

信息物理系统—技术与系统 Cyber Physical System – Technique and System

第7章 网络互连技术

刘松波



第7章 CPS网络互联技术

7.1、频率搬移原理

7.2、通信模型

7.3、通信的主要任务

7.4、物理层概述

7.5、数字通信基础



7.1、频率搬移原理

- 傅立叶变换性质之一
- $f(x) * e^{\pm j\omega_0 t} \leftrightarrow F[j(\omega \mp \omega_0)]$



第7章 CPS网络互联技术

7.1、频率搬移原理

7.2、通信模型

7.3、通信的主要任务

7.4、物理层概述

7.5、数字通信基础

7.2 通信模型

- ♣ 通信模型的基本要素
- ♣ 简化的通信模型
- ♣ 通信主要任务

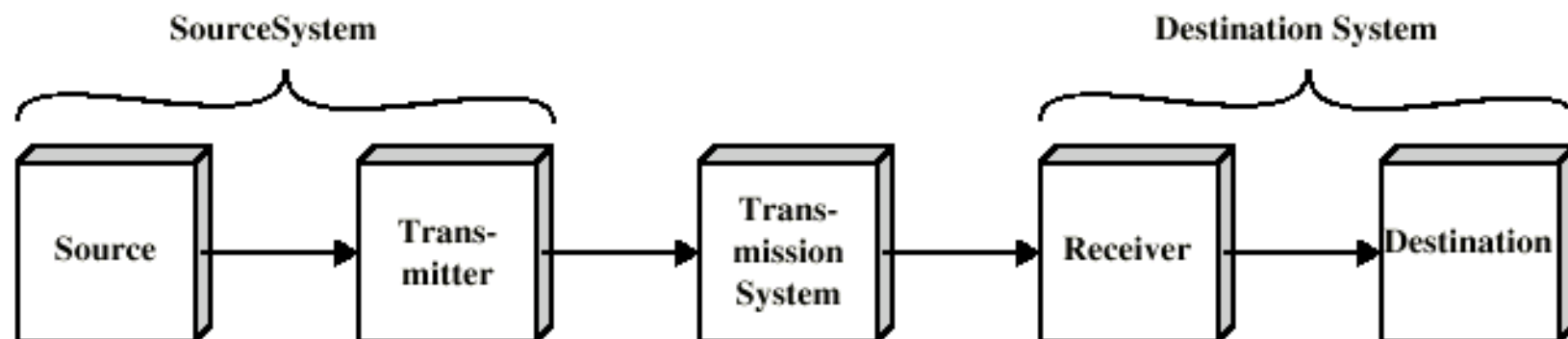


通信模型的基本要素

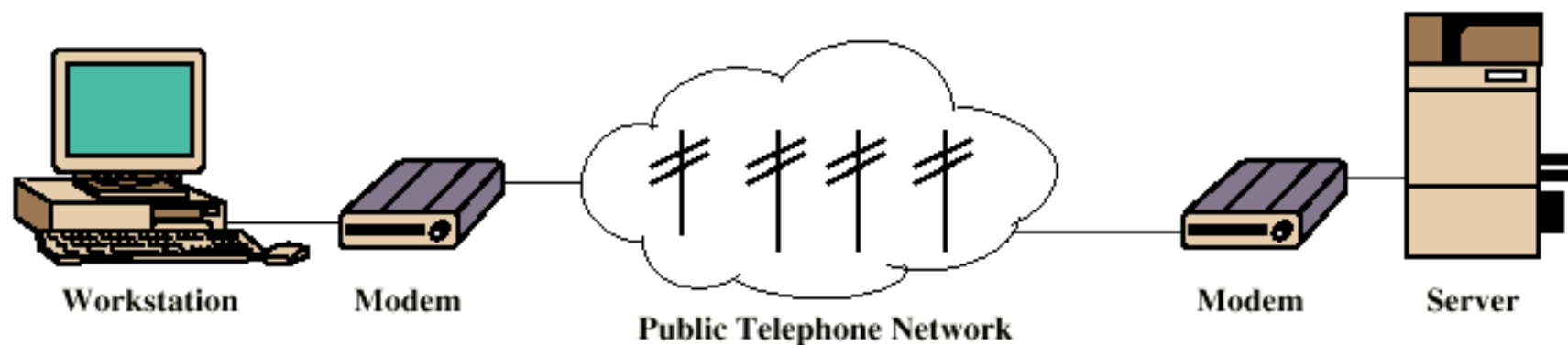
- Source (信源)
 - generates data to be transmitted
- Transmitter (发送器)
 - Converts data into transmittable signals
- Transmission System (传输系统)
 - Carries data (传输系统包含信道及系统噪声)
- Receiver (接收器)
 - Converts received signal into data
- Destination (信宿)
 - Takes incoming data



简化的通信模型

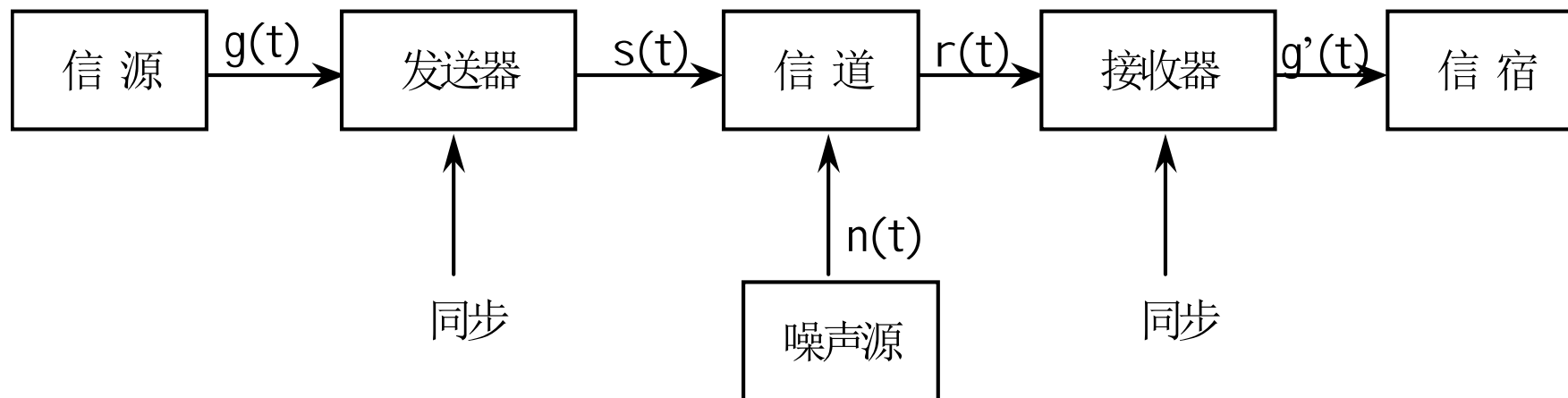


(a) General block diagram



(b) Example

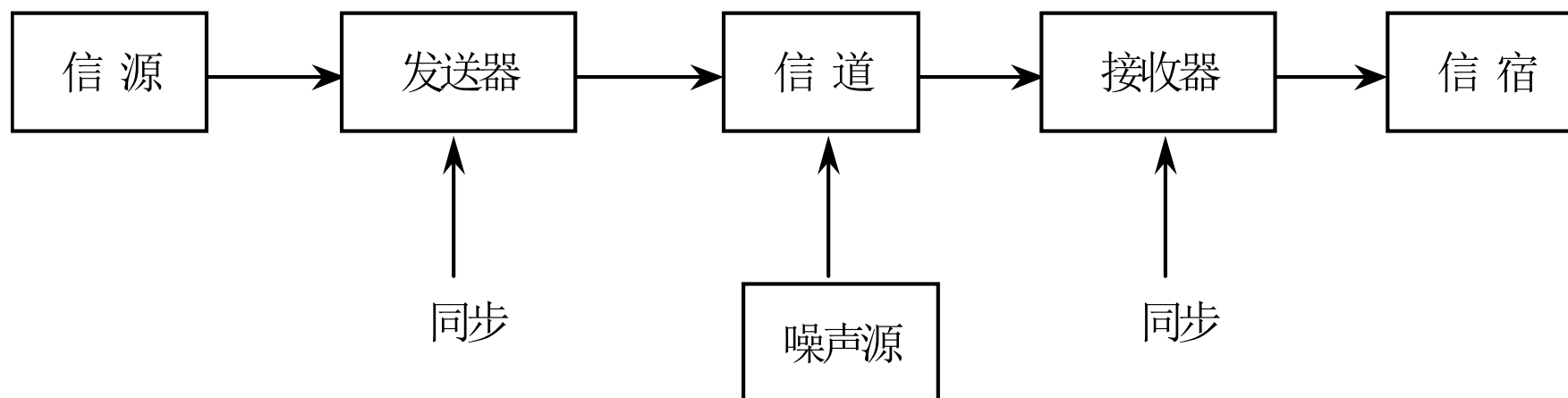
表述更详细的通信模型



通信模型示意图

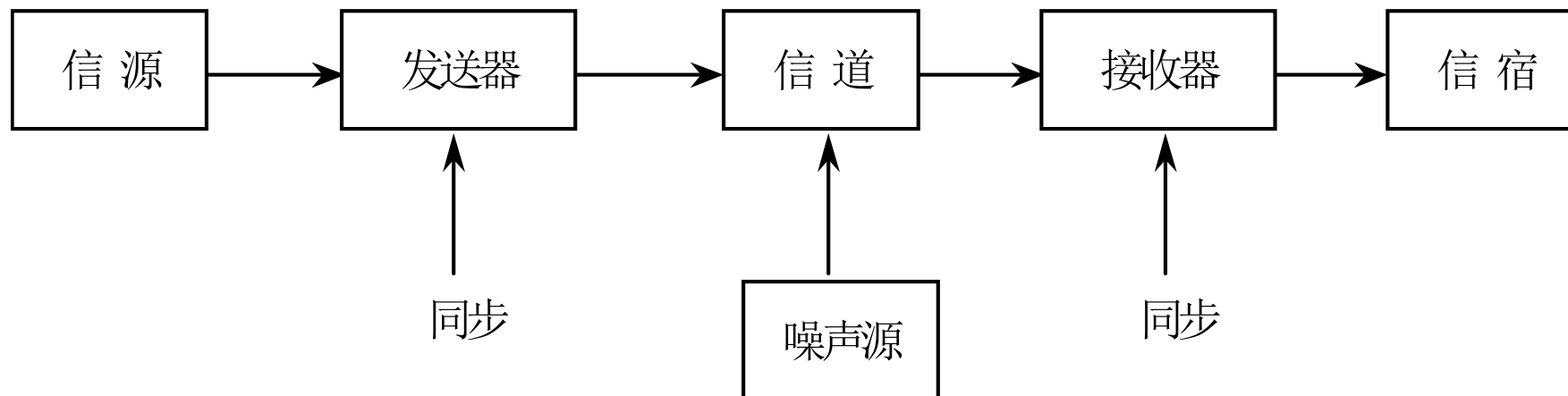
通信模型解述

通信的基本目的是由信源向信宿传送消息



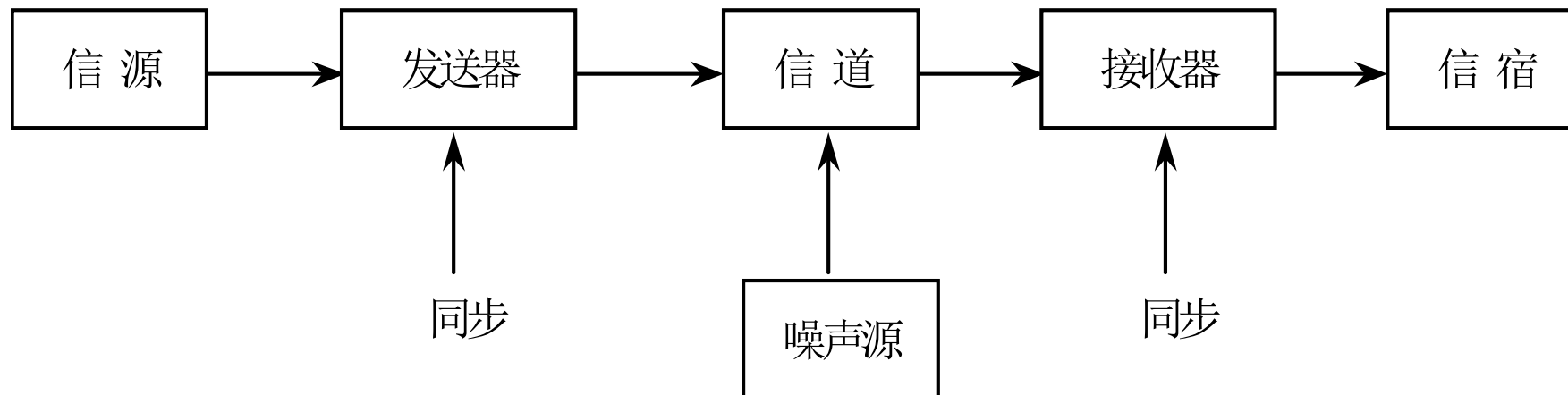
信源

顾名思义，指信息产生的源头，可以是人或设备。其发出的信息也可以是多种多样的，如语音、文字、图像、数据等。这些信息可以是离散的，也可以是连续的。



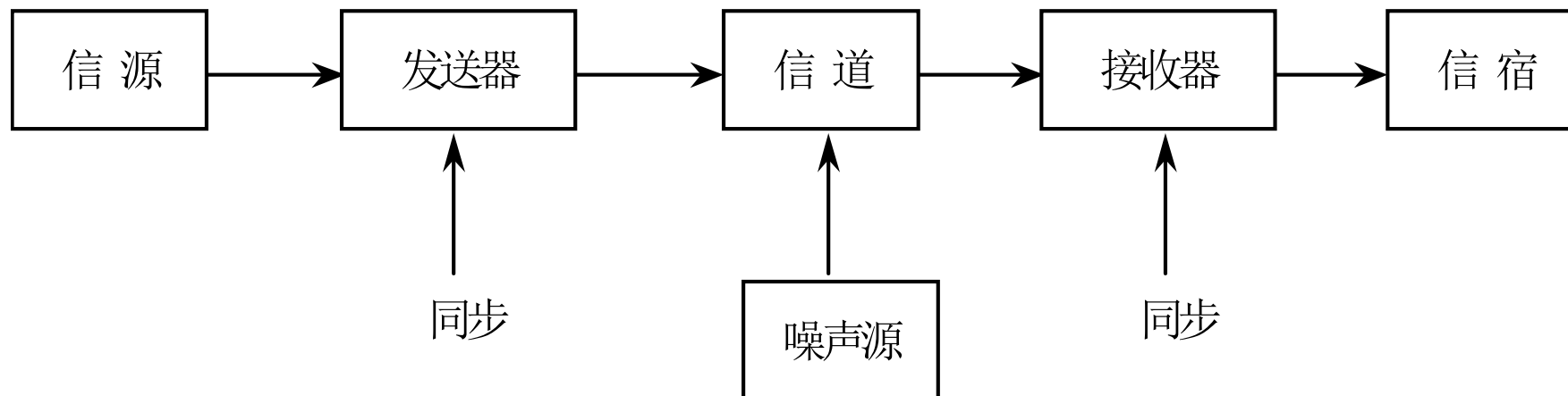
发送器

种类及其功能多样化，如编码、调制、放大、滤波、发射等。发送器含有与传输线路匹配的接口，其基本作用是将信源发出的信息转换成便于传输的某种信号。模拟与数字通信系统两者的发送器功能有很大差异。



