



B站 UP : 澧劬閣 整理

# 第02章 物理层

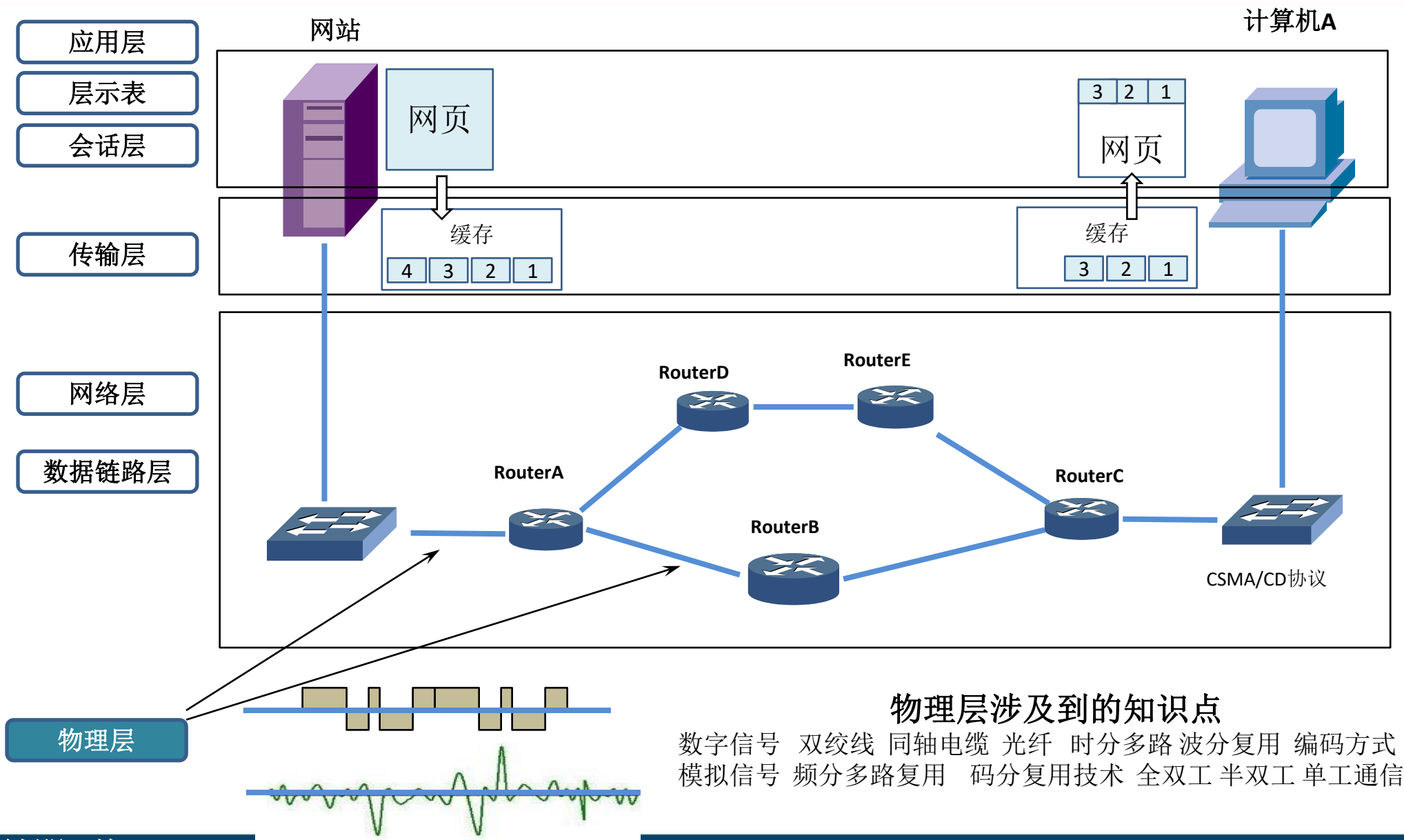


讲师：韩立刚  
51CTO学院金牌讲师  
51CTO学院教学顾问  
微软最有价值专家MVP  
河北师大软件学院讲师  
河北地质大学客座教授  
计算机图书作者

