

# **第二章 物理层**

**刘 轶**

**北京航空航天大学 计算机学院**

## **2.1 物理层的基本概念**

## 2.1 物理层的基本概念

---

- 物理层的主要任务
  - 确定与传输介质的接口的一些特性
- 物理层涉及的四个特性
  - ① 机械特性

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
  - ② 电气特性

在接口电缆的各条线上出现的电压的范围
  - ③ 功能特性

某条线上出现的某一电平的电压表示何种意义
  - ④ 过程特性

对于不同功能的各种可能事件的出现顺序

## **2.2 数据通信的基础知识**

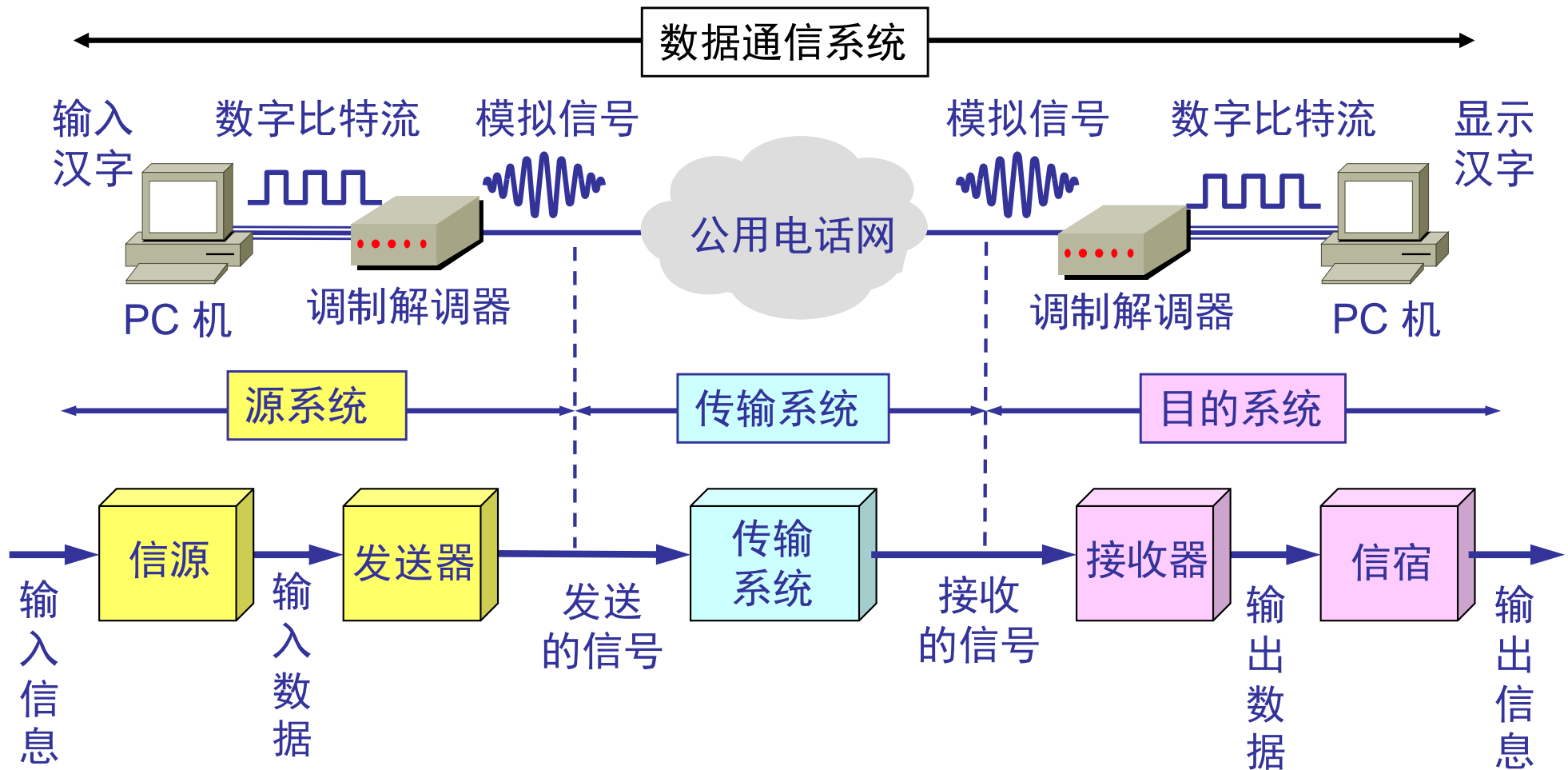
## 2.2 数据通信的基础知识

**Modulate:** 调制

**Demodulate:** 解调

**Modem:** 调制解调器

### 一、数据通信系统的模型



## 2.2 数据通信的基础知识

---

- 若干术语和概念
  - 信道(channel)一般表示向某一方向传送信息的介质
  - 通信的目的是传送消息(message)，如话音、文字、图像等
  - 消息的实体是数据(data)
  - 信号(signal)是数据的电气的或电磁的表现。信号分为模拟信号和数字信号两大类
  - 在使用时间域(或简称为时域)的波形表示数字信号时，代表不同离散数值的基本波形称为码元
    - 码元速率：单位时间内通过信道的码元个数，单位为波特(baud)
    - 数据速率：单位时间内通过信道的信息量(比特数)，单位b/s或bps
    - 注意：码元速率和数据速率两个不同的概念，对同一信道，仅当使用二进制编码时二者相等

