



计算机网络

第 2 章 物理层

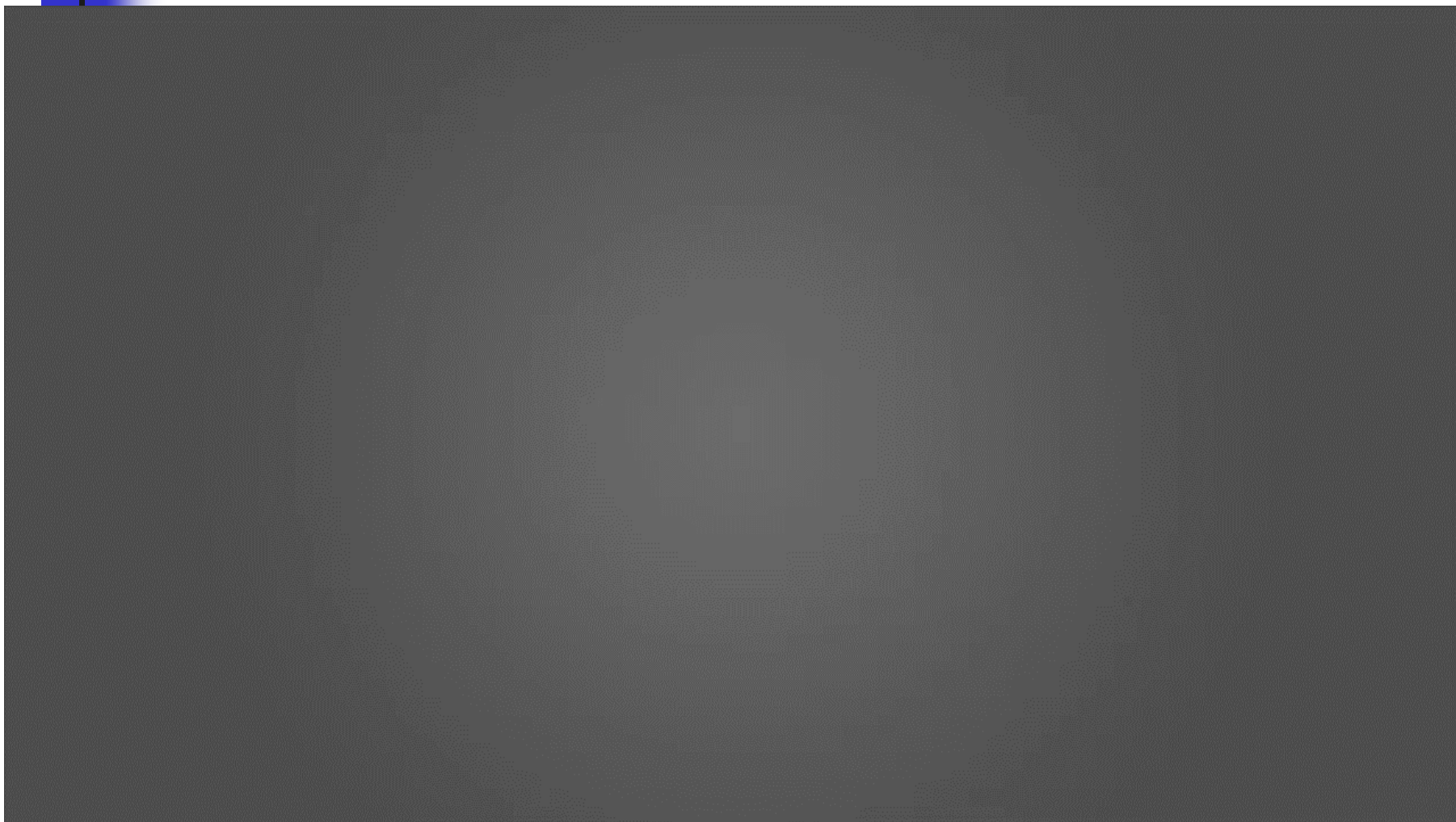


回顾复习

- 数据经历的总时延包含哪四种时延之和？
- 网络协议的组成元素包含哪三个？
- 计算机网络五层协议的体系架构分为哪五层？



观看视频，了解物理层的任务





物理层协议的主要任务

- 在连接各种计算机的传输媒体上传输数据比特流
- 尽可能地屏蔽各种媒体的差异-通信方式的不同



第 2 章 物理层

- 物理层的基本概念
- 数据通信的基础知识
 - 数据通信系统的模型
 - 有关信道的几个基本概念
 - 信道的极限容量
 - 信道的极限信息传输速率
- 物理层下面的传输媒体
 - 导向传输媒体
 - 非导向传输媒体



第 2 章 物理层（续）

- 信道复用技术
- 数字传输系统
- 宽带接入技术
 - xDSL技术
 - 光纤同轴混合网（HFC 网）
 - FTTx 技术

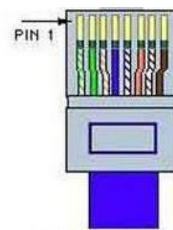
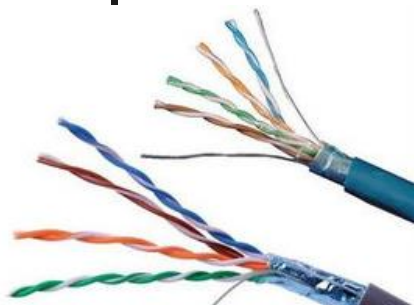


2.1 物理层(协议)的基本概念

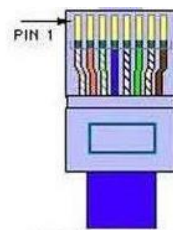
主要任务描述为确定与传输媒体的接口的一些特性，即：

- **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。
- **电气特性** 指明在接口电缆的各条线上出现的电压的范围。
- **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。
- **过程特性** 指明对于不同功能的各种可能事件的出现顺序。

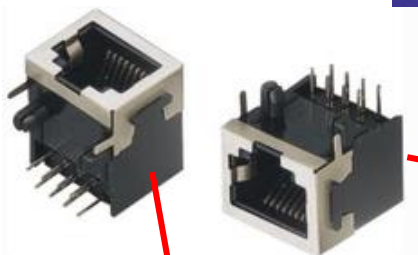
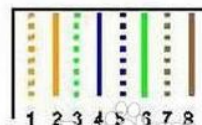
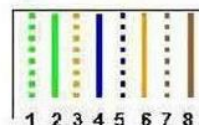
机械特性举例-接口



568A Male



568B Male

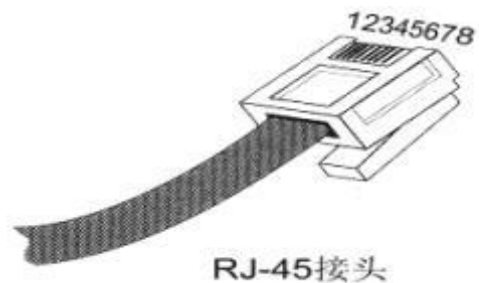
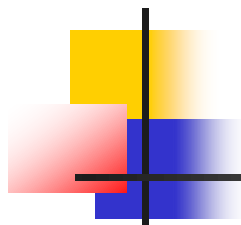


RJ45

小熊在线
bear eyes.com



51CTO.com
IT云维网
www.51cto.com



RJ-45接头



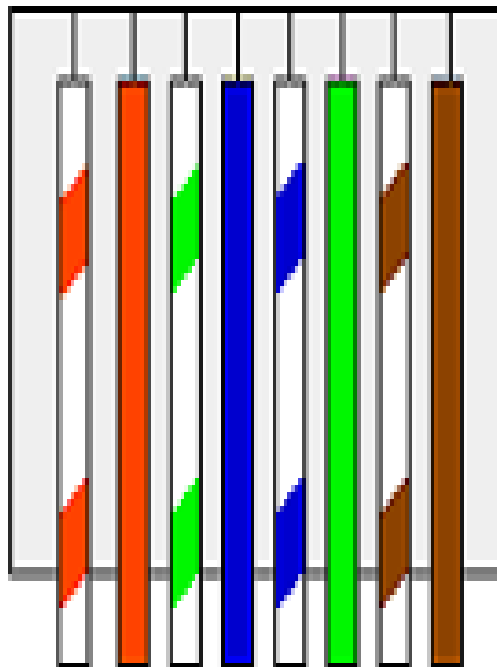
RJ45接口

RJ45引脚	1	2	3	4	5	6	7	8
RJ45信号	+5V	GND	485+	485-	485+	485-	GND	+5V
EIA/TIA T568A	白绿	绿	白橙	蓝	白蓝	橙	白棕	棕
EIA/TIA T568B	白橙	橙	白绿	蓝	白蓝	绿	白棕	棕

