

第2章

物理层

2.1 物理层概述

2.2 物理层下面的传输媒体

2.3 传输方式

2.4 编码与调制

2.5 信道的极限容量

2.6 信道复用技术

2.1 物理层概述

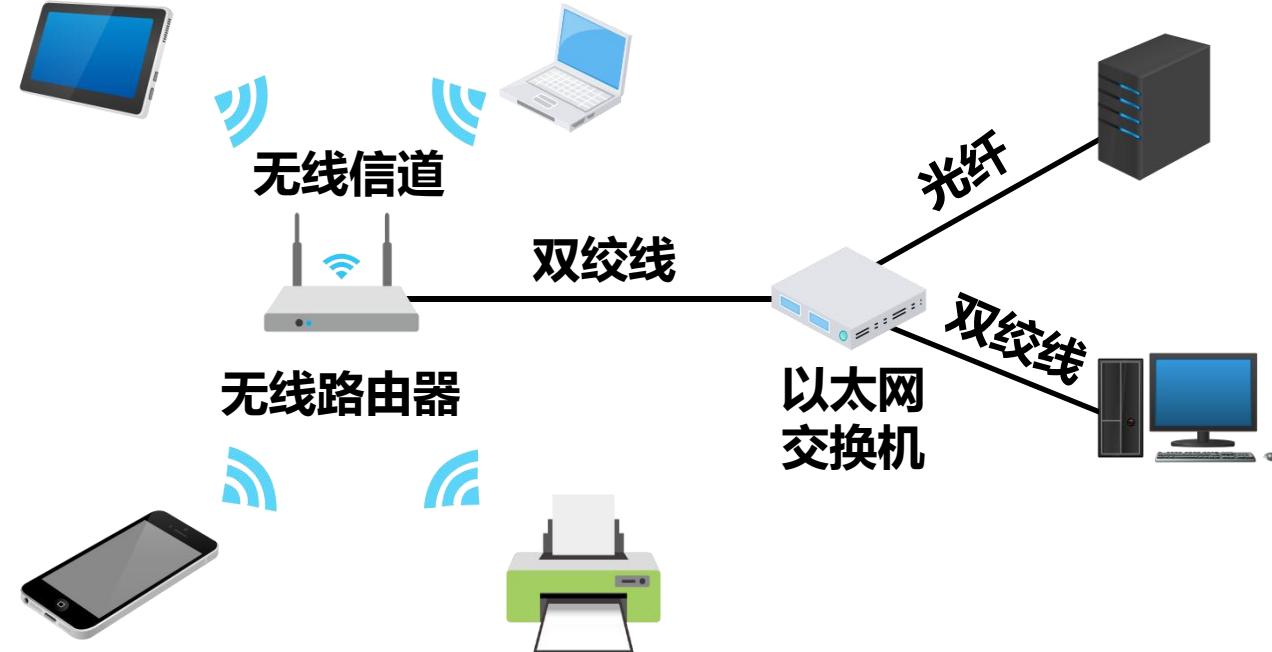
01

物理层要实现的功能

02

物理层接口特性

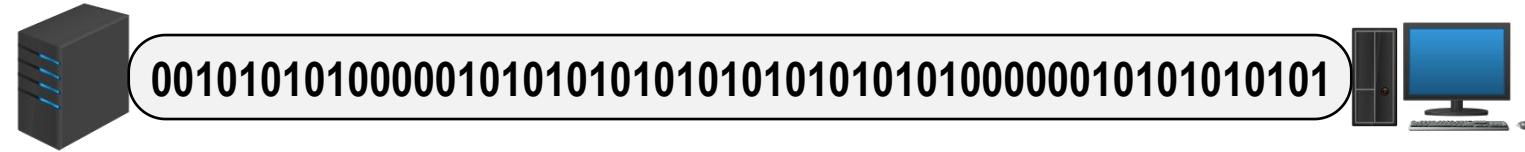
01 物理层要实现的功能



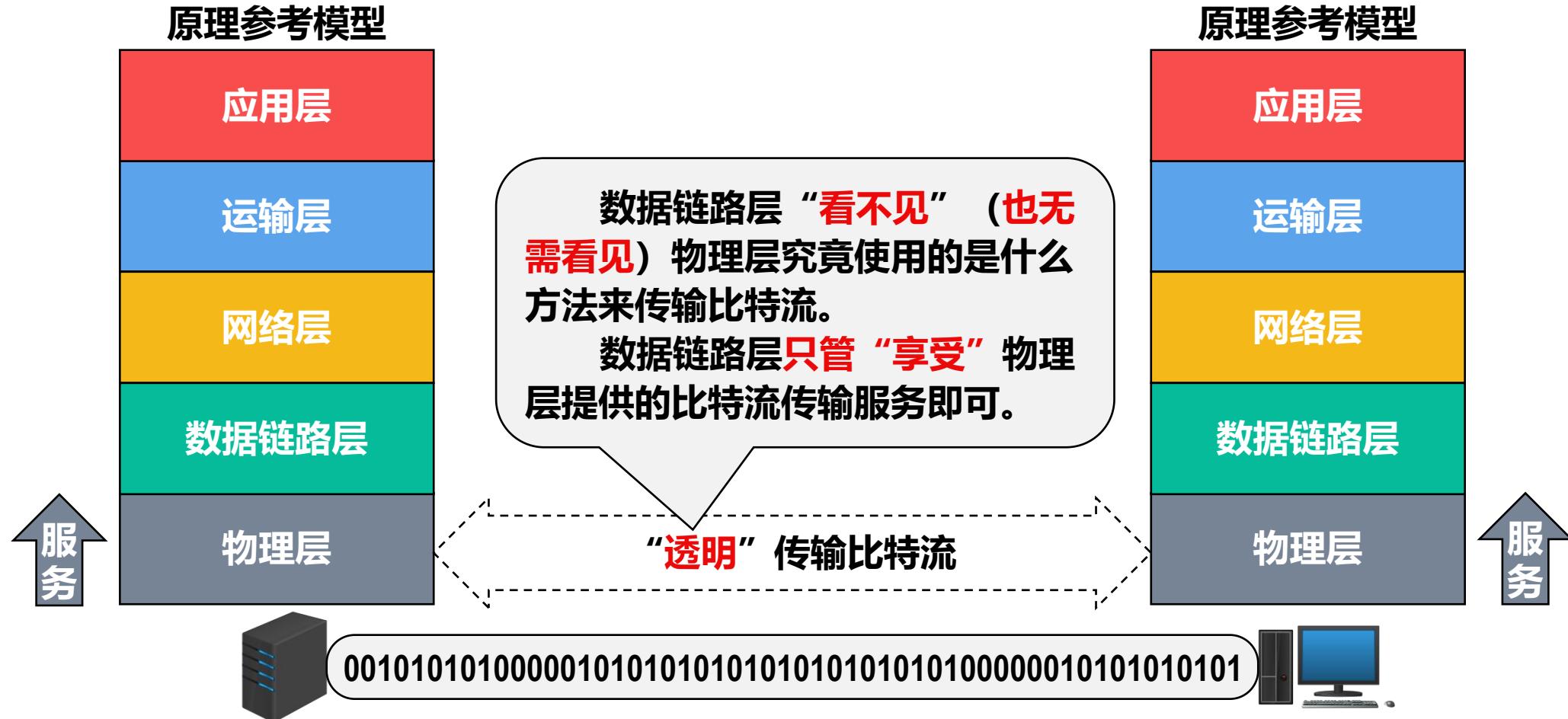
01 物理层要实现的功能



01 / 物理层要实现的功能



01 物理层要实现的功能



02 物理层接口特性

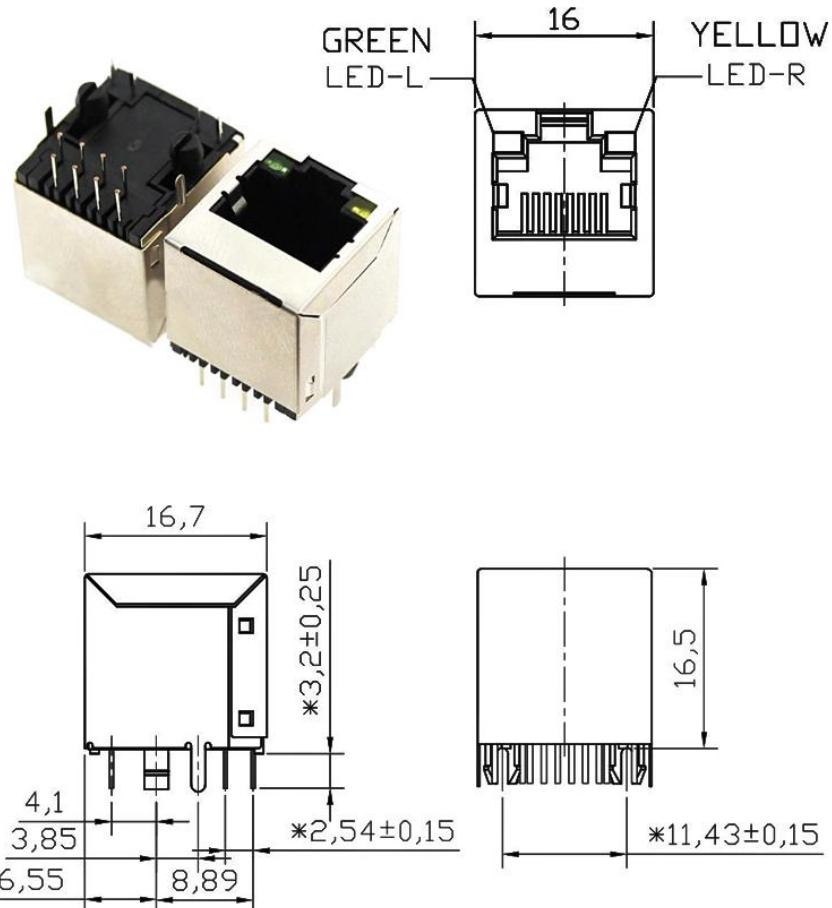
机械特性

- 形状和尺寸
- 引脚数目和排列
- 固定和锁定装置

电气特性

功能特性

过程特性



RJ45插座的机械特性

02 物理层接口特性

机械特性

- 形状和尺寸
- 引脚数目和排列
- 固定和锁定装置

电气特性

- 信号电压的范围
- 阻抗匹配的情况
- 传输速率
- 距离限制

100BASE-T快速以太网的电气特性

发送引脚 (TX) 上的 V_{OUT+} : 950mV ~ 1050mV

发送引脚 (TX) 上的 V_{OUT-} : -1050mV ~ -950mV

使用5类无屏蔽双绞线UTP，在100MHz频率下的特性阻抗为 100Ω

最大传输速率为100Mb/s

单段最大长度为100m

功能特性

过程特性

02 物理层接口特性

机械特性

- 形状和尺寸
- 引脚数目和排列
- 固定和锁定装置

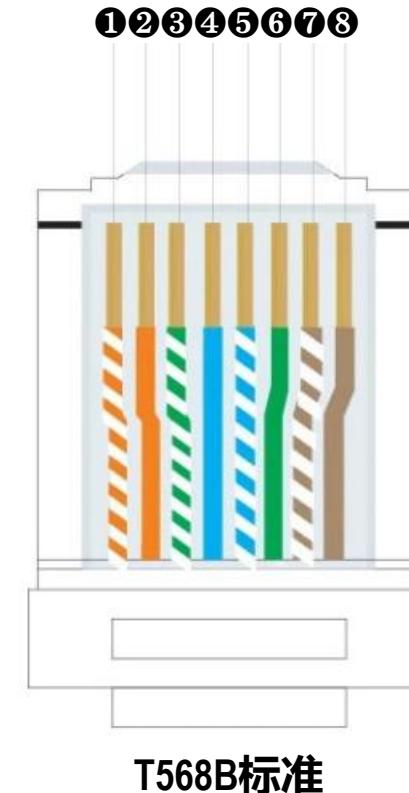
电气特性

- 信号电压的范围
- 阻抗匹配的情况
- 传输速率
- 距离限制

功能特性

- 规定接口电缆的各条信号线的作用

过程特性



| 引脚序号 | 引脚名称 | 描述 |
|------|------|------|
| 1 | TX+ | 数据发送 |
| 2 | TX- | 数据发送 |
| 3 | RX+ | 数据接收 |
| 4 | n/c | 不连接 |
| 5 | n/c | 不连接 |
| 6 | RX- | 数据接收 |
| 7 | n/c | 不连接 |
| 8 | n/c | 不连接 |