## 2.2 数据通信的基础知识

---

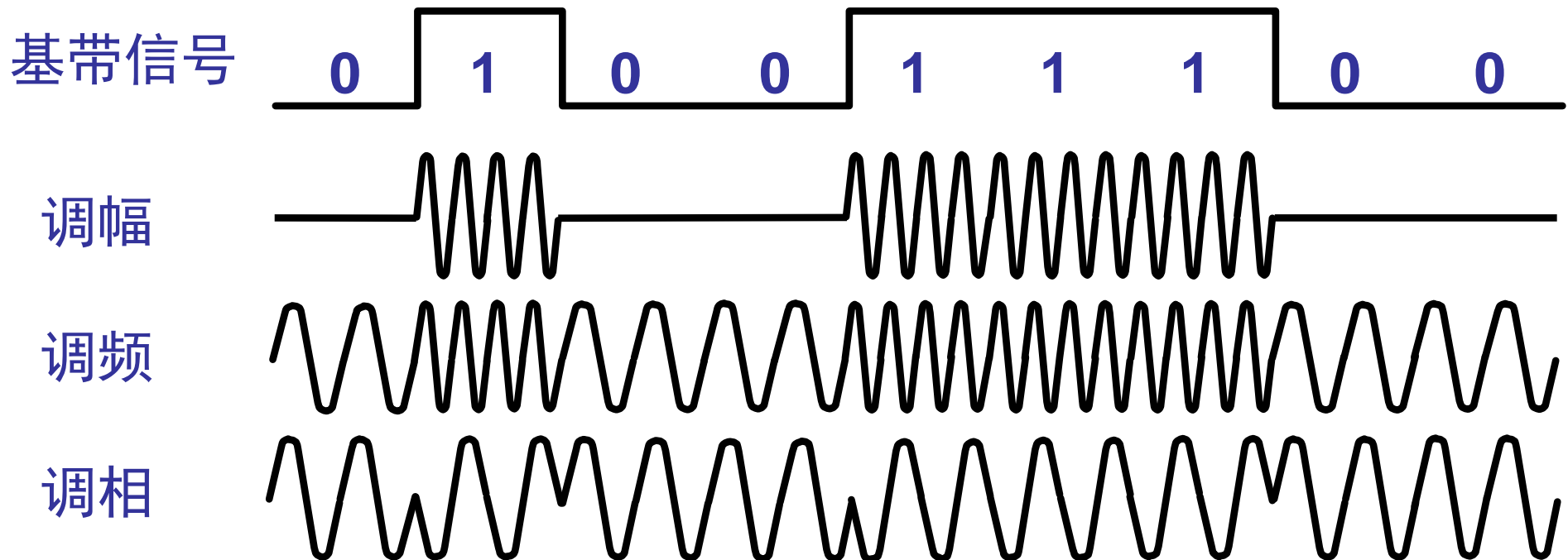
### 二、有关信号的几个基本概念(1/2)

- 通信双方的交互方式
  - **单向通信**(单工通信, simplex)
    - 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, half-duplex)
    - 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, duplex)
    - 通信的双方可以同时发送和接收信息
- 基带(baseband)信号和带通(band pass)信号
  - **基带信号**(即基本频带信号): 来自信源的信号。计算机输出的代表各种文字或图像文件的数据信号都属于基带信号。
  - 基带信号往往包含有较多的低频成分,甚至有直流成分,而许多信道并不能传输这种低频分量或直流分量。因此必须对基带信号进行**调制(modulation)**。
  - **带通信号**: 基带信号经过载波调制后,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)

## 2.2 数据通信的基础知识

### 二、有关信号的几个基本概念(2/2)

- 最基本的二元制调制方法：
  - 调幅(AM): 载波的振幅随基带数字信号而变化
  - 调频(FM): 载波的频率随基带数字信号而变化
  - 调相(PM): 载波的初始相位随基带数字信号而变化
- 为了获得更高的传输速率, 常采用多元制的混合调制方法, 如振幅和相位相结合的正交振幅调制QAM(Quadrature Amplitude Modulation)



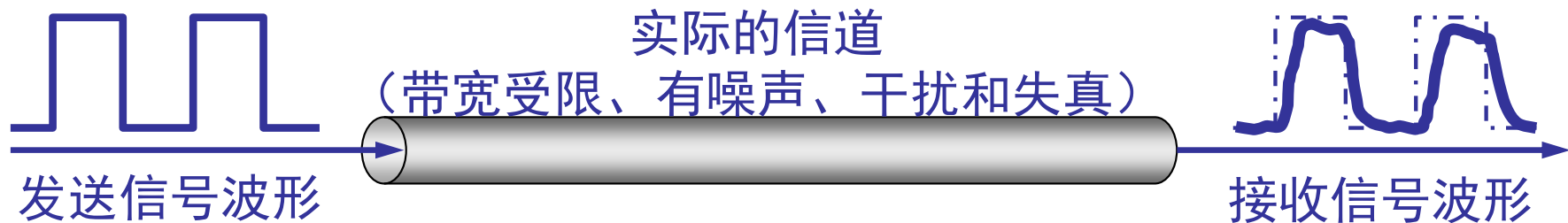


## 2.2 数据通信的基础知识

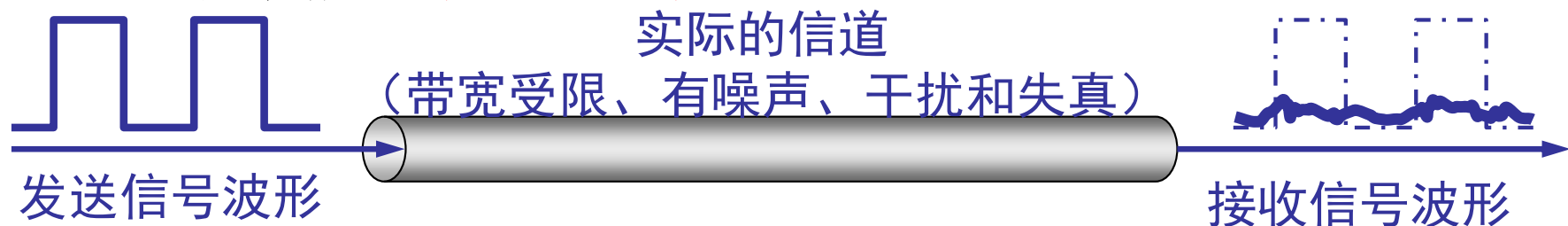
### 三、信道的极限容量

- 信号失真问题

- 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。
  - 有失真，但可识别



- 失真大，无法识别



## 2.2 数据通信的基础知识

### 三、信道的极限容量

- 信道能够通过频率范围
    - 一个信道所能通过的频率范围总是有限的，高频分量往往不能通过信道
    - 接收端收到的信号波形失去了码元之间的清晰界限，即“码间串扰”
    - 奈奎斯特(Nyquist)定理
- 理想低通信道最大数据传输率= $2H \log_2 V$  (bps)
- H ----信道带宽，V----信号电平的级数(信号的状态数)
- 在任何信道中，码元传输的速率是有上限的，否则就会出现码间串扰的问题，使接收端对码元的判决(即识别)成为不可能
  - 信道的频带越宽，能够通过信号高频分量越多，就可以用更高的速率传送码元而不出现码间串扰