# 本章内容

- 2.1 物理层的基本概念
- 2.2 数据通信基础
- 2.3 信道和调制
- 2.4 传输媒体
- 2.5 信道复用技术
- 2.6 宽带接入技术

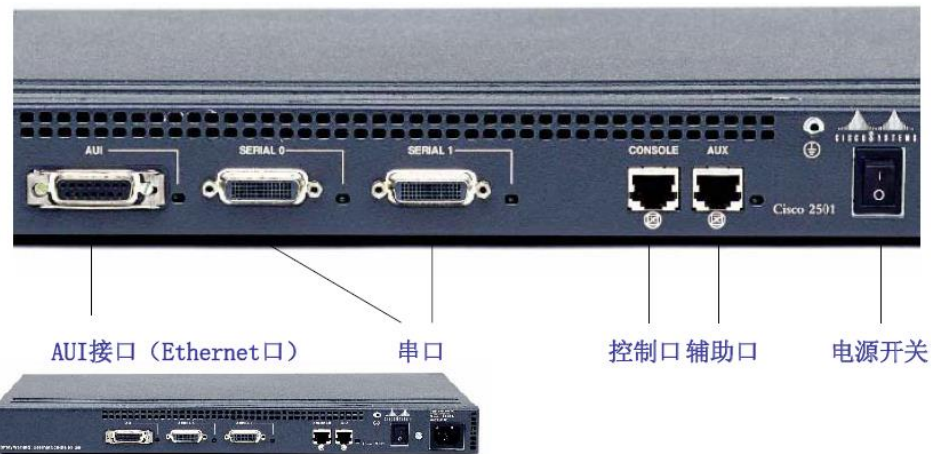
# 物理层涉及到的内容



# 2.1 物理层的基本概念

■ 物理层定义了与传输媒体的接口有关的一些特性。

1. 机械特性
2. 电气特性
3. 功能特性
4. 过程特性



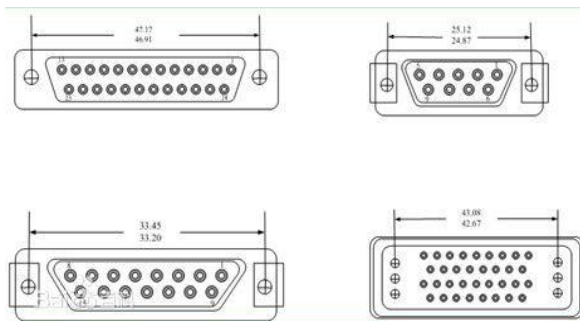
AUI接口 (Ethernet口)