02 物理层接口特性

机械特性

- 形状和尺寸
- 引脚数目和排列
- 固定和锁定装置

电气特性

- 信号电压的范围
- 阻抗匹配的情况
- 传输速率
- 距离限制

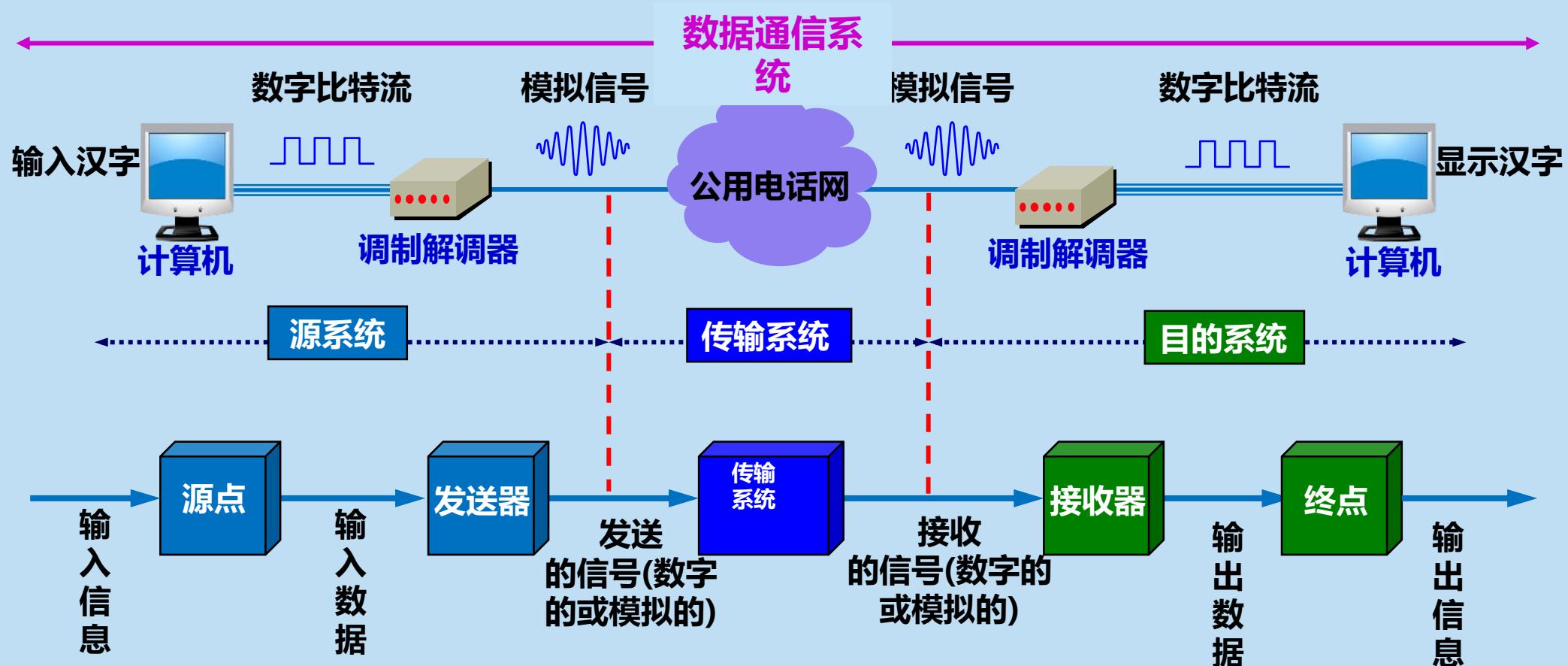
功能特性

- 规定接口电缆的各条信号线的作用

过程特性

- 规定在信号线上上传输比特流的一组操作过程，包括各信号间的时序关系

三大部分：源系统（或发送端、发送方）、传输系统（或传输网络）和目的系统（或接收端、接收方）。



2.2 物理层下面的传输媒体

01

传输媒体的分类

02

导向型传输媒体

03

非导向型传输媒体

01 传输媒体的分类

■ 传输媒体是计算机网络设备之间的物理通路，也称为传输介质或传输媒介。

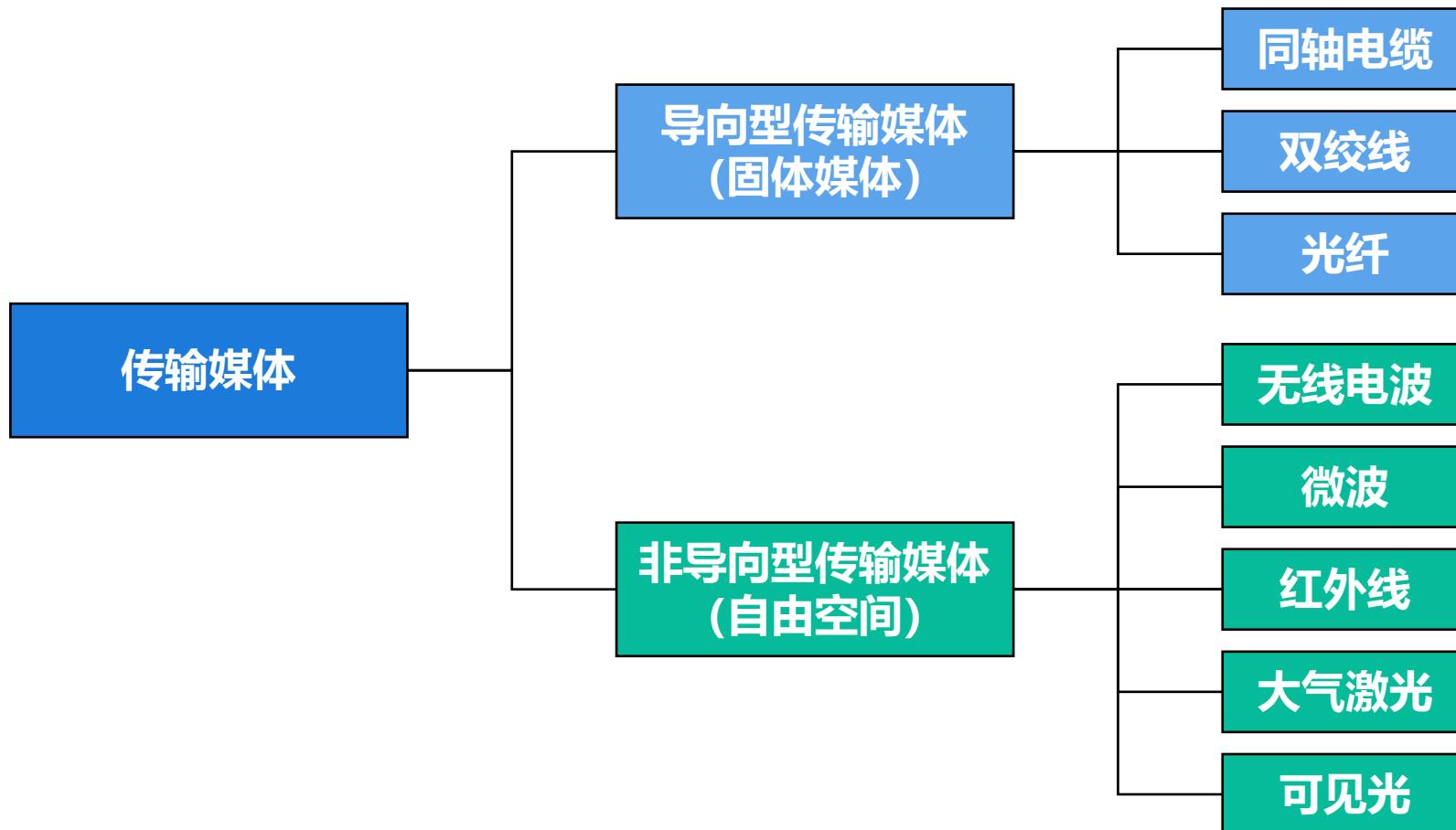
■ 传输媒体并不包含在计算机网络体系结构中。

原理体系结构



01 传输媒体的分类

- 传输媒体是计算机网络设备之间的物理通路，也称为传输介质或传输媒介。
- 传输媒体并不包含在计算机网络体系结构中。



02 导向型传输媒体

同轴电缆

双绞线

光纤



同轴电缆价格较贵且布线不够灵活和方便。随着技术的发展和集线器的出现，在局域网领域基本上都采用双绞线作为传输媒体。

基带同轴电缆 (50Ω)

用于数字传输，在早期局域网中广泛使用。

同轴电缆

宽带同轴电缆 (75Ω)

用于模拟传输，目前主要用于有线电视的入户线。

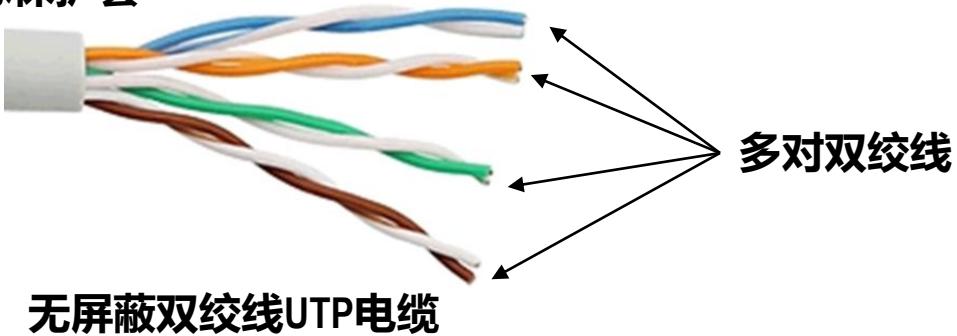
02 导向型传输媒体

同轴电缆

双绞线

光纤

绝缘保护套



02 导向型传输媒体

同轴电缆

双绞线

光纤



- ■ ■ 蓝色和蓝白色线 绞合
- ■ ■ 橙色和橙白色线 绞合
- ■ ■ 绿色和绿白色线 绞合
- ■ ■ 棕色和棕白色线 绞合

绞合的作用

- 减少相邻导线间的电磁干扰
- 抵御部分来自外界的电磁干扰



02 导向型传输媒体

同轴电缆

双绞线

光纤

| 双绞线类别 | 带 宽 | 线缆特点 | 典型应用 |
|----------|--------|---------------|-------------------|
| 3 | 16MHz | 2对4芯双绞线 | 传统以太网10Mb/s；模拟电话 |
| 4 | 20MHz | 4对8芯双绞线 | 曾用于令牌局域网 |
| 5 | 100MHz | 与4类相比增加了绞合度 | 传输速率不超过100Mb/s的应用 |
| 5E (超5类) | 125MHz | 与5类相比衰减更小 | 传输速率不超过1Gb/s的应用 |
| 6 | 250MHz | 与5类相比改善了串扰等性能 | 传输速率高于1Gb/s的应用 |
| 7 | 600MHz | 使用屏蔽双绞线 | 传输速率高于10Gb/s的应用 |