**2009年的一道考研题：**

在无噪声情况下，若某通信链路的带宽为3kHz，采用4个相位、每个相位具有4种振幅的QAM调制技术，则该通信链路的最大数据传输速率是：

**A. 12kbps      B. 24kbps      C. 48kbps      D. 96kbps**

## 2.2 数据通信的基础知识

- 信噪比

- 信号的平均功率与噪声的平均功率之比，常记为S/N，以分贝(dB)作为计量单位

$$\text{信噪比} = 10\log_{10}(S/N) \quad (\text{dB})$$

例：S/N=10时，信噪比为10dB；S/N=1000时，30dB

- 1948年，信息论创始人香农(Shannon)推出了香农公式  
信道的极限信息传输速率 C 可表达为：

$$C = W \log_2(1+S/N) \quad \text{b/s}$$

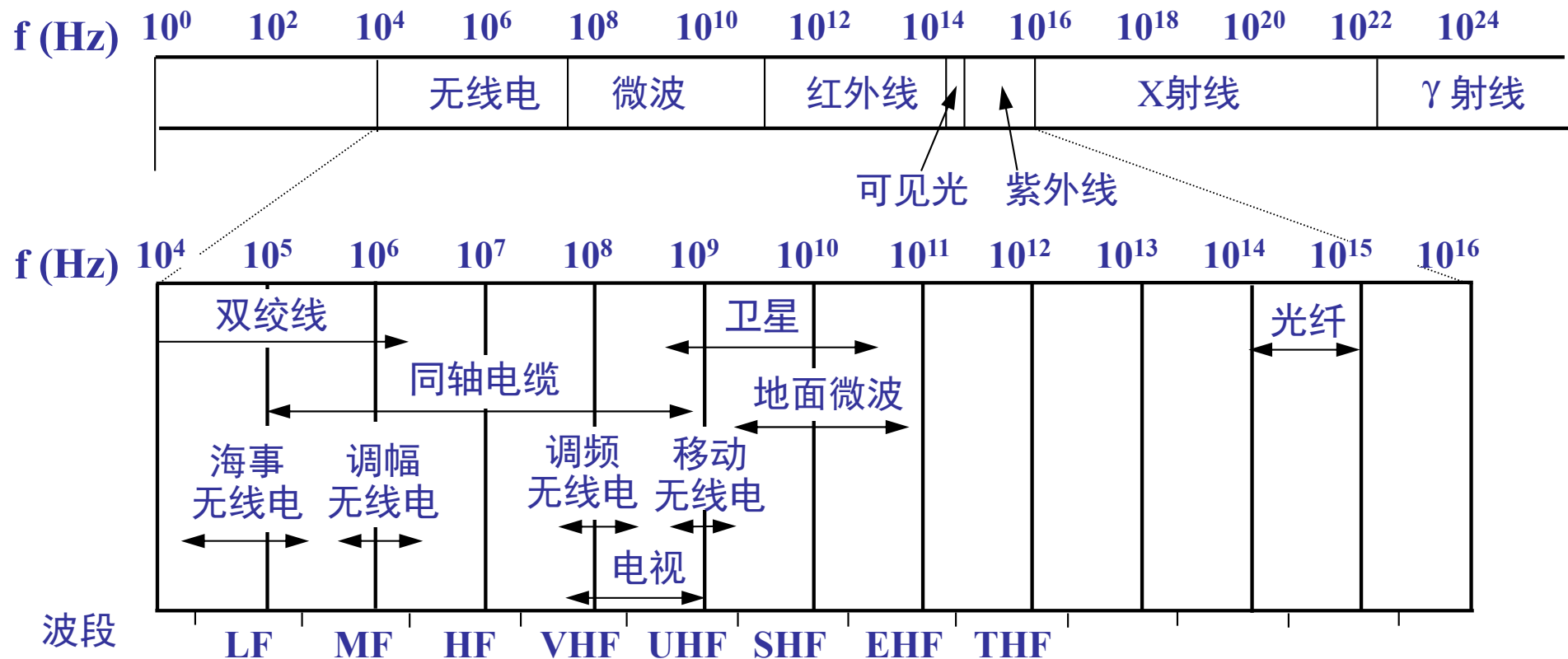
- W：信道带宽(单位：Hz)
- S：信道内所传信号的平均功率
- N：信道内部的高斯噪声功率
- 香农公式表明：信道的带宽或信道中的信噪比越大，则信息的极限传输速率就越高

## **2.3 物理层下面的传输介质**

**media:** 介质、媒体

## 2.3 物理层下面的传输介质

- 传输介质：又称为传输媒体或传输媒介，指数据传输系统中发送器和接收器之间的物理通路
- 传输媒体分为两大类
  - 导引型传输介质
  - 非导引型传输介质

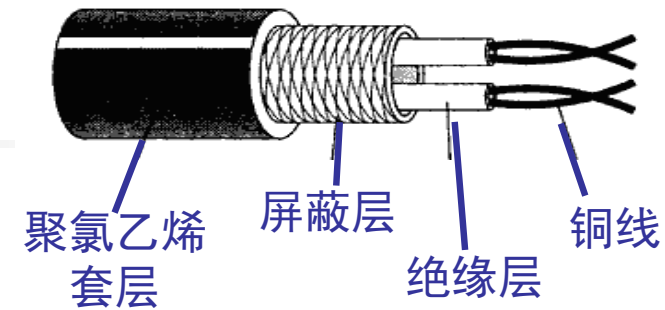


## 2.3 物理层下面的传输介质

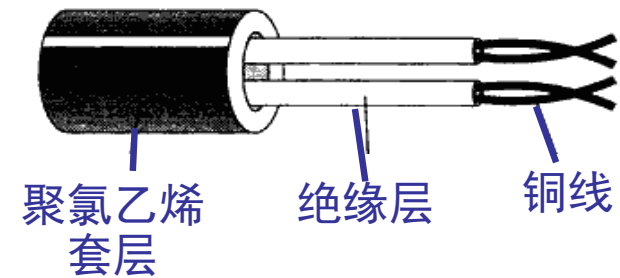
### 一、导引型传输介质(1/3)

#### • 双绞线(**twisted pair**)

- 通过将两根绝缘铜线绞合，减少相互干扰
- 分两类
  - 屏蔽双绞线 STP (Shielded Twisted Pair)
  - 无屏蔽双绞线 UTP (Unshielded Twisted Pair)
- 在网络时代前即广泛应用于电话系统
- 价格便宜，便于安装使用，传输距离较短
- 局域网布线系统常使用8芯非屏蔽双绞线
- 标准EIA/TIA-568中规定了非屏蔽双绞线的类别和带宽