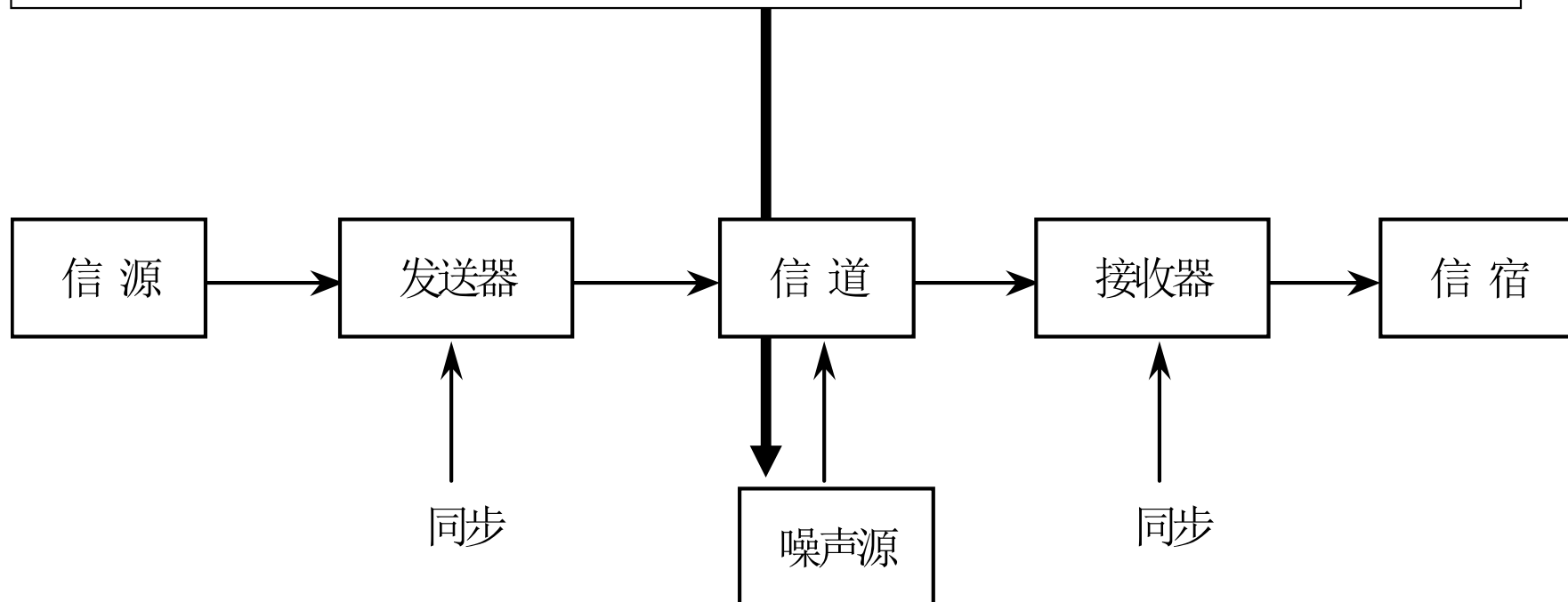
信道

即信息传输通道，也是传递物质信号的媒体。信道可以是明线、电缆、波导、光纤、无线电波等。



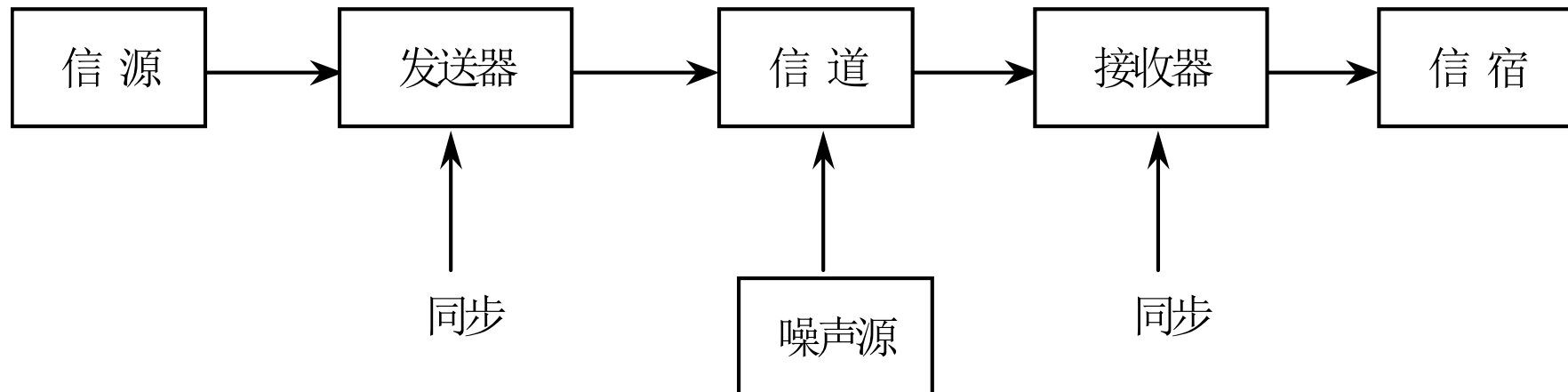
噪声源

是整个系统噪声与干扰的总折合，用以表征信息在信道中传输时遭受的干扰情况。在任何通信系统中，干扰的性质与强弱都是影响系统性能的重要因素。



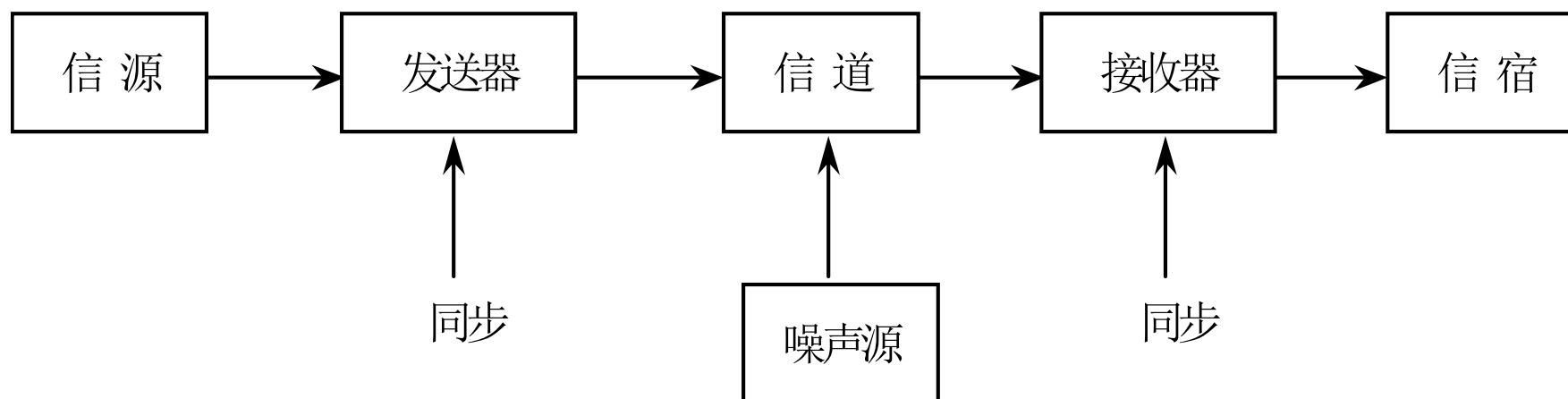
接收器

其作用主要是接收信道中的信号，并转换成发送前相同表示形式的信息传递给信宿，与发送器功能正好相反。对接收器的要求是尽可能地从受干扰的信号中精确地提取和还原来自信源的信息。

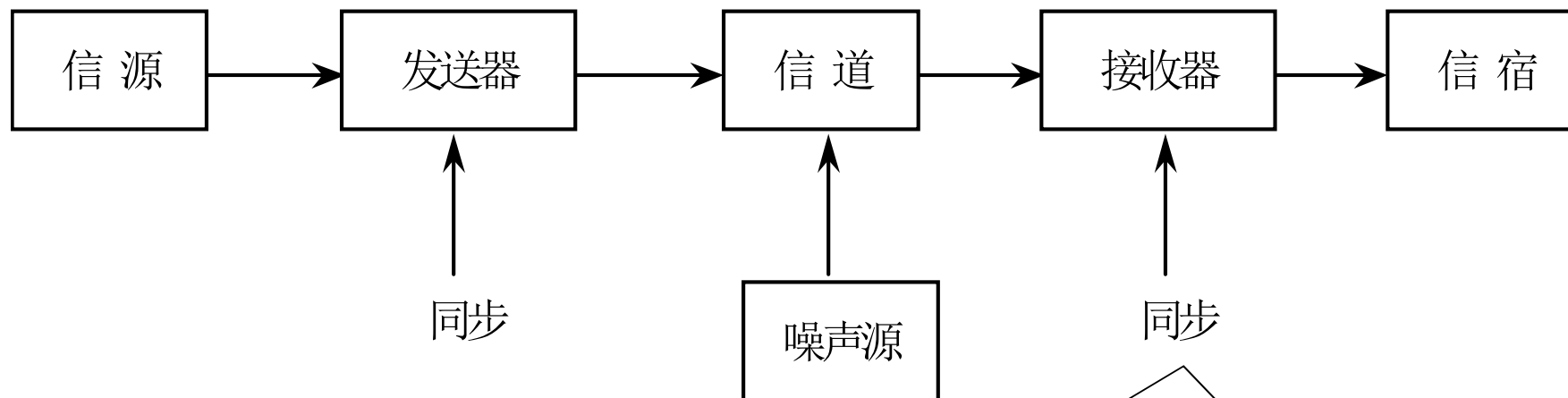


信宿

信息传输的目的地，即接收消息的人或机器。



同步



狭义地讲，是信息在通信系统传输过程中，其数据信号在系统各部分的收发时序上保持一致，包括比特同步、帧同步、网同步。更广的意义是信息在通信系统中保持时间、空间、内容以及它们之间的同步。

通信模型与实际系统的差别

♣ 通信模型示意图

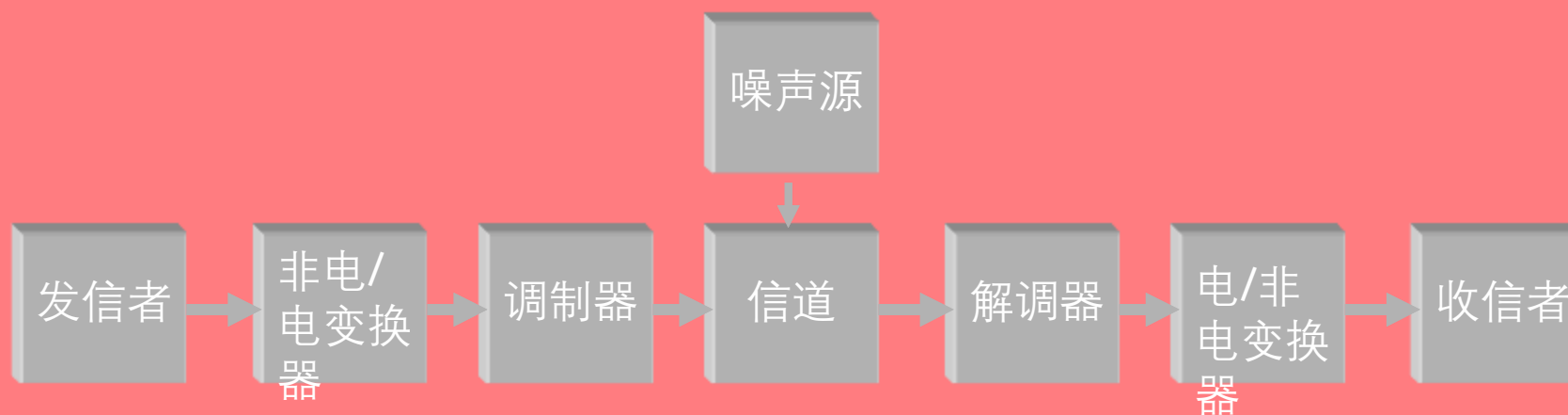
- ♠ 表面上描述的是一个一对一的单向通信系统
- ♠ 图中的同步也只是一种时间上协调的会意性描述
- ♠ 却是适于各种通信系统的一个抽象模型
- ♠ 概括地反映了各种通信系统实际应用中的共性。

♣ 实际应用中的通信系统

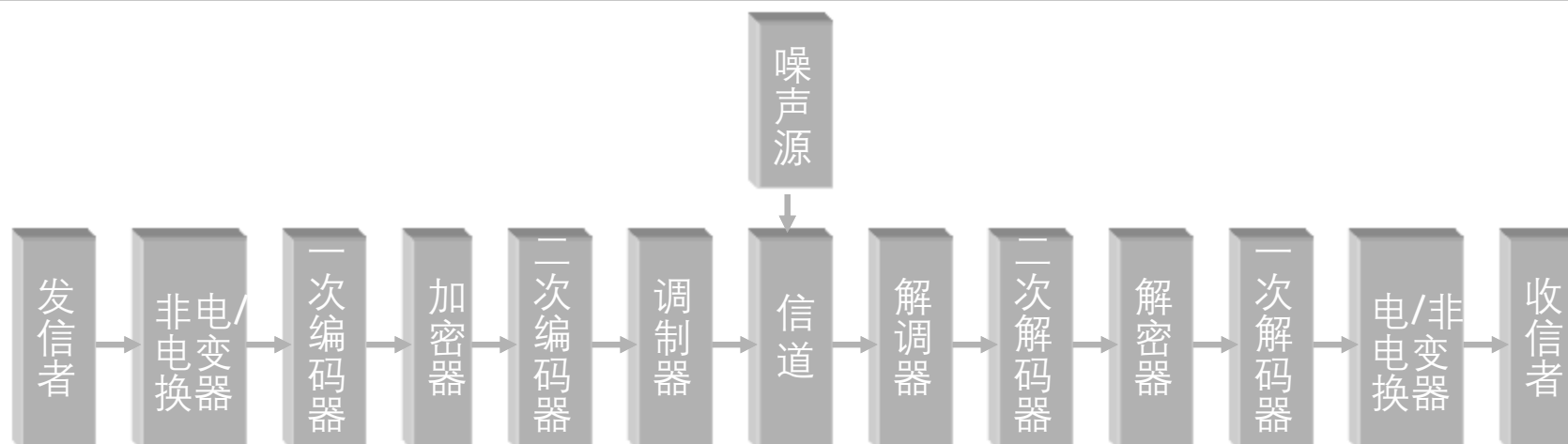
- ♠ 往往是双向的，而且可能是多个信源与多个信宿间的通信。
- ♠ 传输系统一般不是简单的点对点的关系，而是涉及比较复杂的网络结构，包含交换技术、路由选择等内容



A. 简单的通信系统模型



B. 模拟通信系统



C. 数字通信系统



第7章 CPS网络互联技术

7.1、频率搬移原理

7.2、通信模型

7.3、通信的主要任务

7.4、物理层概述

7.5、数字通信基础



通信主要任务

- Transmission System Utilization (传输系统的有效利用)
- Interfacing (接口)
- Signal Generation (信号产生)
- Synchronization (同步)
- Exchange Management (交换管理)
- Error Detection and Correction (差错检测与纠正)
- Addressing and Routing (寻址与路由选择)
- Recovery (恢复)
- Message Formatting (报文格式化)
- Security (安全措施)
- Network Management (网络管理)



通信主要任务

- 传输系统的利用
 - 充分合理利用传输设施
 - **复用**：在多个用户之间分配传输系统的总传输能力
 - **拥塞控制**：保证传输系统不因传输请求过量而超载
- 接口
 - 设备与传输系统之间的连接
- 信号的产生
 - 按某种格式产生具有一定强度的电磁波信号
 - 能够在传输系统上传播
 - 能够被接收器转换为数据