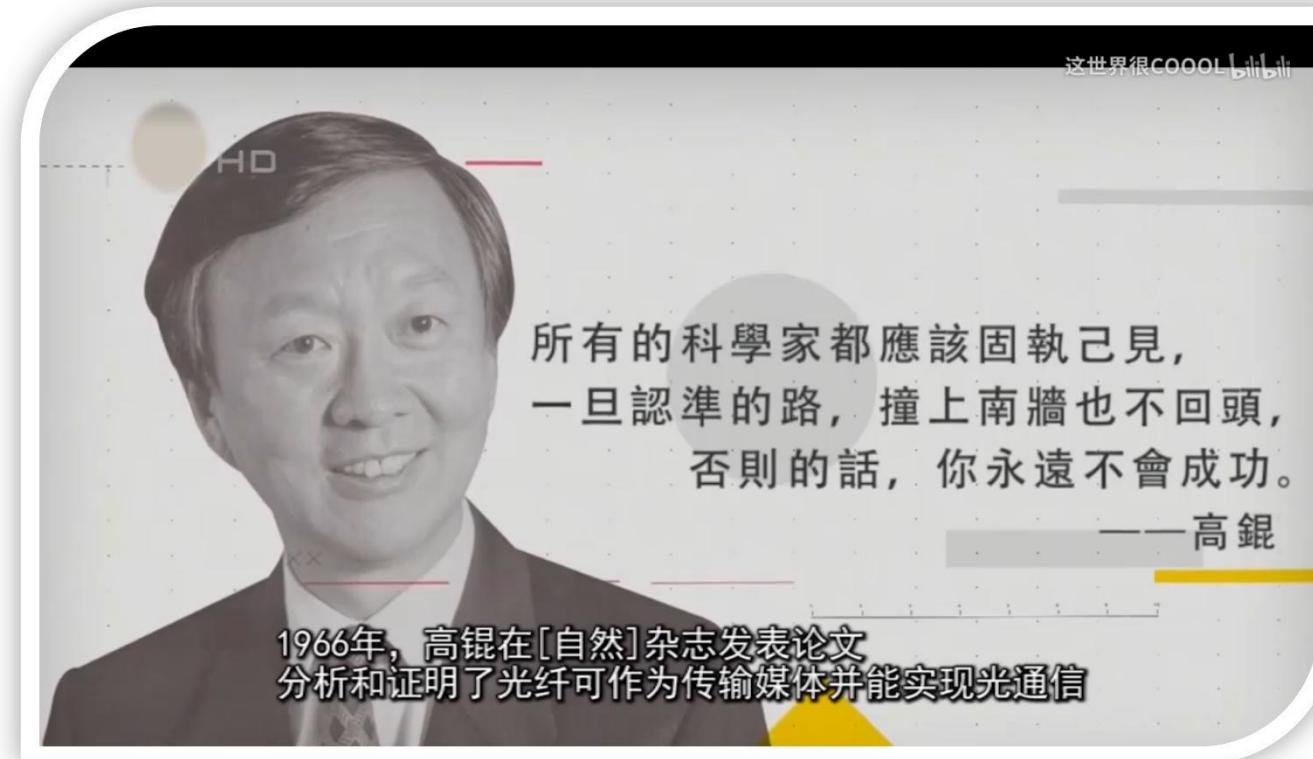
02 导向型传输媒体

同轴电缆

双绞线

光纤

■ 1966年，华裔科学家高锟发表了一篇题为《光频率介质纤维表面波导》的论文，开创性地提出将光导纤维应用于通信的基本原理。



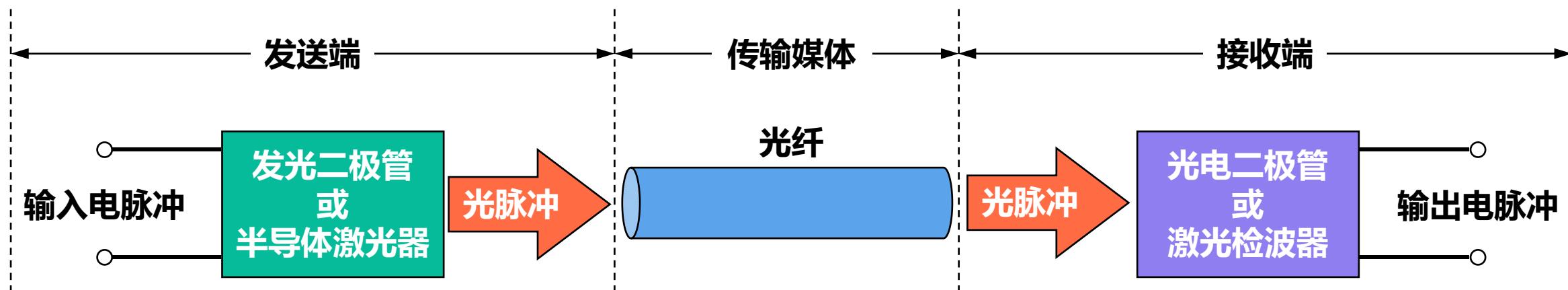
02 导向型传输媒体

同轴电缆

双绞线

光纤

■ 光纤通信利用光脉冲在光纤中的传递来进行通信。由于可见光的频率非常高（约为 10^8 MHz量级），因此一个光纤通信系统的**传输带宽远大于**目前其他各种传输媒体的带宽。



