

# 第六章 物理层

任课教师:马婷婷



- 01 物理层的基本概念
- 02 数据通信的基础知识
- 03 物理层下面的传输媒体
- 04 信道复用技术
- 05 数字传输系统
- 06 互联网接入技术

# 第一部分▶

# 物理层的基本概念

#### 6.1 物理层的基本概念

物理层协议的主要任务就是确定与传输媒体的接口的一些特性,即:



OTI OPTION 机械特性 指明接口所用接线器的形状和尺寸、引线数目和排列、固定和锁定装置等等。

OPTION

电气特性 指明在接口电缆的各条线上出现的电压的范围。

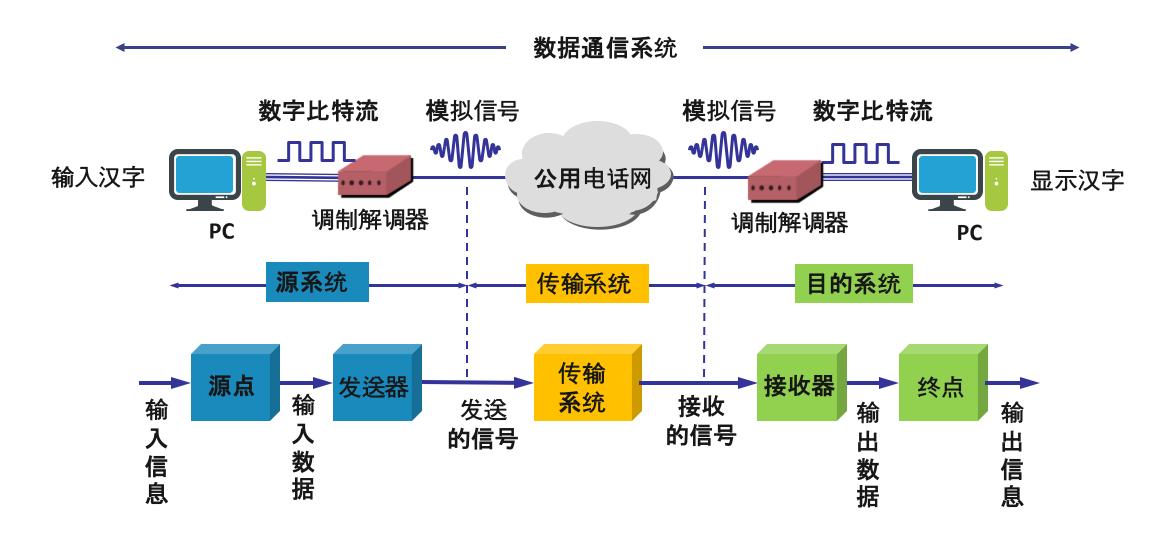
OPTION

功能特性 指明某条线上出现的某一电平的 电压表示何种意义。

04 OPTION 规程特性 指明对于不同功能的各种可能事件的出现顺序。

# 第二部分▶

# 数据通信的基础知识



#### 数据通信系统包括3个部分:

#### ●源系统

-源点:源点设备产生通信网络要传输的数据。

-发送器:通常源点生成的数据要通过发送器编码后才能够在传输系统中进行传输。

#### ●目的系统

-接收器:接收传输系统传送过来的信号,并将其转换为能够被目的设备处理的信息。

-终点:终点设备从接收器获取传送来的信息。

#### ●传输系统

- -可以是简单的物理通信线路
- **—也可以是**连接源系统和目的系统之间的复杂网络设备

#### 数据通信的5个基本过程

- 数据从发送端被发送到被接收端接收的整个过程称为通信过程。
- 包含两项内容:数据传输和通信控制

过程

- 建立物理连接
- 建立逻辑连接
- 数据传输
- 断开逻辑连接
- ・断开物理连接

与打电话比较

拨号,拨通对方

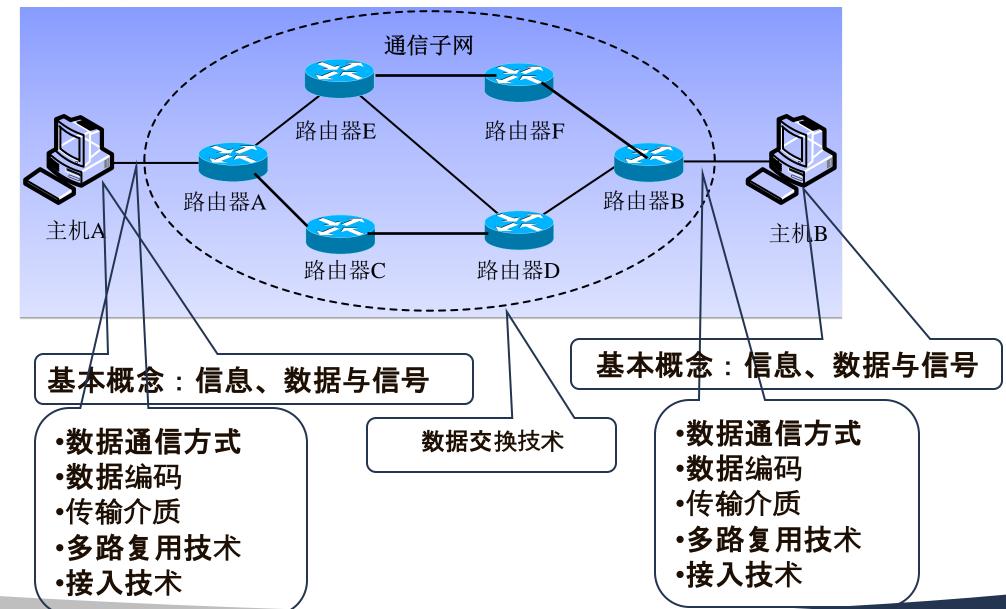
互相确认身份

互相通话

互相确认要结束通话

双方挂机

\*注意,并不是所有的数据通信都需要全部5个阶段。



# (一) 基本概念一信息、数据与信号

#### ◇ 信息

信息是用于向人们反映关于现实世界的知识。通信的目的是交换信息。

#### ◇ 数据

数据是用于记录事物情况的物理符号。如:文本、图像 、音频、视频等。计算机存储 和处理的是二进制代码。

#### ◇ 信号

信号是数据在介质中传输的电磁波或电子编码表现形式,具有确定的物理描述。

#### ◇ 信道

信道是信号传输的通道。

数据是通过信号进行传输的,信号是传输数据的载体。

# (一) 基本概念—信息、数据与信号

# ◇数据

- ❖分类:数据可分为模拟数据(Analog signal)和数字数据(Digital signal)两类。
- ❖模拟数据是指在某个区间连续变化的物理量,如:声音的大小和温度的变化等。
- ◆数字数据是指离散的不连续的量,如:文本信息和整数。