屏蔽双绞线 STP



无屏蔽双绞线 UTP



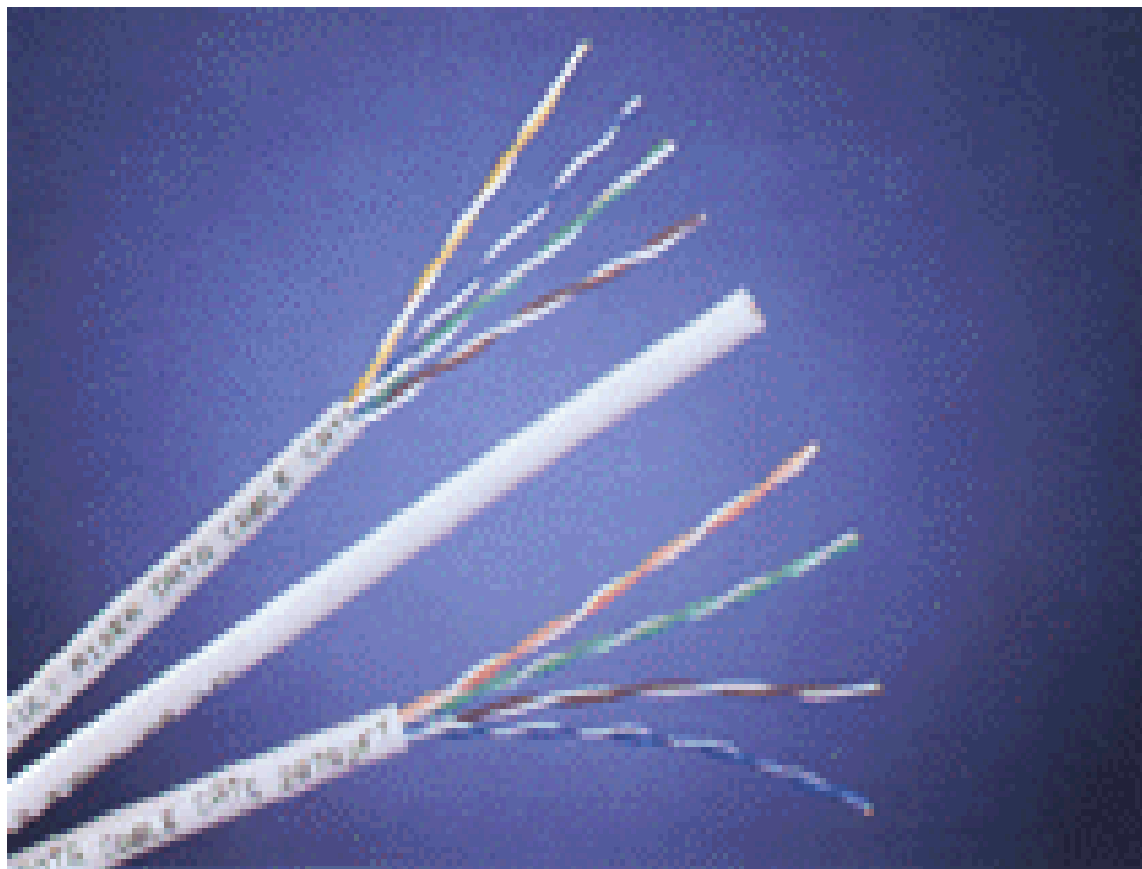
3 类线



5 类线

| 绞合线类别      | 带 宽     | 典 型 应 用                              |
|------------|---------|--------------------------------------|
| 3          | 16 MHz  | 低速网络；模拟电话                            |
| 4          | 20 MHz  | 短距离的 10BASE-T 以太网                    |
| 5          | 100 MHz | 10BASE-T 以太网；某些 100BASE-T 快速以太网      |
| 5E (超 5 类) | 100 MHz | 100BASE-T 快速以太网；某些 1000BASE-T 吉比特以太网 |
| 6          | 250 MHz | 1000BASE-T 吉比特以太网；ATM 网络             |
| 7          | 600 MHz | 可能用于今后的 10 吉比特以太网                    |

# 非屏蔽双绞线

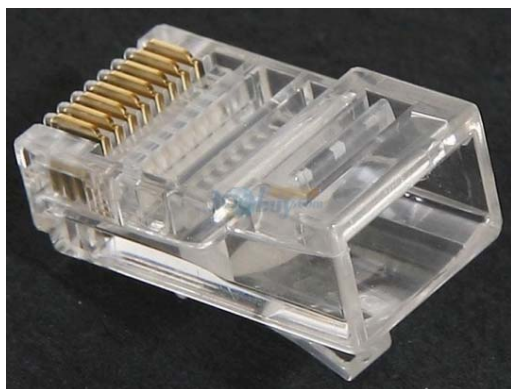






非屏蔽双绞线夹线钳

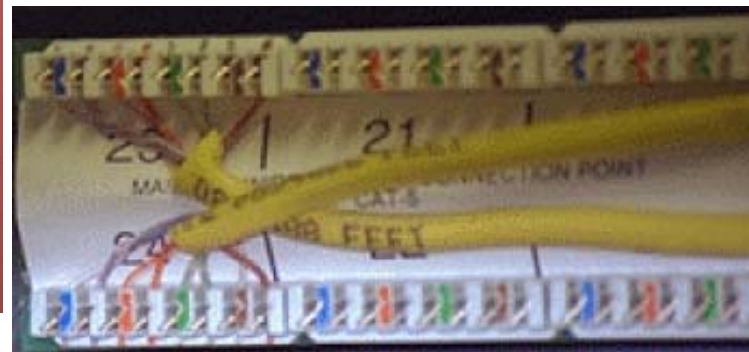
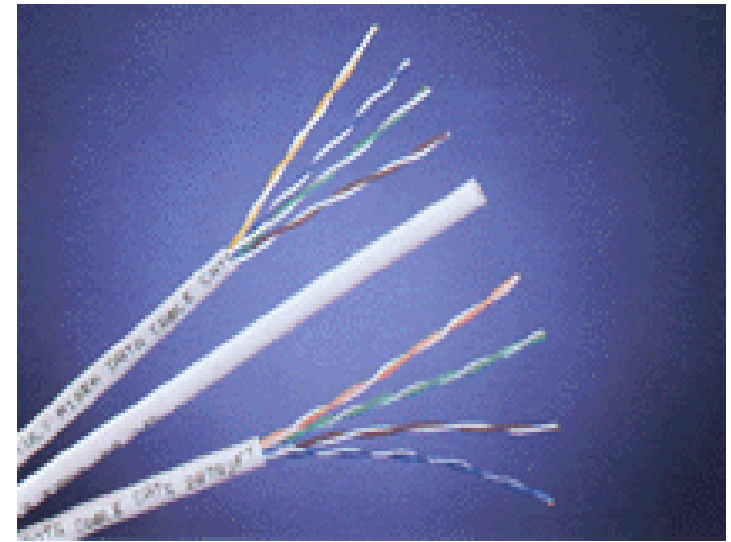
RJ-45插头(水晶头)