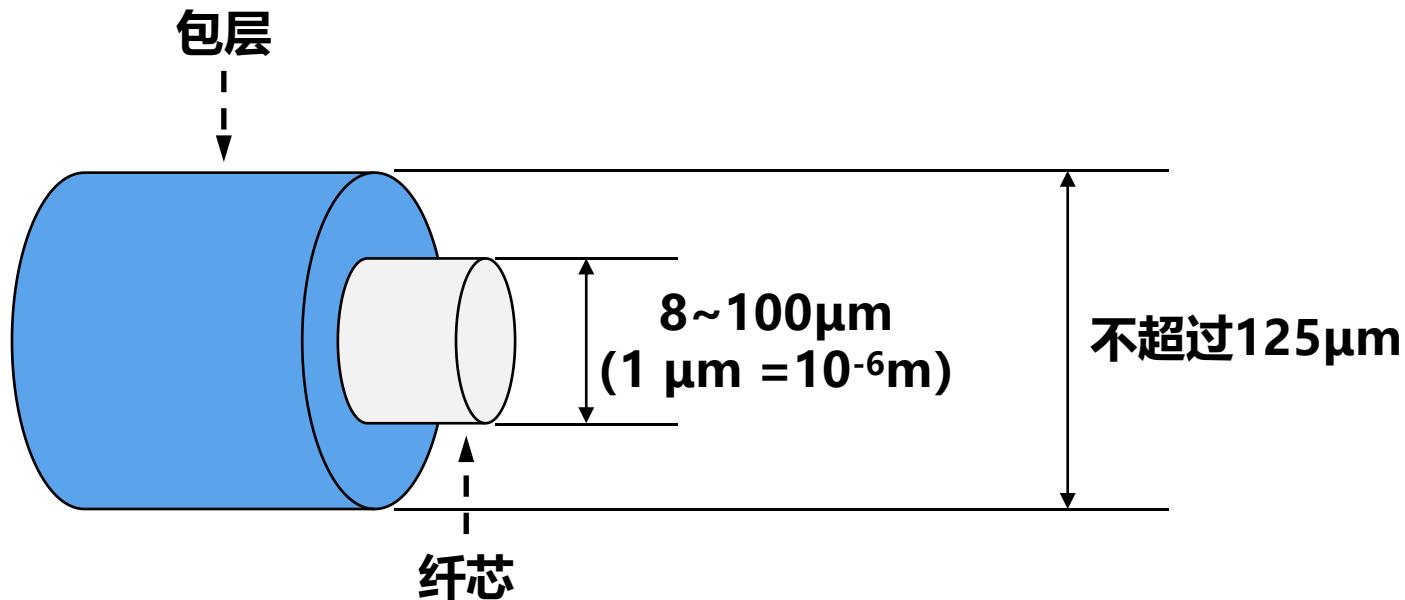
典型光纤通信系统结构示意图

02 导向型传输媒体

同轴电缆

双绞线

光纤

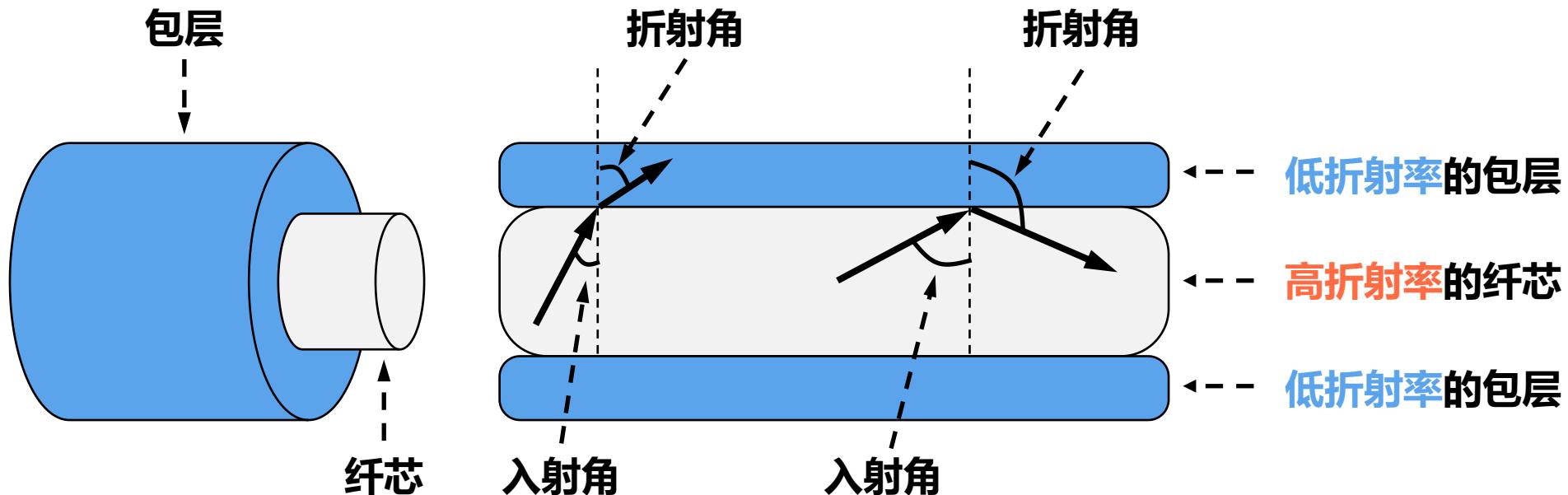


02 导向型传输媒体

同轴电缆

双绞线

光纤



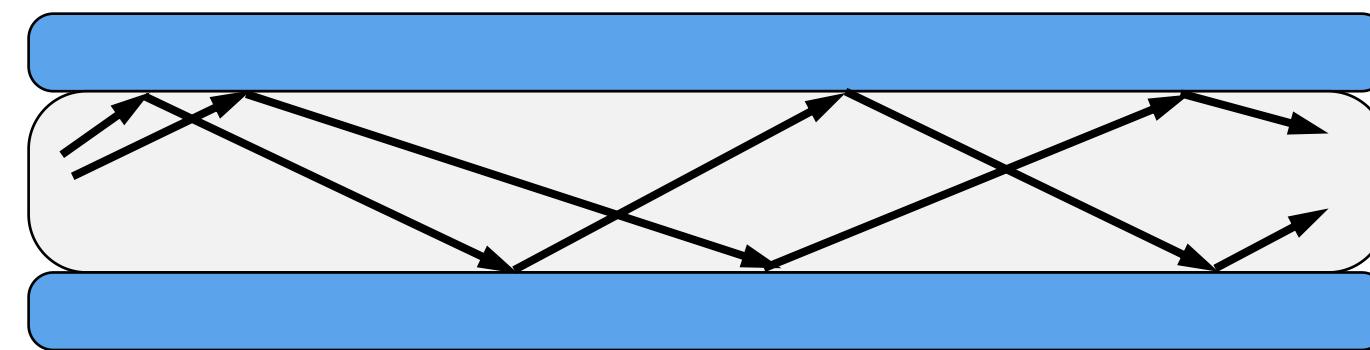
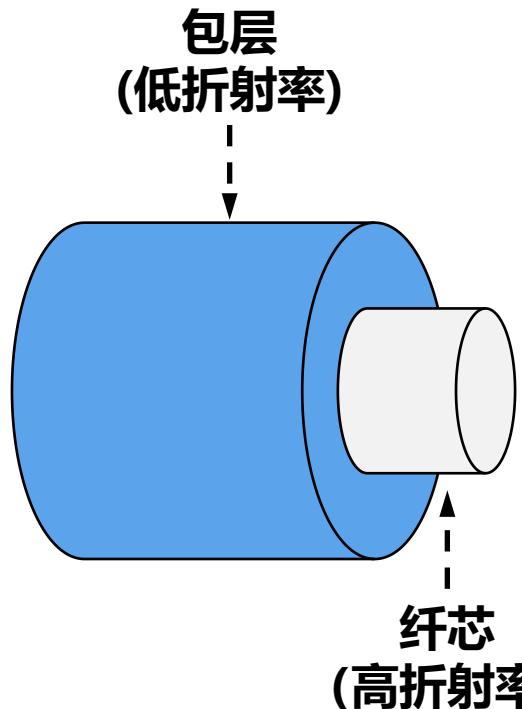
- 当光从高折射率的媒体射向低折射率的媒体时，其折射角大于入射角。
- 如果入射角足够大，就会出现全反射，即光碰到包层时，就会反射回纤芯。

02 导向型传输媒体

同轴电缆

双绞线

光纤



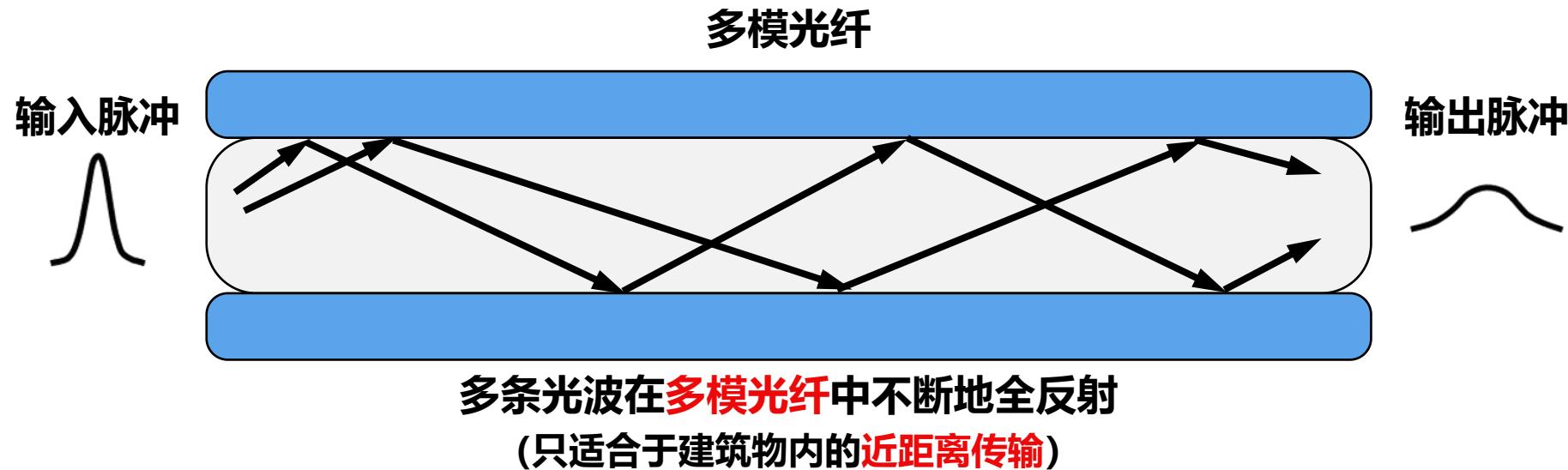
多条光波在**多模光纤**中不断地全反射

02 导向型传输媒体

同轴电缆

双绞线

光纤



02 导向型传输媒体

同轴电缆

双绞线

光纤

■ 在光纤通信中，常用的三个光波波段的**中心波长**分别为

- 850nm 衰减较大，但其他特性较好
 - 1300nm 衰减较小
 - 1550nm 衰减较小
- } 25000~30000GHz的带宽
光纤的**通信容量很大**

■ 常用的光纤规格有

- 单模光纤 8/125μm、9/125 μm、10/125μm