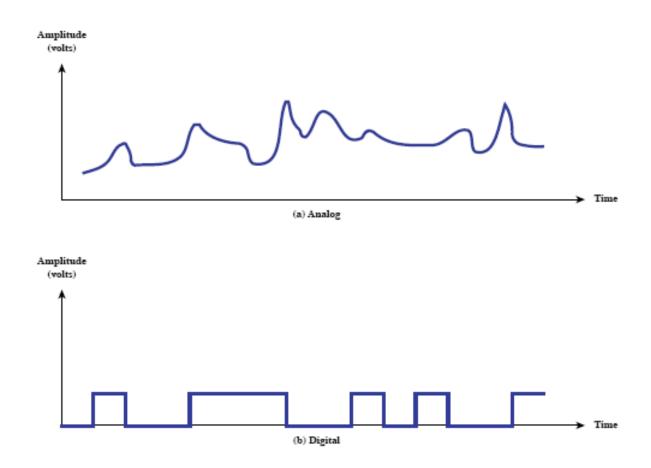


Figure 15.1 Analog and Digital Waveforms

## ◇信号

- ❖分类:信号在通信系统中也可分为模拟信号和数字信号。
- ❖其中模拟信号是指一种连续变化的电信号。如:电话线上传送的按照话音强弱幅度连续变化的电波信号。
- ❖数字信号是指一种离散变化的电信号。数字信号的抗干扰能力强。如: 计算机产生的电信号就是"0"和"1"的电压脉冲序列串。
- ❖模拟信号和数字信号之间可以相互转换。

# ◇信道(Channel)

- ❖信道是用来表示向某一个方向传送信息的介质。
- ☆一般一条通信线路至少包含两条信道,一条用于发送的信道和一条用于接收的信道。
- ❖按传输的信号类型,信道分为适合传送模拟信号的模拟信道和适合 传送数字信号的数字信道两大类;其中数字信道的传输质量较高。
- ❖按传输的介质划分,信道也可分为有线信道和无线信道两种。

#### 小结:

- ◇信息与数据的关系:信息的载体是数据,数据是信息的表现形式。
- **◇数据与信号的关系:数据是通**过信号进行传输的,数据在发送前要

把它转换成某种物理信号;如电信号等。

◇信号与信道的关系:信道是信号传输的通道。

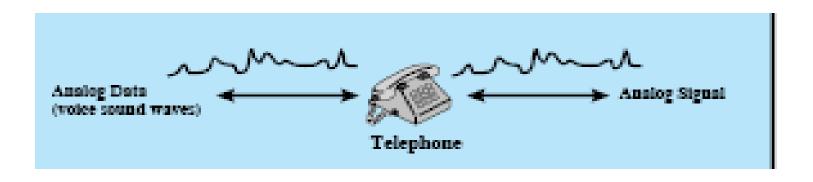
问题:信道和物理线路是不是一回事?

# (二) 数据传输类型

- (1) 模拟数据在模拟信道上传输
- **❖例:语音信号在普通的**电话系统中传输。
- \*传输过程:
  - ❖语音信号以300─3400Hz频率输入,
  - \*发送方的电话机把这个语音信号转变成模拟信号.
  - ❖这个模拟信号经过一个频分多路复用器进行变化,使得线路上可以同时传输多路模拟信号,
  - ❖当到达接收端以后再经过一个解频的过程把它恢复到原来的频率范围的模拟信号。
  - ❖再由接收方电话机把模拟信号转换成声音信号。

#### (1) 模拟数据在模拟信道上传输

- **⋄小知**识:一般人的语音频率范围是300 ─3400Hz, 为了进行传输, 在线路上给它分配一定的带宽, 国际标准取4KHz为一个标准话路所占用的频带宽度。
- ❖补充例子:公共模拟有线电视网来传输视频信号;微波与卫星通信也可以传输模拟数据。



### (2) 数字数据在模拟信道上传输——频带传输

- \*例: 计算机等终端数字设备通过电话线进行传输。
- \*传输过程:
  - \*计算机和终端设备发送数字数据进入到模拟信道以前要有一个变换器进行数字信号到模拟信号的转换,以便它能在模拟信道上传输,称为调制。
  - ❖而当调制后的模拟信号传到接收端以后,在接收端也有一个变换器 再对这个信号进行反变换,即又把它变回数字信号,称为<u>解调</u>。
- ❖既用于发送信号又用于接收信号的专门设备为<u>调制解调器(Modem)</u>。
- \*补充例子:公共模拟有线电视网来传输计算机信号;微波与卫星通信也可以传输计算机信号。