RJ-45 Color Code

T-568B Standard

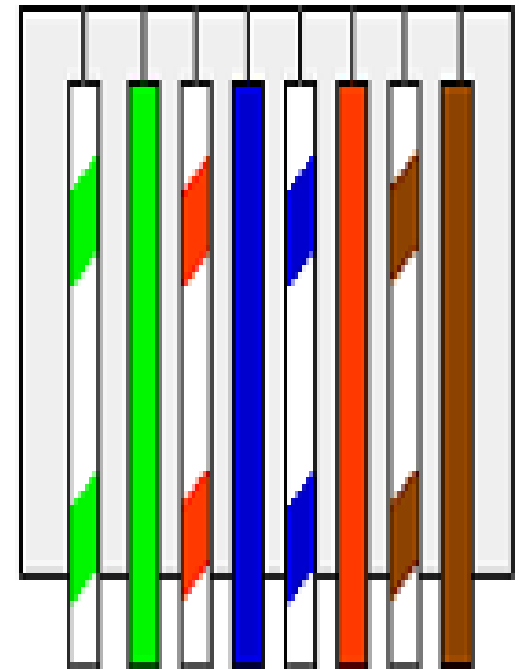
1 2 3 4 5 6 7 8



**RJ-45
Male Plug**

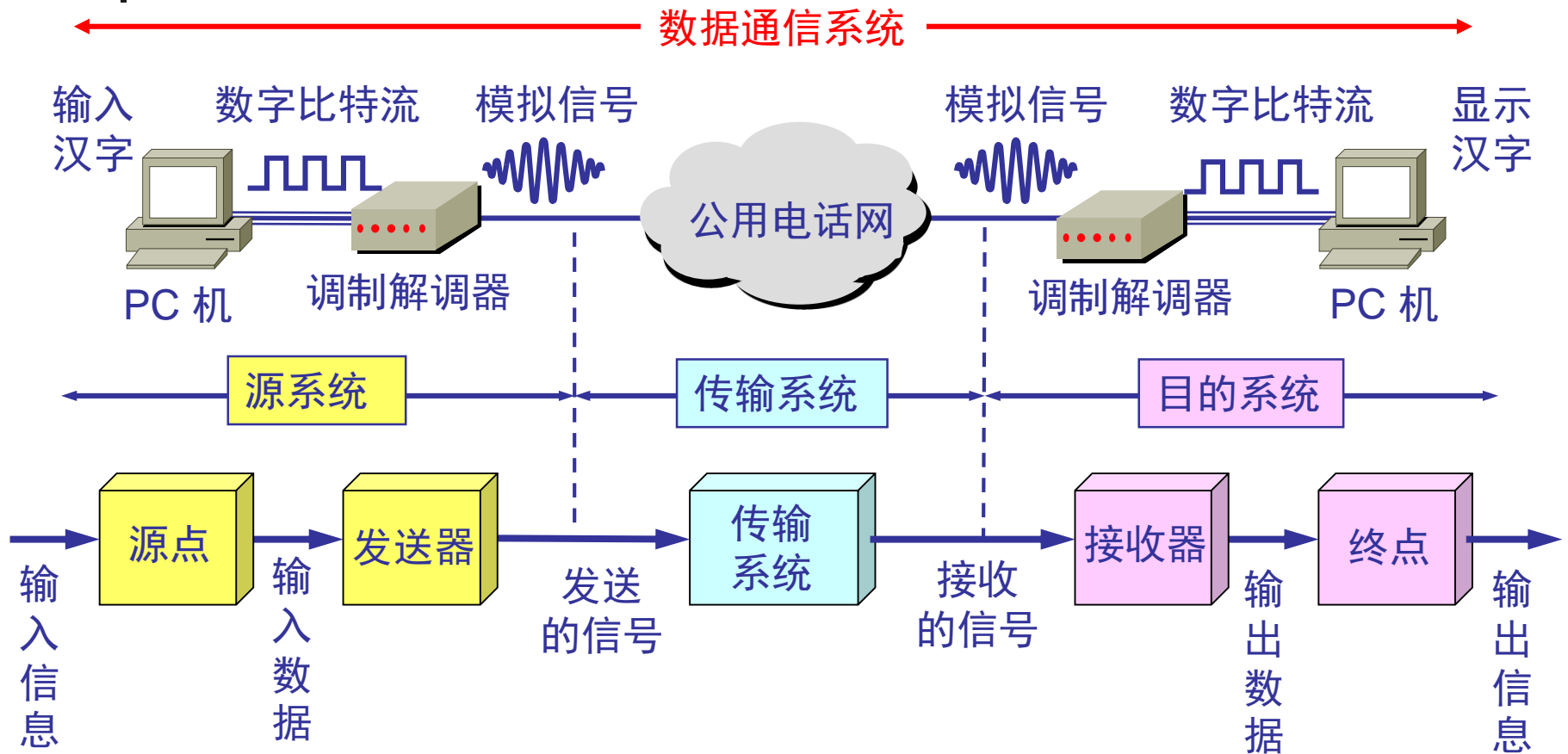
T-568A Standard

1 2 3 4 5 6 7 8



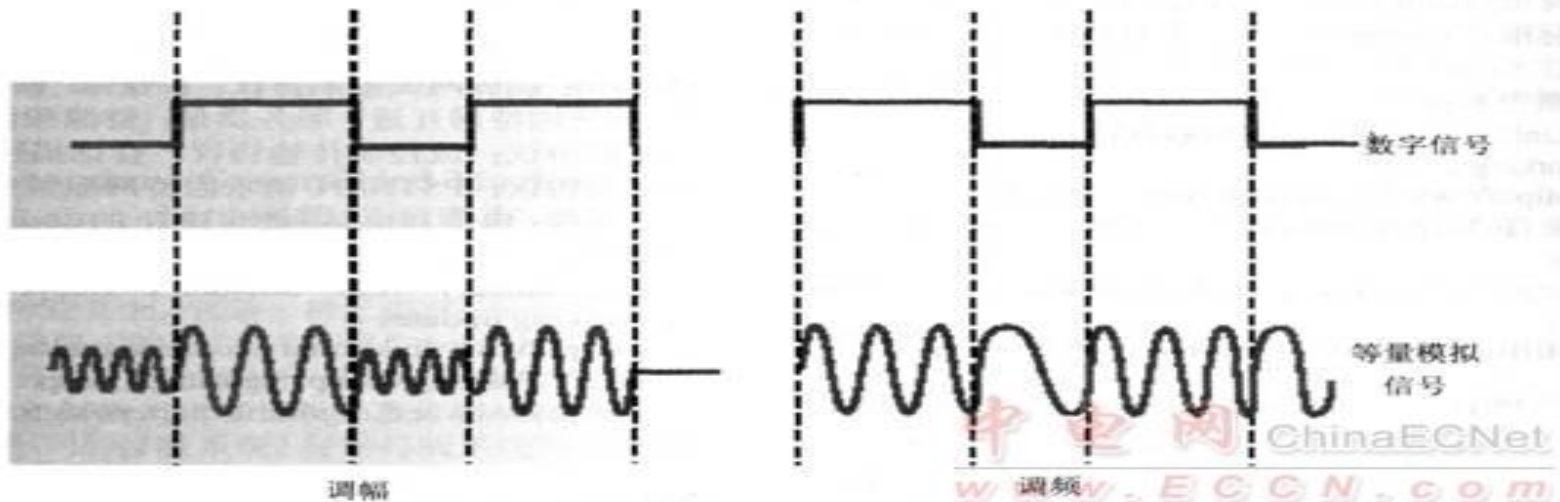
2.2 数据通信的基础知识

- 数据通信系统的模型



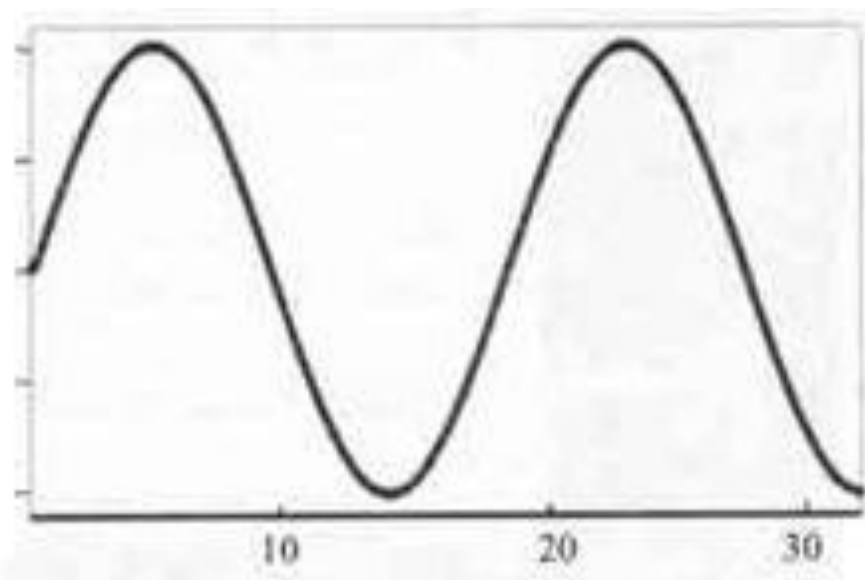
信号：数据的电气或电磁的表现

- 信号（Signal）携带信息的传输介质。
- 在通信系统中常用的电信号、电磁信号、光信号、载波信号、脉冲信号、调制信号等术语就是指携带某种信息的具有不同形式或特性的传输介质。



信号发生器

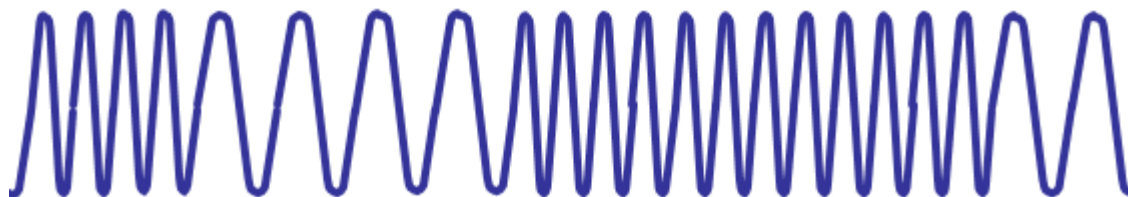
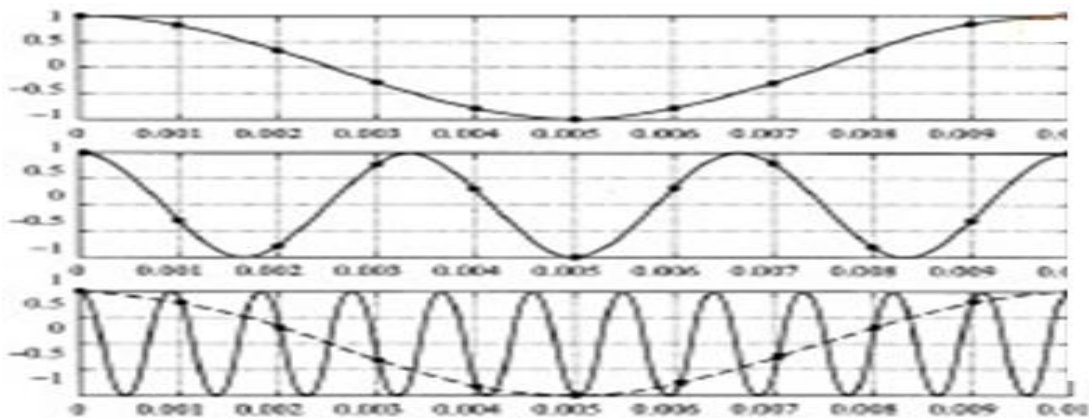
- 用来产生频率为20Hz~200kHz的正弦信号（低频）。





