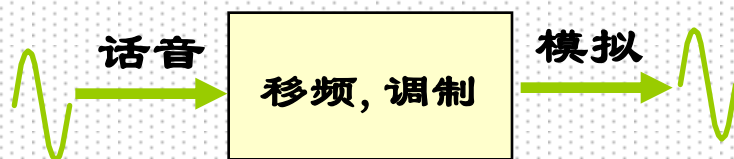


2.3 数据传输技术



• 数据传输技术

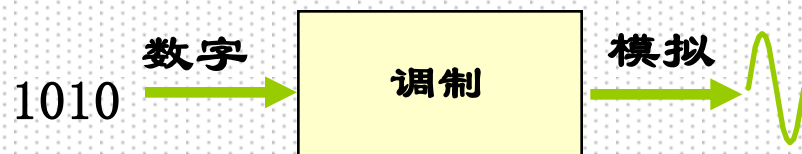
模拟数据，模拟信号



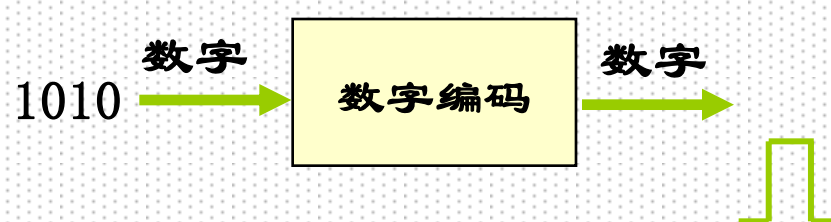
模拟数据，数字信号



数字数据，模拟信号



数字数据，数字信号



2.3 数据传输技术



- 在数据传输系统中，主要采用三种数据编码技术：
 - 数字数据的模拟信号编码（频带传输技术）
 - 数字数据的数字信号编码（基带传输技术）
 - 模拟数据的数字信号编码

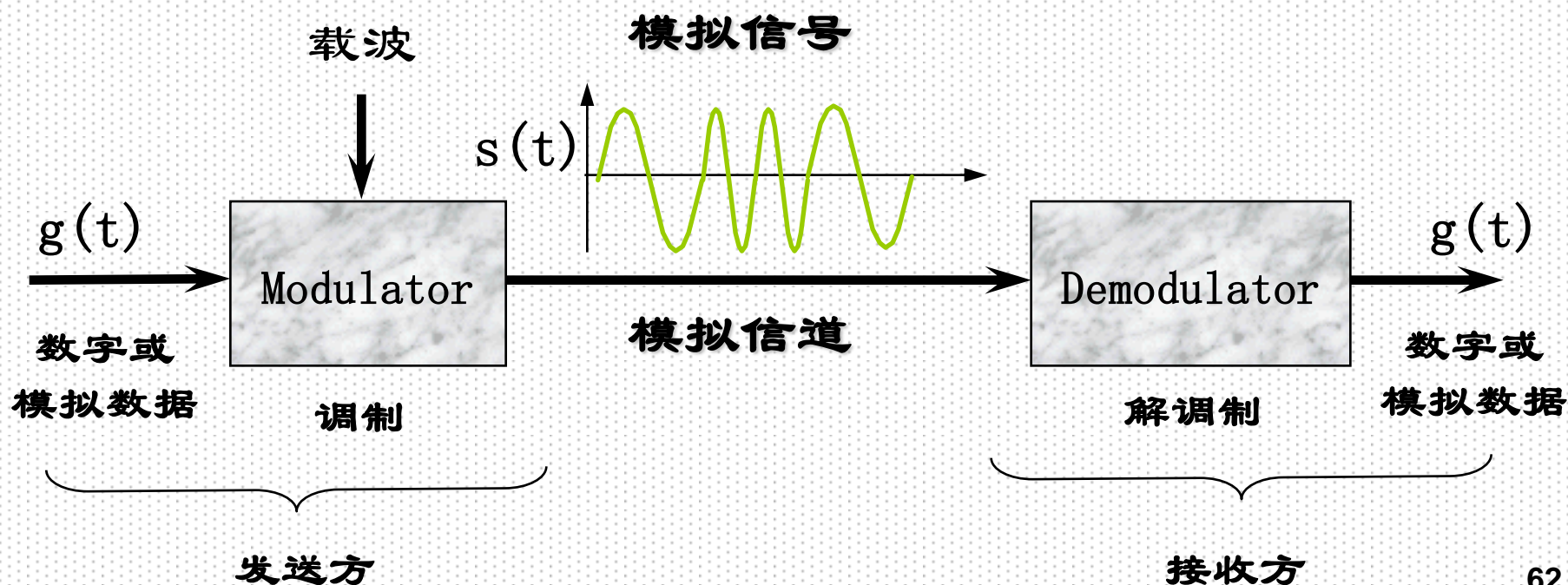
2.3 数据传输技术



- 数字数据的模拟信号编码（频带传输技术）

- 数字数据利用模拟信道的一段频带进行传输

- 调制和解调



2.3 数据传输技术



- 数字数据的模拟信号编码（频带传输技术）
 - 通常采用三种模拟信号的载波特性(振幅、频率和相位)之一来表示被调制的数字数据，并由此产生三种基本调制方式：
 - 幅移键控 (ASK, Amplitude Shift Keying)
 - 频移键控 (FSK, Frequency Shift Keying)
 - 相移键控 (PSK, Phase Shift Keying)

2.3 数据传输技术



- 幅移键控法(ASK)

- ASK (Amplitude Shift Keying)是使用载波频率的两个不同振幅来表示两个二进制值。在一般情况下，用振幅恒定载波的存在与否来表示两个二进制字
- ASK方式的编码效率较低，容易受增益变化的影响，抗干扰性较差。在音频电话线路上，一般只能达到1200bps的传输速率

2.3 数据传输技术



- 频移键控法(FSK)

- FSK (Frequency Shift Keying)是使用载波频率附近的两个不同频率来表示两个二进制值
- FSK比ASK的编码效率高，不易受干扰影响，抗干扰性较强。在音频电话线路上的传输速率可以大于1200bps