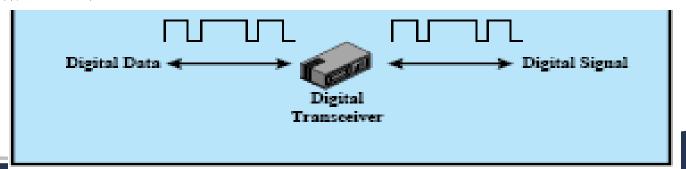
#### (3) 数字数据在数字信道上传输——基带传输

基带: 数字脉冲信号固有的频带称为基带。

基带信号: 数字脉冲信号。

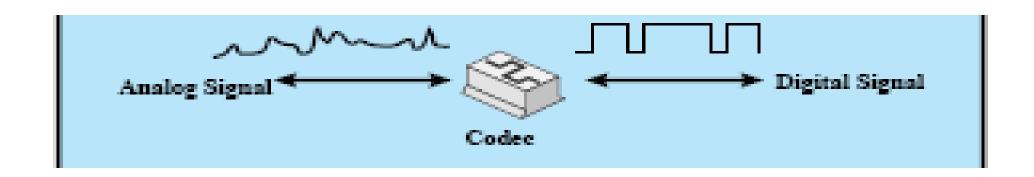
基带传输:在信道上直接传送数据的基带信号的传输称为基带传输。

❖例: 计算机与其外部设备之间,以及计算机局域网、城域网大多直接 采用数字数据通信。DDN是利用数字信道为用户提供话音、数据、图像 信号的(半永久)连接电路的传输网路。



#### (4) 模拟数据在数字信道上传输

❖例:将语音信号转换为数字数据,再在数字干线上传输。

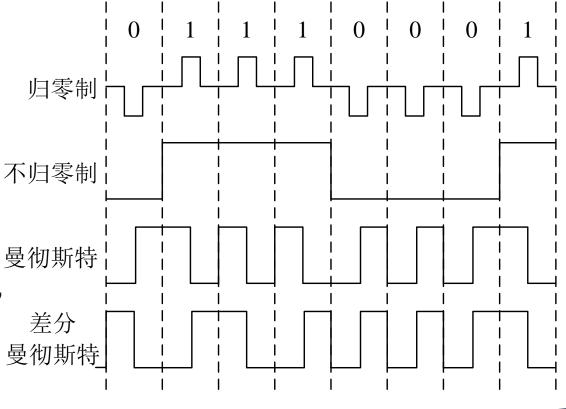


#### 6.2.2 编码与调制

通常人们将数字数据转换成数字信号的过程称为编码(coding),而将数字数据转换成模拟信号的过程称为调制(modulation)。

#### (1) 常用编码方式

- 归零制:正脉冲代表1,负脉冲代表0。
- 不归零制:正电平代表1,负电平代表0。
- 曼彻斯特编码:位周期中心的上跳变代表0,位周期中心的下跳变代表1。
- 差分曼彻斯特编码:在每一位的中心处始终都有跳变。位开始边界有跳变代表0,而位开始边界没有跳变代表1。



#### 6.2.2 编码与调制

基带(baseband)信号和带通(band pass)信号

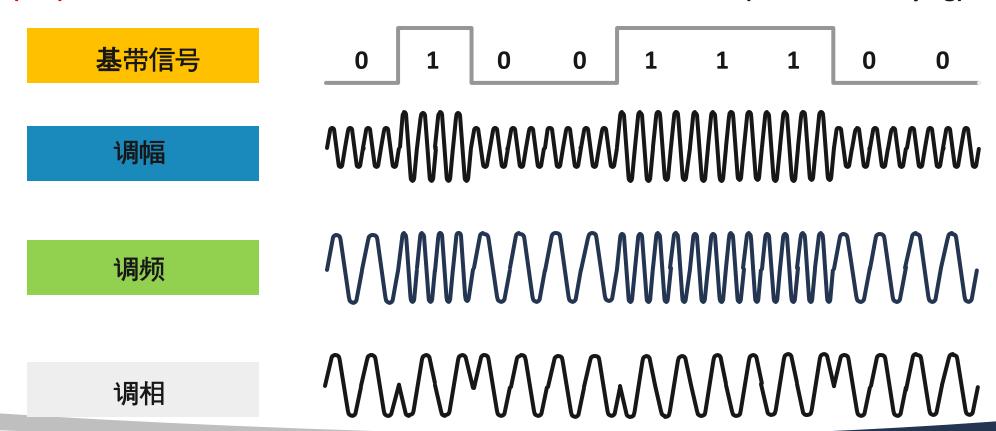
矩形脉冲波形的数字信号包含从直流开始的低频分量,被称为基带信号(即基本频带信号)。基带信号包含较多低频成分,而许多信道并不能传输这种低频分量,需要对基带信号进行调制(modulation)。

带通信号(在计算机网络中常叫做宽带信号)——把基带信号经过载波调制后,把信号的频率范围搬移到较高的频段以便在信道中传输(即仅在一段频率范围内能够通过信道)。

#### 6.2.2 编码与调制

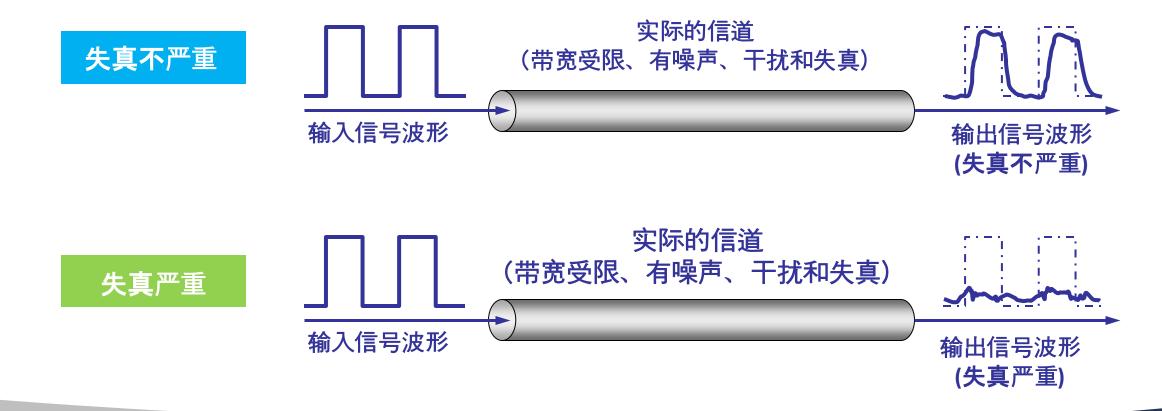
#### (2) 基本调制方法

- 调幅(AM):载波的振幅随基带数字信号而变化,即<mark>幅移键控ASK</mark> (Amplitude-Shift Keying)。
- 调频(FM): 载波的频率随基带数字信号而变化,即频移键控FSK (Frequency-Shift Keying)。
- 调相(PM):载波的初始相位随基带数字信号而变化,即<mark>相移键控PSK</mark> (Phase-Shift Keying)。