几个术语

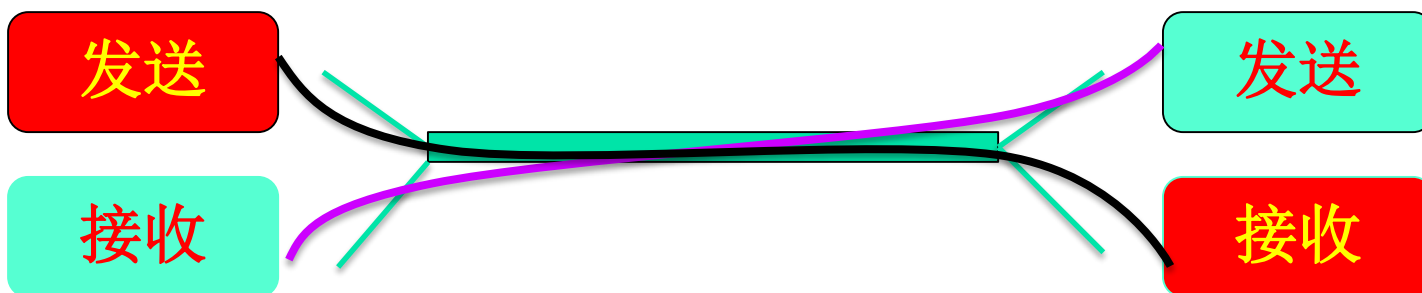
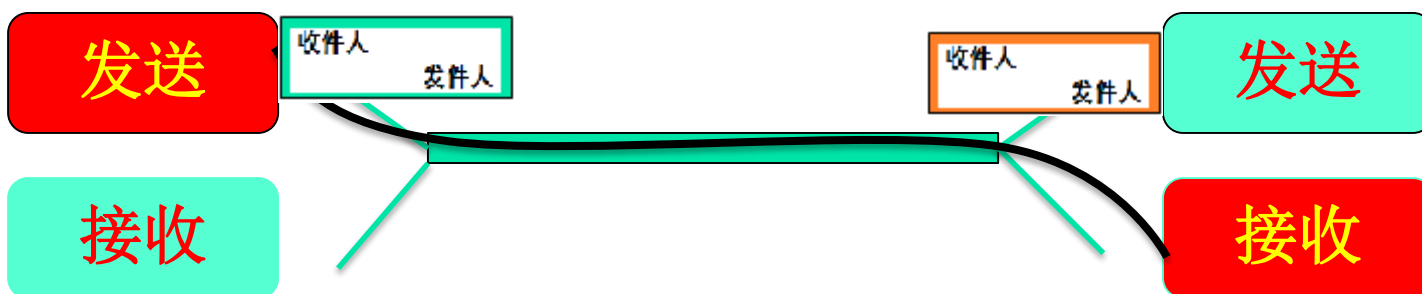
- 1) 数据(data)——运送消息的实体。
- 2) 信号(signal)——数据的电气的或电磁的表现。是数据的载体
 - “模拟的” (analogous)——消息的参数的取值是连续的。
 - “数字的” (digital)——消息的参数的取值是离散的。
- 3) 码元(code)——在使用时间域（或简称为时域）的波形表示数字信号时，代表不同离散数值的基本波形。(单位时间内信号波形的变化状态数)





有关信道的几个基本概念

- 4) **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。
- 5) **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)。
- 6) **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。

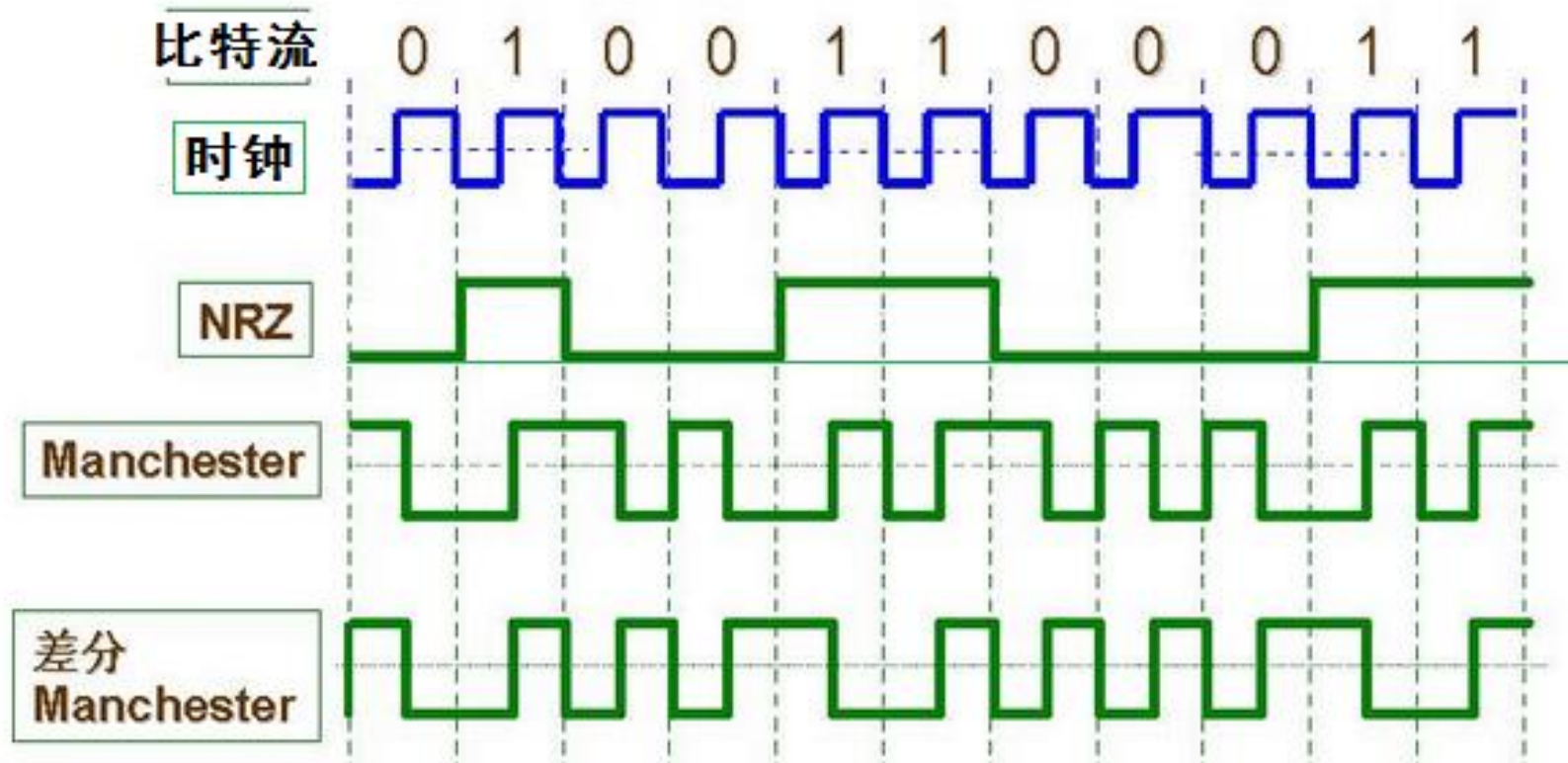




基带(baseband)信号和 带通(band pass)信号

- **7) 基带信号**（即基本频带信号）——来自信源的信号。例如：计算机输出的代表各种文字或图像文件的数据信号就属于基带信号。
- 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)。
- **8) 带通信号**——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）。

数据编码





几种最基本的带通调制方法

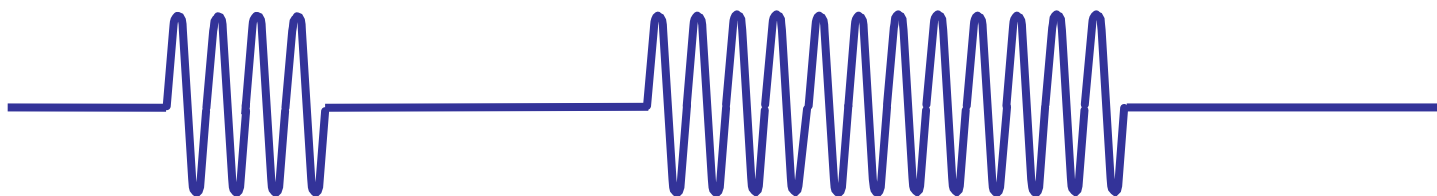
- 基带信号往往包含有较多的低频成分，甚至有直流成分，而许多信道并不能传输这种低频分量或直流分量。为了解决这一问题，就必须对基带信号进行**调制**(modulation)。
- 最基本的二元制调制方法有以下几种：
 - **调幅**(AM)：载波的振幅随基带数字信号而变化。
 - **调频**(FM)：载波的频率随基带数字信号而变化。
 - **调相**(PM)：载波的初始相位随基带数字信号而变化。