2.3 数据传输技术



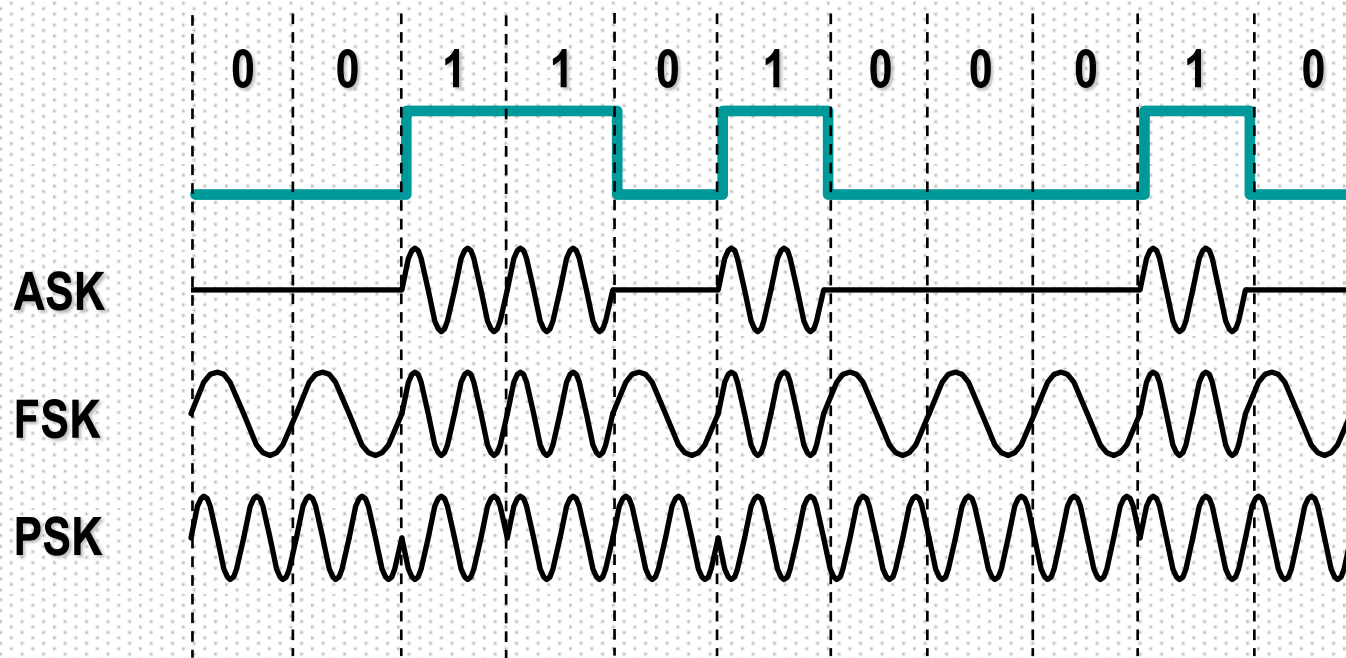
- 相移键控法(PSK)

- PSK (Phase Shift Keying)是使用载波信号的相位移动来表示二进制数据。在PSK方式中，信号相位与原信号序列同相位的信号表示“0”，信号相位与原信号序列反相位的信号表示“1”
- PSK方式具有很强的抗干扰能力，其编码效率比FSK还要高。在音频线路上，传输速率可达9600bps

2.3 数据传输技术



- 数字数据的模拟信号编码（频带传输技术）
 - 幅移键控(ASK)法：用载波的两个不同**振幅**表示0和1
 - 频移键控(FSK)法：载波的两个不同**频率**表示0和1
 - 相移键控(PSK)法：用载波的起始**相位**的变化表示0和1



2.3 数据传输技术



- 上述调制技术主要用于调制解调器 (Modem) 中。在实际的Modem中，一般将这些基本的调制技术组合起来使用，以增强编码效率
 - 单一参数多级调制 (MASK、MFSK、MPSK)：码元数增加
 - 复合多级调制 (APK)：同时对多个参数进行复合多级调制，也被称为正交幅度调制 (Quadrature Amplitude Modulation, QAM)

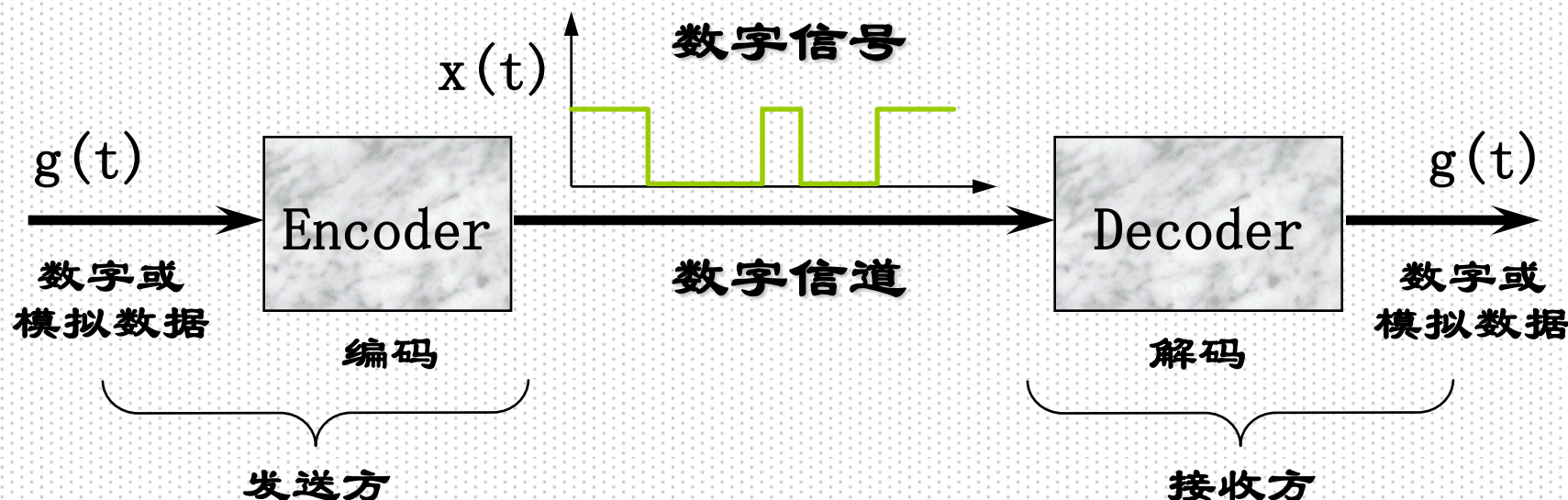
2.3 数据传输技术



- 数字数据的数字信号编码（基带传输技术）

- 数字数据使用数字传输信号进行传输

- 编码与解码



2.3 数据传输技术



- 数字数据的数字信号编码（基带传输技术）
 - 例如，当数据从计算机传输到打印机时，原始数据和传输数据都是数字的。在这种编码方式下，由计算机产生的0和1被转换成一串可以在导线上传输的电压脉冲
 - 对于传输数字信号来说，最简单的信号编码方法是用信号的两个不同电压值来表示两个二进制数据。例如，用无电压来表示“0”，用恒定的正电压表示“1”；也可用正电压表示“1”，而用负电压表示“0”
- 此方法能够实用吗？