通信主要任务

- 同步
 - 在发送器与接收器之间达成某种同步
 - 接收器能够判断信号的起始、结束和信号单元的持续时间
- 交换的管理
 - 通信双方为交换数据而建立连接
 - 通信双方数据处理设备的其它协商工作
 - **差错控制**：检测或纠正因信号失真或信道噪声等原因而产生的传输差错
 - **流量控制**：保证信宿设备不会因信源设备发送太快以至无法及时接收和处理这些数据而导致超载



通信主要任务

- 寻址
 - 当传输设施被两个以上设备共享时，信源必须给出信宿的标识
- 路由选择
 - 当传输系统是不只一条路径的网络时需要确定路由
- 恢复
 - 信息交换过程中因通信系统某处出现故障而致使传输中断，需要从中断处恢复工作，或者把系统被涉及部分恢复到数据交换开始之前的状态
- 报文格式化
 - 数据交换双方必须就传输的数据格式达成一致协议
 - 交换代码转换、压缩、加密



通信主要任务

- 安全措施
 - 发送方希望确保只有它期望的接收者接收到数据
 - 接收方希望保证收到的数据来自正确的发送方，且数据在传输过程中未被改变
- 网络管理
 - 数据通信设施是一个复杂系统，需要合理地规划和配置，需要对系统运行状态进行监控，并处理拥塞、死锁、故障等引发的问题



第7章 CPS网络互联技术

7.1、频率搬移原理

7.2、通信模型

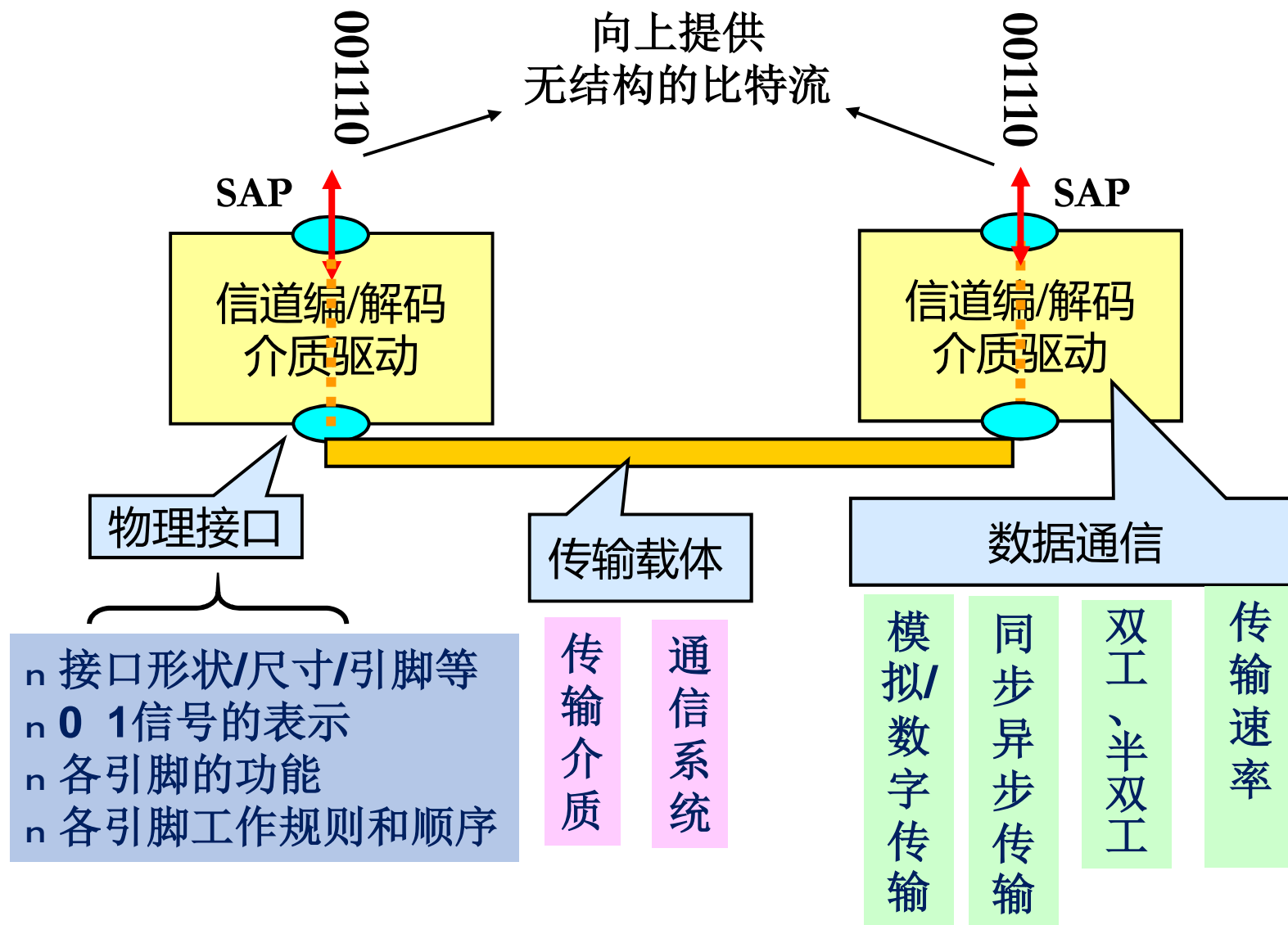
7.3、通信的主要任务

7.4、物理层概述

7.5、数字通信基础



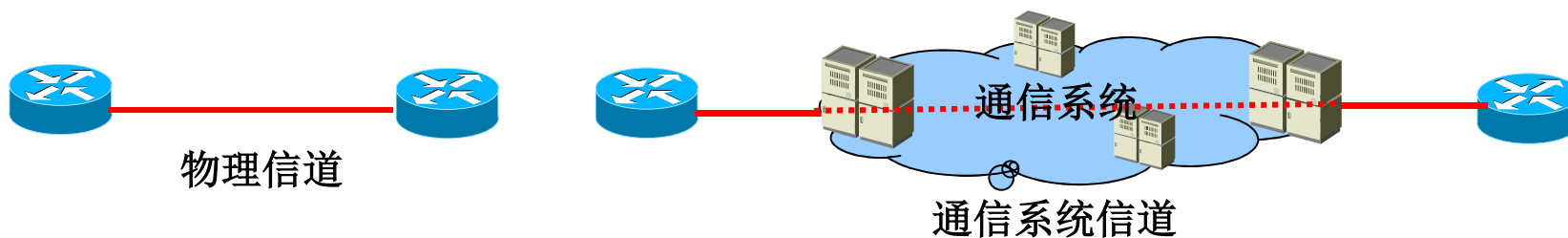
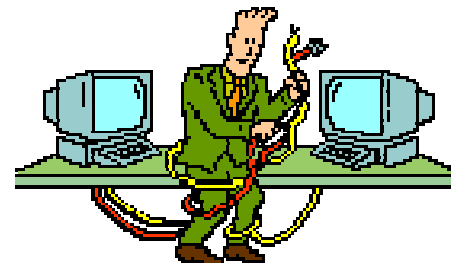
7.4 物理层概述





物理层概述 续

- 物理层相关内容
 - 传输理论基础（比特流传输）
 - 数字信号传输基本理论
 - 传输信道（站点物理连接）
 - 传输介质（短距离、直接物理信道）
 - 通信系统（长距离、间接通信信道）
 - 接口（介质驱动）
 - 接口装置、接口设备





第7章 CPS网络互联技术

7.1、频率搬移原理

7.2、通信模型

7.3、通信的主要任务

7.4、物理层概述

7.5、数字通信基础



7.5 数字通信基础

- 7.5.1 数字通信原理
- 7.5.2 信道容量
- 7.5.3 传输指标参数
- 7.5.4 传输方式
- 7.5.5 传输介质



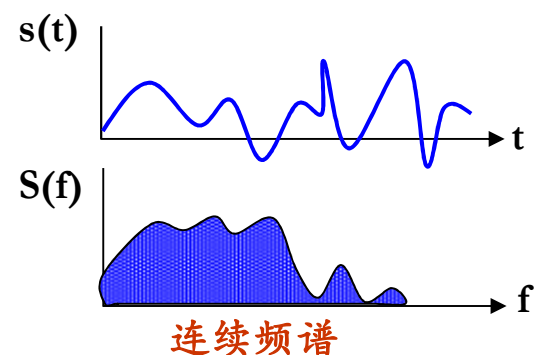
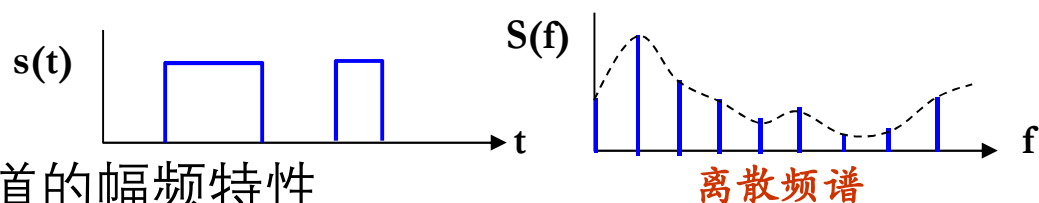
7.5.1 数据通信原理

- 信息、数据、信号的基本概念
 - 信息一般是字母、数字、符号、语音、图形、图像和视频的组合
 - 信息的二进制比特序列表示称为数据
 - 信号是数据在传输过程中电信号的表示形式
- 数据通信原理
 - 基带、频带信号；通信信道容量
- 数据通信主要指标参数
 - 数据通信速率、时延、误码率
- 数据通信方式
 - 串行、并行；单工、双工、半双工；异步、同步

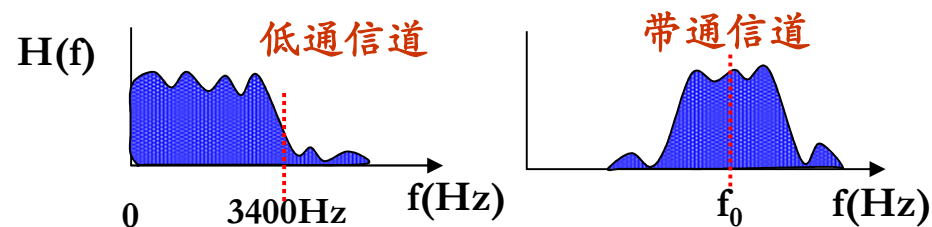


7.5.1 数字通信原理

- 信号的幅频特性
 - 时域信号—频域信号
 - 时域信号变化越剧烈，对应的频域就越宽
 - $s(t) \rightarrow S(f)$ t : 时间; f : 频率



- 信道的幅频特性
 - 任何信道，对不同频率的信号有不同的衰减



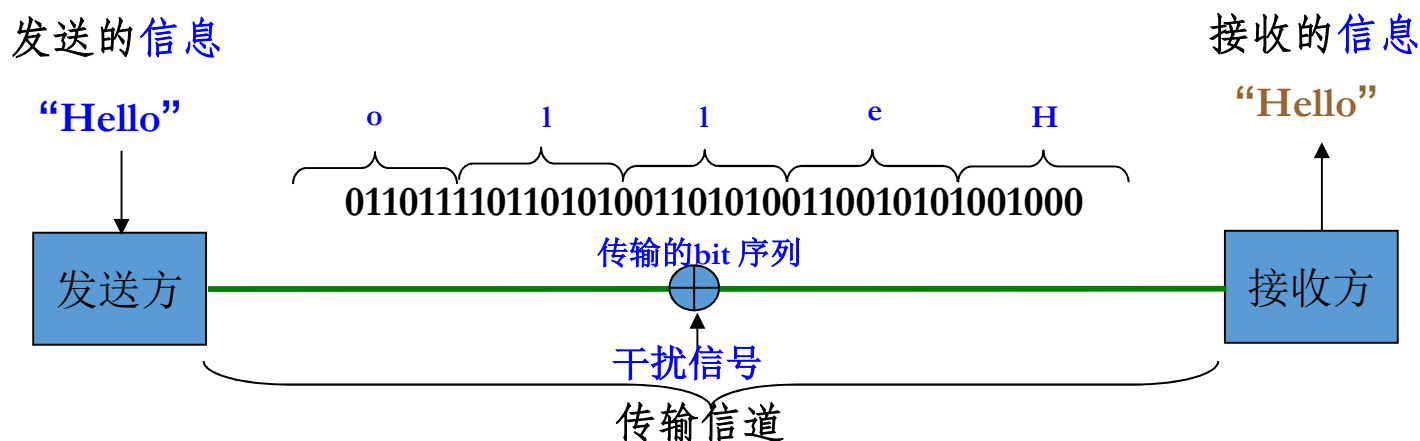
- 经信道传输后的信号
 - 信号经过信道传输后 $S_o(f) = S_i(f) * H(f)$
 - 信号频谱在信道频谱范围内，才能通过信道，频谱外的信号被衰减





7.5.1 数字通信原理

- 传输模型



- 信息：包含特定含义的符号
- Bit序列：信息在信道上的传输形式('0' '1' 序列)
- 信道：bit序列传输路径
- 干扰：信道噪声，可造成接收错误(0变1，或1变0)

需进一步讨论的问题：

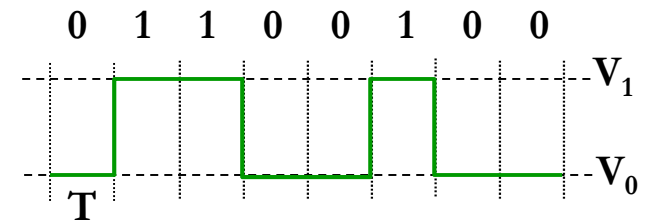
- 1、是否所有的信息都是用 '0' '1' 来传输的？
- 2、'0' '1' 是用什么形式的信号来传输？
- 2、接收出现错误该如何处理？
- 3、如何确定 '0' '1' 序列块之间的界线？

7.5.1 数字通信原理

- Bit序列：
 - $b(n)=\{0,1\}$ 序列, $n=\dots,1,2,3,\dots$
- 基带信号
 - 用电平(电压或电流)及变化来表示比特值

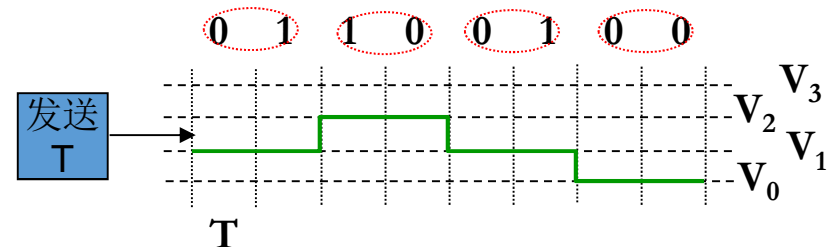
2级电平信号(1电平传输1bit)

$$s(t-nT)=\begin{cases} V_0 & \text{when } b(n)=0 \\ V_1 & \text{when } b(n)=1 \end{cases}$$



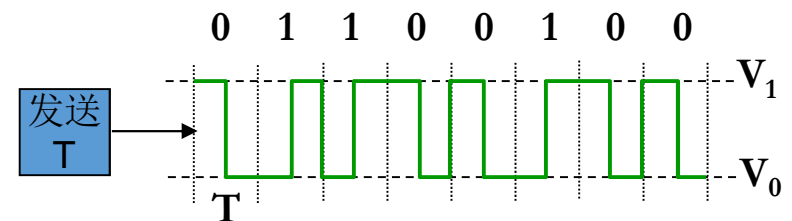
4级电平信号(1电平传输2bit)

$$s(t)=\begin{cases} V_0 & \text{when } b(2n)b(2n+1)=00 \\ V_1 & \text{when } b(2n)b(2n+1)=01 \\ V_2 & \text{when } b(2n)b(2n+1)=10 \\ V_3 & \text{when } b(2n)b(2n+1)=11 \end{cases}$$