对基带数字信号的几种调制方法

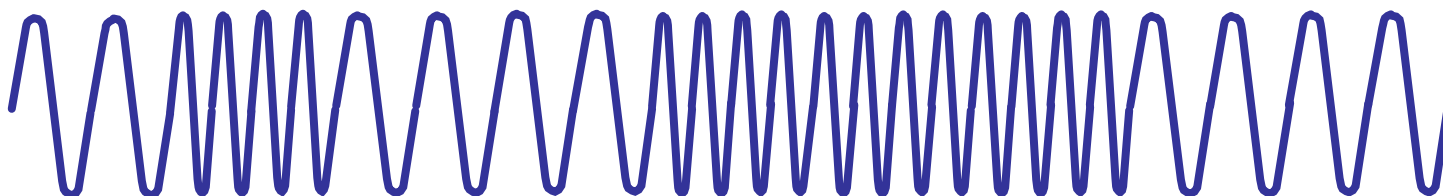
基带信号



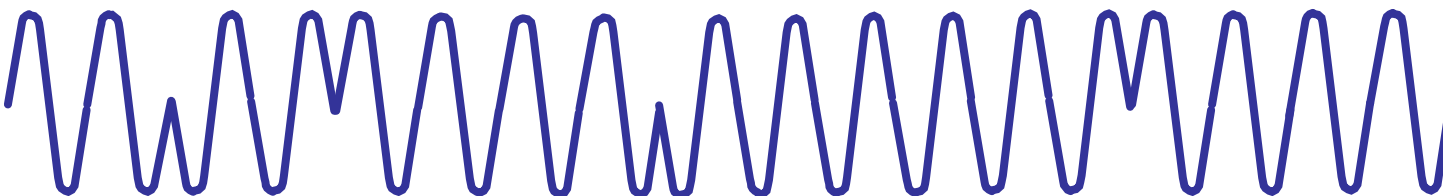
调幅



调频



调相



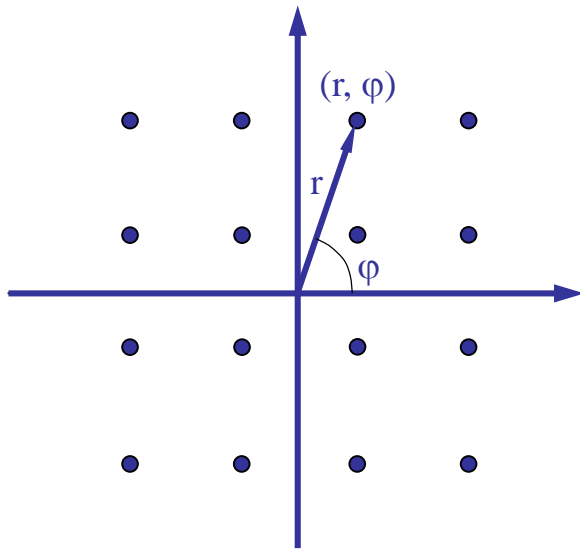
观看动画，理解信号调制原理



正交振幅调制 QAM

(Quadrature Amplitude Modulation)

举例



- 可供选择的相位有 12 种，而对于每一种相位有 1 或 2 种振幅可供选择。
- 由于 4 bit 编码共有 16 种不同的组合，因此这 16 个点中的每个点可对应于一种 4 bit 的编码。
- 若每一个码元可表示的比特数越多，则在接收端进行解调时要正确识别每一种状态就越困难。



分析

发送方： (r, θ) 的组合越多， \rightarrow 需要的位数越多 \rightarrow 可以携带的位数多 \rightarrow 数据的传输率C提高。

接收方： 正确解调还原这些位就更困难 \rightarrow 差错越多

所以这个C不能过高



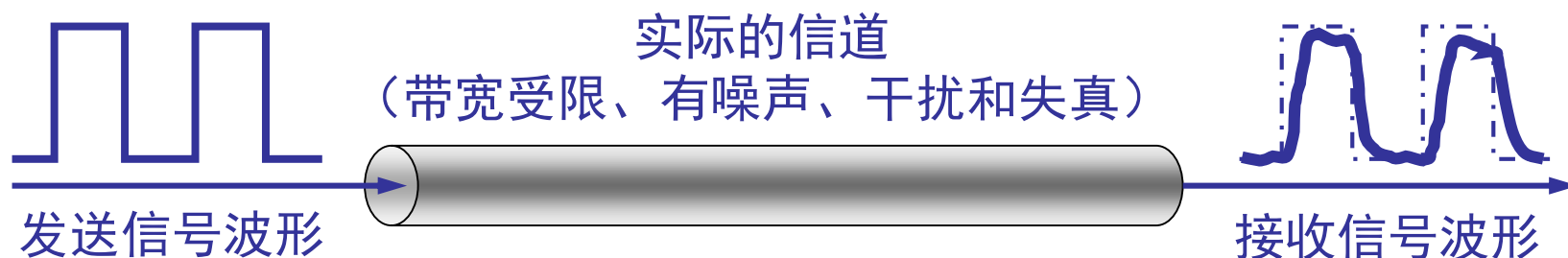
信道的极限容量

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。

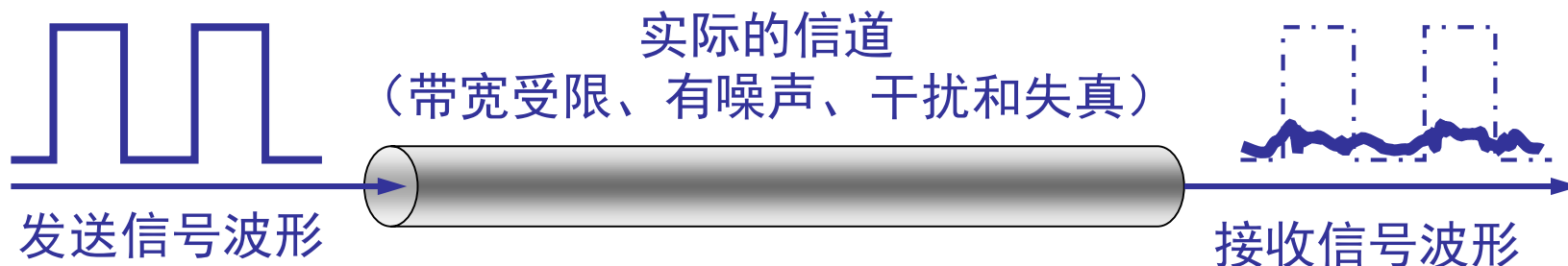
造成信号失真的几大因素：
速率 距离 噪声 质量。

数字信号通过实际的信道

- 有失真，但可识别



- 失真大，无法识别





奈氏准则-信道的频率范围

1924 年，奈奎斯特(Nyquist)推导出了著名的奈氏准则：-在假定的理想条件下，为了避免码间串扰，码元的传输速率存在上限值。

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。

如果信道的频带越宽，也就是能够通过的信号高频分量越多，那么就可以用更高的速率传送码元而不出现码间串扰。



(2) 信噪比

- 香农(Shannon)-带宽受限的**信息传输速率**。
- 信道的极限信息传输速率且有高斯白噪声干扰的信道的**极限、无差错** C 可表达为
 - $C = W \log_2(1+S/N) \text{ b/s}$
 - 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。
 - **信噪比** = $10\log_{10}(S/N)$



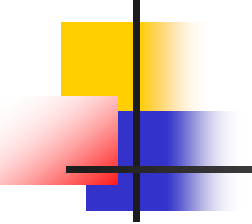
香农公式表明

- 信道的带宽或信道中的信噪比 \uparrow ，则信息的极限传输速率就 \uparrow 。
- \rightarrow 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。
- 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。



计算, $C=W*\log_2(1+S/N)$

- C是可得到的链路速度, W是链路的带宽, S是平均信号功率, N是平均噪声功率, 信噪比 (S/N) 通常用分贝 (dB) 表示, 分贝数= $10 \times \log_{10}(S/N)$ 。
 - 音频电话频率范围: 300Hz到3300Hz
 - $W=3300\text{Hz}-300\text{Hz}=3000\text{Hz}$
 - 一般链路典型的信 噪比是30dB, 即 $S/N=1000$
 - 因此 $C=3000 \times \log_2(1001)$, 近似等于30Kbps
- ,

- 
- 30Kbps 是28.8Kbps调制解调器的极限
 - 因此如果电话网络的信噪比没有改善或不使用压缩方法，调制解调器将达不到更高的速率。



公式验证-互联网的接入方式。

- 拨号上网方式-一种在模拟链路（音频电话线）上传输数据的设备，并且没有太高的错误率。
- “猫”的标称速度为56Kbps了，但实际网络传输的速度都远低于56Kbps。
- 究其原因就会发现瓶颈在电话线上。



请注意

- 对于频带宽度已确定的信道，如果信噪比不能再提高了，并且码元传输速率也达到了上限值，那么还有办法提高信息的传输速率？
- 这就是用编码的方法让每一个码元携带更多比特的信息量。



同样时间内，一个码元可以发送位：

- 2 0/1
- 4 00/01/10/11
- 8 000/001/010/011/100/101/110/111
- 16 0000 0001 0010 0011.....
-
- 不可过于追求速度~



小结一下：

- 数据和信号的关系
- 模拟和数字
- 调制技术
- 香农和奈奎斯特的贡献



练习题

1. 指明某条线上出现的某一电平的电压表示何意。这是属于什么物理层特性？

- A. 机械特性 B. 电气特性 C. 功能特性 D. 规程特性

2. 取值为有限的几个离散值的信号。这是指：

- A. 模拟信号 B. 数字数据 C. 数字信号 D. 模拟数据

3. 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。这是指：

- A. 信号 B. 码元 C. 数据 D. 基带信号



练习题

4. 以下关于信道的传输速率，说法正确的是 【多选】

- A. 码元传输速率受香农公式的限制
- B. 信息传输速率受奈氏准则的限制
- C. 根据香农公式，只要信息传输速率低于信道的极限传信率，就可实现无差传输。
- D. 一个码元需要对应于一个比特
- E. 比特/s是信息传输速率的单位
- F. 码元传输速率也称为调制速率、波形速率或符号速率

5. 造成信号失真的因素主要包括： 【多选】

- A. 速率
- B. 距离
- C. 噪声
- D. 协议
- E. 质量
- F. 应用



传输媒体

- 是信号发送器和接收器之间的物理线路
- 导向传输媒体
- 非导向传输媒体（无线传输）

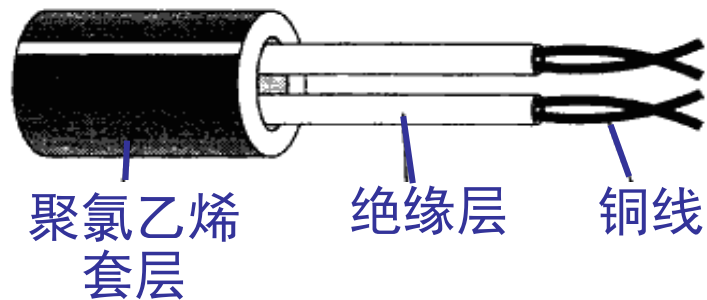


-导向传输媒体

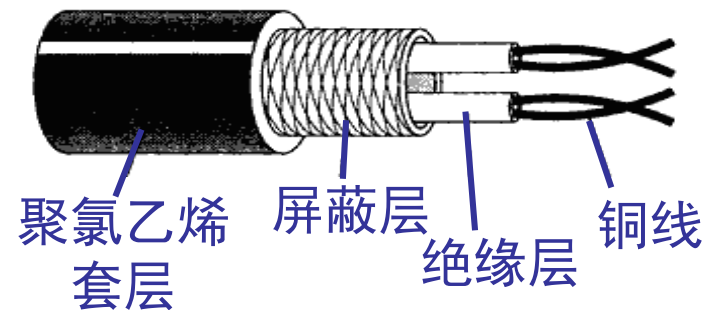
- 双绞线
 - 屏蔽双绞线 STP (Shielded Twisted Pair)
 - 无屏蔽双绞线 UTP (Unshielded Twisted Pair) （注意Page 42 表2-1）
- 同轴电缆
 - 50 Ω 同轴电缆
 - 75 Ω 同轴电缆
- 光缆