- 多模光纤 50/125μm (欧洲标准) , 62.5/125 μm (美国标准)

02 导向型传输媒体

同轴电缆

双绞线

光纤

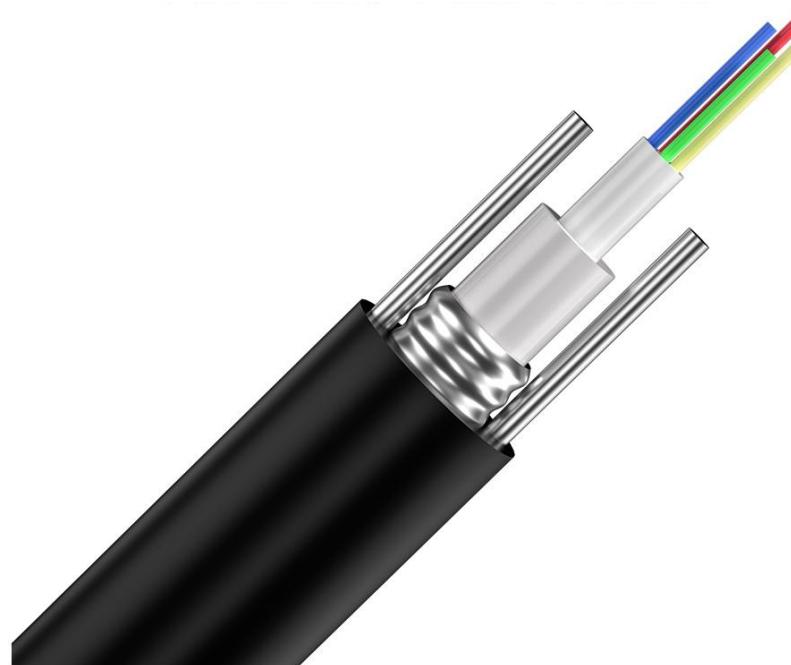
| 光 纤 | 波 长 | 传 输 速 率 | 传 输 距 离 |
|---------------------|--------|---------|---------|
| G.652单模光纤 (纤芯直径9μm) | 1550nm | 2.5Gb/s | 100km |
| | | 10Gb/s | 60km |
| | | 40Gb/s | 4km |
| G.655单模光纤 (纤芯直径9μm) | 1550nm | 2.5Gb/s | 390km |
| | | 10Gb/s | 240km |
| | | 40Gb/s | 16km |
| 普通多模光纤 (纤芯直径50μm) | 850nm | 1Gb/s | 550m |
| | | 10Gb/s | 250m |
| 普通多模光纤 (纤芯直径62.5μm) | 850nm | 1Gb/s | 275m |
| | | 10Gb/s | 100m |
| 新型多模光纤 (纤芯直径50μm) | 850nm | 1Gb/s | 1100m |
| | | 10Gb/s | 550m |