2.3 数据传输技术



- 采用编码技术的好处：
 - 可在传输信号中携带发送方的时钟信号，实现内同步
 - 可提高数据传输速率，充分利用信道传输能力
 - 可消除传输信号中的电压飘移和信号畸变

2.3 数据传输技术



- 常用的数字信号编码

- 不归零码NRZ (Non Return to Zero)
- 差分不归零码DNRZ (Differential Non Return to Zero)
- 曼彻斯特码(Manchester)
- 差分曼彻斯特码(Differential Manchester)
-

2.3 数据传输技术



- 不归零码

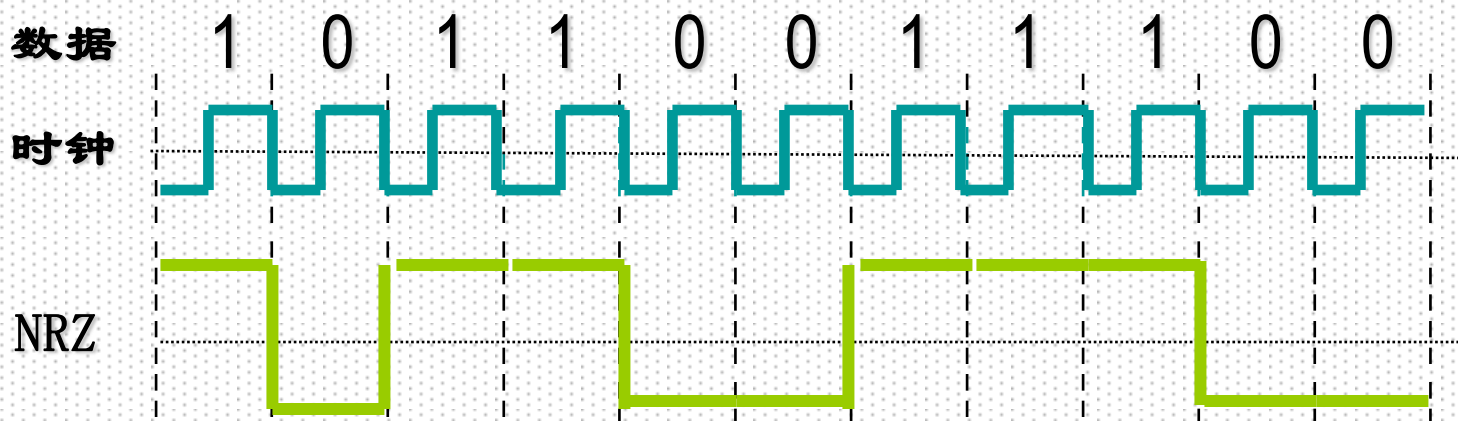
- NRZ码用电压来表示二进制数据，电压一表示“1”，电压二表示“0”，并且在表示一个码元时，电压均无需回到零，故称不归零码
 - 例：+5V表示“1”，-5V表示“0”
- NRZ码的特点是一种全宽码，即一位码元占一个单位脉冲宽度

2.3 数据传输技术



• 不归零码

- 全宽码的优点：脉冲宽度越大，发送信号的能量就越大，有利于提高接收端的信噪比



2.3 数据传输技术



- 不归零码的主要缺点

- 接收端很难以分辨1个信号位的开始或结束，必须采用某种方法在发送端和接收端之间提供必要的信号定时同步
- 直流分量积累问题：导致信号的失真与畸变，使传输的可靠性降低，并且由于直流分量的存在，使得无法使用一些交流耦合的线路和设备

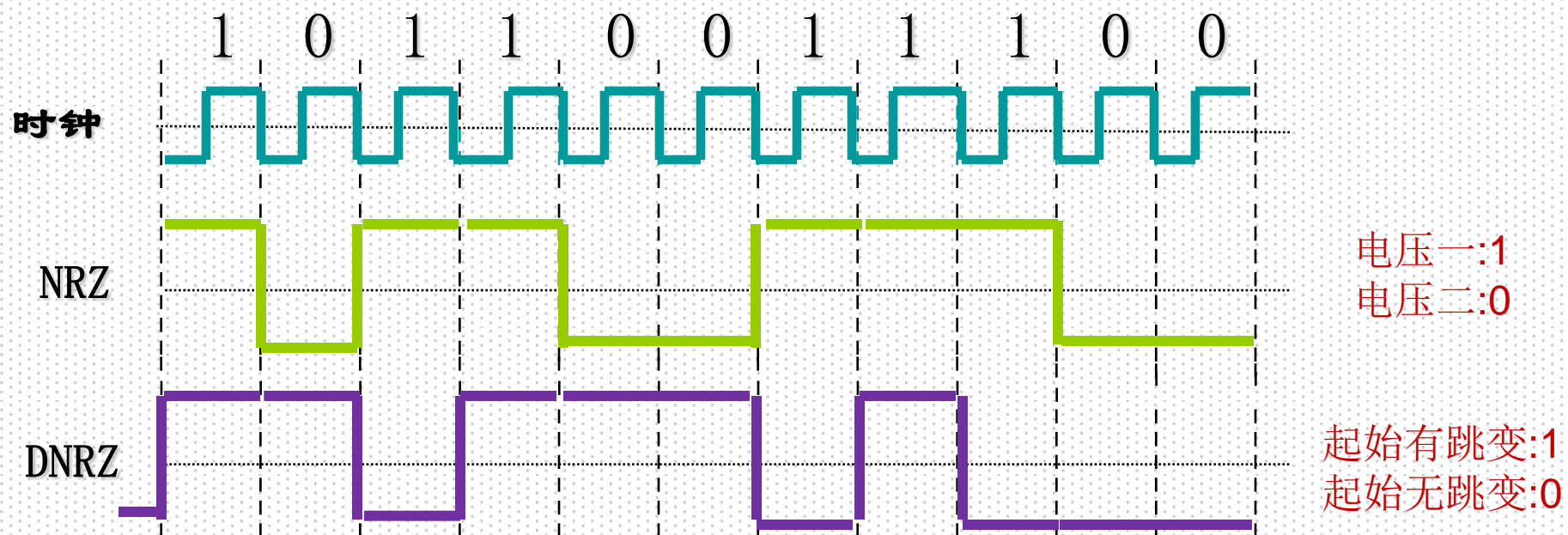
2.3 数据传输技术



- 差分不归零码

- DNRZ码是一种NRZ码的改进形式，它是用信号的相位变化来表示二进制数据的，一个信号位的起始处有跳变表示数据“1”，而无跳变表示数据“0”。DNRZ码不仅保持了全宽码的优点，同时提高了信号的抗干扰性。由于编码效率较高，因此许多高速网络系统采用了DNRZ编码技术