各种电缆

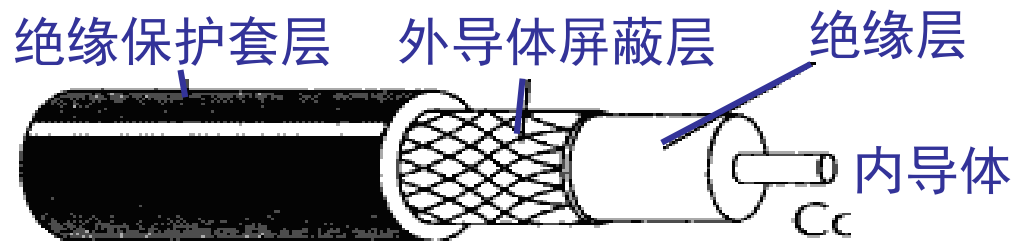
无屏蔽双绞线 UTP



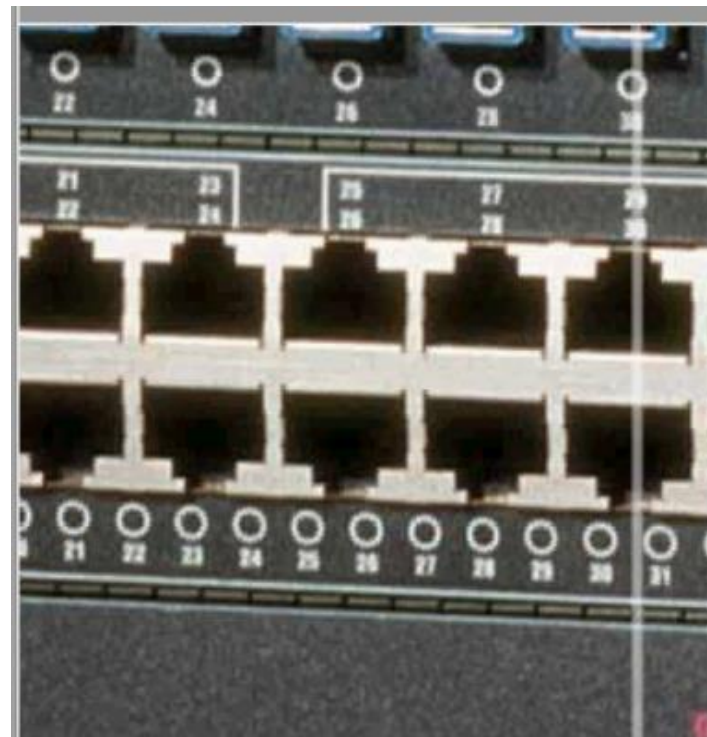
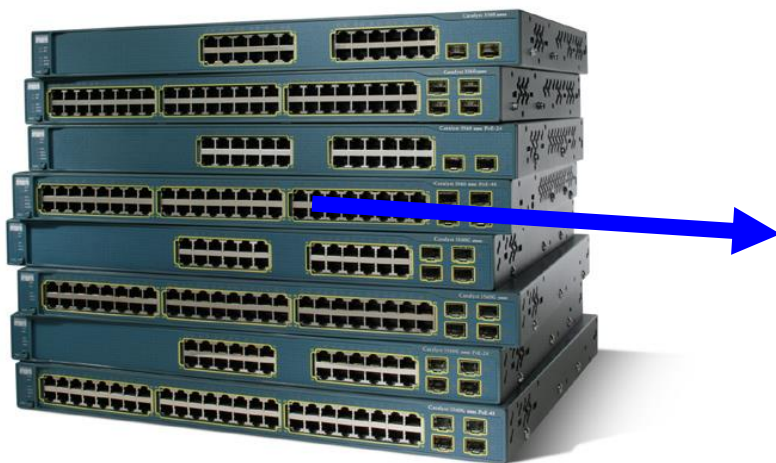
屏蔽双绞线 STP



同轴电缆



双绞线接口



AMP 超五类非屏蔽双绞线 305M/轴 -



产品适用: **100Base-T**

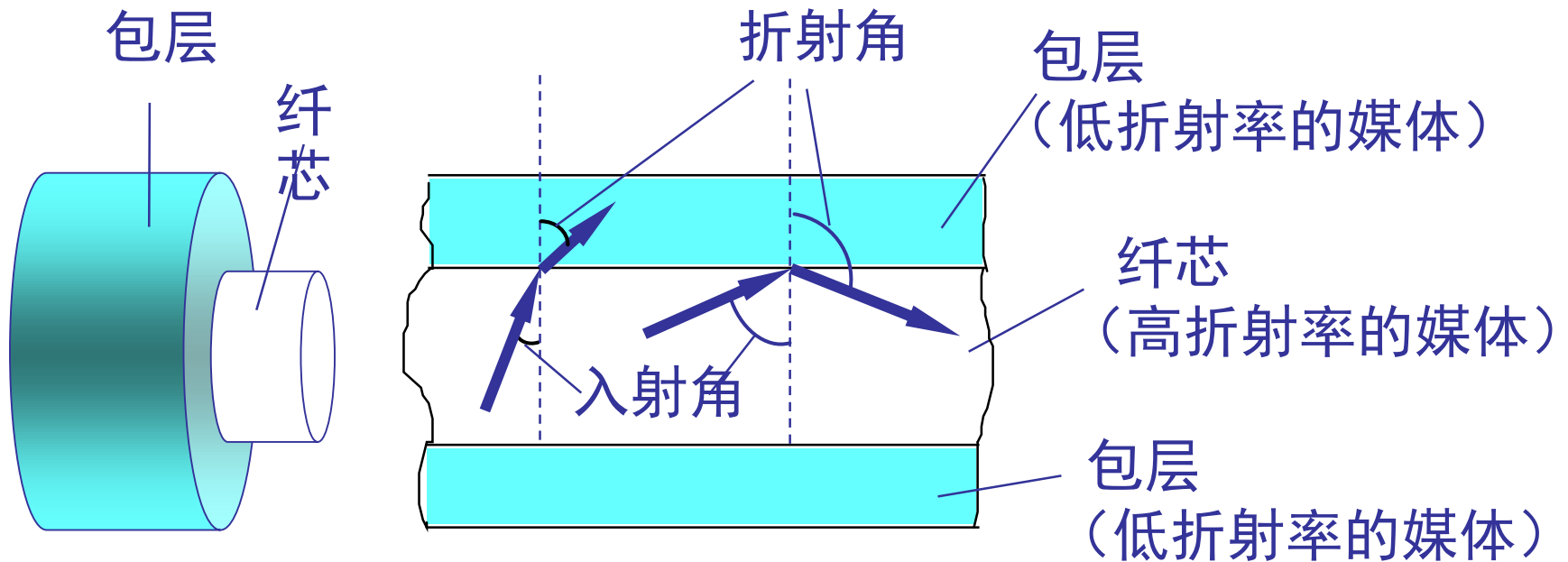
最大单段长度(米): **100**

传输速率(Mbps): **1000**

观看视频: 区分网线的类型



光线在光纤中的折射

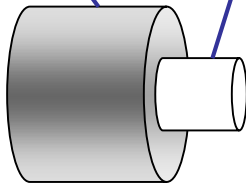


观看视频：了解光纤的工作原理

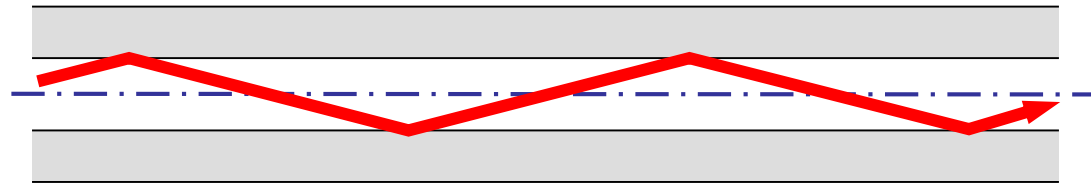
光纤的工作原理

低折射率
(包层)

高折射率
(纤芯)



光线在纤芯中传输的方式是不断地全反射





光纤的模式

光在光纤中以模的形式传播，模式是指传输线横截面和纵截面的电磁场结构图形，即电磁波的分布情况。

单模光纤（Single Mode Fiber, SMF）：当光纤纤芯直径很小时，光纤内对给定工作波长只能传播一个模式。

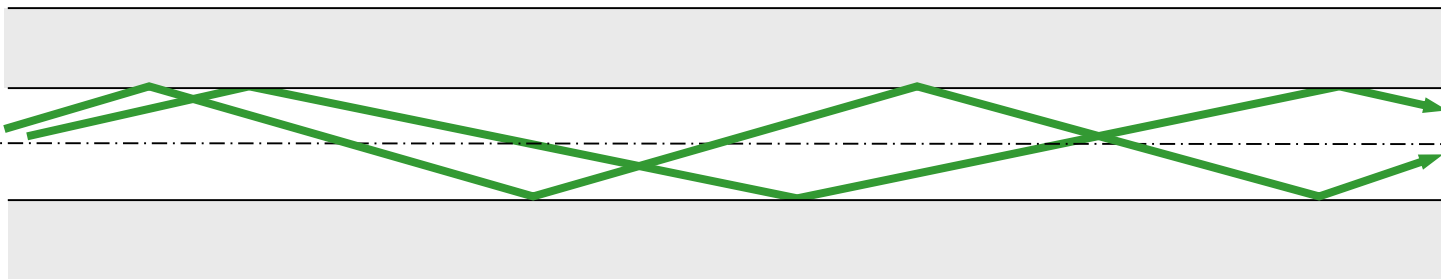
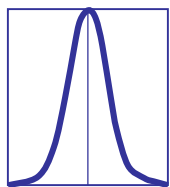
多模光纤（Multi Mode Fiber, MMF）：纤芯直径较大的光纤可传输多个模式。