电平变化信号(电平阶跃传输1bit)

$$s(t)=\begin{cases} V_1 \rightarrow V_0 & \text{when } b(n)=0 \\ V_0 \rightarrow V_1 & \text{when } b(n)=1 \end{cases}$$





7.5.1 数字通信原理

- 进一步考虑的问题
 - 多级电平
 - 可不可以用8、16或更多级的电平来表示‘0’‘1’序列？
 - 可不可以用3、5等非2次幂电平表示‘0’‘1’序列？有什么问题？
 - 电平级别过多会有什么问题？
 - 用电平的变化来表示‘0’‘1’序列
 - 能否设计出其它的电平变化方案
 - 电平变化方案是否能让接收方正确恢复‘0’‘1’序列？
 - 混合情况
 - 多级电平+电平变化组合的方案
 - 傅氏分析
 - 信号的直流成分(长时平均情况、短时平均情况)

7.5.1 数字通信原理

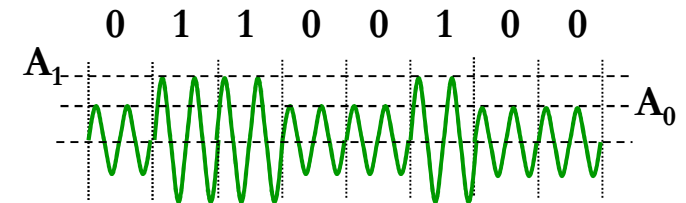
- 频带传输
 - 用正弦(余弦)波形表示bit信号

$$s(t) = A \cos(2\pi f t + f)$$

A, f, f : 都可作为可变参量

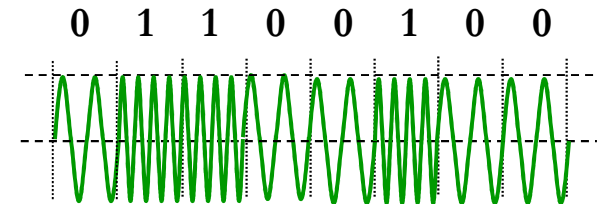
调幅信号

$$s(t) = A(b(n)) \cos(2\pi f t + f) \quad A(b(n)) = \begin{cases} A_0 & b(n) = 0 \\ A_1 & b(n) = 1 \end{cases}$$



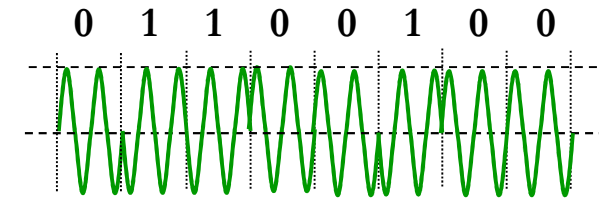
调频信号

$$s(t) = A \cos(2\pi f(b(n)) t + f) \quad f(b(n)) = \begin{cases} f_0 & b(n) = 0 \\ f_1 & b(n) = 1 \end{cases}$$



调相信号

$$s(t) = A \cos(2\pi f t + f(b(n))) \quad f(b(n)) = \begin{cases} f_0 & b(n) = 0 \\ f_1 & b(n) = 1 \end{cases}$$





7.5.1 数字通信原理

- 用信号 $s(t)$ 发生的变化，表示bit值的变化
 - 信号变化与Bit值变化相对应
 - 信号变化速率称为波特率“baud rate”
- 考察1:2的信号传输方式
 - 每个信号传输了2个bit值(每个Bit持续时间为 T)
 - Bit速率 $=1/T$
 - 信号的持续时间为 $2T$ ，波特率 $=1/2T$
 - Bit速率 $=2$ 波特率
 - 若将波特率提高到 $1/T$
 - Bit速率提高到原来的2倍
 - 推论
 - 若每个信号传输 n 个bit，相同波特率下，bit传输率可提高 n 倍
- 思考
 - 若每个信号传输 n 个bit，总共需要多少个信号？
 - 波特速率受何限制？



7.5 数字通信基础

- 7.5.1 数字通信原理
- 7.5.2 信道容量
- 7.5.3 传输指标参数
- 7.5.4 传输方式
- 7.5.5 传输介质



7.5.2 信道容量:最大数据传输速率

- 奈奎斯特定理 —— 带限无噪声信道
 - 最大数据传输速率 $C_{\max} = 2B \log_2 V$
 - B — 信道带宽
 - V — 信号级数量 (信号个数)
 - $\log_2 V$ — 一个信号可以表示多少位数据
 - 例： $B=3 \text{ kHz}$, $V=2$ (二进制信号)
则：最大速率 $C_{\max} = 6 \text{ kbps}$
 - 可以用提高编码效率的方式, 在有限带宽中多传数据 —
— 加大数据传输速率
 - 例：8B6T编码下, $D = 2B \times 8/6$, (100BaseT4)



信道容量：最大数据传输速率

- 限制带宽 (f) 就是限制数据传输速率 (b)
- 比特率 (R_b) = $\log_2 N$ * 波特率 (R_s)
 - N 表示信号编码个数 (级数)
 - 采用0、1 (二进制码) 编码时, 波特率 = 比特率



信道容量：最大数据传输速率

- Shannon定理——带限有噪声信道
 - 最大传输速率 $C_{\max} = B \log_2 (1 + S/N)$
 - 式中：B 信道带宽，S 信号平均功率、N 噪声平均功率，S/N 信噪比
 - 例：B=3KHz，S/N=30dB（即S/N=1000）
 - 则 $C_{\max} = B \log_2 (1 + S/N)$
 - $= 3000 \times \log_2 (1 + 1000) = 30\text{kbps}$
- 可见，有噪带限信道上，所能达到的最大速率
 - 与一个码元携带多少数据位数无关，即与编码效率无关
 - 只与带宽和信噪比有关



7.5 数字通信基础

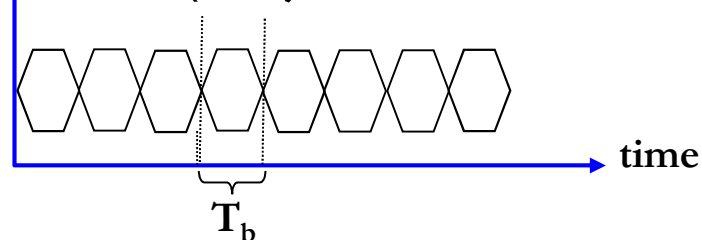
- 7.5.1 数字通信原理
- 7.5.2 信道容量
- 7.5.3 传输指标参数
- 7.5.4 传输方式
- 7.5.5 传输介质



7.5.3 传输指标参数

- Bit Rate (bit 速率)

- 每秒传输的bit数, bits per second (b/s)



T_b : bit 信号持续时间(秒)

Bit 速率: $r = 1/T_b$ (b/s)

$1\text{Kb/s} = 1000 \text{ b/s}$

$1\text{Mb/s} = 1000 \text{ Kb/s} = 1000000 \text{ b/s}$

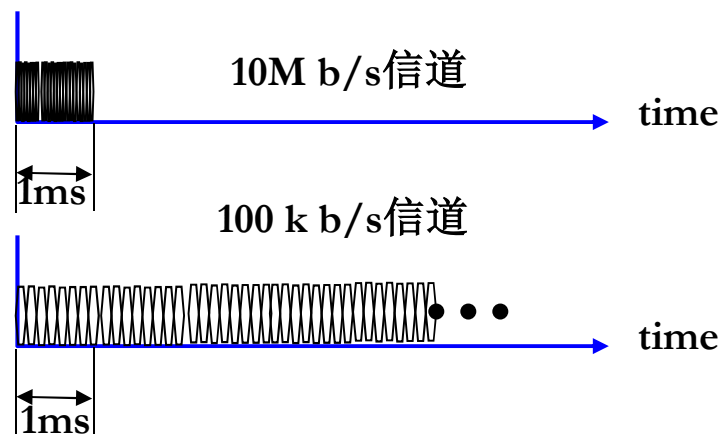
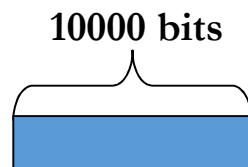
$1\text{Gb/s} = 1000 \text{ Mb/s} = 1000000 \text{ Kb/s} = 1000000000 \text{ b/s}$

注意与计算机中存储容量的差异 ($1\text{KB}=2^{10}=1024\text{B}$)



7.5.3 传输指标参数

- 传输时间 T_t
 - 将 N bit送上信道所需的时间
 - 若传输速率为 R b/s
 - 则 $T_t = N/R = N \cdot T_b$



10M b/s的以太网、100k b/s的信道上，将10000bit的数据送上信道，分别需要

$$10000/10 \cdot 10^6 = 10^{-3} \text{ (s)} = 1 \text{ (ms)}$$

$$10000/100 \cdot 10^3 = 0.1 \text{ (s)} = 100 \text{ (ms)}$$



7.5.3 传输指标参数

- 传播延迟 T_d
 - 信号在信道上传播的时间
 - 设信道长度为 D 米，信号传播的速度为 V ，信号传播时间
 - $T_d = D/V$
 - 信号(电磁波)传播速度：光速 $c=3*10^8$ 米/秒
 - 注：铜线、铜轴电缆中， V 略小于光速 (0.7~0.9)

例：

大楼间敷设的电缆为300米，传输延迟为



$$T_{1d} = 300 / 3*10^8 = 10^{-6}s = 1\mu s$$

跨洋海底电缆3000公里，传输延迟为

$$T_{2d} = 3000*10^3 / 3*10^8 = 10^{-2}s = 10ms$$



7.5.3 传输指标参数

- 比特误码率BER (Bit Error Rate)
 - 由于干扰(人为电磁、背景噪声、宇宙噪声等), 造成 0 \rightarrow 1或1 \rightarrow 0的错误
 - BER = 错误的bit数/总bit数(或bit出错的概率)
 - 无线信道 : $10^{-1} \sim 10^{-3}$, 2.4GHz频段 : 5×10^{-5}
 - 电话信道 : $10^{-5} \sim 10^{-6}$, 以太网(UTP5) : 10^{-7}
 - 光纤  $10^{-8} \sim 10^{-10}$ 

随机误码: 均匀随机分布在整个bit流中 (背景干扰、宇宙噪声等)

01000111011101010101011010001101111101010111101010110101010100001010101

突发误码: 突然出现的一串高误码, 有一定的长度(突发长度)

01000111011101010101011010001101111101010111101010110101010100001010101

突发长度



7.5 数字通信基础

- 7.5.1 数字通信原理
- 7.5.2 信道容量
- 7.5.3 传输指标参数
- 7.5.4 传输方式
- 7.5.5 传输介质



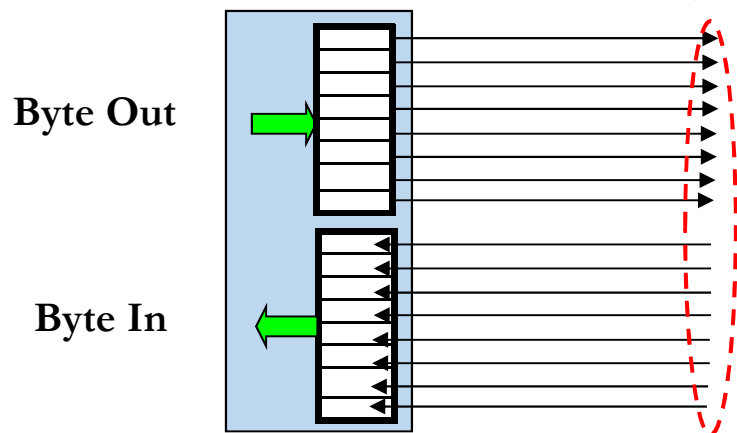
7.5.4 传输方式

- 串行、并行
- 单工、全双工、半双工
- 同步、异步、块



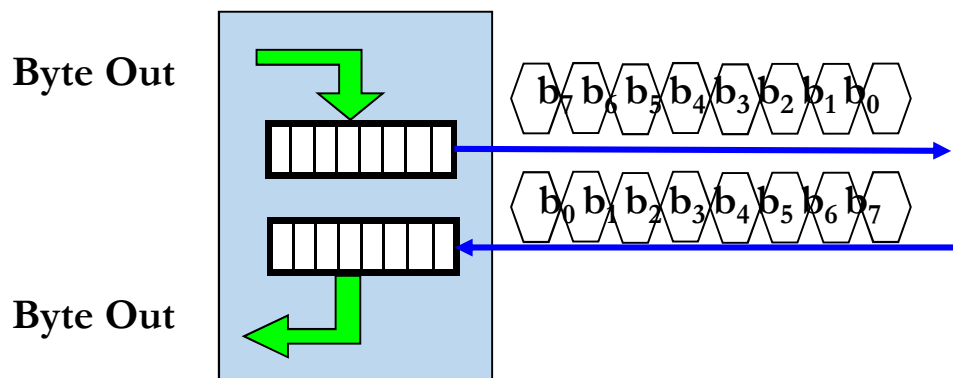
7.5.4 传输方式

- 并行传输 (Parallel Transmission)



特点：需多条传输线路，
短距离使用

- 串行传输 (Serial Transmission)



特点：仅需少量线路，
应用广

传输惯例：

发：低bit先出

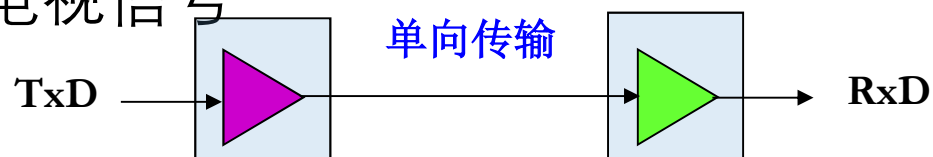
收：低bit先入



7.5.4 传输方式

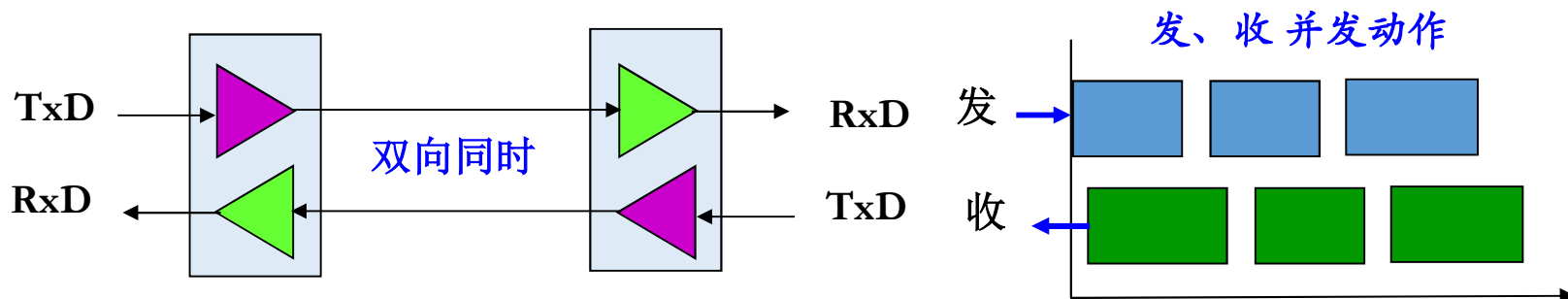
- 单工 (Simplex)

- 数据流始终在一个方向传输。通信双方，一方始终是发送端，另一端始终是接收端，如：传呼、无线电广播、电视信号



- 全双工 (FD, Full Duplex)