- 任何实际的信道都不是理想的,在传输信号时会产生各种失真以及带来多种干扰。
- 码元传输的速率越高,或信号传输的距离越远,在信道的输出端的波形的失真就越严重。

#### 数字信号通过实际的信道



#### 提高数据传输速率的途径

首先,要使用更好的传输媒体。

其次, 使用先进的编码和调制技术。

但不管采用怎样好的传输媒体和怎样先进的调制技术,数据传输速率总是受限的,不可能任意地提高,否则就会出现较多的差错。

1) 奈氏(Nyquist)准则

理想低通信道的最高码元传输速率 = 2W 码元/秒 W 是理想低通信道的带宽,单位为赫(Hz)



每赫带宽的理想低通信道的最高码元传输速率是每秒 2 个码元。

理想低通信道:信号的所有低频分量,只要其频率不超过某个限值,都能够不失真 地通过此信道。而频率超过该上限值的所有高频分量都不能通过该信道。

# 6.2.3 信道的极限容量 另一种形式的奈氏准则

理想带通特性信道的最高码元传输速率 = W 码元/秒 W 是理想带通信道的带宽,单位为赫(Hz)



每赫带宽的理想低通信道的最高码元传输速率是每秒1个码元。

理想戴通信道:频率下限频率f1到频带上限频率f2之间的频率分量能够不失真地通过此信道,而低于f1和高于f2的所有频率分量都不能通过该信道。

- •实际的信道所能传输的最高码元速率,要明显地低于奈氏准则给出上限数值。
- 若要提高信息的传输速率,可以采用有效的编码技术,使每一个码元能 够携带较多的信息量。

波特与比特

波特:码元传输的速率单位,说明每秒传多少个码元。码元传输速率也称为调制速率、波形速率或符号速率。

比特:信息量的单位。

要提高信息的传输速率,必须使每个码元能携带更多个比特的信息量

#### 举例

- 假定有一个带宽为 3 kHz 的理想低通信道,其最高码元传输速率为 6000 码元/秒。若每个码元能携带 3 bit 的信息量,则最高信息传输 速率为 18000 bit/s。
- 那么,怎样才能使一个码元携带 3 bit 的信息量呢?

- 一个码元携带 3 bit 的信息量
- 假定我们的基带信号是:

101011000110111010...

这里每一个码元所携带的信息量是 1 bit。

• 现将信号中的每 3 个比特编为一个组,即

101, 011, 000, 110, 111, 010, ...<sub>o</sub>

3个比特共有8种不同的排列。

我们可以不同的调制方法来表示这样的信号。例如,用8种不同的振幅,或8种不同的频率,或8种不同的相位进行调制。

#### 2) 香农公式

- 香农(Shannon)用信息论的理论推导出了带宽受限且有高斯白噪声干扰的信道的极限、无差错的信息传输速率。
- 信道的极限信息传输速率 C 可表达为

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

- W 为信道的带宽(以 Hz 为单位);
- · S 为信道内所传信号的平均功率;
- N 为信道内部的高斯噪声功率。

#### 香农公式表明

- 信道的带宽或信道中的信噪比越大,则信息的极限传输速率就越高。
- 只要信息传输速率低于信道的极限信息传输速率,就一定可以找到某种办法来实现无差错的传输。
- 若信道带宽 W 或信噪比 S/N 没有上限(当然实际信道不可能是这样的),则信 道的极限信息传输速率 C 也就没有上限。
- 实际信道上能够达到的信息传输速率要比香农的极限传输速率低不少。

#### 6.2.4 传输方式

#### 1. 并行传输和串行传输

- 并行传输,是指一次发送n个比特而不是一个比特,为此,在 发送端和接收端之间需要有n条 传输线路。
- 串行传输,是指数据是一个比特个个比特依次发送的,因此在发送端和接收端之间只需要一条传输线路即可。

#### 2. 异步传输和同步传输

- 同步就是指收发双方在时间基准上保持一致的过程。异步传输和同步传输是指两种采用不同同步方式的传输方式
- 异步传输以字节为独立的传输单位,字节之间的时间间隔不是固定的,接收端仅在每个字节的起始处对字节内的比特实现同步。
- 同步传输以稳定的比特流的形式传输,要采取技术使收发双方的时钟保持同步(外同步或内同步)

#### 3. 单工、半双工和全双工

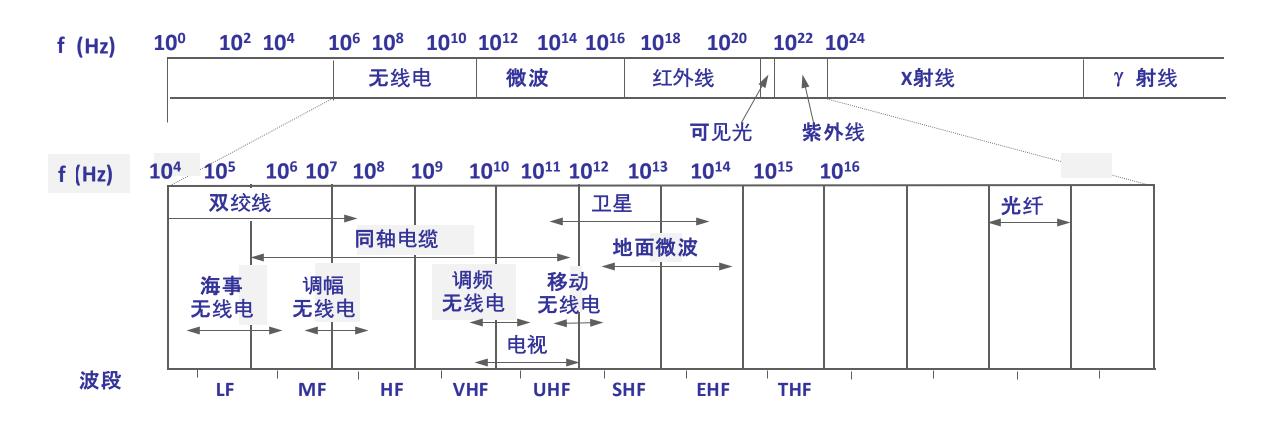
- 单向通信(单工通信)——只 能有一个方向的通信而没有反 方向的交互。
- 双向交替通信(半双工通信)——通信的双方都可以发送信息,但不能双方同时发送(当然也就不能同时接收)。
- 双向同时通信(全双工通信)——通信的双方可以同时 发送和接收信息。