02 导向型传输媒体

同轴电缆

双绞线

光纤



- 光纤
- 松套管
- 平行双钢丝
- 阻水层
- 钢塑复合带
- PE护套

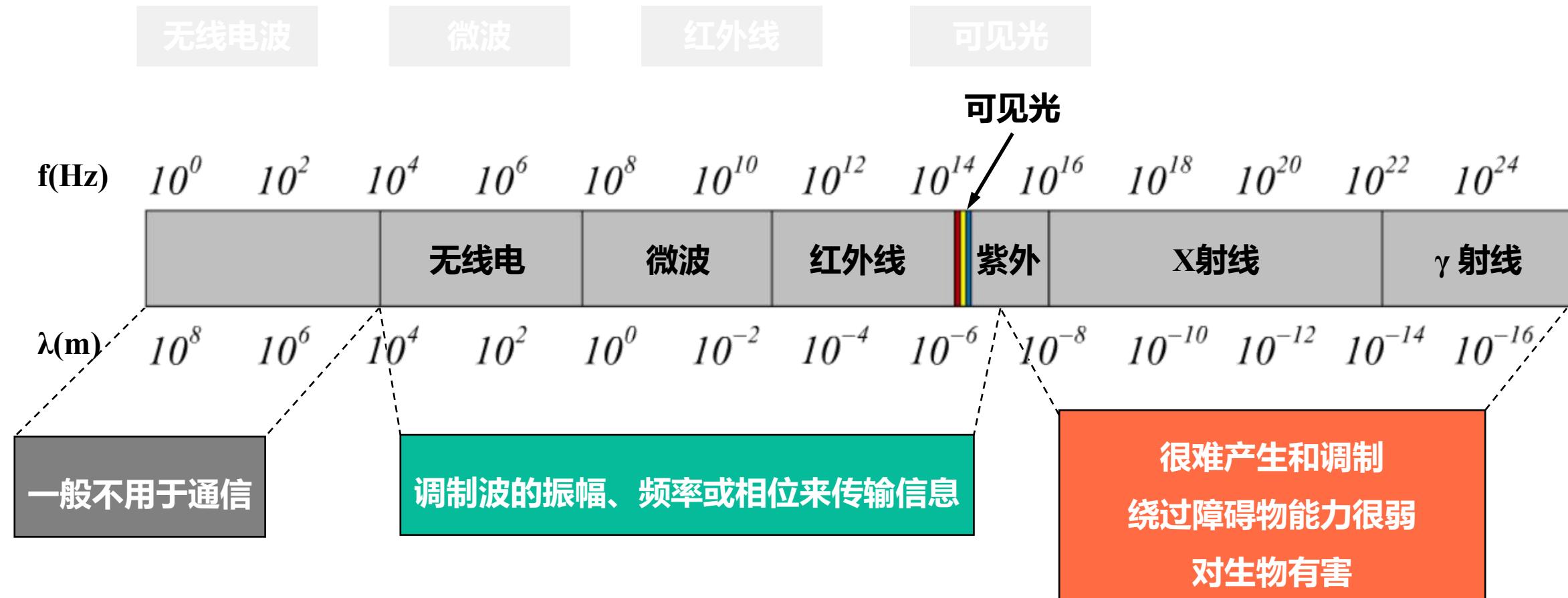
光纤的优点

- 通信容量非常大
- 抗雷电和电磁干扰性能好
- 传输损耗小，中继距离长
- 无串音干扰，保密性好
- 体积小，重量轻

光纤的缺点

- 切割光纤需要较贵的专用设备
- 目前光电接口还比较昂贵

03 非导向型传输媒体



03 非导向型传输媒体

无线电波

微波

红外线

可见光

国际电信联盟ITU对无线电频谱和波段的划分

| 波段号 | 名称 | 缩写 | 频率范围 | 波长范围 | 波段名称 | 用途 | |
|-----|-----|-----|---------------|-------------|------|------|-----------------------|
| 5 | 低频 | LF | 30 ~ 300kHz | 1 ~ 10km | 长波 | 无线电波 | 国际广播, 全向信标 |
| 6 | 中频 | MF | 300 ~ 3000kHz | 100 ~ 1000m | 中波 | | 调幅广播, 全向信标, 海事及航空通讯 |
| 7 | 高频 | HF | 3 ~ 30MHz | 10 ~ 100m | 短波 | | 短波民用电台 |
| 8 | 甚高频 | VHF | 30 ~ 300MHz | 1 ~ 10m | 米波 | | 调频广播, 电视广播, 航空通讯 |
| 9 | 特高频 | UHF | 300 ~ 3000MHz | 10 ~ 100cm | 分米波 | 微波 | 电视广播, 无线电话, 无线网络, 微波炉 |
| 10 | 超高频 | SHF | 3 ~ 30GHz | 1 ~ 10cm | 厘米波 | | 无线网络, 雷达, 人造卫星接收 |
| 11 | 极高频 | EHF | 30 ~ 300GHz | 1 ~ 10mm | 毫米波 | | 雷达, 射电天文, 遥感, 人体扫描安检仪 |

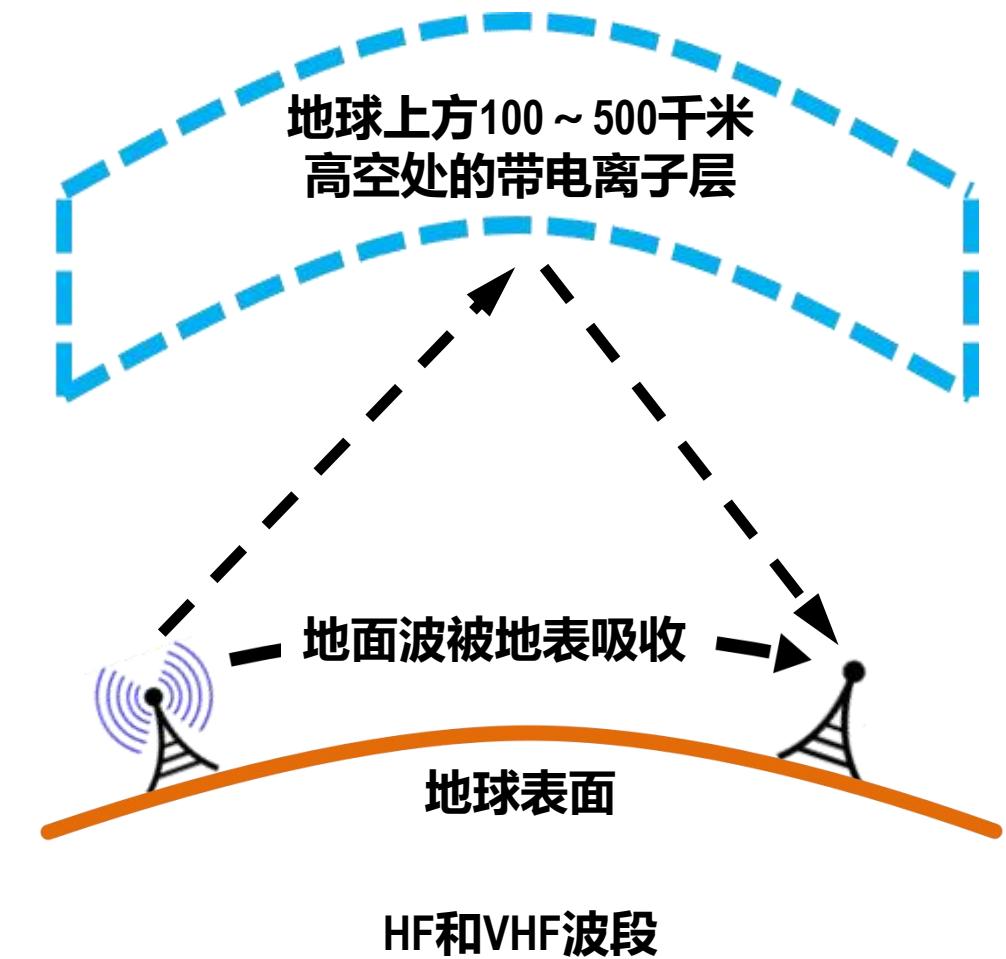
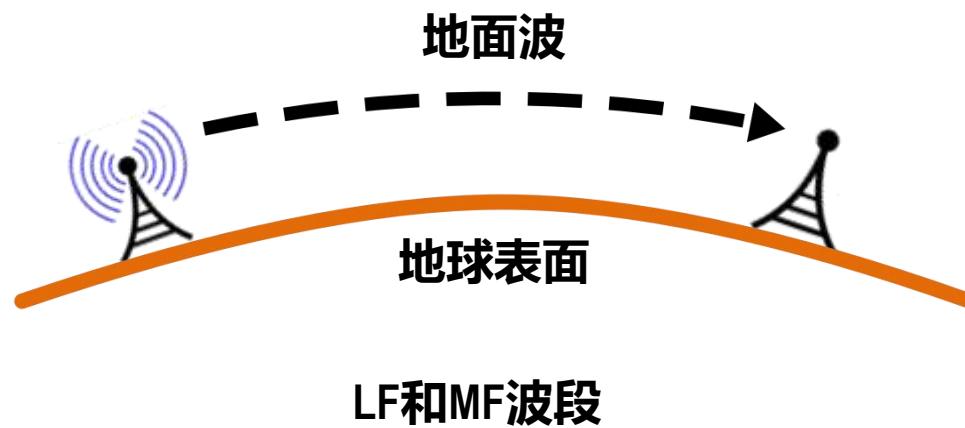
03 非导向型传输媒体