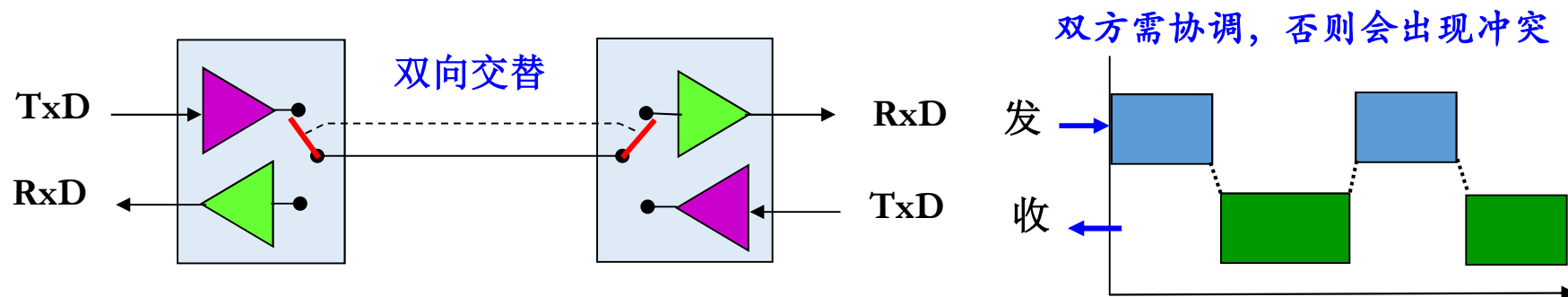
- 数据流可以同时在这两个方向上传输，如：电话通信





7.5.4 传输方式

- 半双工(HD, Half Duplex)
 - 数据流可以在两个方向上传输，但同一时刻只能在一个方向上传输
 - 通信的双方，应具有发送和接收的功能，但任何一方不能同时发送和接收，在时间上必须错开
 - 如：对讲机





7.5.4 传输方式

- 同步传输(Synchronous Transmission)
 - Bit数据以均匀时间间隔 T 传输，持续不断
 - 特点
 - 可实现非常高的传输速率(几百兆~几十千兆)
 - 稳定的传输速率
 - 需要独立的时钟线路保持双发收发同步
 - 应用场合
 - 与传输系统的连接
 - PSTN中的数字信道、SDH

- 讨论：

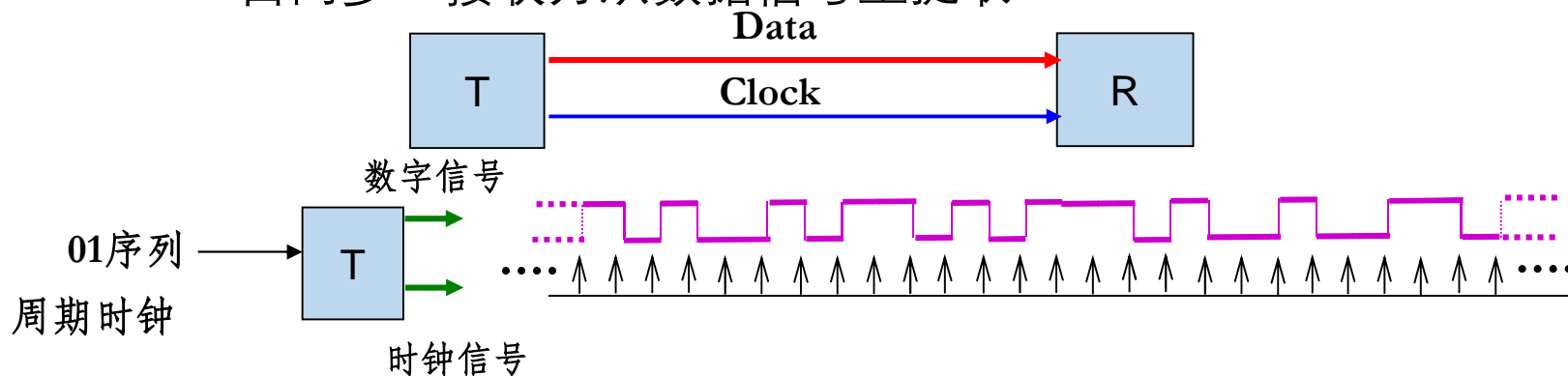
- 如何获得同步时钟信息？





7.5.4 传输方式

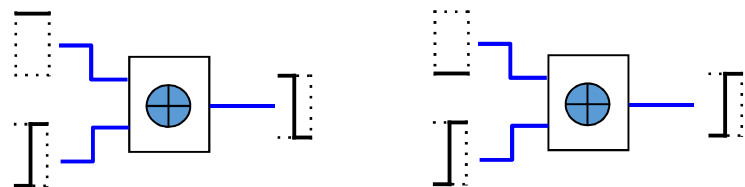
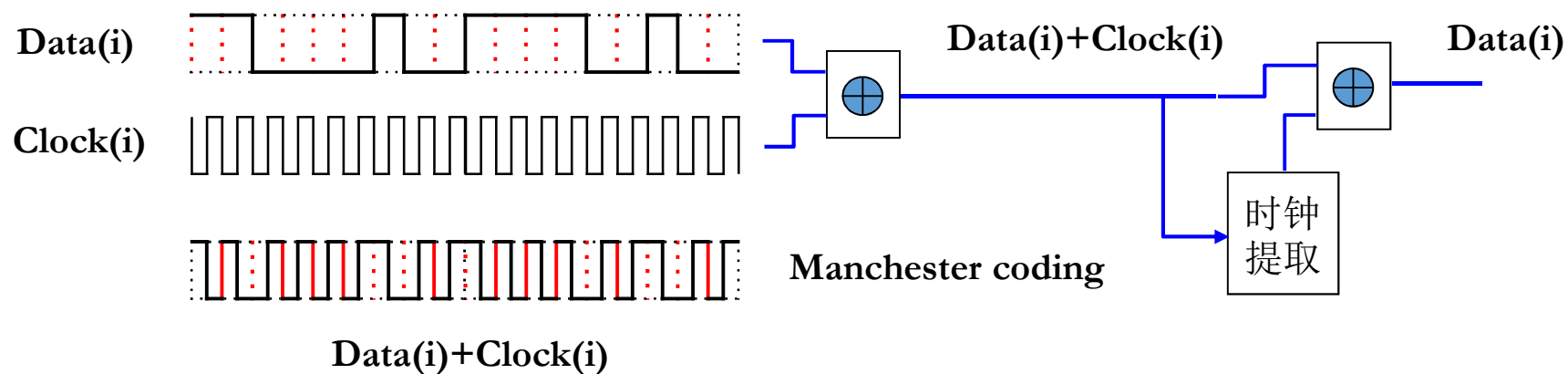
- 同步传输(Synchronous Transmission)
- 位同步方式
 - 位同步：使接收方知道每一位数据的起始和结束
 - 时钟信号
 - 外同步：发送方传送过来
 - 额外的时钟线
 - 自同步：接收方从数据信号里提取





7.5.4 传输方式

- 自同步：时钟嵌入数据中
 - 接收方从数据信号里提取

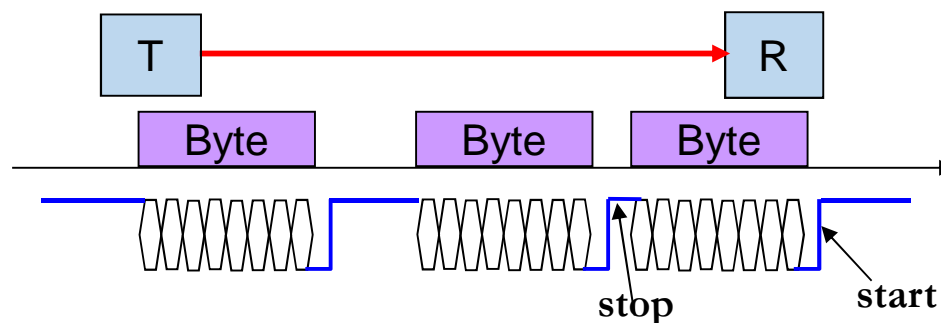




7.5.4 传输方式

- 异步传输 (Asynchronous Transmission)
 - 字节为单位传输，字节间隔长度可变
 - 特点
 - 不需要专门的时钟线路 (所以称为“异步”)
 - 传输速率不可能很高 (最高约200k b/s)
 - 应用场合
 - 计算机间的直接连接
 - 低速、短距离传输(几百米~几公里)
 - 键盘、鼠标的传输方式

又称为起-止式传输

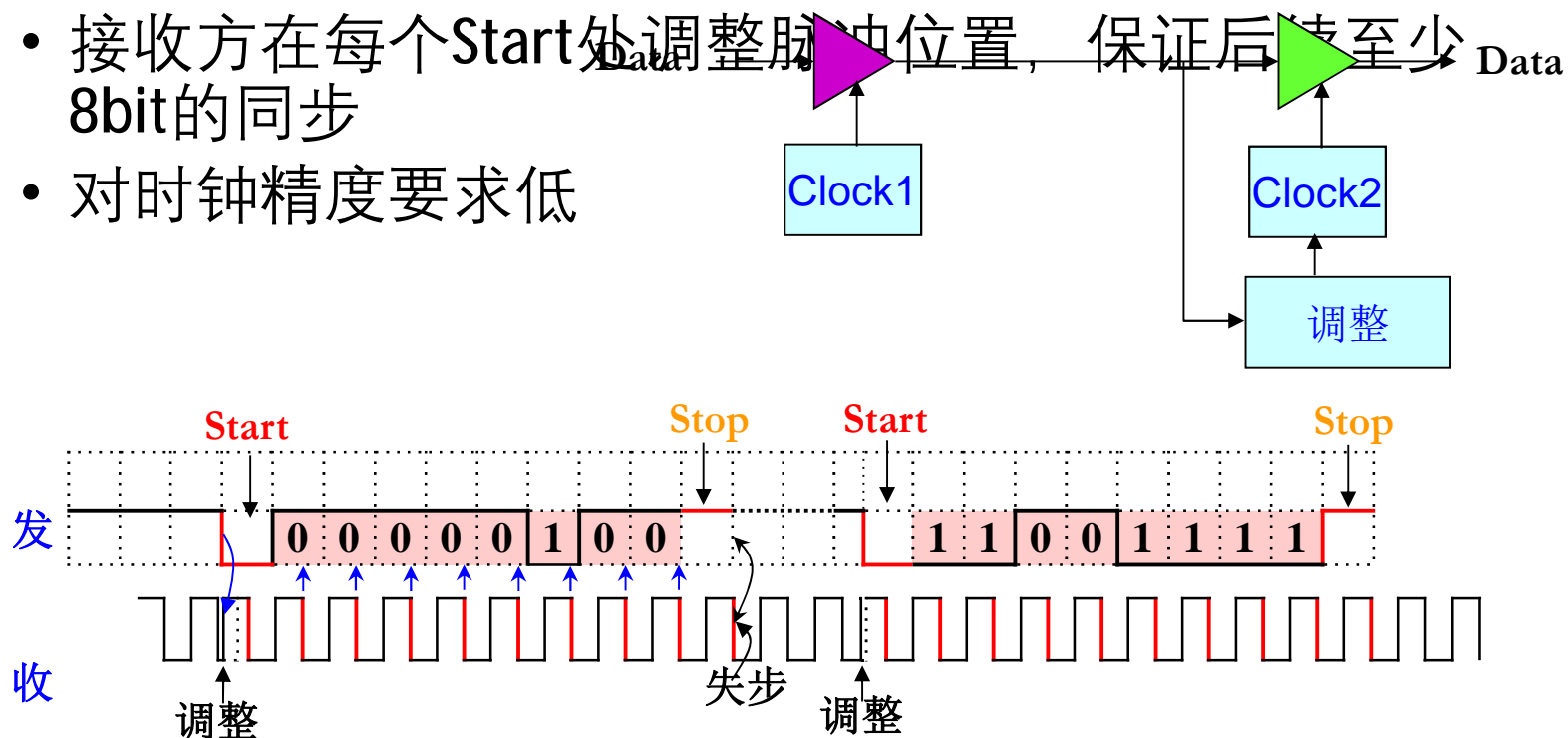




7.5.4 传输方式

- 异步传输

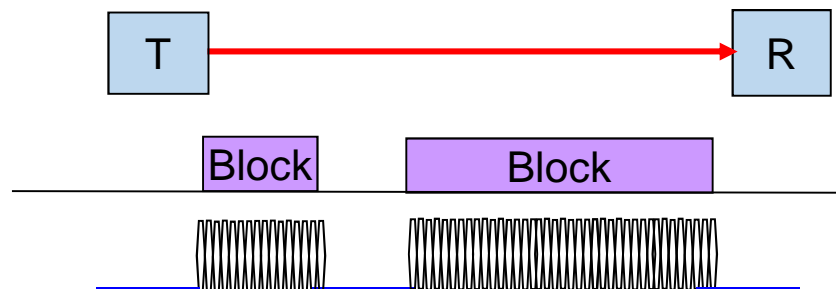
- 接收端和发送端有相同速率的时钟，但没有同步
- 接收方在每个Start处调整脉冲位置，保证后续至少8bit的同步
- 对时钟精度要求低





7.5.4 传输方式

- 块传输 (Block Transmission)
 - 以数据块为单位传输，块的长度可变，块间可变长度间隔
 - 特点
 - 增强型的“异步传输方式”
 - 传输速率高(可达上千兆)
 - 应用场合
 - 计算机网络中的直接电缆连接
 - 典型如：以太网信道

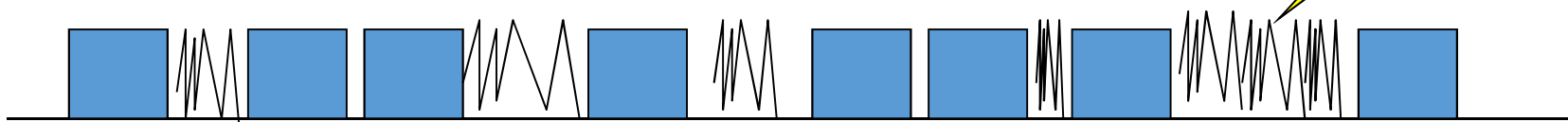




异步传输与同步传输

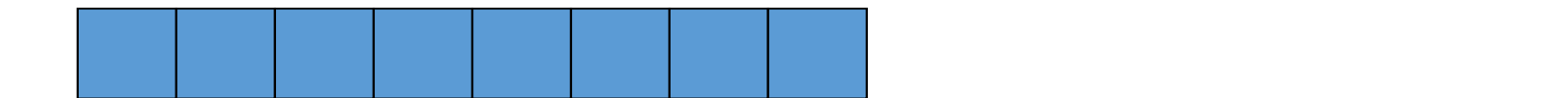
- 异步传输

- 一次只传输一个字符（8位）
- 速率低，用于信道质量较差的环境



- 同步传输

- 一次传输一个数据段或块（连续的一串字符）
- 用于信道质量好，高速数据传输





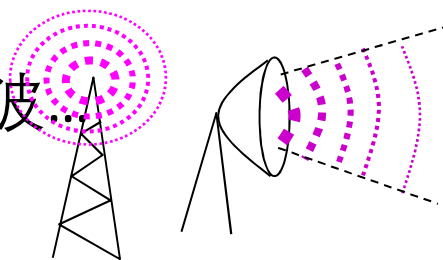
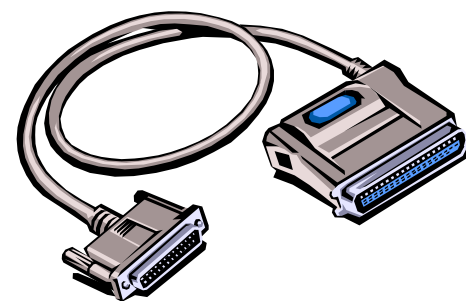
7.5 数字通信基础