2.3 数据传输技术



2.3 数据传输技术



- 曼彻斯特码

- 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”，它用正的电压跳变表示“0”；用负的电压跳变表示“1”
- 因此，这种编码也是一种相位码。由于电压跳变都发生在每一个码元的中间，接收端可以方便地利用它作为位同步时钟，因此这种编码也称为自同步码 (Self-Synchronizing Code)

2.3 数据传输技术



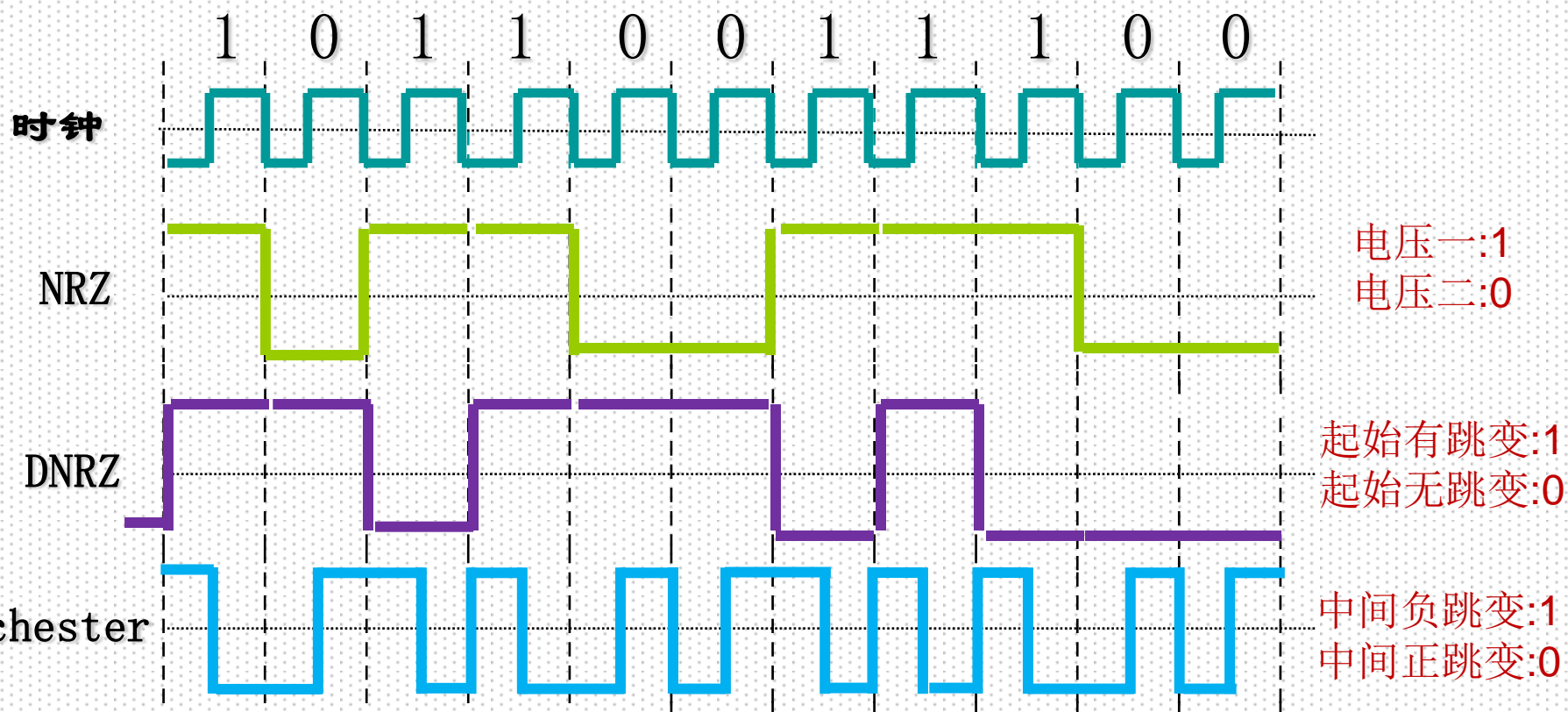
- 曼彻斯特码

- 用电压的变化表示“0”和“1”
 - 规定在**每个码元的中间**发生跳变
 - 高→低的跳变代表“1”，低→高的跳变代表“0”
- **缺点**：需要双倍的传输带宽（即信号速率是数据速率的2倍）
- **高速网络**主要采用两级的DNRZ编码方案，而**中速网络**采用曼彻斯特编码方案