第三部分▶

# 物理层下面的传输媒体

#### 6.3 物理层下面的传输媒体

# 电信领域使用的电磁波的频谱



#### 双绞线

- 屏蔽双绞线 STP (Shielded Twisted Pair)
- 无屏蔽双绞线 UTP (Unshielded Twisted Pair)

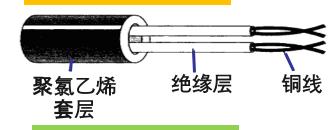
#### 同轴电缆

- ●50 Ω 同轴电缆
- 75 Ω 同轴电缆

### 光缆

### 各种电缆示意图

#### 无屏蔽双绞线 UTP

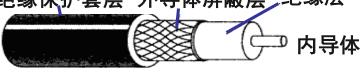


#### 屏蔽双绞线 STP

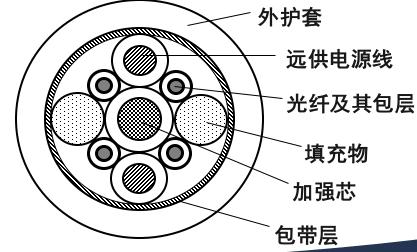


### 同轴电缆

绝缘保护套层 外导体屏蔽层 绝缘层

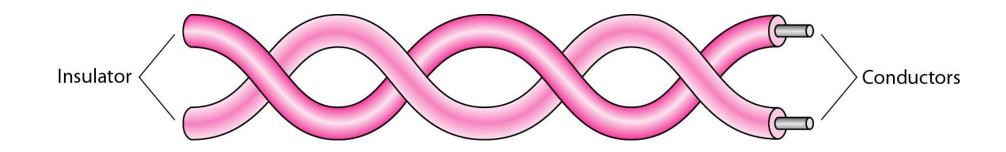


### 光缆

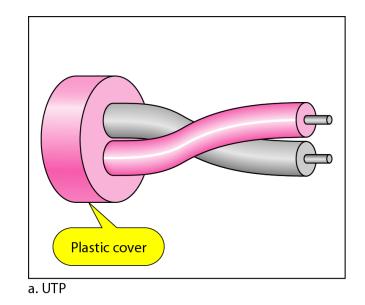


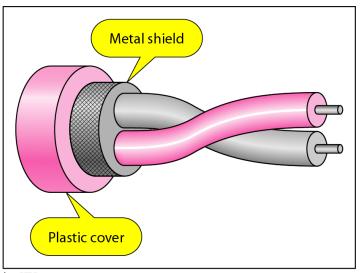
# 双绞线

- 由两根绝缘的铜线互绞在一起构成。
- · 分类:非屏蔽双绞线UTP(3类、5类)和屏蔽双绞线STP。
- 支持模拟传输和数字传输
- 特点: 互绞的效果能克服电磁干扰, 对绞次数越多抗干扰的效果越好。
- · STP因为金属屏蔽,需要接地,比UTP难以安装。



Twisted-pair cable



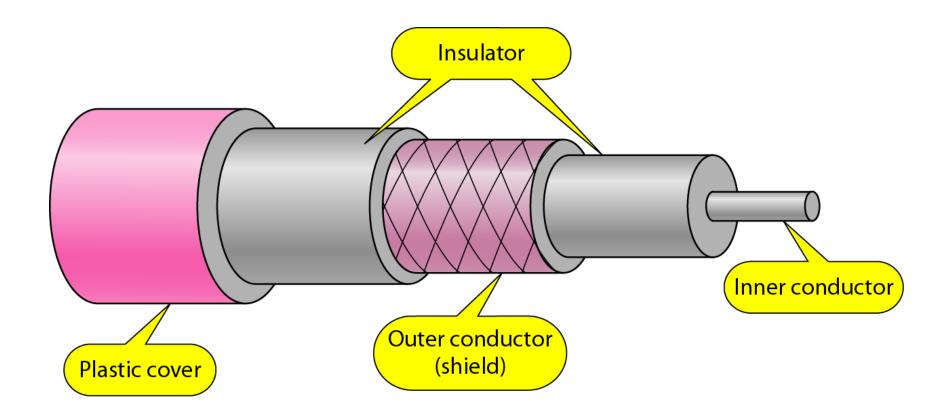


b. STP

**UTP and STP cables** 

# 同轴电缆

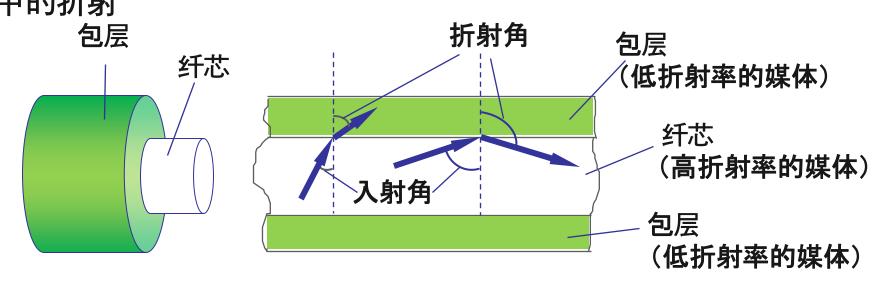
- •由一对导体按"同轴"的形式形成线对。
- ·分类:基带同轴电缆(50Ω)、宽带同轴电缆(75Ω)和粗同轴电缆、细同轴电缆。
- 基带同轴电缆用于基带数字信号传输,宽带同轴电缆用于模拟传输系统
- •特点:带宽宽、数据速率高、传输距离长、抗干扰能力强、价格较贵。