非屏蔽双绞线



# 非屏蔽双绞线及布线



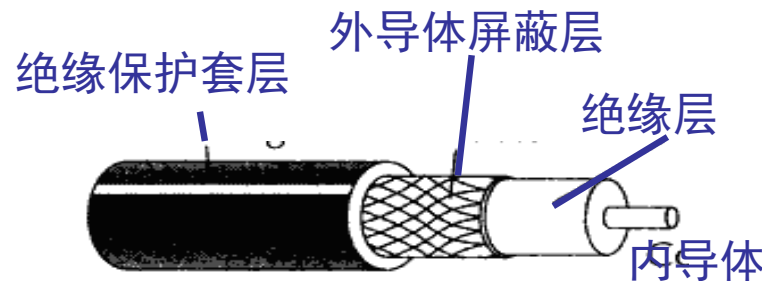
打线工具



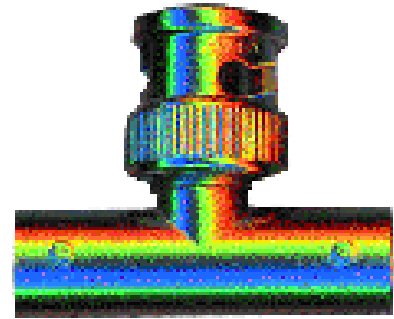
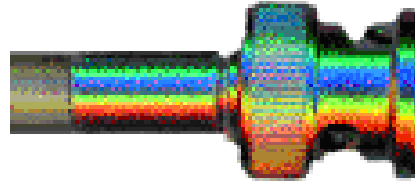
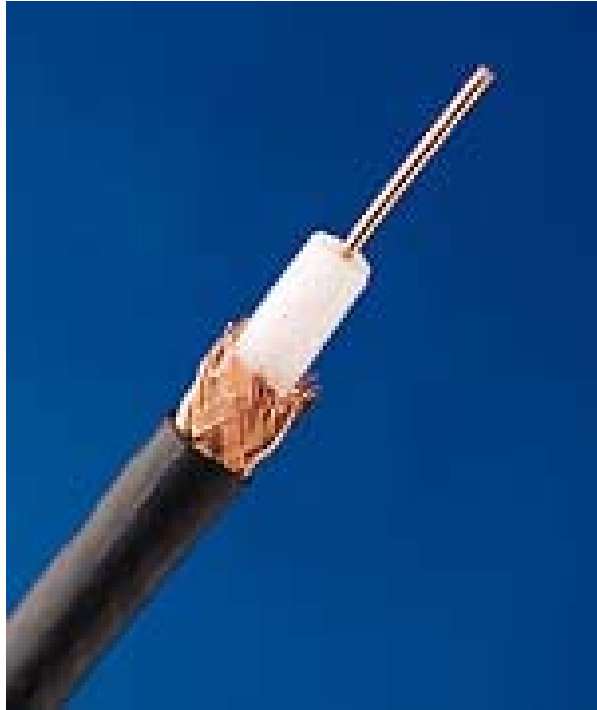
## 2.3 物理层下面的传输介质

### 一、导引型传输介质(2/3)

- 同轴电缆(coaxial cable)
  - 内导体铜质芯线外包裹网状编织的屏蔽层
  - 抗干扰能力和传输速率均高于双绞线，但造价较高，大规模安装使用不便
  - 广泛应用的同轴电缆分为2类
    - 50Ω同轴电缆
    - 75Ω同轴电缆



同轴电缆



同轴电缆

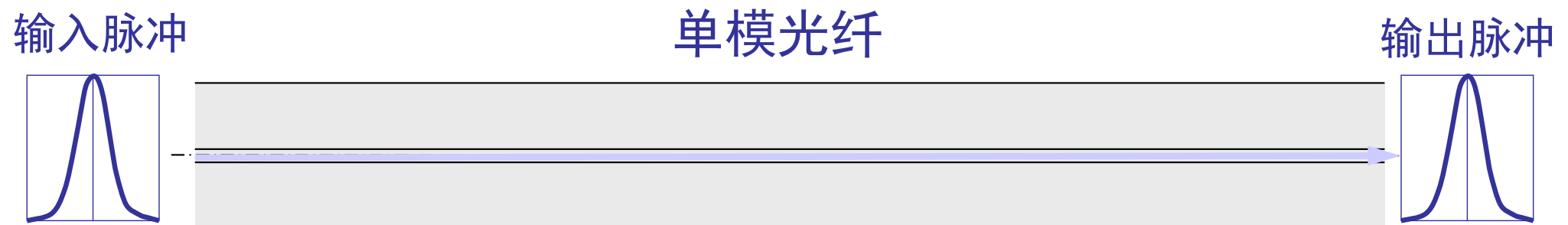
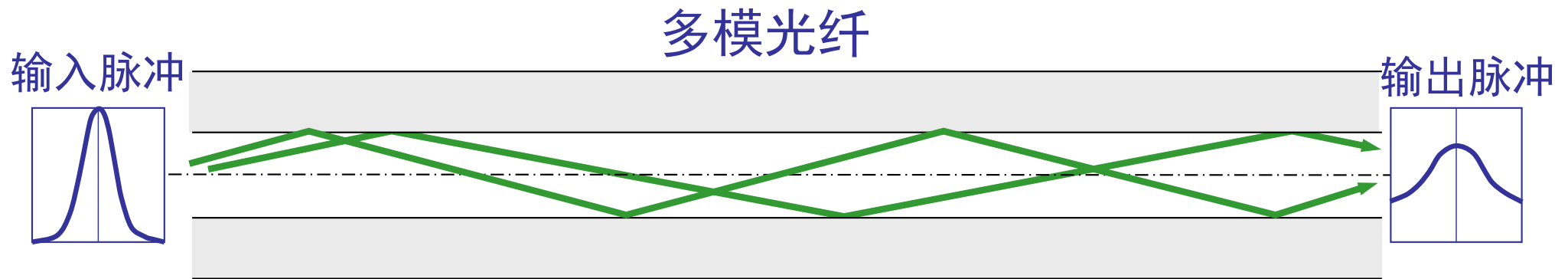
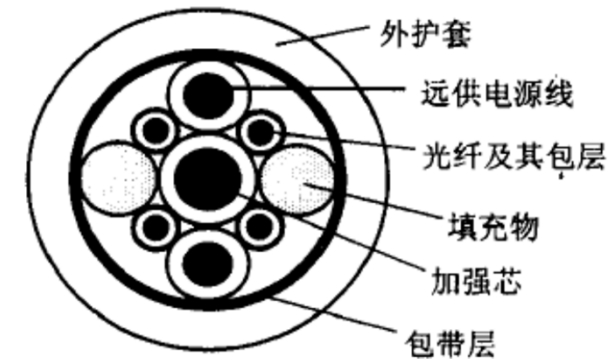
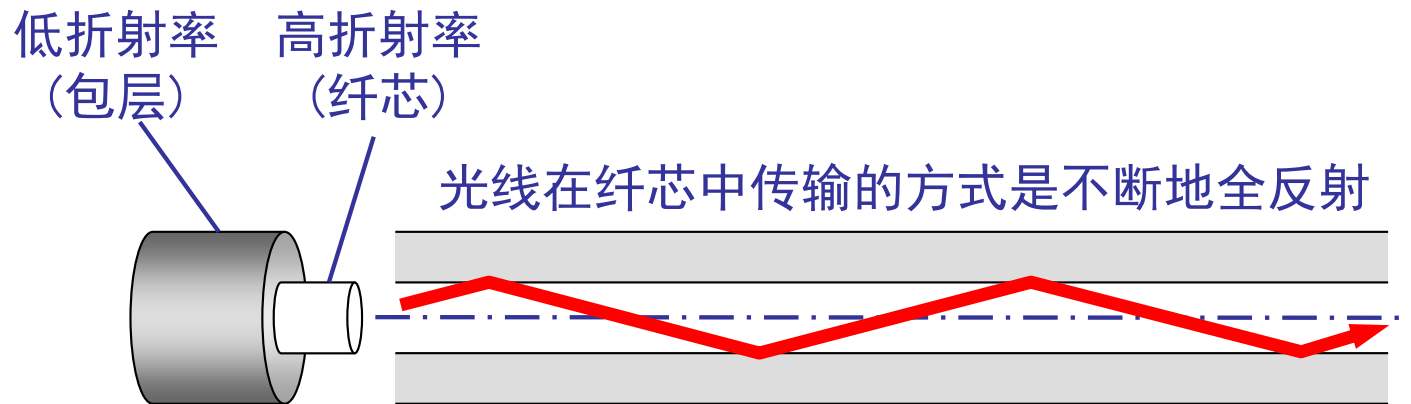
## 2.3 物理层下面的传输介质