2.3 数据传输技术



• 曼彻斯特码



2.3 数据传输技术



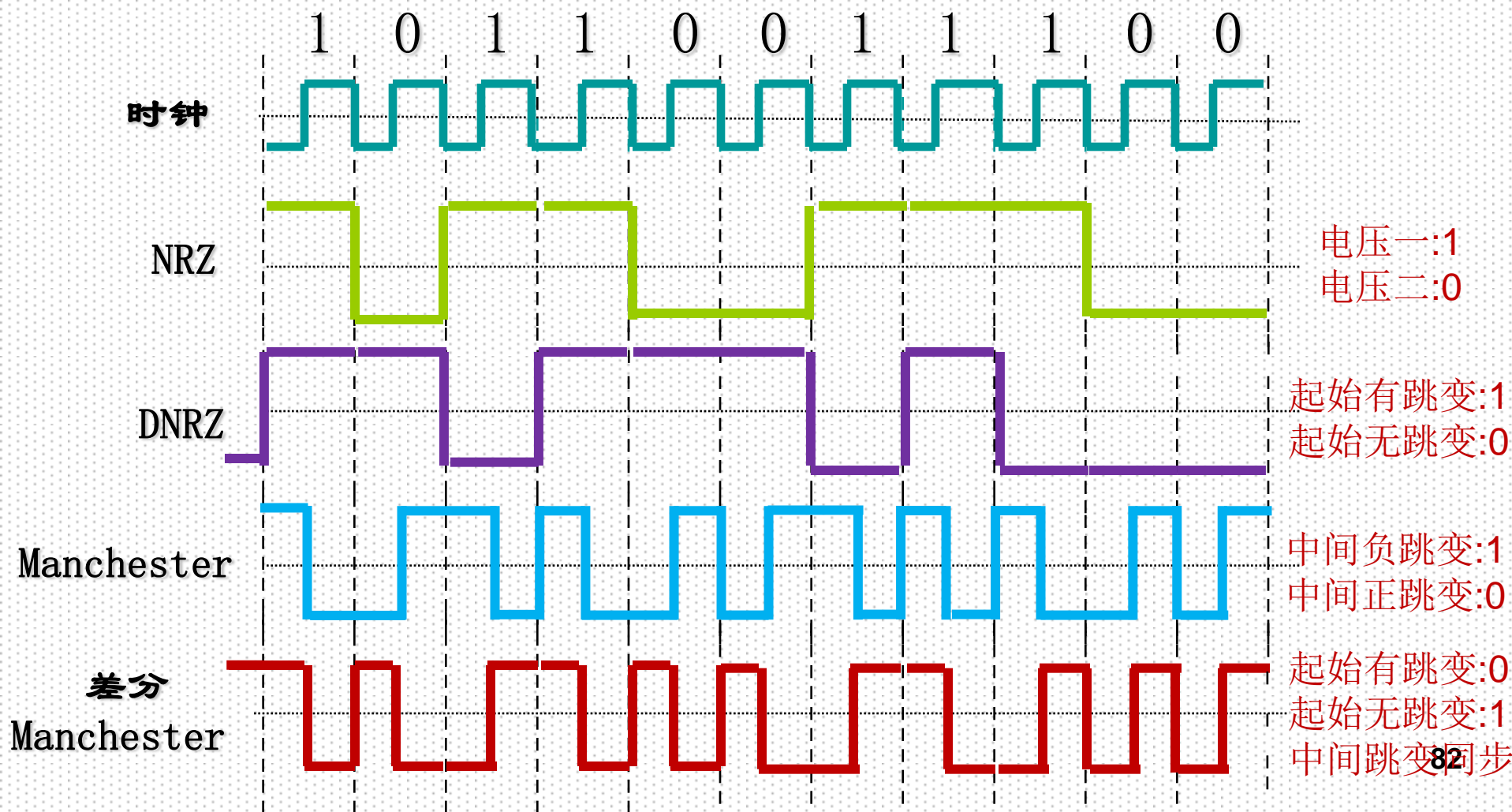
- 差分曼彻斯特码

- 是一种曼彻斯特码的改进形式，其差别在于：
每个码元的中间跳变只作为同步时钟信号；而数据“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”。这种编码的特点是每一位均用不同电平的两个半位来表示，因而始终能保持直流的平衡。这种编码也是一种自同步编码

2.3 数据传输技术



• 差分曼彻斯特码



2.3 数据传输技术



- 模拟数据的数字信号编码

- 在数字化的电话交换和传输系统中，需要将模拟的话音数据编码成数字信号后再进行传输。

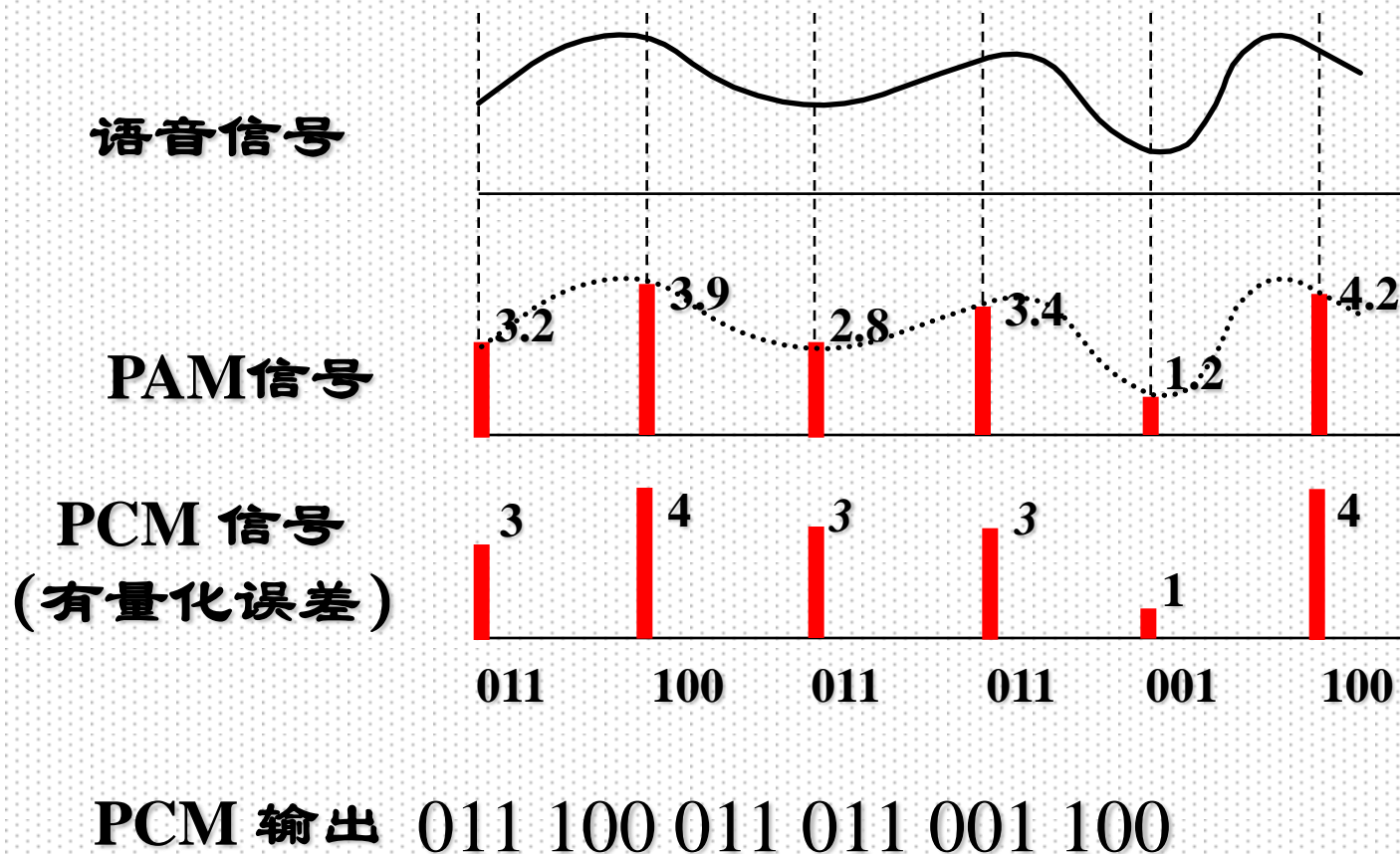
这里常用的编码技术是脉冲编码调制PCM(Pulse Code Modulation)技术。