多模光纤

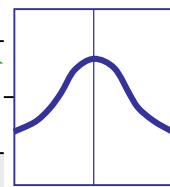
模间色散较大，故限制了传输数字信号的频率，并随距离的增加会更加严重。例如：600MB/KM的光纤在2KM时则只有300MB的带宽了。多模光纤传输的距离一般只有几公里。

多模光纤

输入脉冲



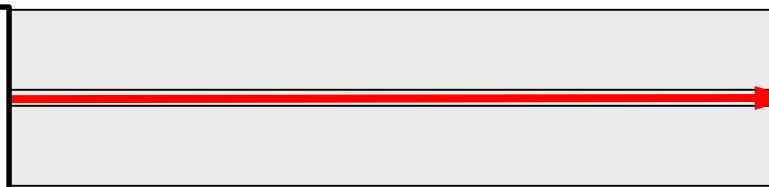
输出脉冲



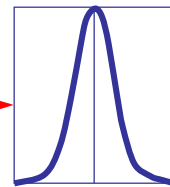
输入脉冲

模间色散很小，适用于远程通讯，但还存在着材料色散和波导色散，故单模光纤对光源的谱宽和稳定性有较高的要求，即谱宽要窄，稳定性要好。

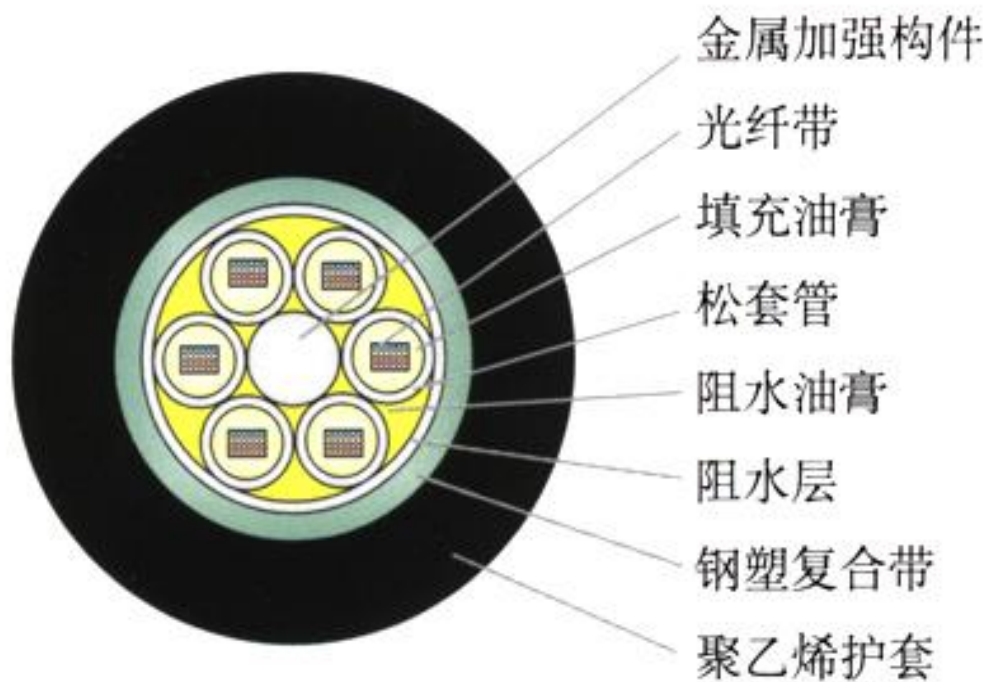
单模光纤



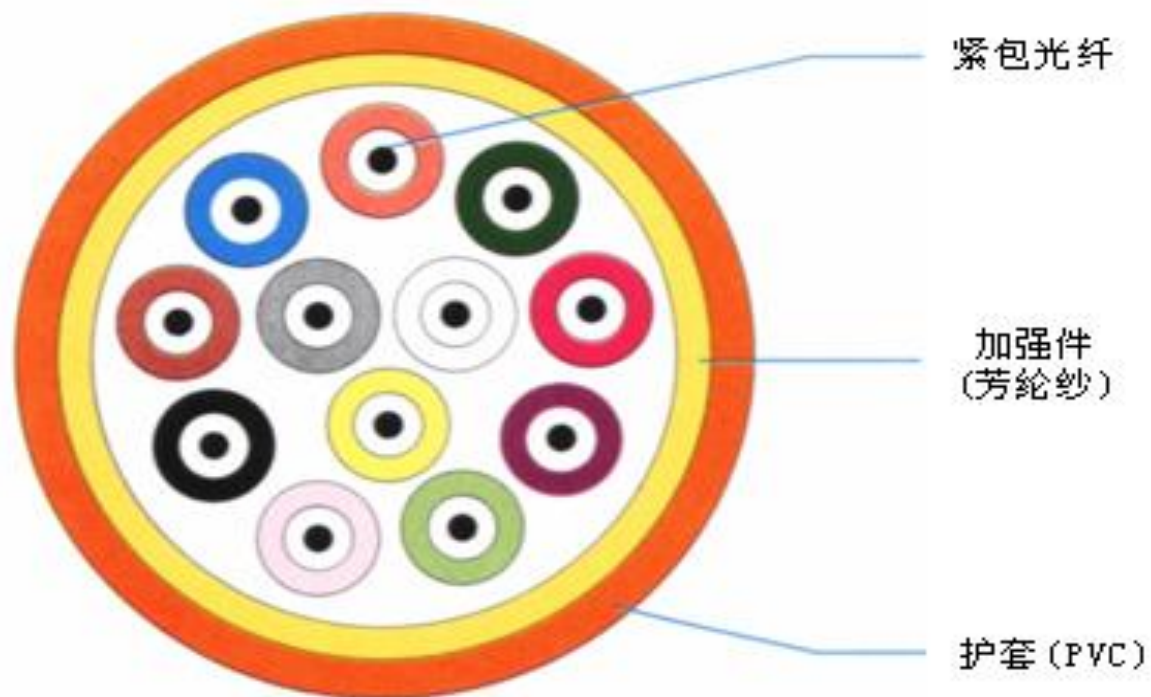
输出脉冲



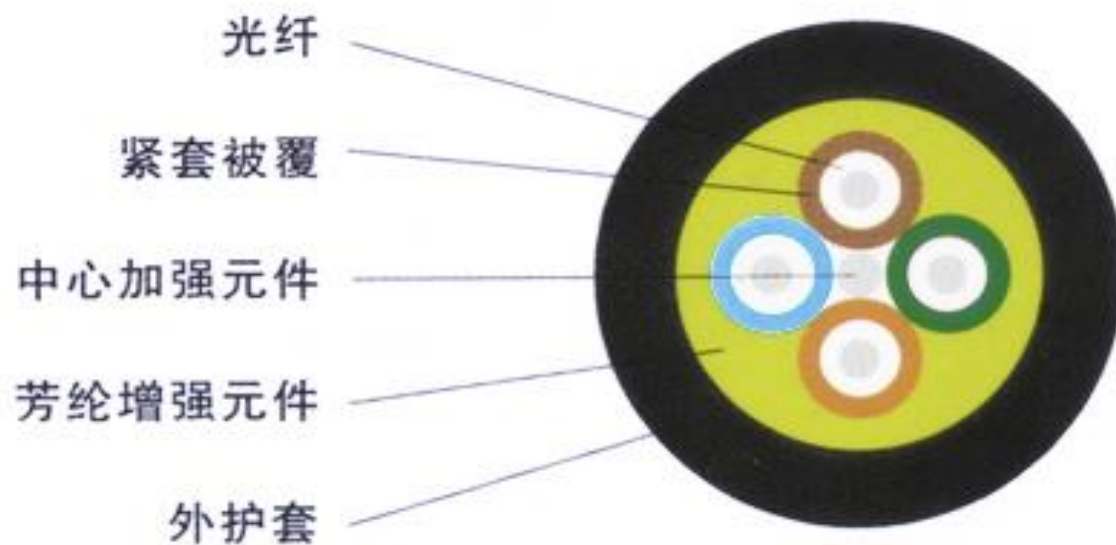
室外光缆



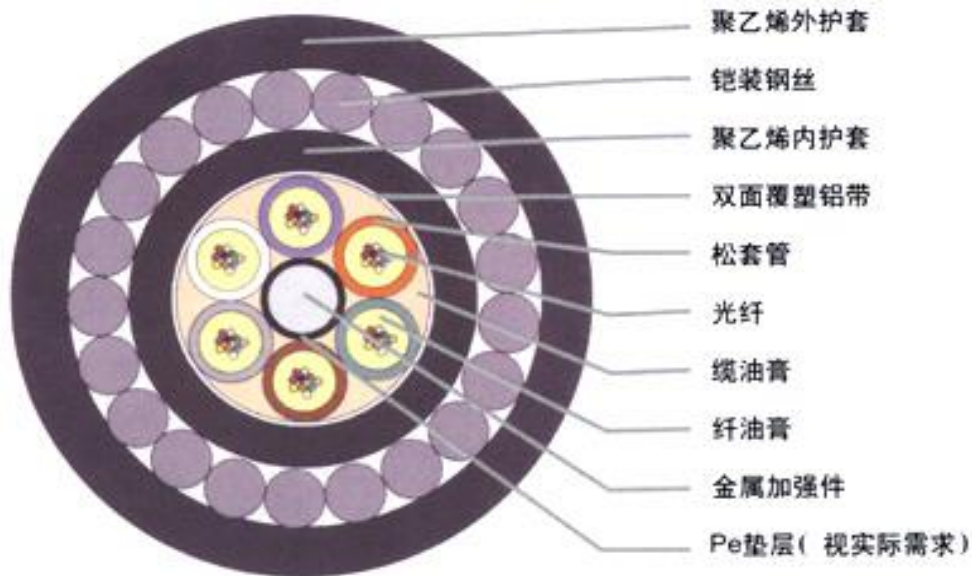
室内光缆



野战光缆



重铠光缆



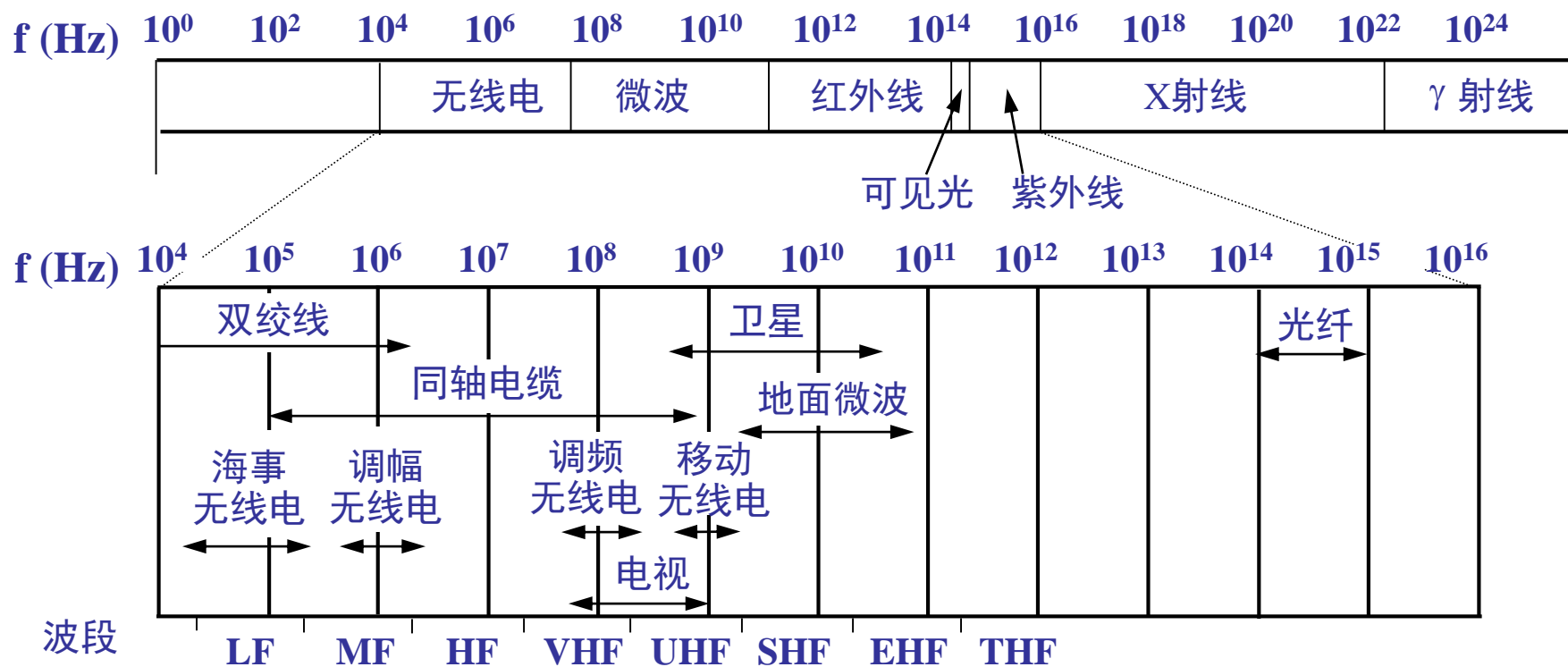