串口

控制口 辅助口

电源开关

后视图



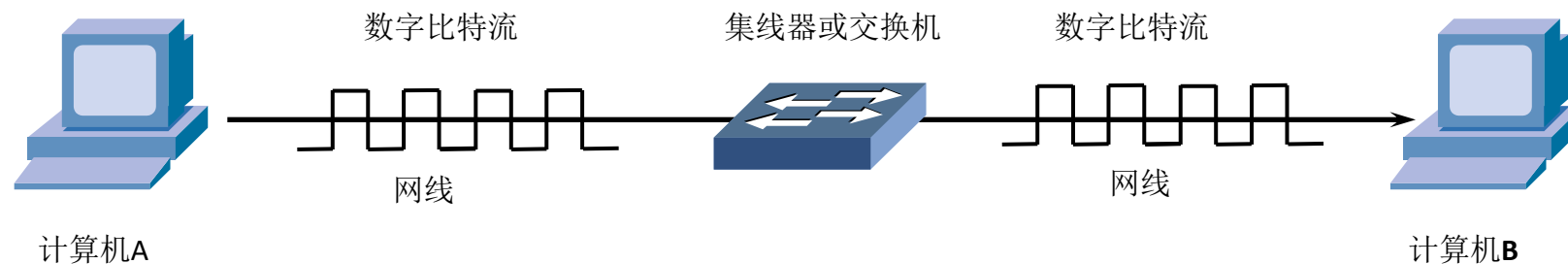
双绞线

## 2.2数据通信基础

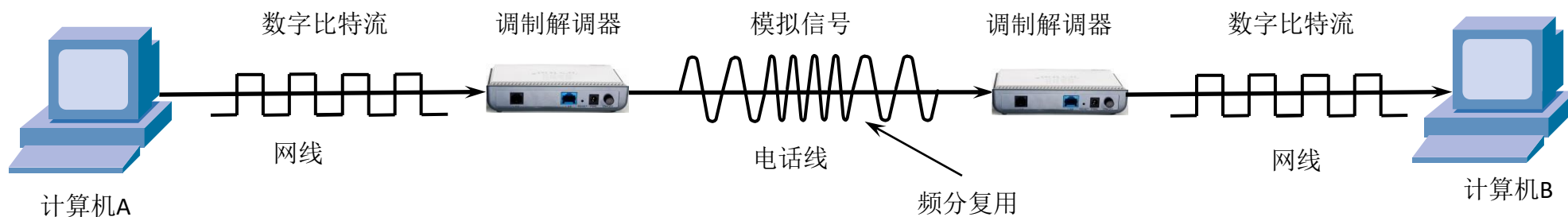
- 2.2.1 数据通信模型
- 2.2.2 数据通信一些常用术语
- 2.2.3 模拟信号和数字信号
- 2.2.4 模拟信号转换成数字信号