- 奈奎斯特定理：当采样频率大于或等于模拟数据频带宽度(最高变化频率)的两倍时，所得的离散信号可以无失真地代表被抽样的模拟数据

2.3 数据传输技术



- 模拟数据的数字信号编码



2.3 数据传输技术



- 模拟数据的数字信号编码

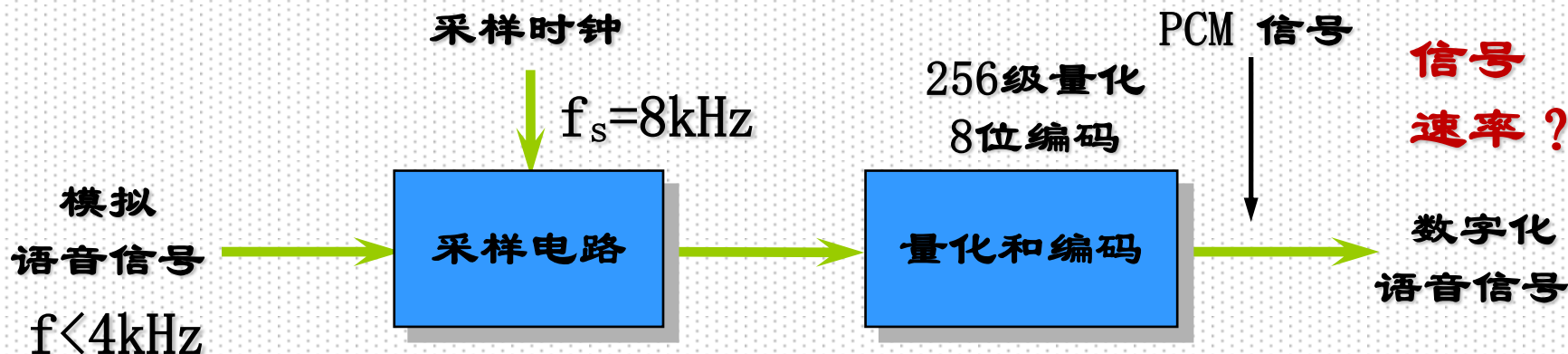
- 模拟数据要在数字线路上传输，必须将其转换成数字信号。三个步骤：

- **采样**：按一定间隔对模拟信号进行采样
 - **量化**：把每个样本舍入到最接近的量化级别上
 - **编码**：对每个舍入后的样本进行编码
 - 编码后的信号称为**PCM**信号（脉冲编码调制，**Pulse Code Modulation**）

2.3 数据传输技术



• 模拟数据的数字信号编码



举例：语音信号的数字化

- 语音带宽 $f < 4\text{kHz}$
- 采样时钟频率：8kHz (> 2 倍语音最大频率)
- 样本量化级数：256级 (8bit/每样本)
- 数据率：8000次/s * 8bit = 64kb/s
 - 每路PCM信号的速率 = 64kb/s

2.4 信道复用技术



• 信道复用技术

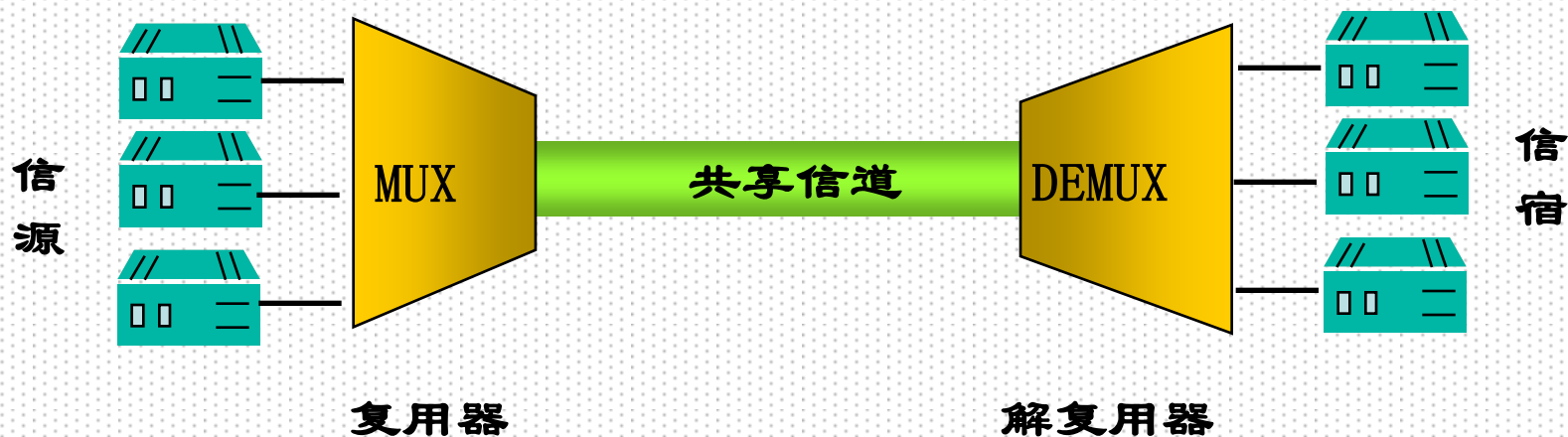
- 当连接两台设备的介质的传输能力比设备间的传输要求要高时，该链路就可以**被共享**。就象一条大水管可以同时供应多户人家用水一样
- **复用：允许同时通过一条数据链路传输多个信号**的一套技术，即是将一个物理信道逻辑上划分为多个子信道。如：一条高速公路划分了多条车道

2.4 信道复用技术



• 信道复用技术

- 信道复用包括复合、传输、分离3个过程。在发送端将 n 个信号复合在一起，送到一条线路上传输，到了接收端再将复合的信号分离，分别送到 n 条传输线路上



2.4 信道复用技术



• 发展史

– 为了有效地利用传输链路，可以采用多路复用 (Multiplexing) 技术从**空间和时间**两个方面来解决多路信号同时复用单一介质问题 **复用方法有哪些？**

- ①空分复用 (SDM, Space Division Multiplexing)
- ②频分复用 (FDM, Frequency Division Multiplexing)
- ③时分复用 (TDM, Time Division Multiplexing)
- ④波分复用 (WDM, Wavelength Division Multiplexing)