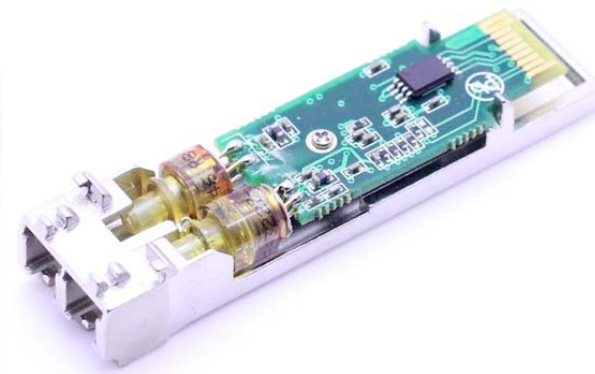
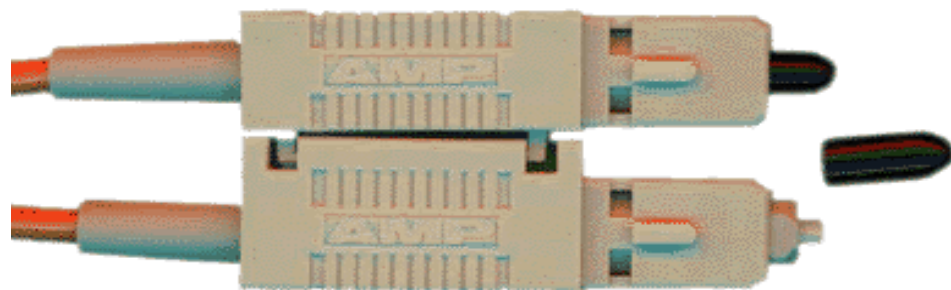
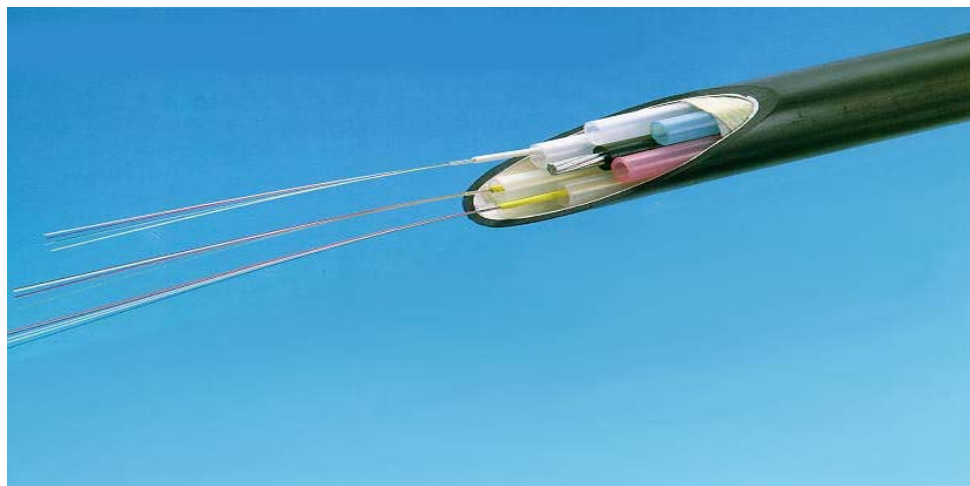
### 一、导引型传输介质(3/3)

- 光纤(fiber optics)

- 光纤由非常透明的石英玻璃拉成细丝，由纤芯和包层构成双层通信圆柱体
- 光纤分为两类
  - 多模(multi-mode)光纤：多条不同入射角度的光线在一条光纤中传输，距离短，成本低
  - 单模(single-mode)光纤：光纤直径=光波波长，光纤成为波导，此时光线沿直线传播，不会反射
- 光纤通信优点
  - 通信容量大
  - 传输损耗小、距离长
  - 抗干扰能力强
  - 保密性好
  - 体积小、重量轻
- 广泛应用于长途干线传输、局域网/城域网的干线、高带宽且高可靠的网络连接(如服务器)
- 缺点
  - 安装较为复杂(光纤连接需专用设备)；需光/电转换；价格？