## 2.2.1 数据通信模型

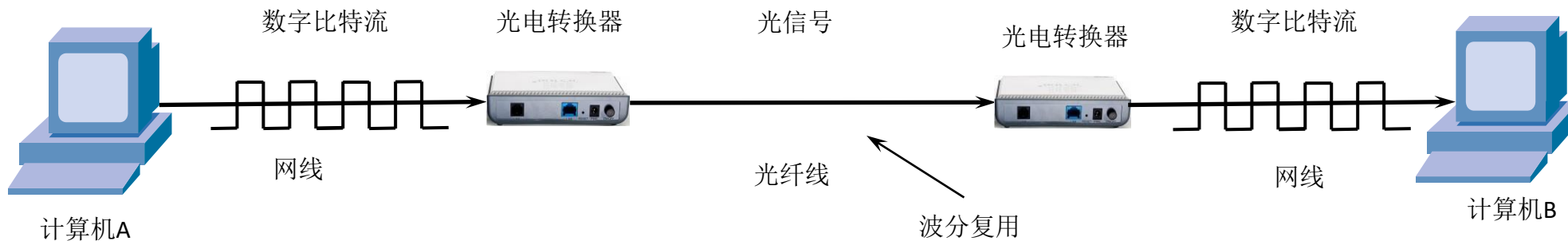
### ■ 局域网通信模型



### ■ 广域网通信模型



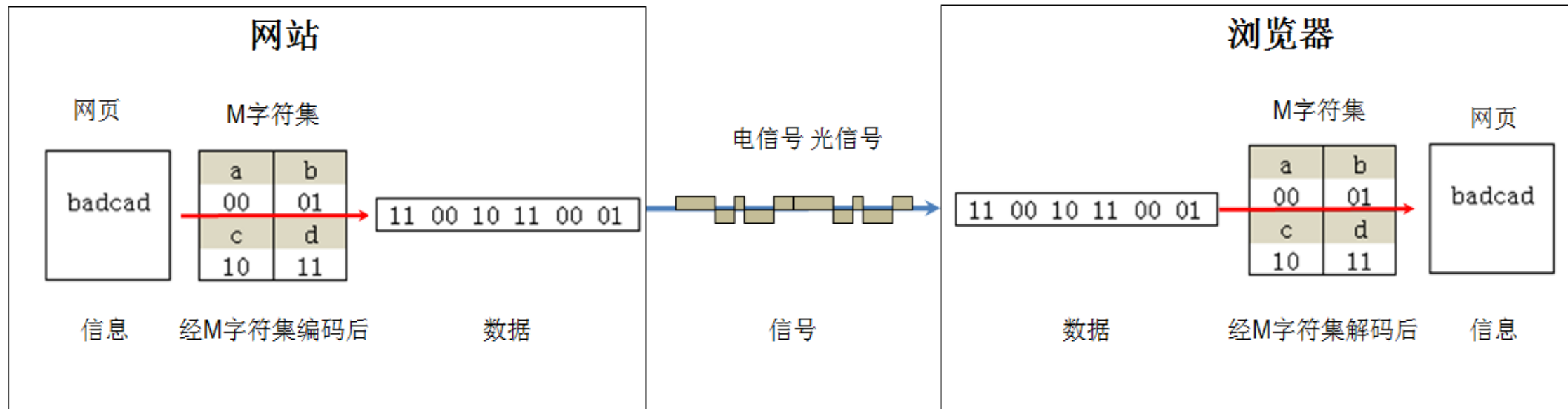
### ■ 广域网通信模型





## 2.2.2数据通信一些常用术语

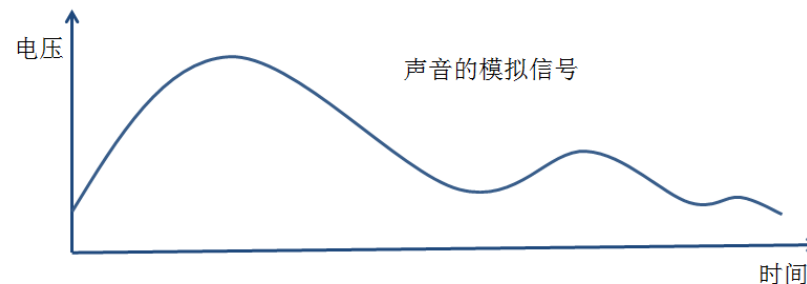
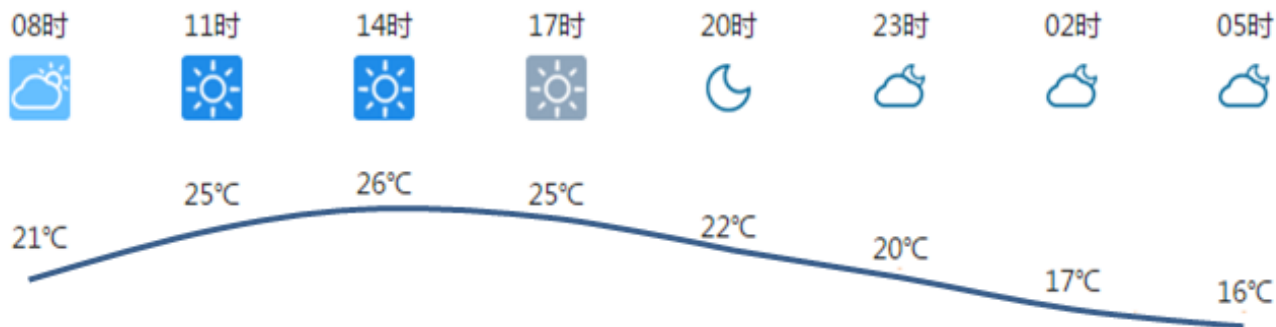
- **信息 (Message)**：通信的目的是传送信息，如文字、图像、视频和音频等都是消息。
- **数据 (Data)**：信息在传输之前需要进行编码，编码后的信息就变成数据。
- **信号 (signal)**：数据在通信线路上传递需要变成电信号或光信号。