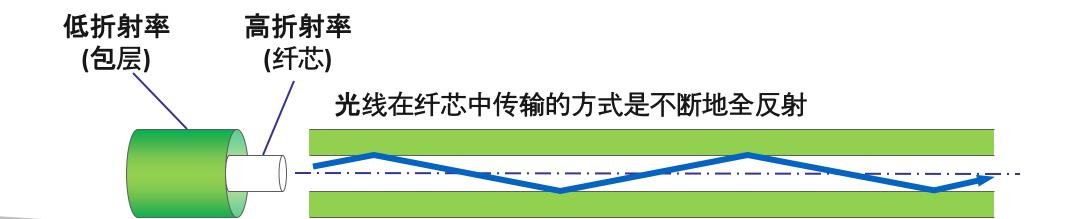
# 光纤

- 由很细的可传导光线的纤维介质构成。
- ・分类:单模光纤(约5~10  $\mu$ m )、多模光纤(约50~100  $\mu$ m ,常用规格62.5/125 或50/125  $\mu$ m ) 。
- •特点:抗电磁干扰能力强、速度快、低衰减、安全性高、连接不易、成本高。

# 6.3.1 导引型传输媒体 光线在光纤中的折射



### 光纤的工作原理



## 多模光纤与单模光纤

### 多模光纤



存在多条不同角度入射的光线在一条光纤中传输。适合近距离传输。



光线向前传播,而不会产生多次反射。

## 6.3.2 非导引型传输媒体

- 无线传输所使用的频段很广。
- 短波通信主要是靠电离层的反射, 但短波信道的通信质量较差。
- 微波在空间主要是直线传播。
  - ・地面微波接力通信
  - ・卫星通信

# 6.3.3 常用传输媒体的比较

## 常用传输介质的比较

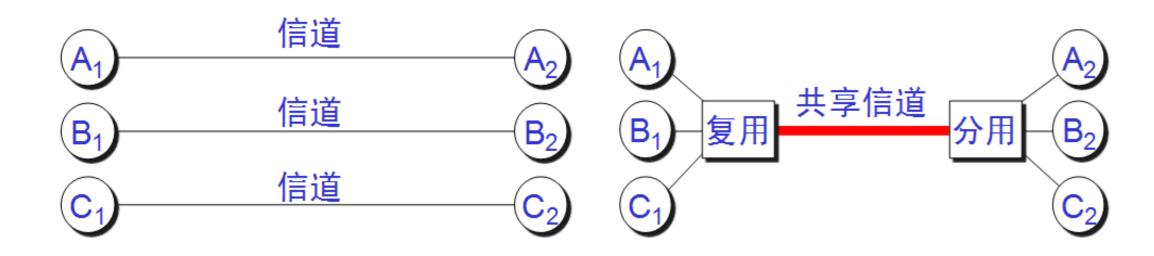
传输介质	传输方式	速率/ 工作频带	传输距离	性能	价格	应用
双绞线	宽带 基带	≤1Gb/s	模拟: 10km 数字: 500m	较好	低	模拟/数字 信号传输
<b>50</b> Ω 基带同轴电 缆	基带	10Mb/s	<3km	较好	较低	基带数字信 号
<b>75</b> Ω 宽带同轴电 缆	宽带	≤450MHz	100km	较好	较低	模拟电视、 数据及音频
光纤	基带	40Gb/s	<b>20km</b> 以上	很好	较高	远距离高速 数据传输
微波	宽带	4∼6GHz	几百km	好	中等	远程通信
卫星	宽带	1~10GHz	18000km	很好	高	远程通信