-非导向传输媒体

- 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

2.3 物理层下面的传输媒体

电信领域使用的电磁波的频谱





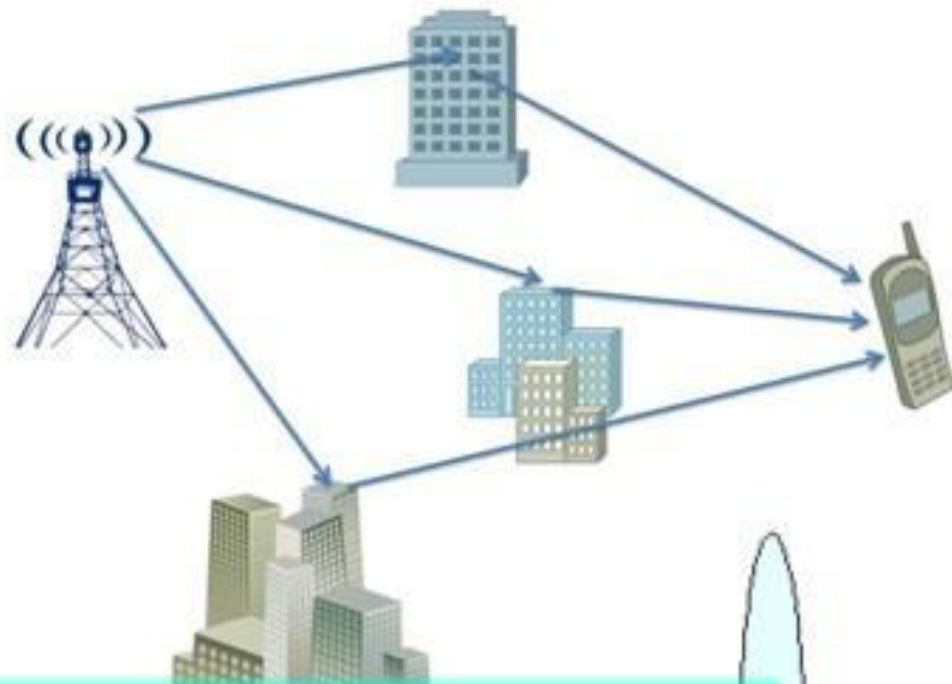
多径效应

在实际的无线电波传播信道中(包括所有波段), 常有许多时延不同的传输路径。

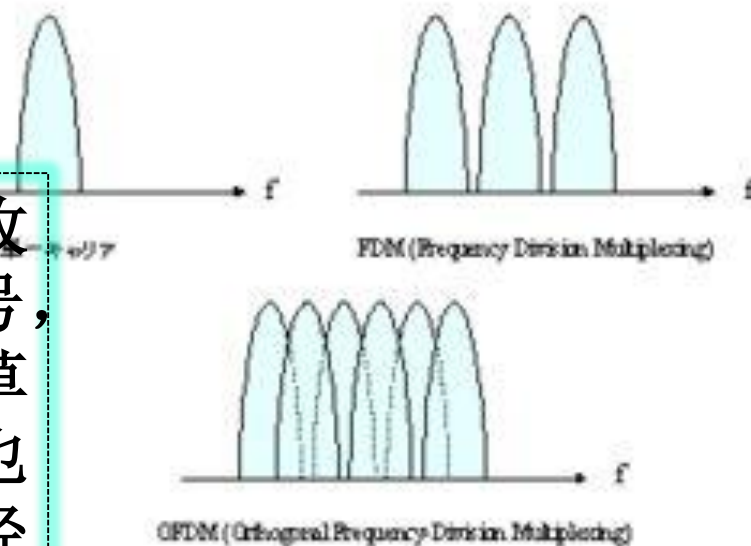
各条传播路径会随时间变化, 参与干涉的各分量场 (来自不同信号源) 之间的相互关系会随时间变化, 引起合成波场的随机变化, 从而形成总的接收场的衰落。

多径效应是信号衰落的重要成因, 多径效应对于数字通信、雷达最佳检测等都有十分严重的影响。

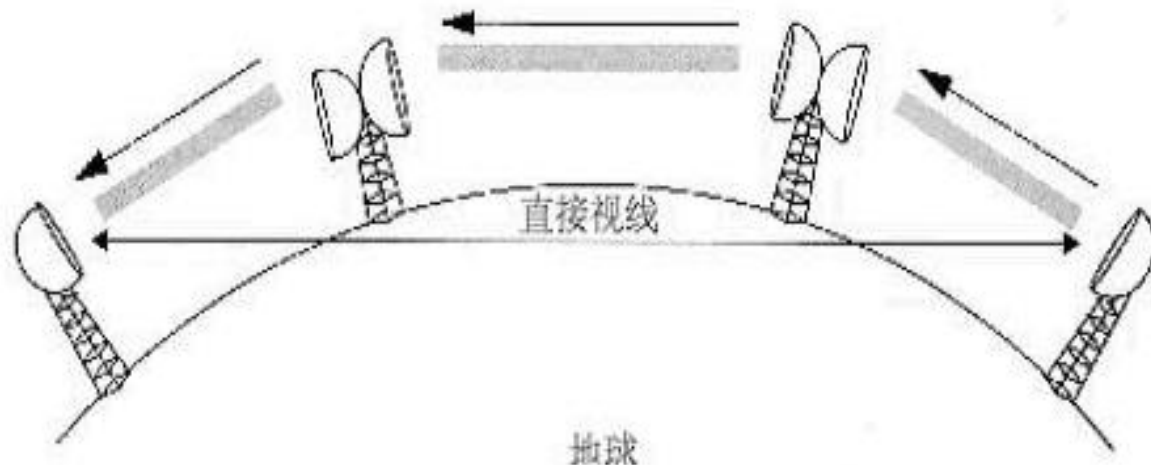
余音缭绕



由于在通信的过程中，很多时候接收端接收到的信号不是唯一的直射信号，电磁波经过建筑物、起伏地形和花草树木等的反射、折射、绕射、散射也会到达接收端。这些通过不同的路径到达接收端的信号，无论是在信号的幅度，还是在到达接收端的时间及载波相位上都不尽相同。