## 2.3 物理层下面的传输介质



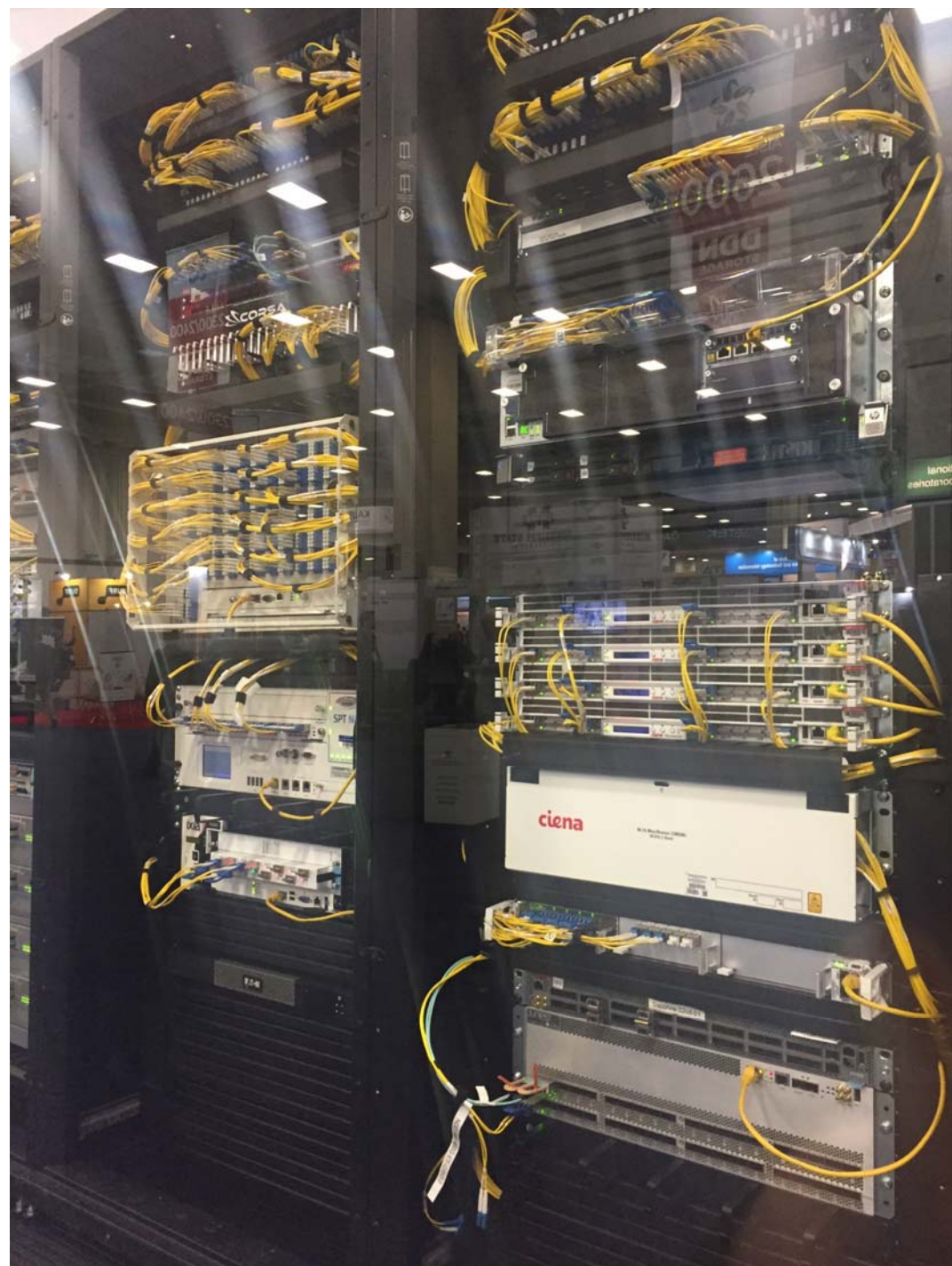
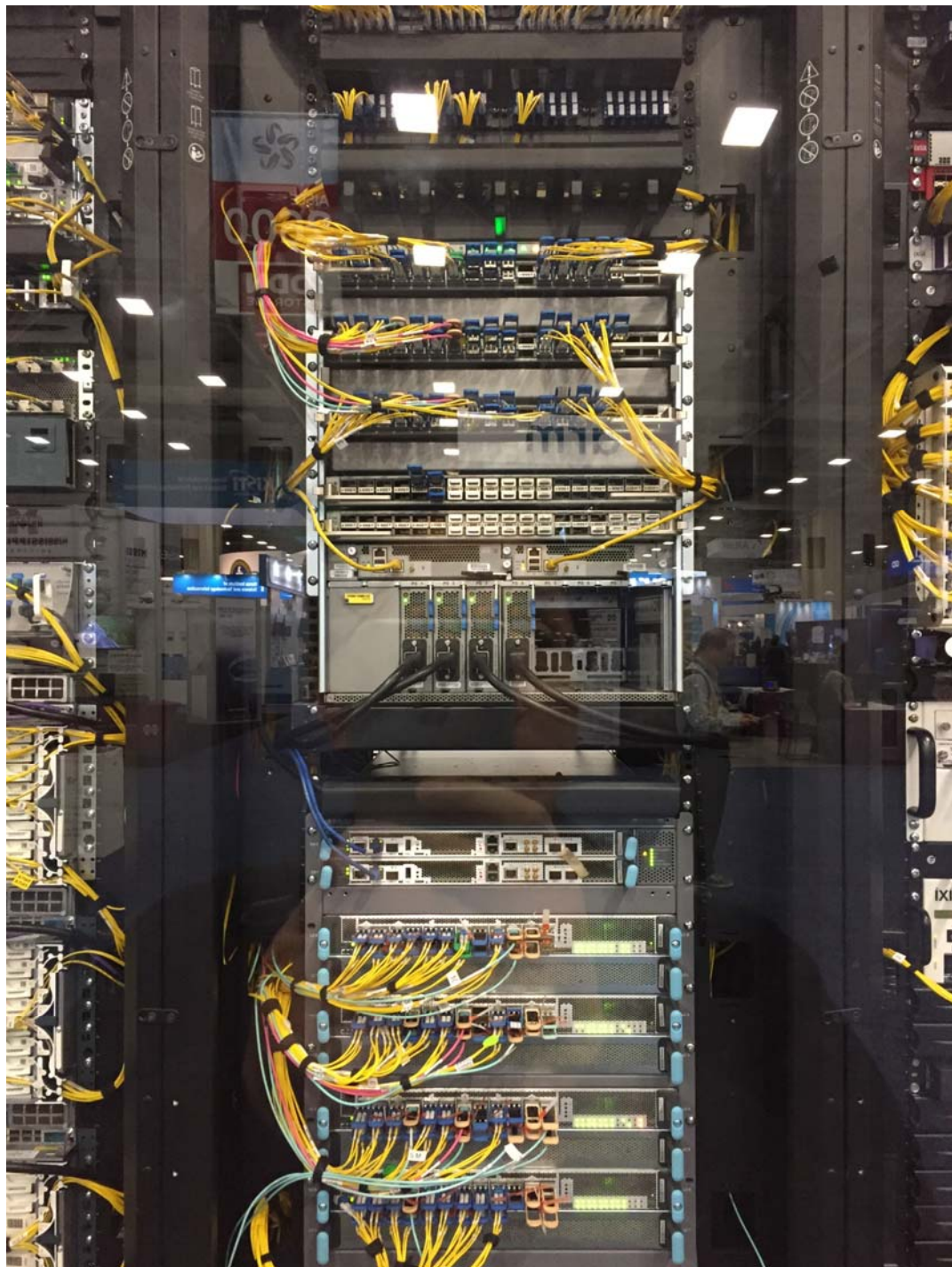