# 第四部分▶

# 信道复用技术

# 6.4 信道复用技术

复用(multiplexing)是通信技术中的基本概念。



(a) 不使用复用技术

(b) 使用复用技术

复用是通过一条物理线路同时传输多路用户的信号。

频分复用FDM:所有用户在同样的时间占用不同的带宽资源。

时分复用TDM:所有用户在不同的时间占用同样的频带宽度。

频分复用

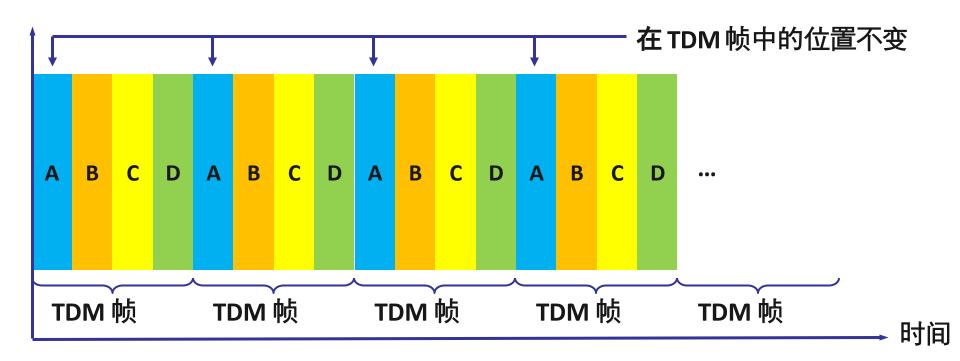
频率

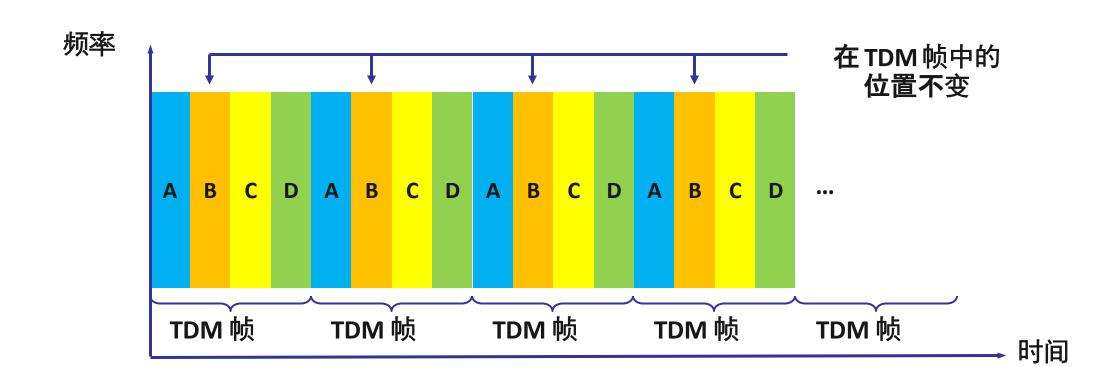
频率 5 频率 4 频率 3 频率 2 频率 1

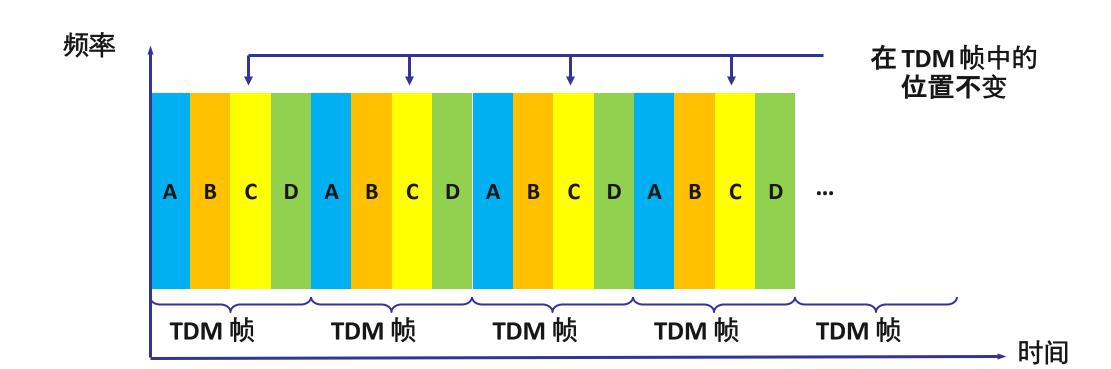
时间

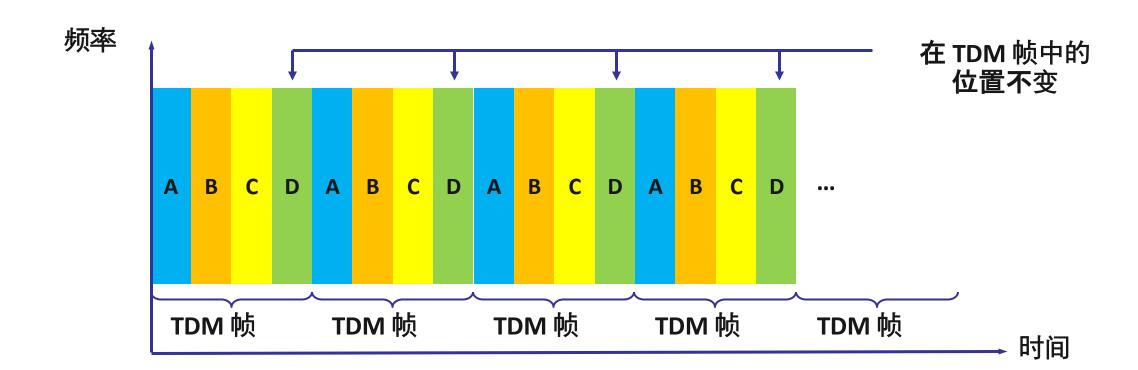
### 时分复用



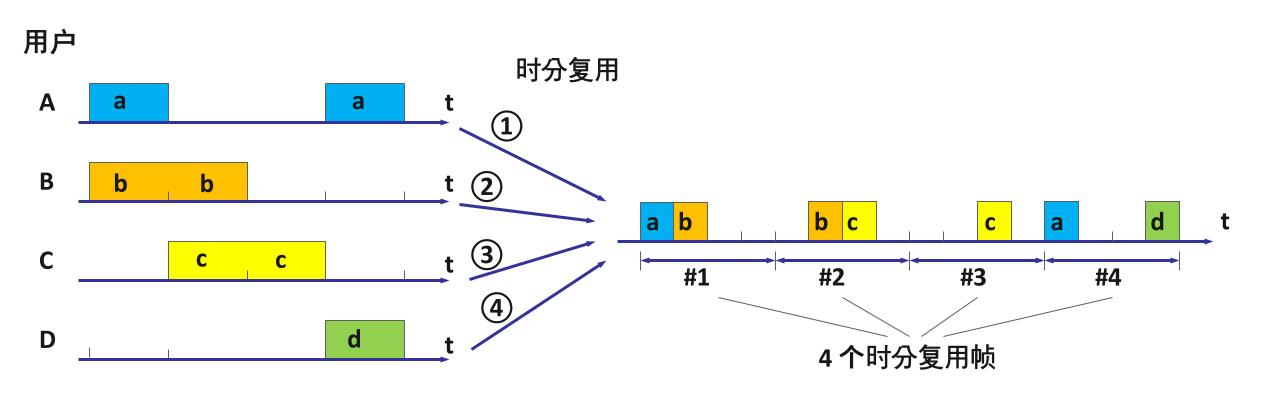




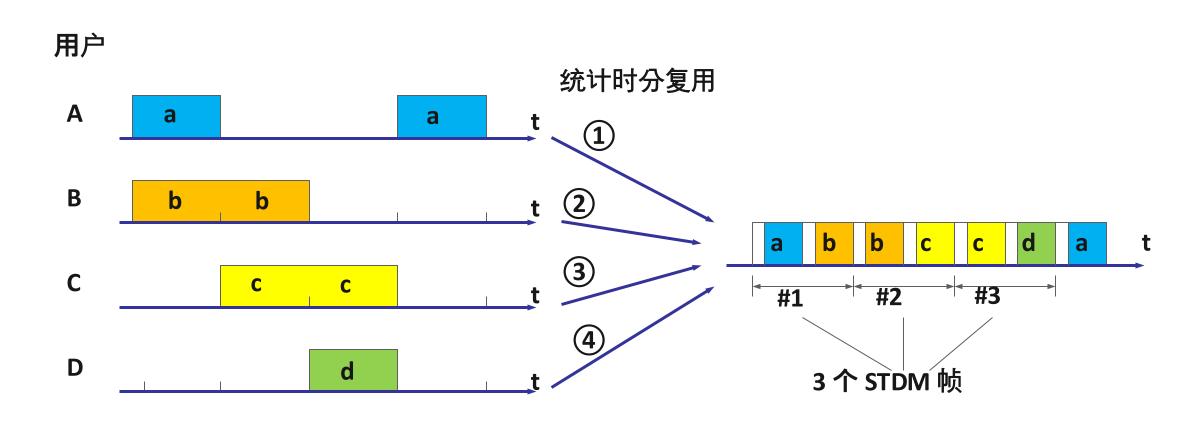




时分复用可能会造成线路资源的浪费

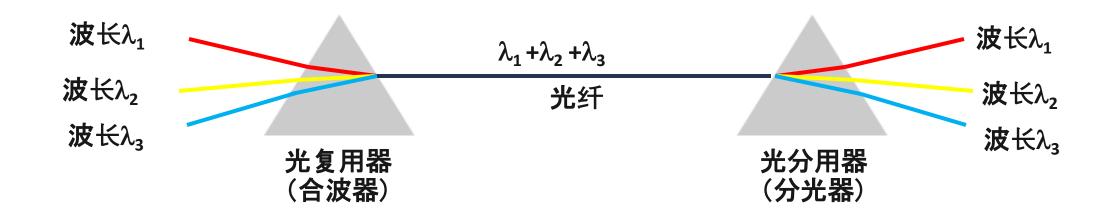


### 统计时分复用 STDM



# 6.4.2 波分复用WDM

波分复用就是光的频分复用。



## 6.4.3 码分复用CDM

常用的名词是码分多址 CDMA (Code Division Multiple Access)。

各用户使用经过特殊挑选的不同码型,因此彼此不会造成干扰。

这种系统发送的信号有很强的抗干扰能力,其频谱类似于白噪声,不易被敌人发现。

每一个比特时间划分为 m 个短的间隔,称为码片(chip)。

## 6.4.3 码分复用CDM

码片序列(chip sequence)

- ·每个站被指派一个唯一的 m bit 码片序列。
  - -如发送比特 1,则发送自己的 m bit 码片序列。
  - -如发送比特 0,则发送该码片序列的二进制反码。
- 例如, S 站的 8 bit 码片序列是 00011011。
  - -发送比特 1 时,就发送序列 00011011,
  - -发送比特 0 时, 就发送序列 11100100。
- S 站的码片序列: (-1-1-1+1+1-1+1+1)