- 7.5.1 数字通信原理
- 7.5.2 信道容量
- 7.5.3 传输指标参数
- 7.5.4 传输方式
- 7.5.5 传输介质



7.5.5 传输介质

- 介质特性
 - 物理特性、传输特性（带宽、延迟、衰减）、抗干扰、成本、安装维护难度
- 磁介质-磁盘、Flash 等存储介质
- 有线介质-传输损耗小
 - 铜导线(电信号)-双绞线、同轴电缆
 - 光纤(光信号)-单模、多模
- 无线介质-空间电磁波-传输损耗大
 - 无线电、微波、红外线、毫米波、光波...
 - 以天线实现有效信号发射
 - 定向天线实现信号的聚焦定向传输





7.5.5 传输介质

- 双绞线 (Twisted Pair)

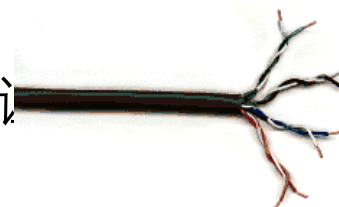
- 抗电磁干扰能力好
- 屏蔽双绞线 (STP)
- 无屏蔽双绞线 (UTP)



- 双绞线类别 (3、5、超5、6、7类)

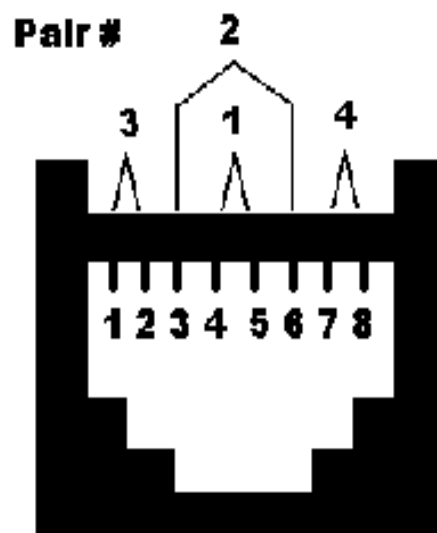
- 以太网应用：基带传输、质量要求高、非屏蔽双绞线

- 双绞线由不同颜色的4对8芯线组成，每两条按一定规则绞织在一起，成为一个芯线对
 - 3类双绞线：UTP3，10M以太网
 - 5类双绞线：UTP5，100M以太网
 - 以太网标准规定使用距离不大于100米，以保证

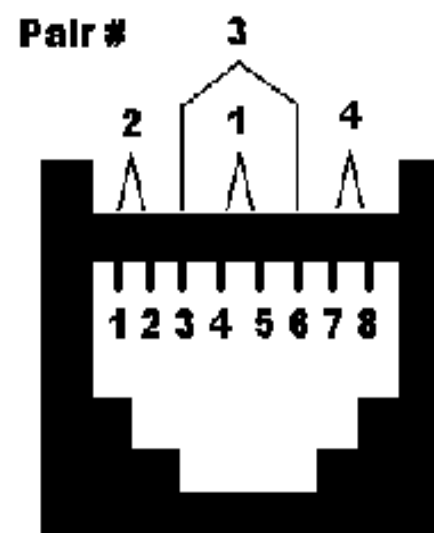




双绞线及其插座



EIA/TIA 568A

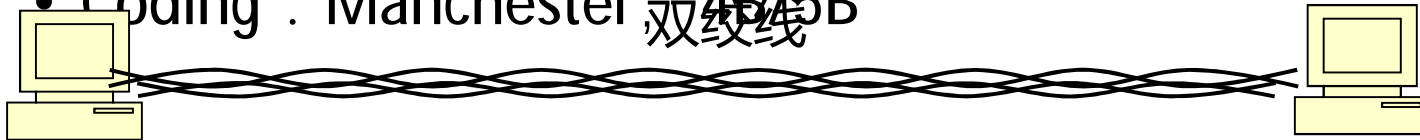


EIA/TIA 568B

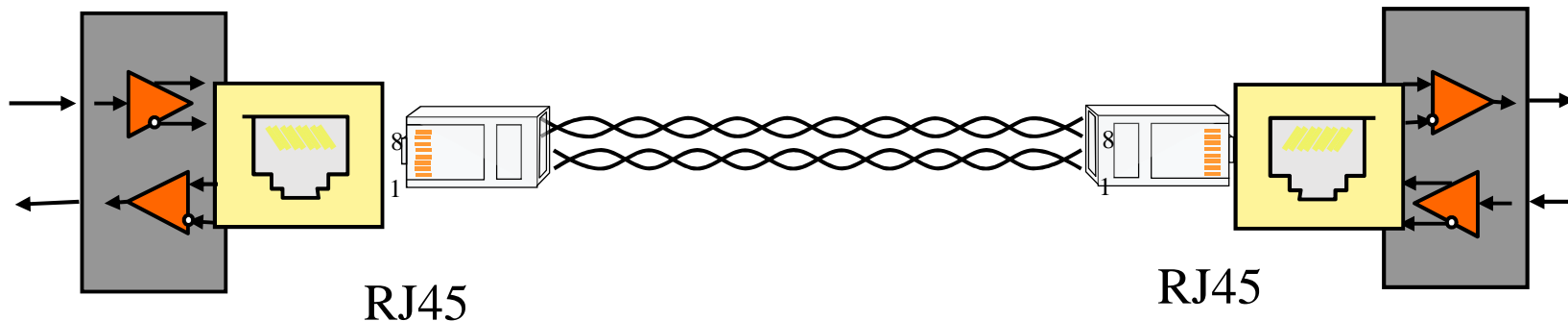


双绞线在以太网应用

- 一对线用于发送，另一对用于接收
 - 1、2发送，3、6接收
- 传输方式
 - Block Transmission
 - Coding : Manchester, 4B/5B



100Base-T

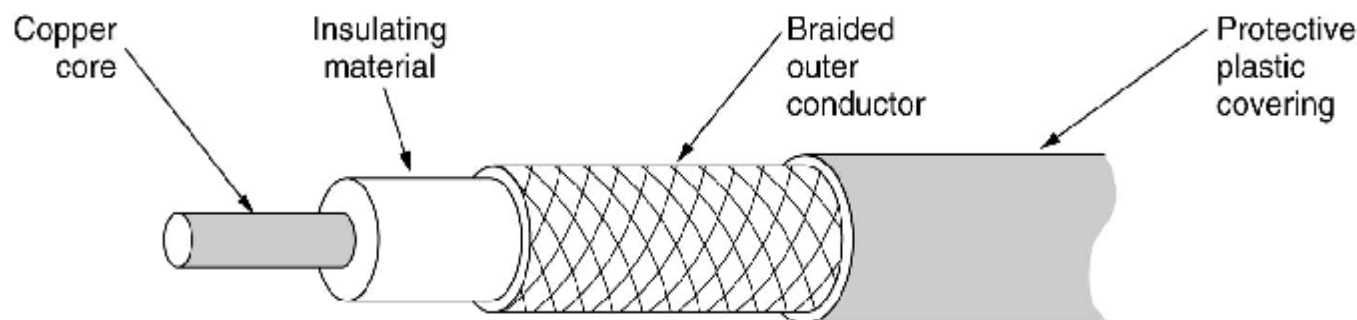




传输介质

- 同轴电缆(Coax)

- 屏蔽性能好，衰减小，几十公里
- 基带电缆：基带数字传输
 - 特征阻抗50欧、粗缆、细缆、LAN
- 宽带电缆：频带传输
 - 特征阻抗75欧、模拟传输、有线电视（450 MHz）
 - 双缆、单缆

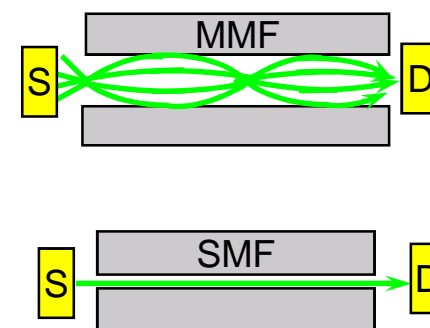




传输介质

- 光纤

- 材质：塑料光纤、玻璃(石英)光纤
- 光源：普通光(LED)，激光
- 光谱：0.85um, 1.3um, 1.55um
- 传输模式：多模(多路径光)、单模(单路径光)
- 数据速率：广泛使用25G, 40G
- 传输距离：几公里(0.85), 上百公里(1.3,1.55)
- 66年提出用玻璃纤维作为光传输的介质(高锟)，开始出现了光纤通信,经过不断改进光纤材料和品质
 - 传输损耗1000dB/km à 20dB/km à 2.5dB/km à 0.3dB/km



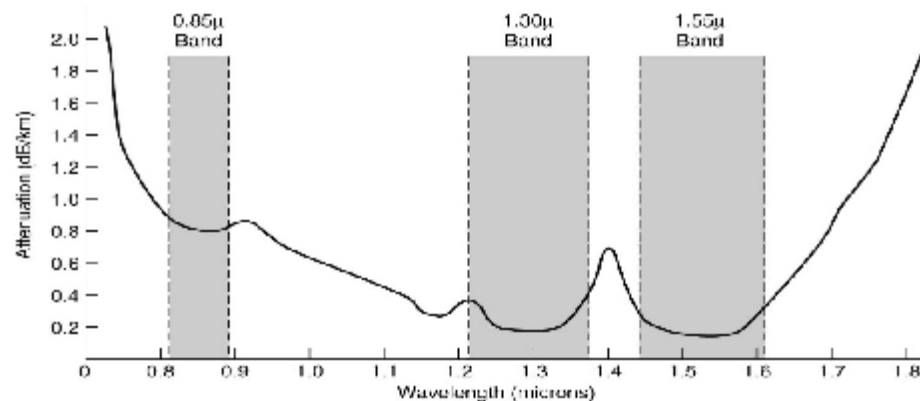


传输介质

- 光纤

- 传输窗口-衰减特性

- 不同波长-衰减特性-衰减系数-衰减损耗



- 光传输系统





传输介质

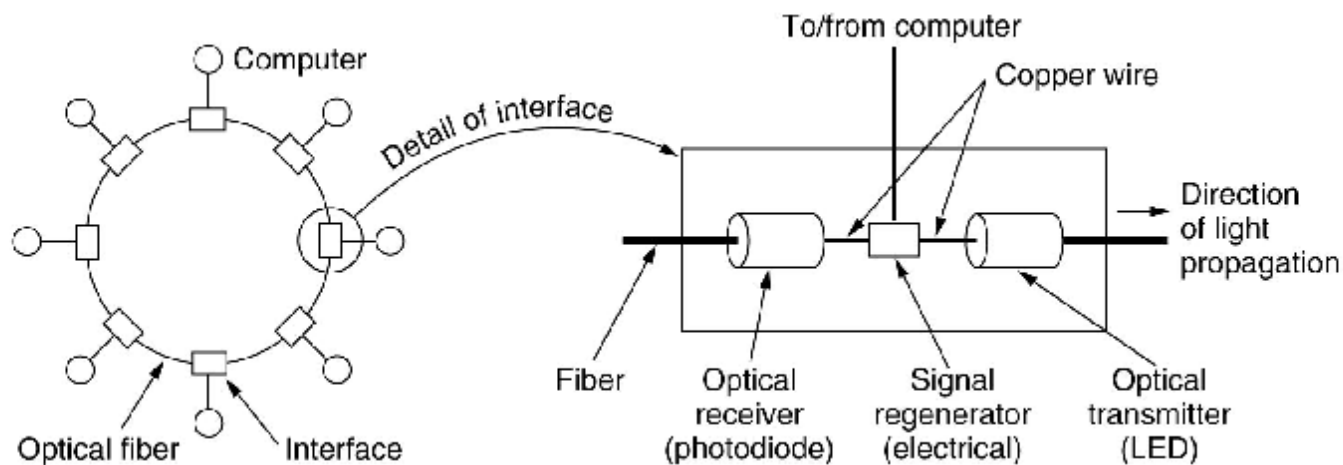
- 光纤网络 —— LAN、WAN

- 环型：点到点连接的集合

- 无源接口：光损耗 \rightarrow 限制接入计算机数量和环长，损坏 \rightarrow 仅一台计算机
 - 有源中继器：信号再生 \rightarrow 环长无限制，损坏 \rightarrow 整个环被破坏

- 无源星型：广播

有源中继器的光纤环





传输介质

- 光纤

- 光纤彻底改写了长距离高速率传输的历史

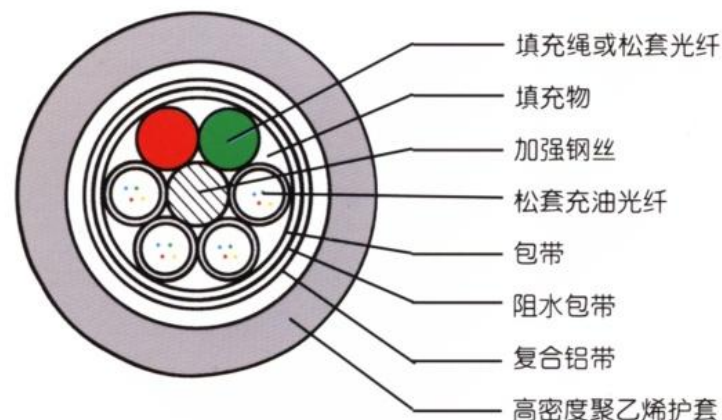
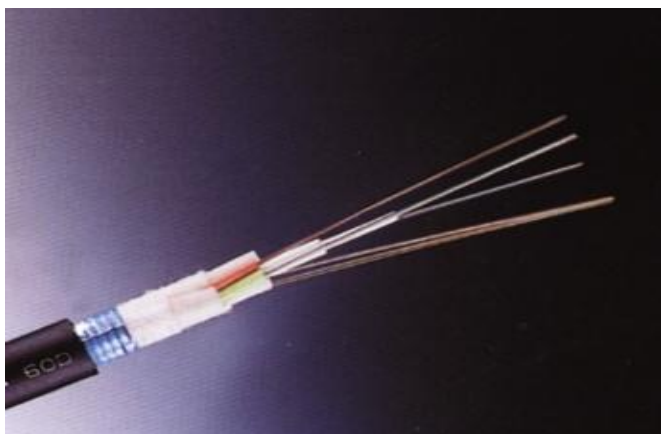
- 过去：长距离传输是低速、高误码率的代名词