无线电波

微波

红外线

可见光



03 非导向型传输媒体

无线电波

微波

红外线

可见光



地面微波接力通信示意图

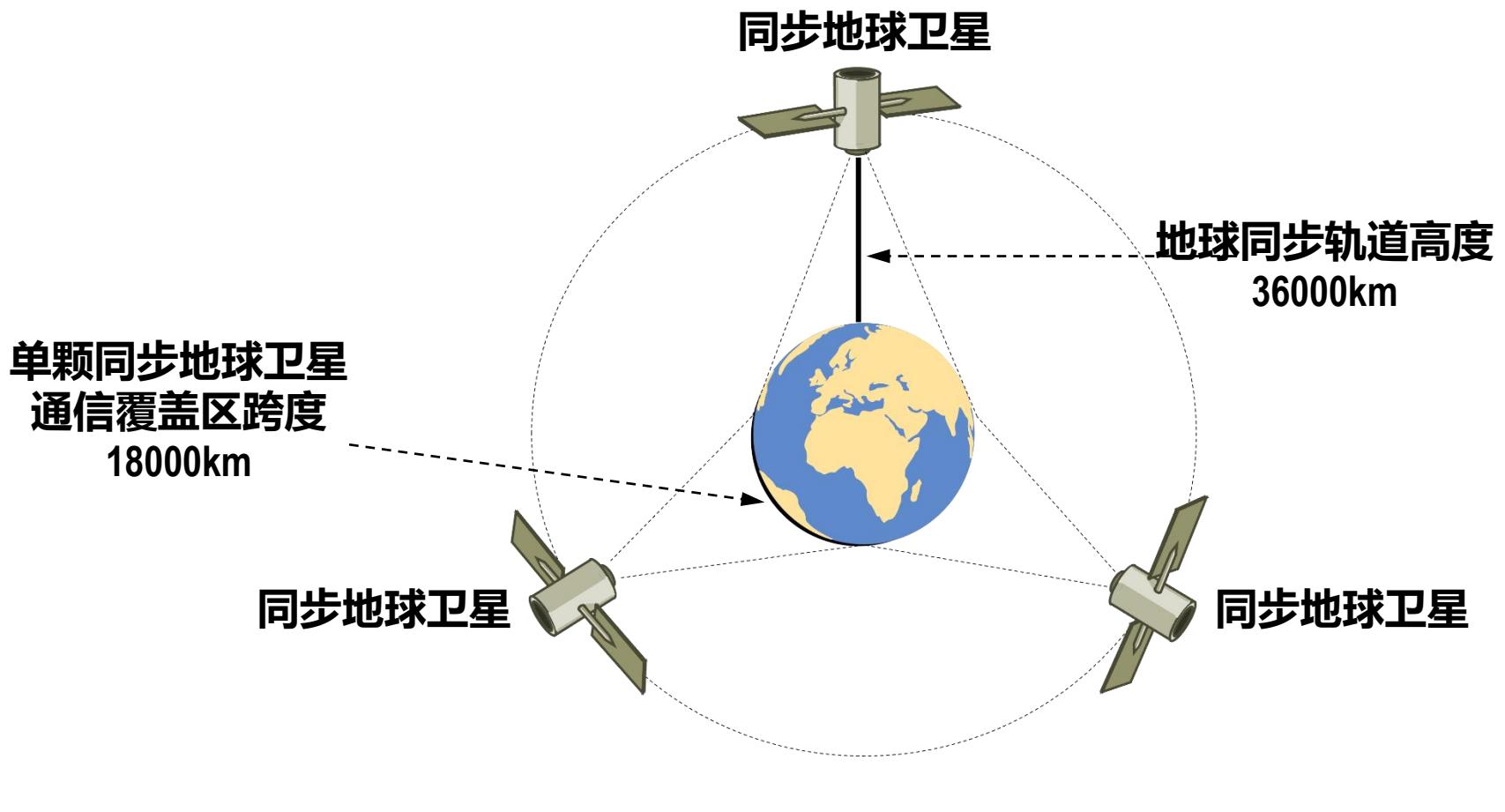
03 非导向型传输媒体

无线电波

微波

红外线

可见光



中、低轨道人造卫星
700 ~ 1500km

03 非导向型传输媒体

无线电波

微波

红外线

激光

可见光



电视遥控器



空调遥控器

03 非导向型传输媒体

无线电波

微波

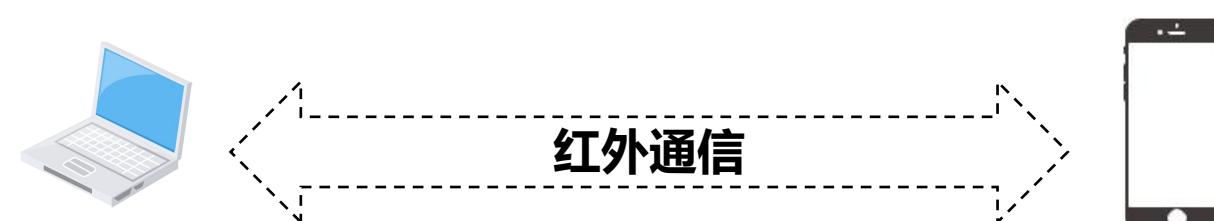
红外线

激光

可见光



- 点对点无线传输
- 直线传输，中间不能有障碍物，传输距离短
- 传输速率低 (4Mb/s ~ 16Mb/s)