# 6.4.3 码分复用CDM CDMA 的重要特点

- 每个站分配的码片序列不仅必须
  各不相同,并且还必须互相正交
  (orthogonal)。
- 在实用的系统中是使用伪随机码 序列。

### 码片序列的正交关系

- 令向量 S 表示站 S 的码片向量,令 T 表示其他任何站的码片向量。
- 两个不同站的码片序列正交,就是向量 S 和T 的规格化内积(inner product)都是 0:

$$\mathbf{S} \bullet \mathbf{T} \equiv \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} S_i T_i = 0$$

## 6.4.3 码分复用CDM

### 码片序列的正交关系举例

- 令向量 S 为(-1-1-1+1+1-1+1+1), 向量 T 为(-1-1+1-1+1+1-1)。
- 把向量 S 和 T 的各分量值代入上面公式就可看出这两个码片序列是正交的。

### 正交关系的另一个重要特性

- 任何一个码片向量和该码片向量自己的规格化内积都是1。
- 一个码片向量和该码片反码的向量的规格化内积值是 -1。

$$\mathbf{S} \bullet \mathbf{S} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} S_i S_i = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} S_i^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} (\pm 1)^2 = 1$$

# 6.4.3 码分复用CDM CDMA 的工作原理

数据码元比特

S站的码片序列S

S 站发送的信号 S<sub>x</sub>

T 站发送的信号 T<sub>x</sub>

总的发送信号  $S_x + T_x$ 

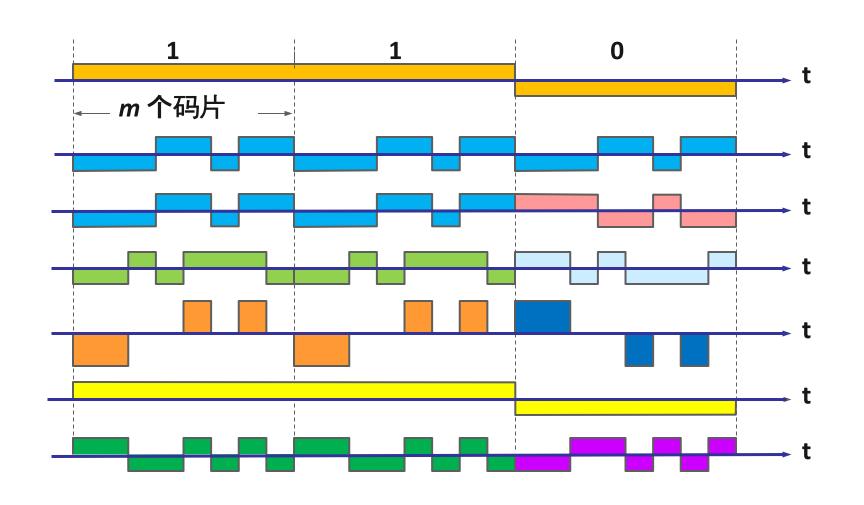
接收端

发送

端

规格化内积 S • S<sub>x</sub>

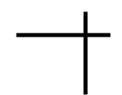
规格化内积 S • T<sub>x</sub>



第五部分 ▶

# 数字传输系统

自学



第六部分 ▶

# 互联网接入技术

自学