2.4 信道复用技术



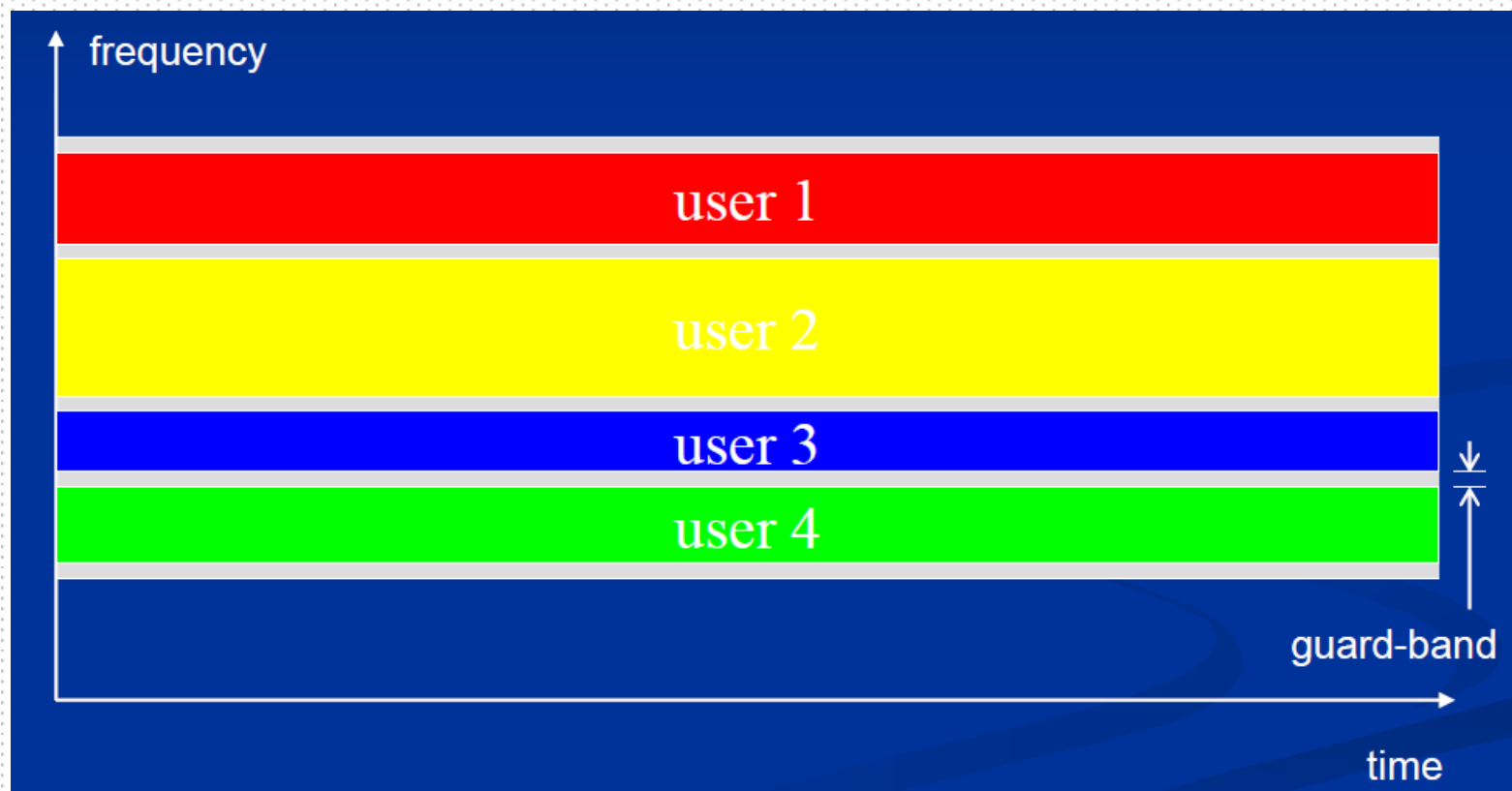
- 频分复用 (FDM)

- 频分复用就是将用于传输信道的总带宽划分成若干个子频带(或称子信道), 每个子信道传输1路信号
- 频分复用要求总频率宽度大于各个子信道频率之和, 同时为了保证各子信道中所传输的信号互不干扰, 应在各子信道之间设立隔离带, 这样就保证了各路信号互不干扰(条件之一)

2.4 信道复用技术



- 频分复用 (FDM)



2.4 信道复用技术



- 频分复用特点

- 所有子信道传输的信号以**并行的方式工作**，每一路信号传输时**可不考虑传输时延**，因而频分复用技术取得了非常广泛的应用

生活中频分复用的典型例子？

不同频率的广播电台

对讲机的不同频段

2.4 信道复用技术



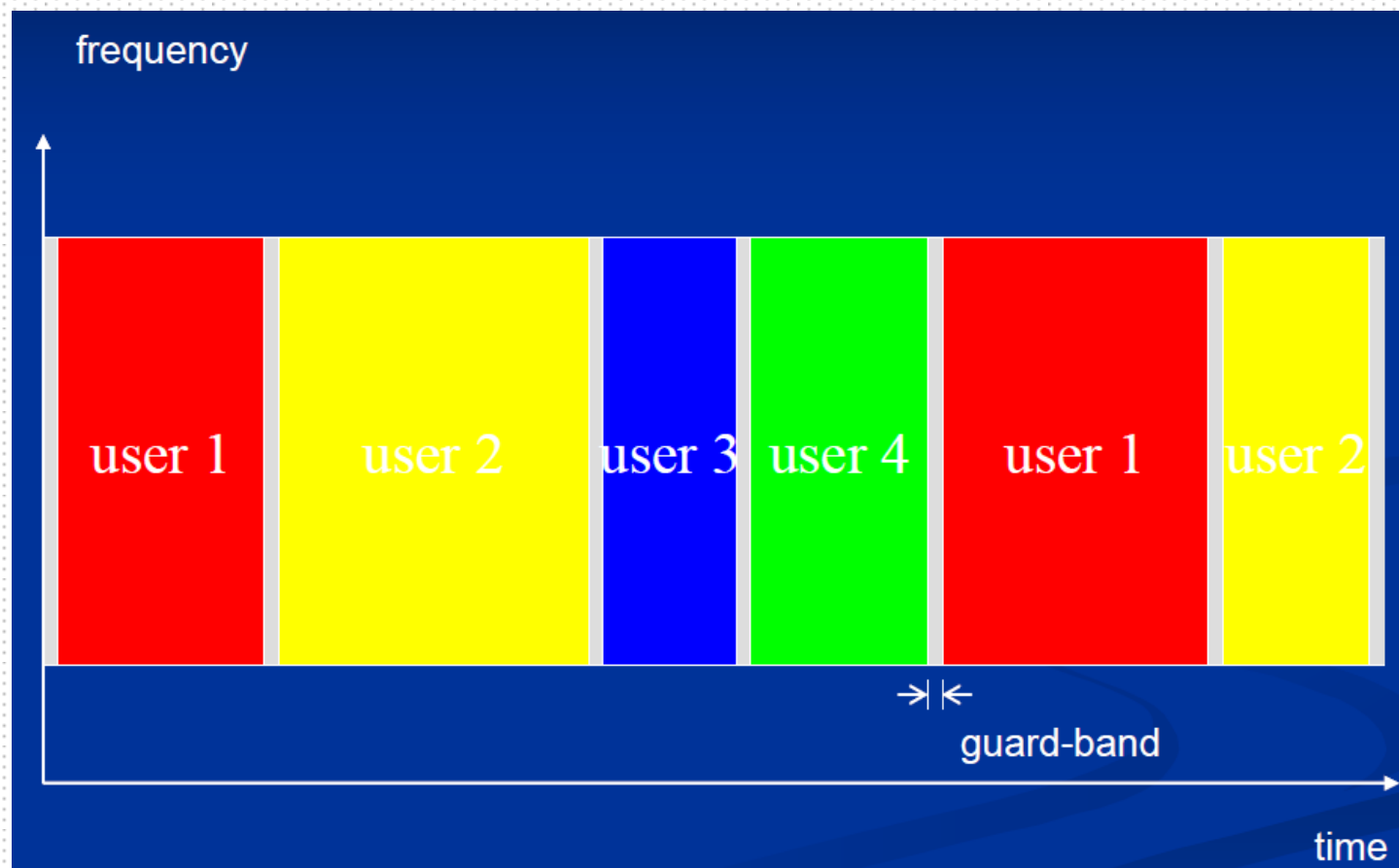
- 时分复用 (TDM)