光纤

光纤熔接机

光纤模块(收发器)







## 2.3 物理层下面的传输介质

### 二、非导引型传输介质(1/4)

- 非导引型传输介质指可传播无线电波的自由空间
- 无线通信的适用场合
  - 偏远地区通信
  - 城市中敷设线缆较为困难的场合
  - 移动设备
- 主要分类
  - 短波通信
    - 通过电离层反射，传输距离长，通信质量较差，传输速率低
  - 微波通信及卫星通信
    - 微波频率范围：300MHz—300GHz
    - 频率大于100MHz的电磁波几乎按直线传播，可使用抛物面状天线将能量聚集成束，从而获得极高信噪比
    - 分为地面微波通信和卫星通信



抛物面天线

微波通信使用的天线



全向天线

## 2.3 物理层下面的传输介质

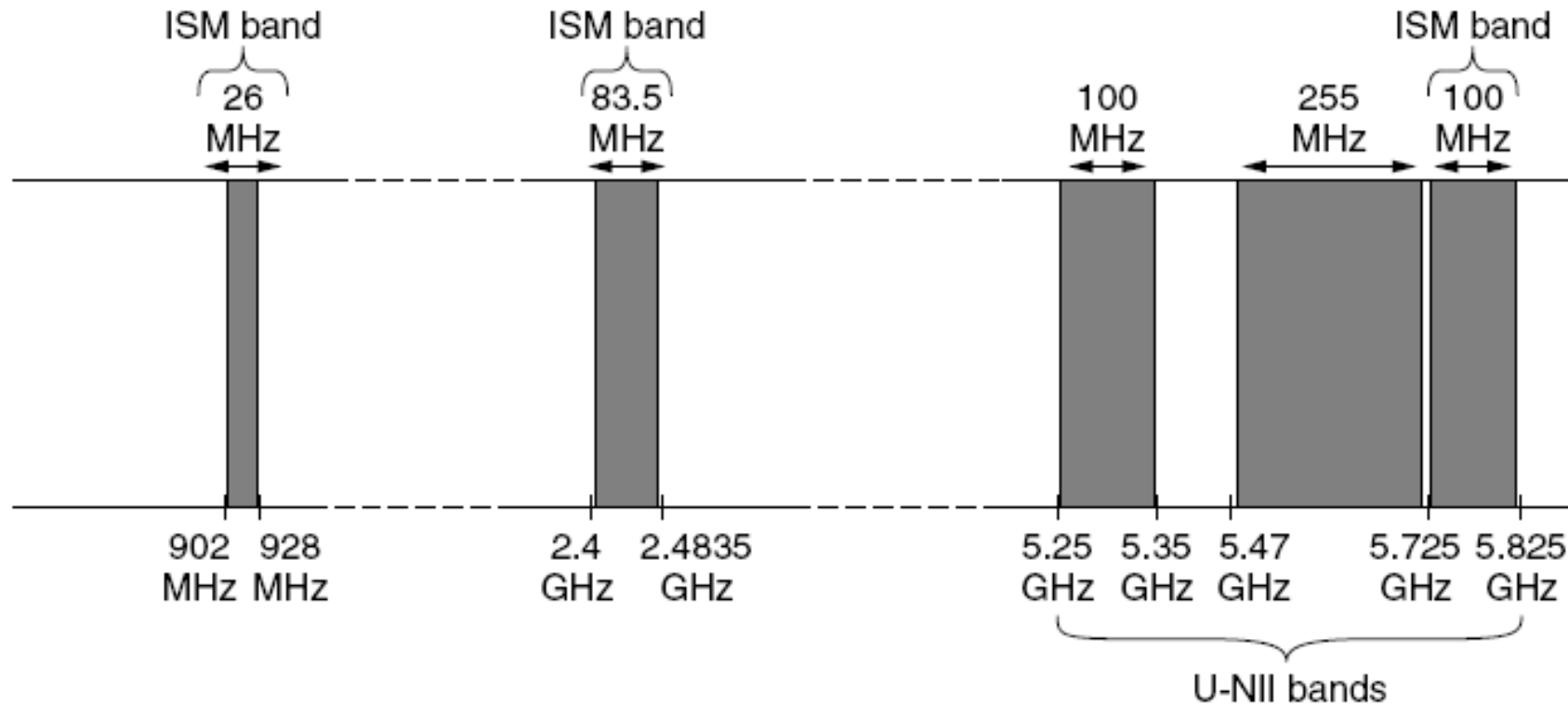
### 二、非导引型传输介质(2/4)

- 地面微波通信
  - 长距离传输时，每隔一定距离需建立中继站，进行接力转发
  - 优点
    - 信道频段范围宽，容量大
    - 在无线通信中抗干扰能力较强
    - 与线缆通信相比，建设速度快、成本低
  - 缺点
    - 相邻站需直视，易受地理或建筑物影响
    - 有时受气候影响(雷电、太阳黑子爆发等)
    - 隐蔽性和保密性较差
    - 中继站维护需消耗人力物力

## 二、非导引型传输介质(3/4)

### • 关于无线频谱政策

- 多数无线频段由政府管理和分配，需获得许可才能使用
  - 电磁波在空间中传播时相互影响，且无线频段范围有限
- 预留了无需许可即可免费使用的频段，即**ISM频段**
  - **ISM---Industrial, Scientific, Medical**
  - 限制：发射功率 < 1Watt
  - 极大地促进了短距离无线通信的应用
  - 使用ISM频段的设备：**WLAN、Bluetooth、无线鼠标、无绳电话、...**



未来可能增加  
60GHz频段用  
于家庭和个人  
无线应用

## 2.3 物理层下面的传输介质

### 二、非导引型传输介质(4/4)

- 卫星通信
  - 通过卫星进行微波信号转发
  - 优点：
    - 通信距离远、覆盖范围广
    - 通信容量较大
  - 传播时延较大，对于地球同步卫星单向时延达**250—300ms**
  - 除地球同步卫星外，低轨道卫星在数据通信领域发展较快
    - 卫星造价和发射成本低
    - 传输距离短，信号衰减小，可与地面手持设备通信
    - 时延较小
- 其他无线通信手段：红外通信、激光通信
  - 易受天气和可见光影响，通常用于近距离或室内通信