03 非导向型传输媒体

无线电波

微波

红外线

可见光

优酷

互联网时代

2.3 传输方式

01

串行传输和并行传输

02

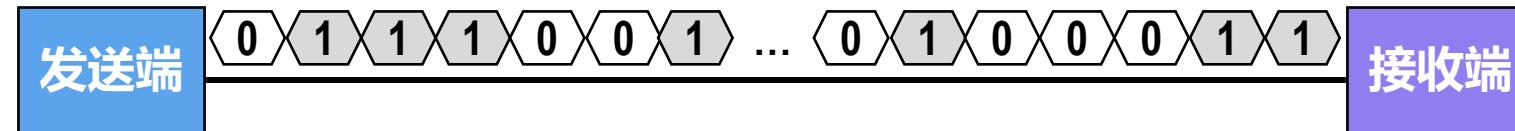
同步传输和异步传输

03

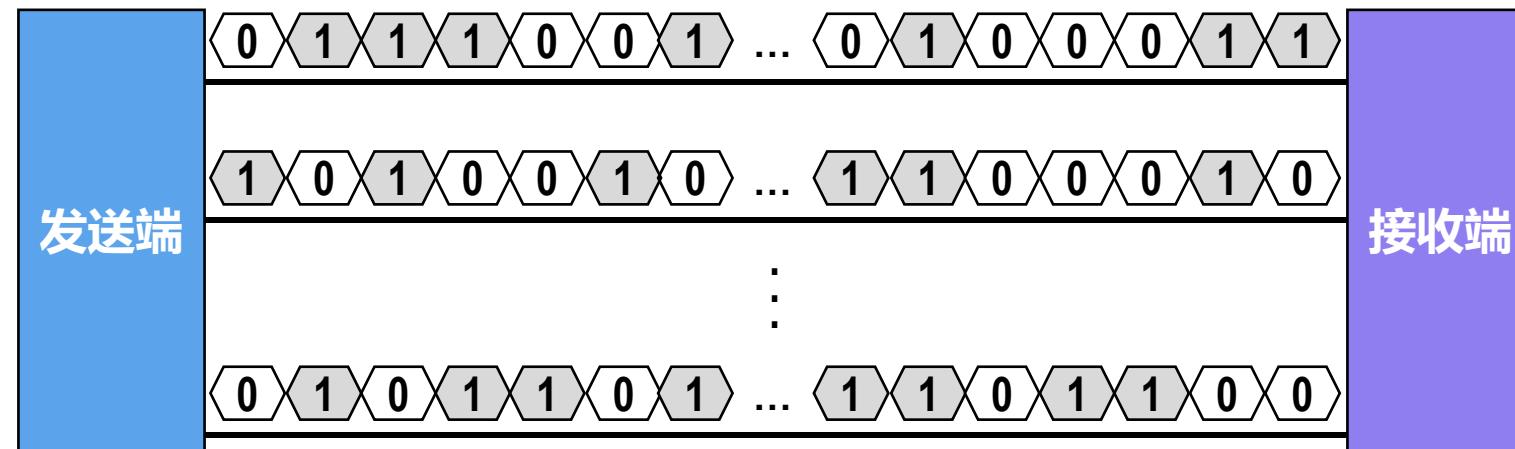
单向通信、双向交替通信和双向同时通信

01 串行传输和并行传输

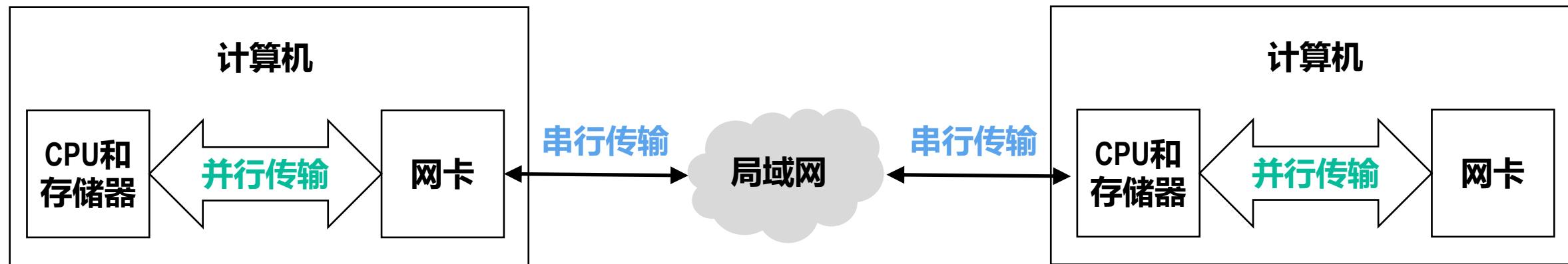
串行传输



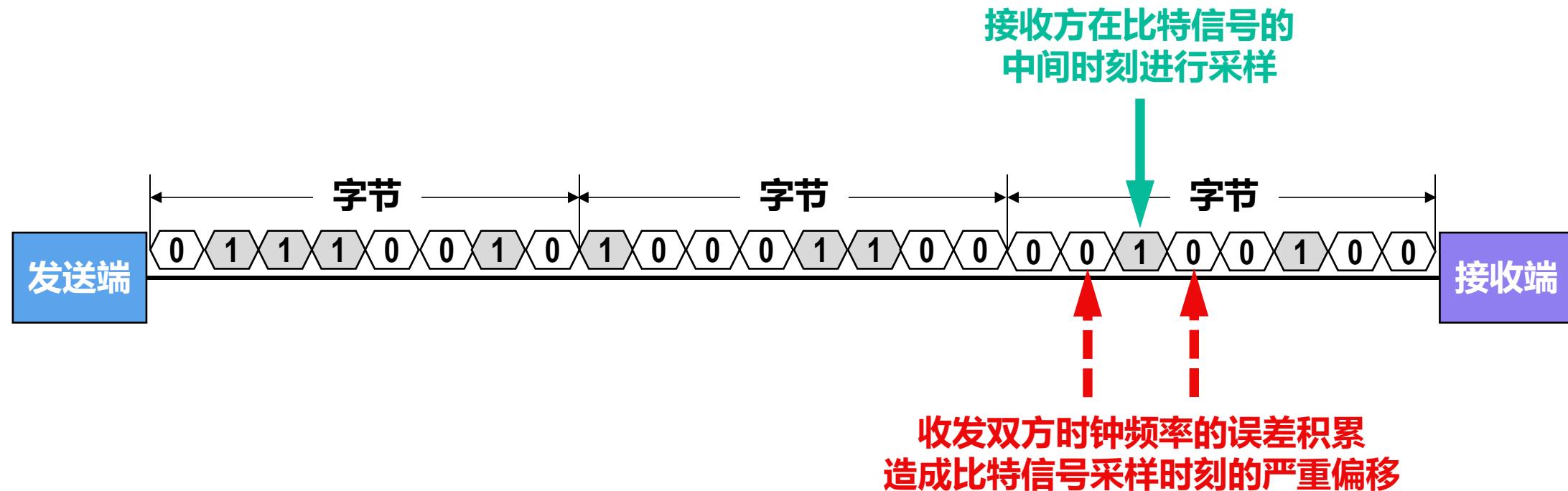
并行传输



01 串行传输和并行传输



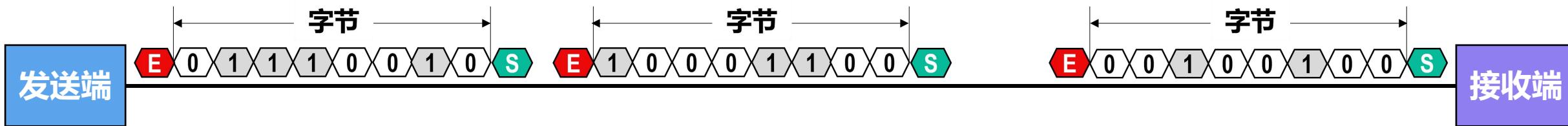
02 同步传输和异步传输



■ 收发双方时钟同步的方法

- 外同步**: 在收发双方之间增加一条时钟信号线。
- 内同步**: 发送端将时钟信号编码到发送数据中一起发送 (例如曼彻斯特编码)。

02 同步传输和异步传输



- 字节之间异步，即字节之间的时间间隔不固定。
- 字节中的每个比特仍然要同步，即各比特的持续时间是相同的。

03 单向通信、双向交替通信和双向同时通信

单向通信
(单工)



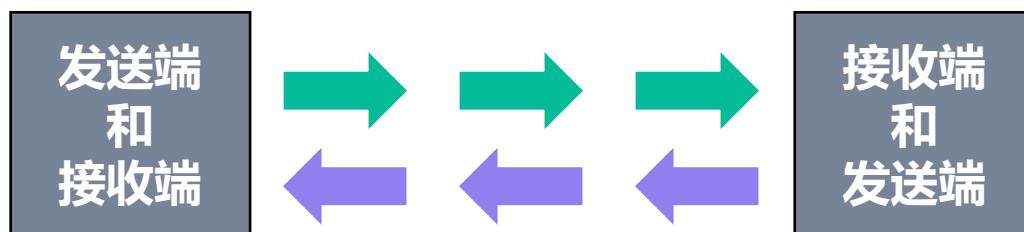
无线电广播

双向交替通信
(半双工)



对讲机

双向同时通信
(全双工)



手机