- 时分复用(TDM, Time Division Multiplexing)就是将提供给整个信道传输信息的时间划分成若干时间片(简称时隙),并将这些时隙分配给每一个信号源使用,每一路信号在自己的时隙内独占信道进行数据传输

2.4 信道复用技术



- 时分复用 (TDM)



2.4 信道复用技术



生活中时分复用的典型例子？

- 时分复用 (TDM)

红绿灯、潮汐车道

- 时分复用技术的**特点**是时隙事先规划分配好且固定不变，所以有时也叫**同步时分复用**
- 优点是时隙分配固定，便于调节控制，适于数字信息的传输
- 缺点是当某信号源无数据传输时，它所对应的信道会出现空闲，而其他繁忙的信道无法占用这个空闲的信道，因此会降低线路的利用率

2.4 信道复用技术



- 波分复用 (WDM)

- 光通信是由光来运载信号进行传输的方式。在光通信领域，人们习惯按波长而不是按频率来命名。因此，所谓的波分复用其本质上也是频分复用而已
- WDM是在1根光纤上承载多个波长（信道）系统，将1根光纤转换为多条“虚拟”纤

2.4 信道复用技术



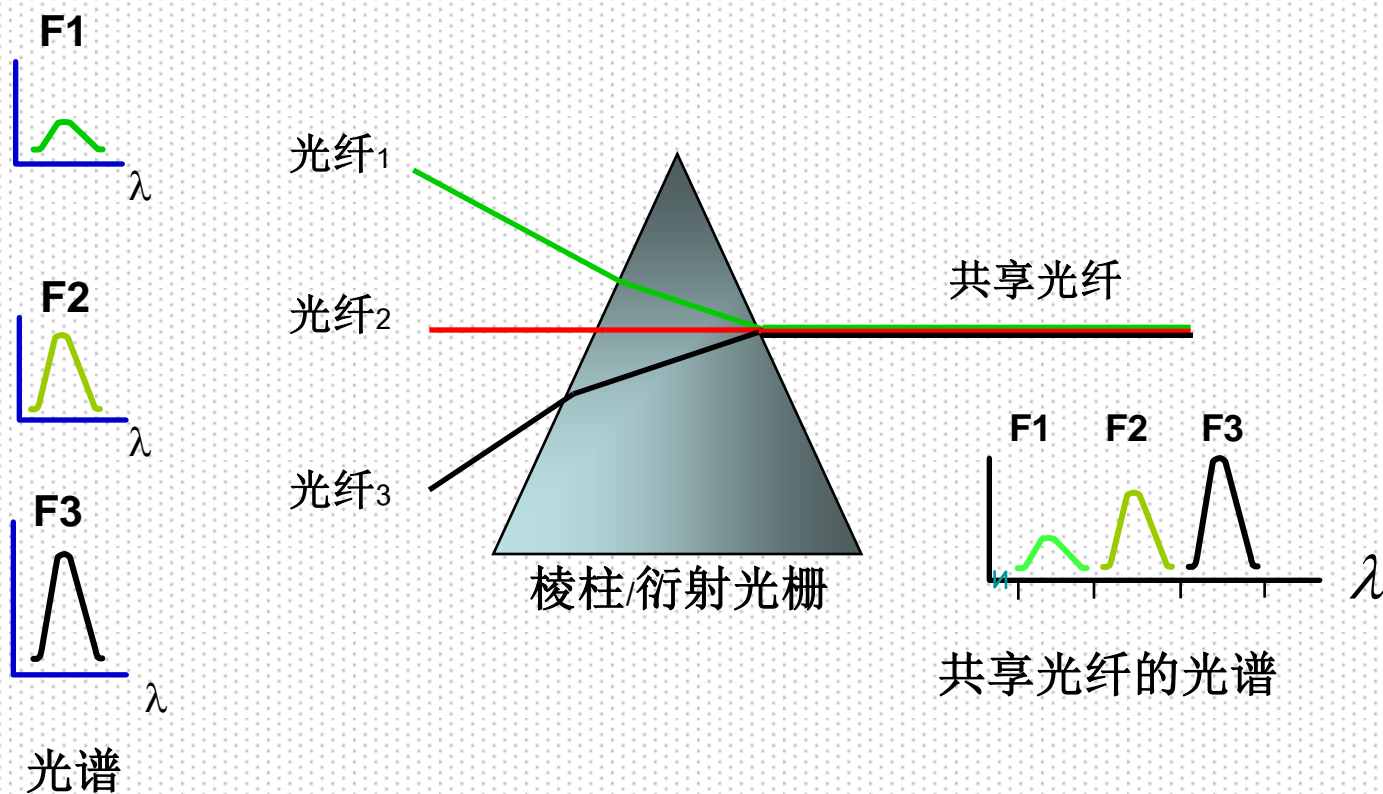
- 波分复用 (WDM)

- 每条虚拟纤独立工作在不同波长上，这样极大地提高了光纤的传输容量。由于WDM系统技术的经济性与有效性，使之成为当前光纤通信网络扩容的主要手段

2.4 信道复用技术



• 波分复用 (WDM)



2.4 信道复用技术



- 波分复用 (WDM)

- 同一个波段中通道间隔的多少，使波分复用 (WDM) 分为：

- 粗波分复用(CWDM, Coarse Wavelength Division Multiplexing), 光波间隔20nm 【低成本的WDM, 光波分布更稀疏, 对器件要求降低】
 - 密集波分复用(DWDM, Dense Wavelength Division Multiplexing), 光波间隔0.8nm 【间隔较小的WDM, 可在一根光纤上传输更多路的光波】

- 数据通信基本模型由哪些部分组成？
- 什么是调制与解调？
- 基本调制方式有哪些？
- 什么是编码与解码？
- 编码方式有哪些？怎样进行编码？
- 信道复用技术有哪些？
- 思考题
 - P52: 2.1、2.3、2.4、2.6、2.13、2.14、2.25、2.26、2.32