- 现在：长距离传输的速率、质量均超过短距离铜线

- 长距离~大传播延迟特性不会改变

- 光纤的传输速率限制 —— 光电信号的转换

- 光纤与铜线比较：带宽、衰减、抗干扰、重量





传输介质

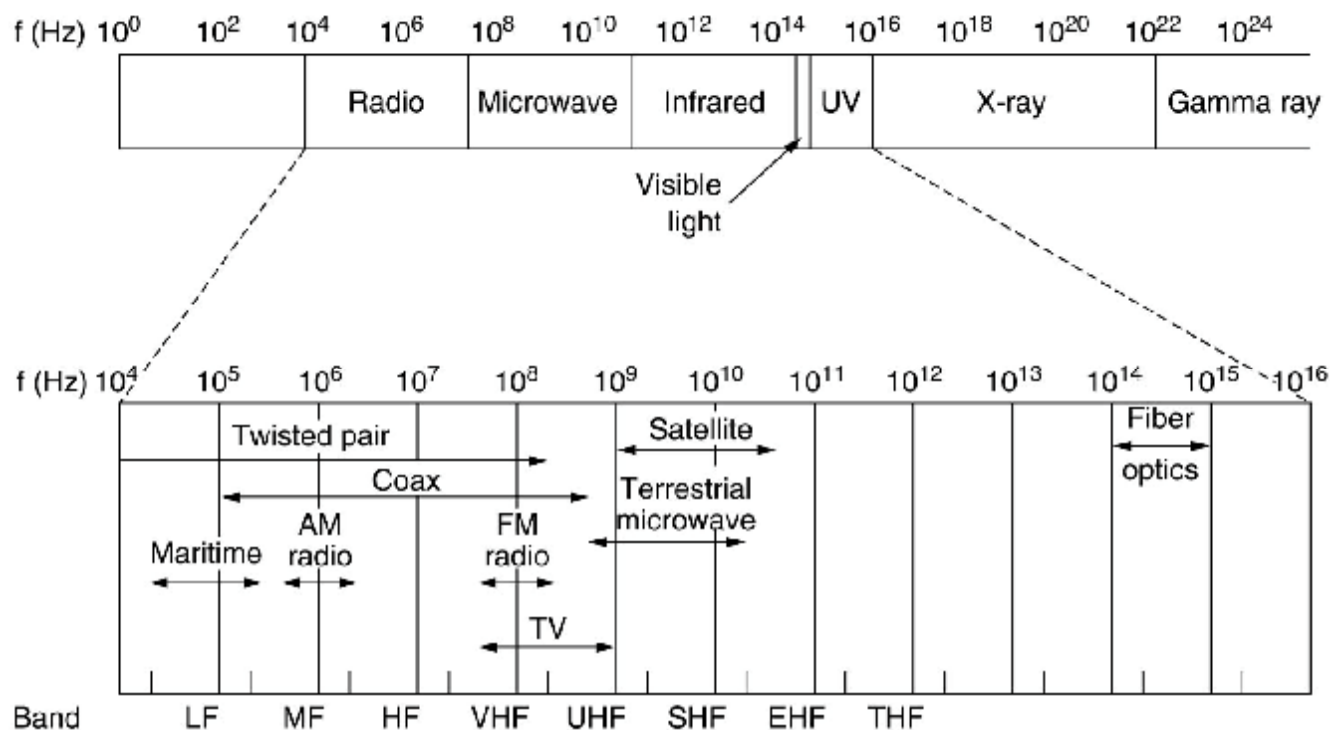
- 无线传输
 - 空间传播，具有可移动性、灵活性、成本低等优点
- 需要考虑的因素
 - 频段带宽、方向性、传输距离、衰落特性、穿越障碍物能力、干扰因素等
- 无线传输基本特性
 - 波长越大，传播的距离越远；
 - 频率越高，绕射能力越低。
 - 波长越小，频谱范围越宽，可用带宽越大。

$$\Delta f = c \cdot \Delta \lambda / \lambda^2$$



传输介质

- 无线传输
 - 不同频段具有不同的特性，适合不同的应用
 - 频段与应用 (p85 图2.11)



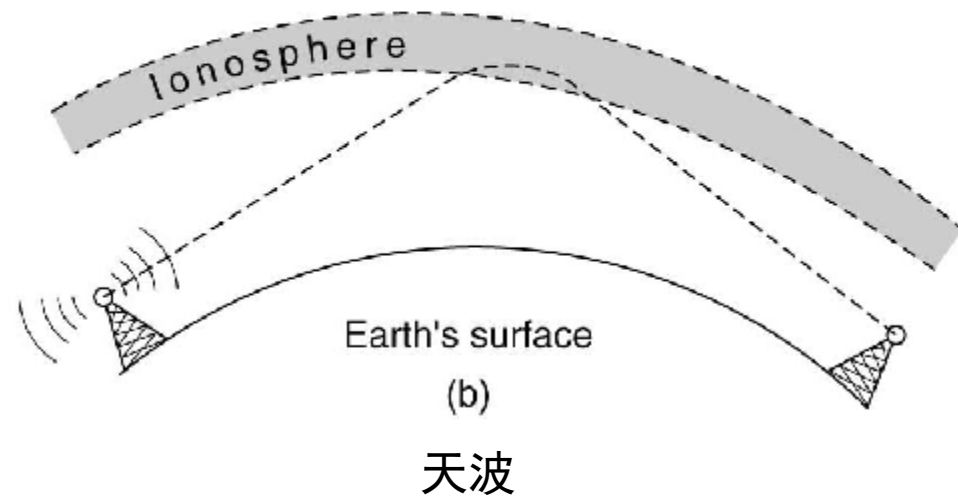
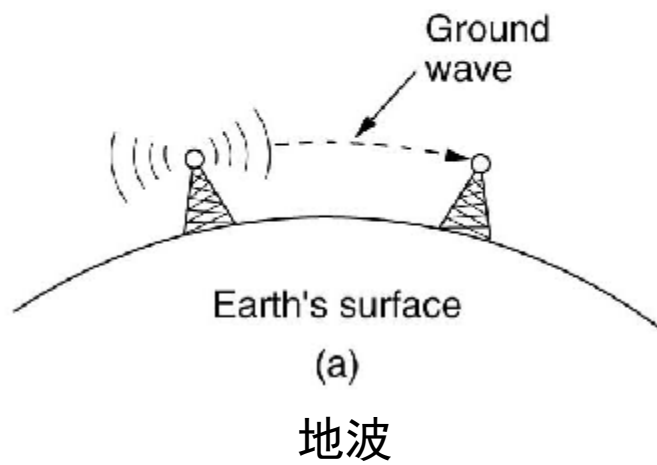


传输介质

- 无线传输
 - LF(长波), MF(中波), HF(短波), VHF/UHF(超短波), SHF/EHF(微波), THF, 红外、激光
 - 频带宽度：可用中心频率正负10%简单计算
 - LF： $105 \times 20\% = 2 \times 10^4 = 20 \text{ kHz}$
 - 传播特性：
 - LF：绕射能力极强，传播距离远，带宽太窄
 - HF：可通过电离层反射达到远距离传输的目的
 - VHF以上：视距(直线)传播
 - SHF以上：多径衰落、气象条件影响大，可用定向天线聚焦，减轻衰减
 - 红外：短距离通信
 - 激光：有无线光纤称呼，但易受太阳光影响

传输介质

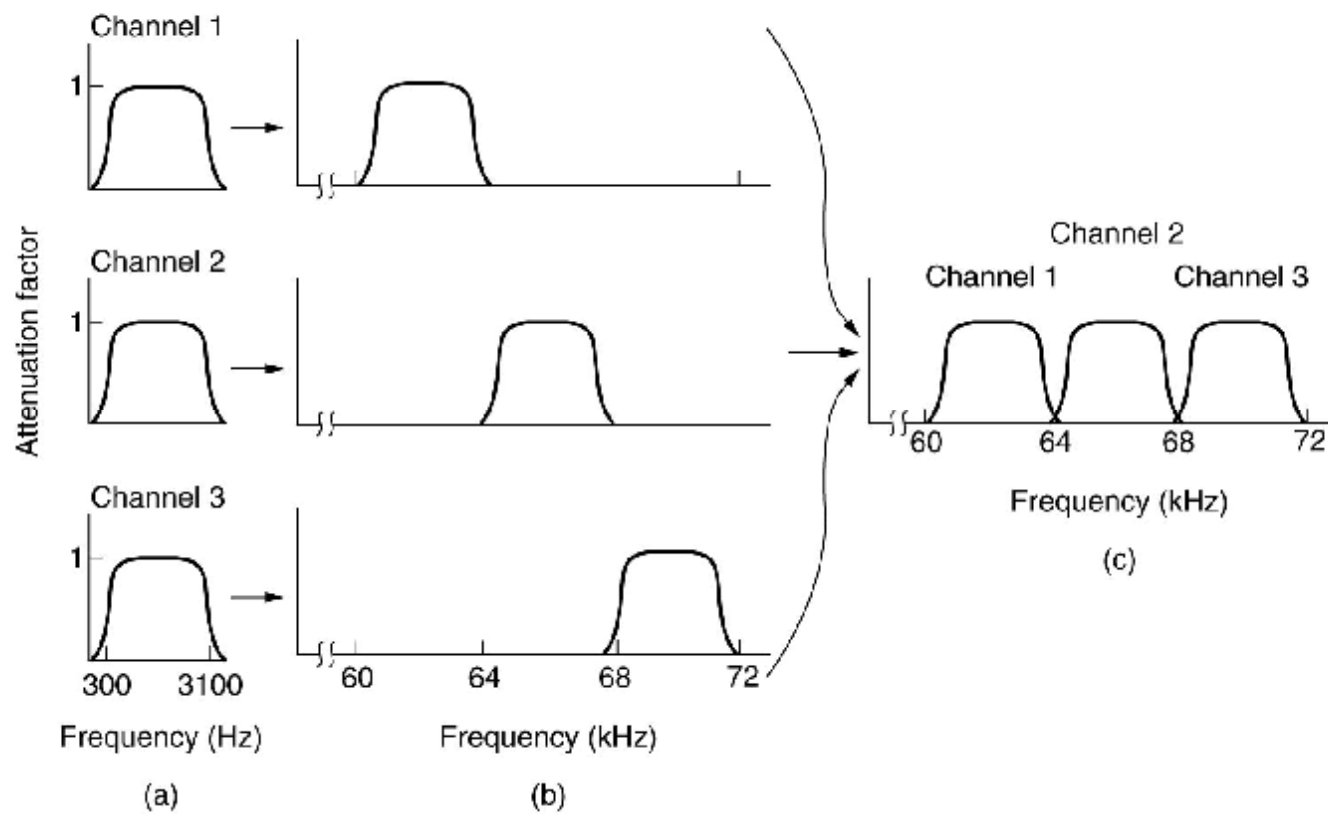
- 无线传输
 - 地波、天波



其它

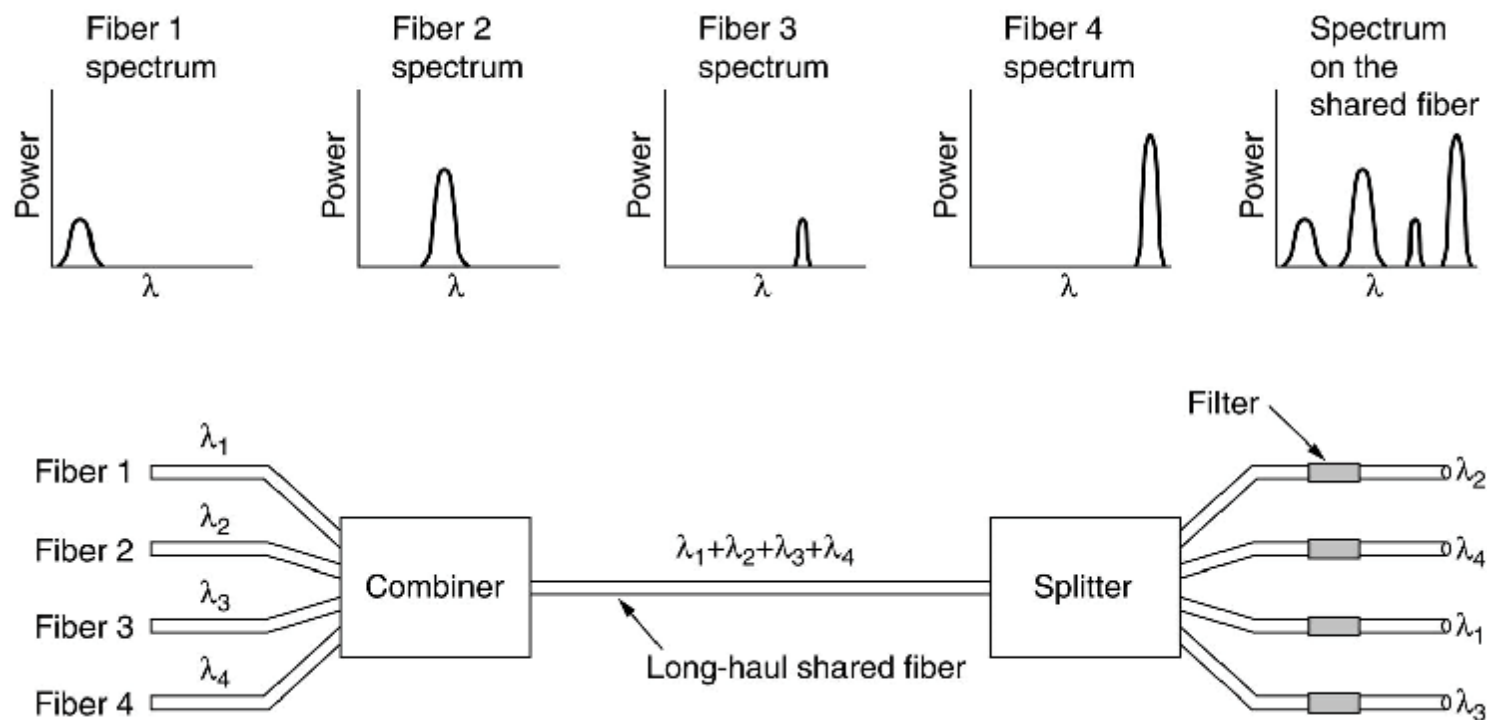
频分复用 (FDM)

- 频率滤波器



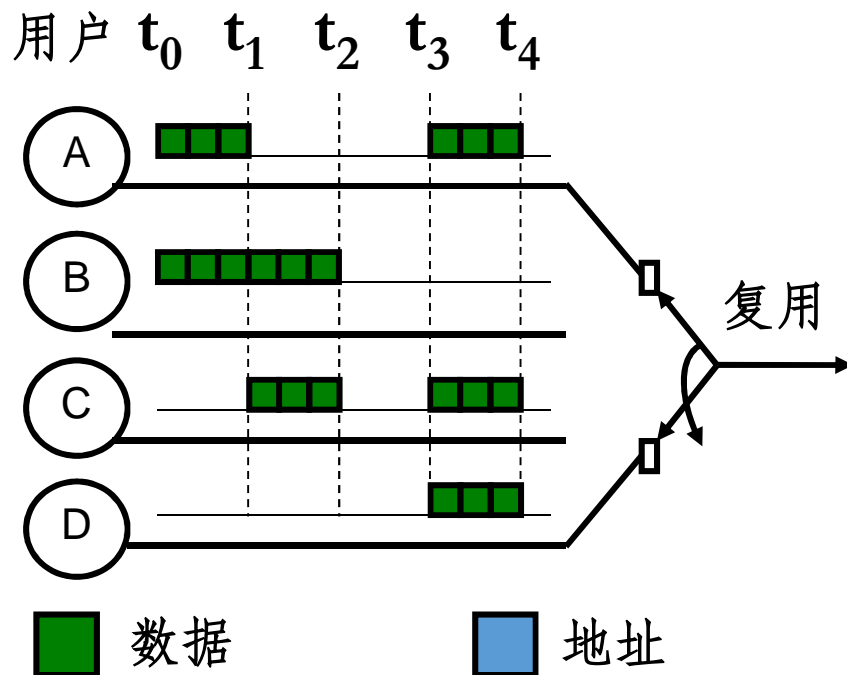
波分复用 (WDM)

- 实质 —— 在光纤上进行光频分复用，衍射特性
- 分类 (波长间隔)
 - WWDM、CWDM、DWDM (宽、稀疏、密集)

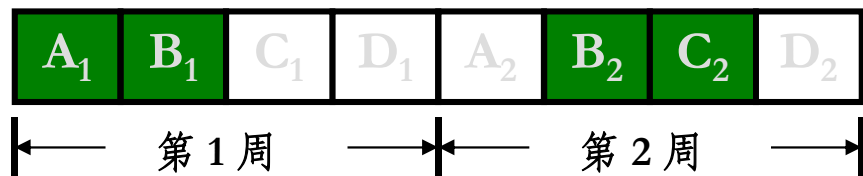


时分复用 (TDM)