1) 地面微波通信



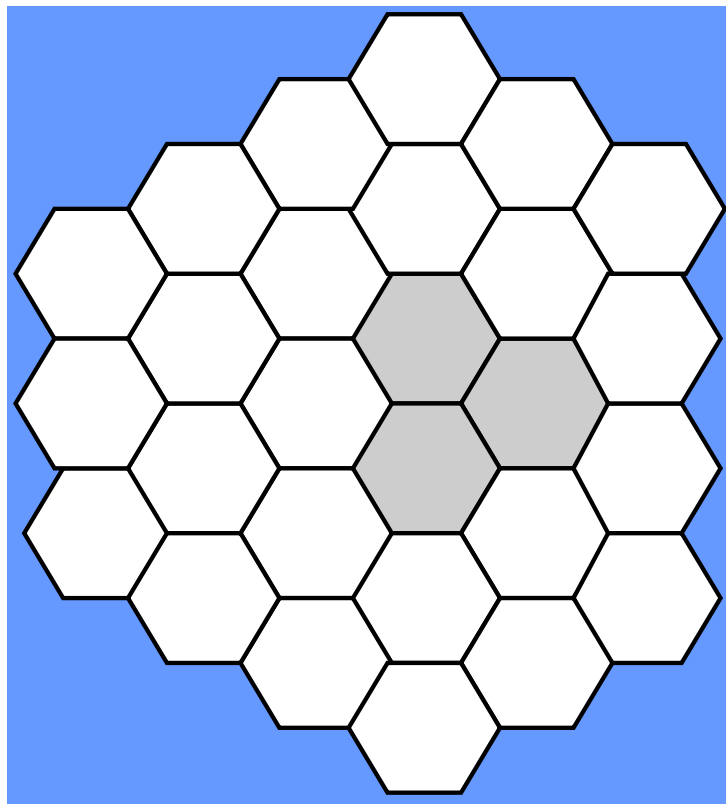
两个地面站之间的直接视线传输



2) 蜂窝无线通信

多址接入方法:

- 频分多址接入 (FDMA)
- 时分多址接入 (TDMA)
- 码分多址接入 (CDMA)



ODU:
Optix Division Unit 分
波单元/分波器

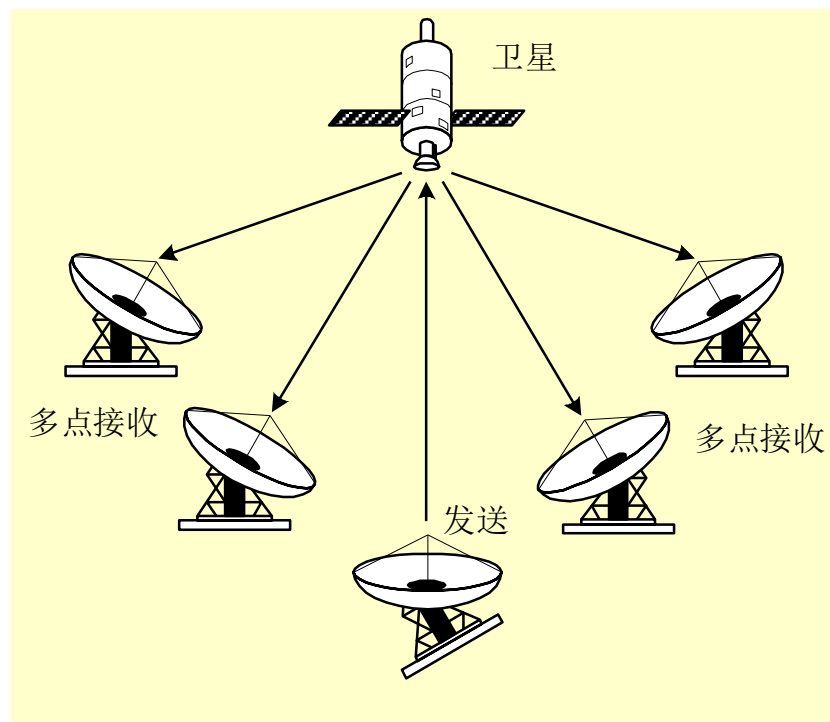
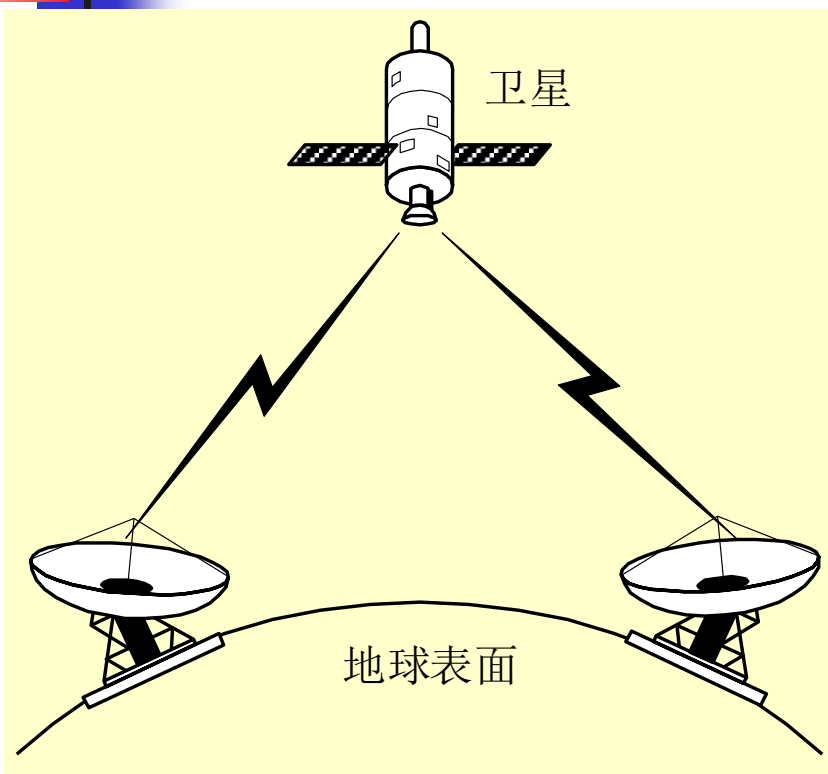


基站之间无线互联
示意图

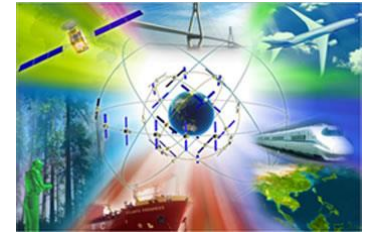


IDU:
Interface Data Unit
接口数据单元

3) 卫星通信 (49页)



北斗卫星导航系统介绍

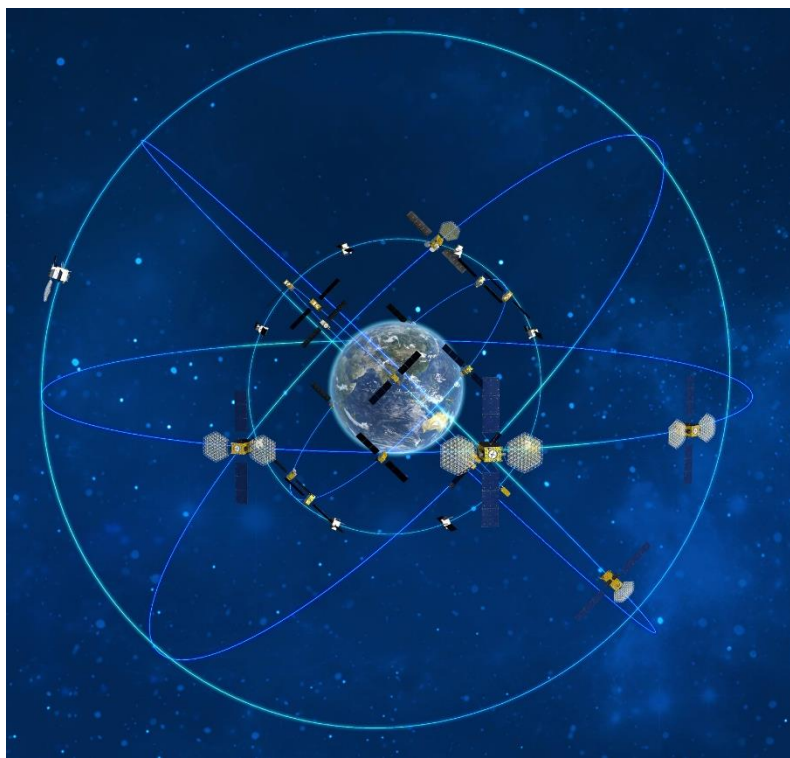


北斗卫星导航系统 (*BeiDou (COMPASS) Navigation Satellite System*) 是中国的自主研发、独立运行的全球卫星导航系统, 缩写为 BDS, 与美国的 GPS、俄罗斯的格洛纳斯、欧盟的伽利略系统兼容共用的全球卫星导航系统, 并称全球四大卫星导航系统。

<http://www.beidou.gov.cn>

北斗卫星导航系统2012年12月27日起提供连续导航定位与授时服务。
北斗卫星导航系统由空间端、地面端和用户端三部分组成。
空间端包括5颗静止轨道卫星和30颗非静止轨道卫星。
地面端包括主控站、注入站和监测站等若干个地面站。

北斗导航系统



来源: <http://www.beidou.gov.cn/>



北斗船载型/车载型/手持型/接收机**GNSS**系列接收机



其他非导引型传输媒体

红外线

可见光

激光

狼烟.....



思考题

- 查询资料发现以下技术的区别,分别应用在何领域。
 - 无线射频技术RFID
 - 无线局域网技术WLAN
 - 蓝牙BLUETOOTH
 - 超宽带无线通信技术UWB
 - 新一代无线通讯技术ZigBee



练习题

1. 通信距离远，但通信质量较差。这指的是
A. 短波波段
B. 微波波段
2. 由内导体铜质芯线（单股实心线或多股绞合线）、绝缘层、网状编织的外导体屏蔽层（也可以是单股的）以及保护塑料外层所组成。这是哪一种导向传输媒体
A. 双绞线 B. 同轴电缆 C. 光纤 D. 架空明线
3. 载波的频率随基带数字信号而变化。这是指哪一种二元制调制方法？
A. AM B. FM C. PM



练习

4. 模间色散较大，故限制了传输数字信号的频率，并随距离的增加会更加严重。这是哪一种光纤？

- A. 单模光纤
- B. 多模光纤

5. 卫星通信一般使用的是？

- A. 短波通信
- B. 微波通信