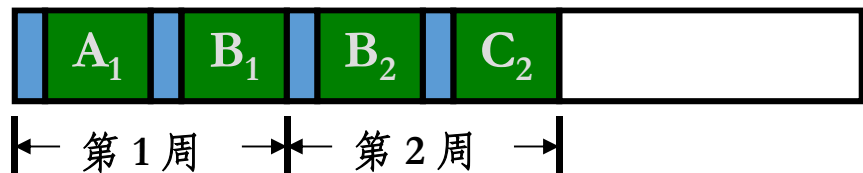
- 同步时分复用
 - 固定分配时隙
 - 可能造成线路资源的浪费
 - SONET/SDH
- 统计（异步）时分复用
 - 按需分配时隙
 - 提高信道的利用率
 - ATM



同步时分复用



统计时分复用



- 不严格要求信元交替地从不同的源到来
- 不要求源数据是连续稳定的信息流



移动通信系统

- 发展历程
 - 3G (IMT-2000)
 - WCDMA (UMTS)
 - CDMA2000
 - TDS-CDMA
 - 4G (IMT-Advanced)
 - WirelessMAN-Advanced(802.16m)
 - LTE-Advanced
 - TD-LTE-Advanced (基于TD-LTE)
 - 空口速率>100Mbit/s
 - OFDM、软件无线电、智能天线、MIMO、IP核心网



移动通信系统

- 无线宽带通信技术分类
 - Wi-Fi：无线局域网（WLAN）
 - IEEE802.11
 - WiMAX：无线城域网（WMAN）
 - IEEE802.16
 - 3G/4G：无线广域网（WWAN）
 - IMT-2000/IMT-Advanced
- WiMax与3G/4G的差别
 - WiMax倡导将宽带无线化
 - 3G/4G倡导将无线宽带化



通信卫星

- 分类

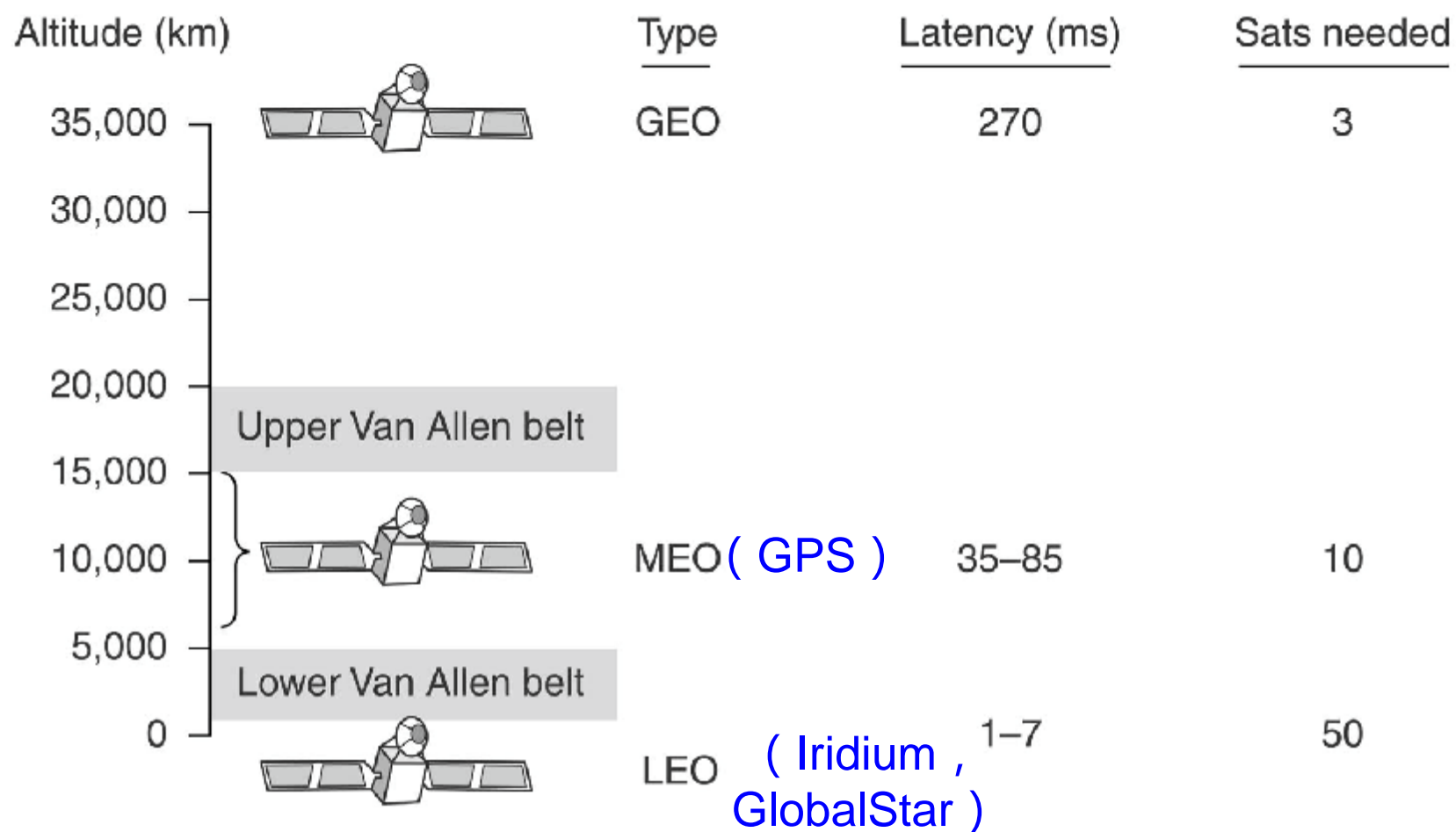
- 应用：海事卫星、航空卫星、陆地卫星
- 轨道：低轨、同步定点轨道
- 频率：L/C波段、Ka/Ku波段等
- 服务区域：全球、区域、国内

- 特点

- 距离远、信道多、容量大
- 多方向、多点的立体通信网
- 成本与距离无关
- 传输延迟大、广播介质



三类卫星



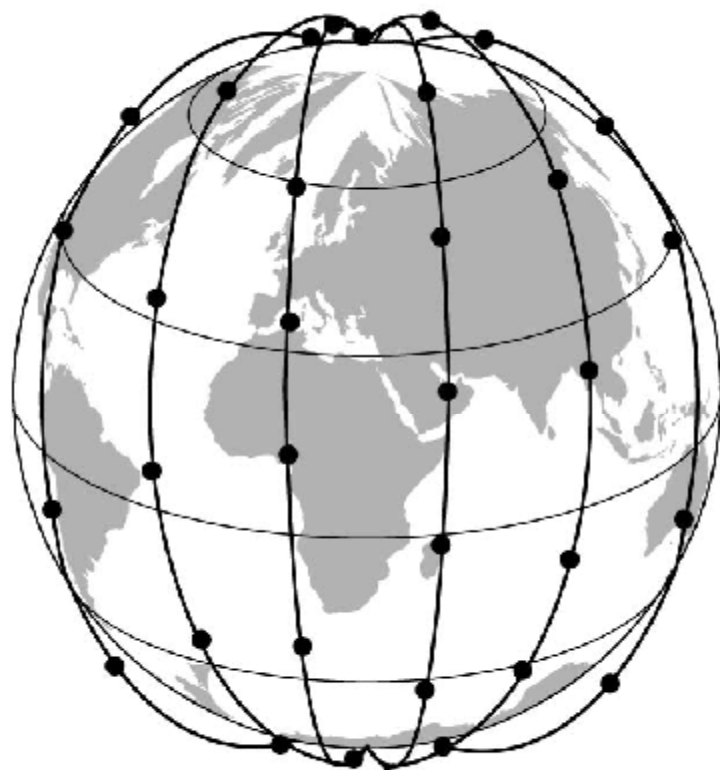


通信卫星

- 地球同步卫星——覆盖面积大
 - 位置固定：赤道上方约36000km处，卫星周期与地球自转速度相同
 - 信道分配：上下行频带、FDM、TDM
 - 传输延迟：250~300ms(地面站-地面站)，540ms(中心站)
- 低轨卫星——铱系统
 - 提供世界范围电信服务：话音、数据、寻呼、传真、导航
 - 利用蜂窝无线电思想，但单元和用户均移动
 - 卫星高度750km，圆形极地轨道，从北向南项链式排列，每32纬度一颗卫星，共6串卫星项链
 - 直接与PCS/PCN竞争

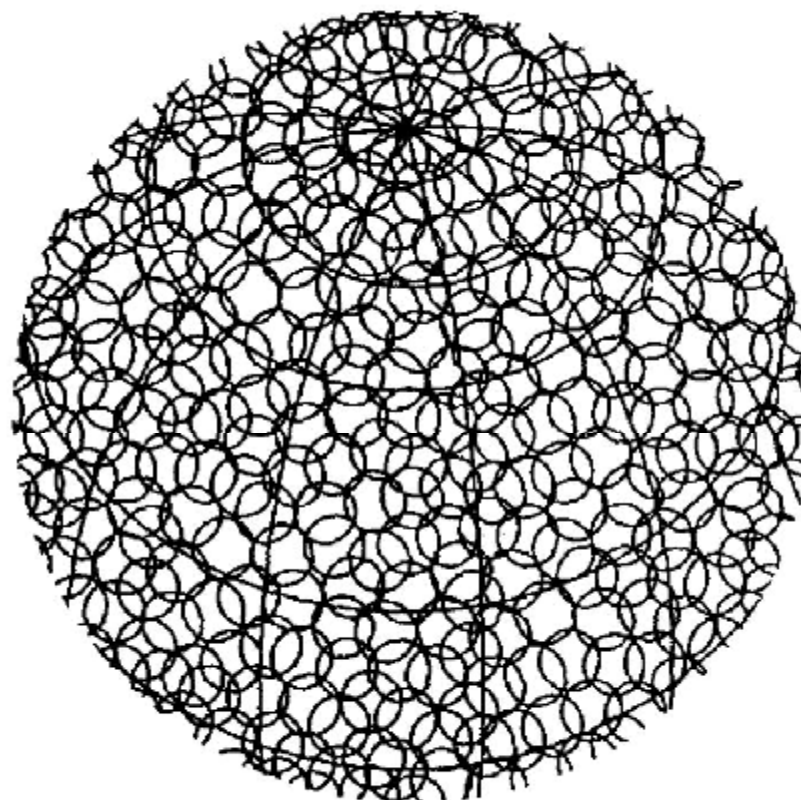


铱系统 (Iridium) 分布示意图



(a)

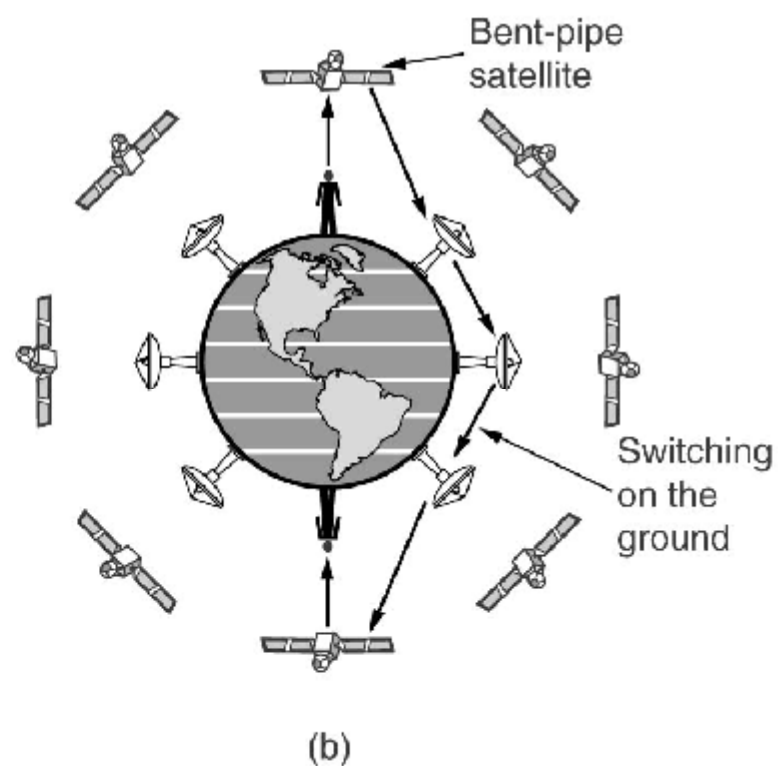
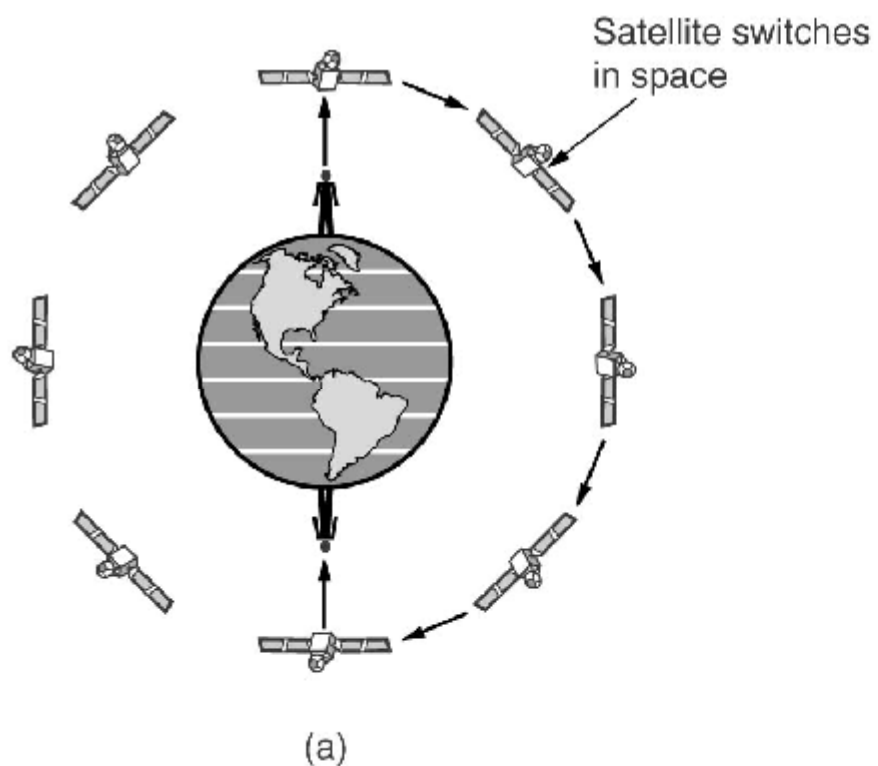
66×48 cell



(b)



Iridium和Globalstar传输方式





基本卫星频段

Band	Downlink	Uplink	Bandwidth	Problems
L	1.5 GHz	1.6 GHz	15 MHz	Low bandwidth; crowded
S	1.9 GHz	2.2 GHz	70 MHz	Low bandwidth; crowded
C	4.0 GHz	6.0 GHz	500 MHz	Terrestrial interference
Ku	11 GHz	14 GHz	500 MHz	Rain
Ka	20 GHz	30 GHz	3500 MHz	Rain, equipment cost



复用与多址的概念

- **复用 (TDM、FDM、WDM) - Multiplexing**
 - 定义：复用是把多路信号合并到一起进行传输，是针对传输技术的，提高信道资源利用率。
 - 对象：复用是对资源来说的，即将资源分割供用户使用的方式，是指资源的使用状况。
 - 通信方式：点对点
- **多址 (TDMA、FDMA、CDMA) - Multiple Access**
 - 定义：多址是共享信道资源的不同用户。
 - 对象：多址的对象是用户，是区分用户和用户的方式，每个用户使用不同的“址”来区分。多址是区分不同用户的
 - 通信方式：点对多点



- 谢谢！