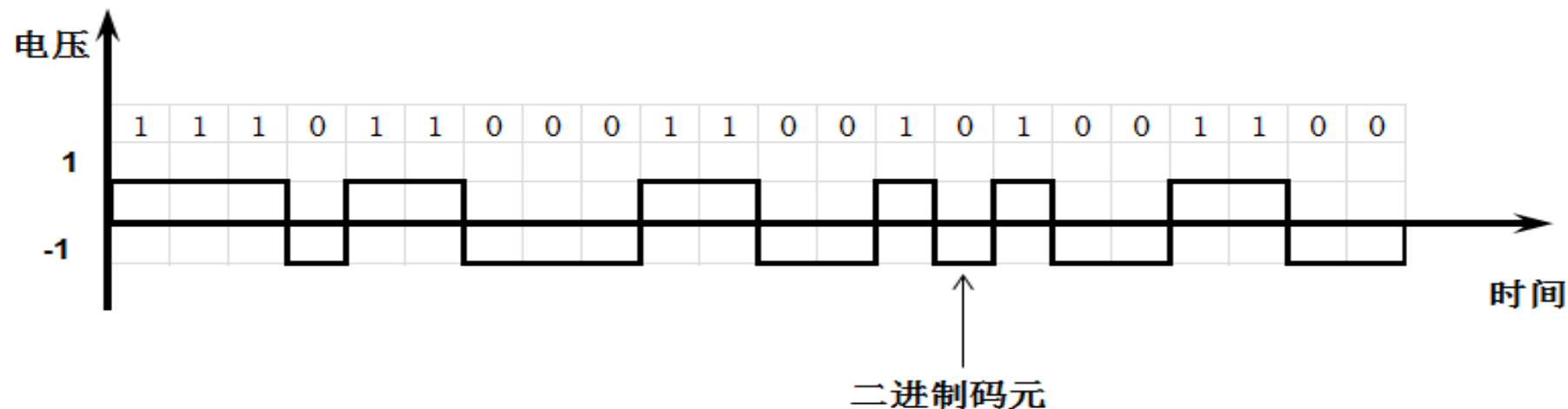


## 2.2.3 模拟信号和数字信号

### ■ 模拟信号或连续信号

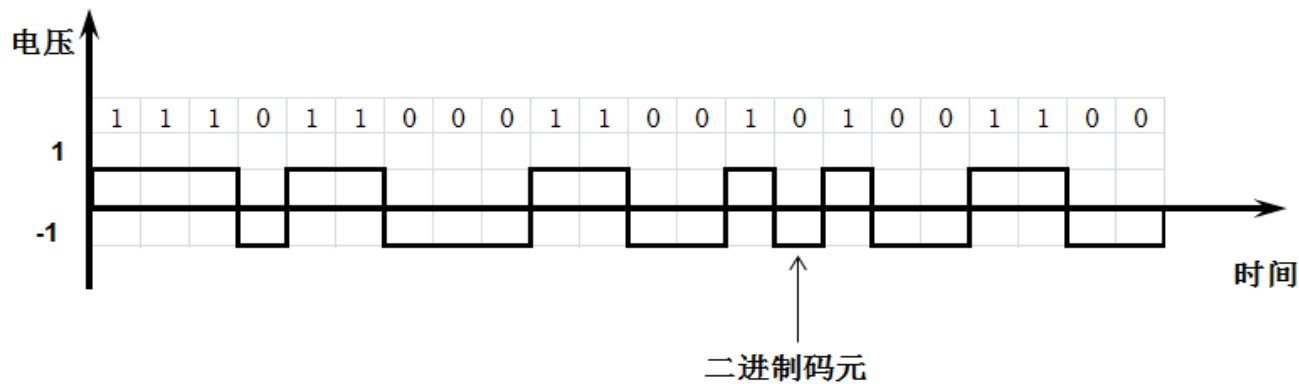


### ■ 数字信号或离散信号

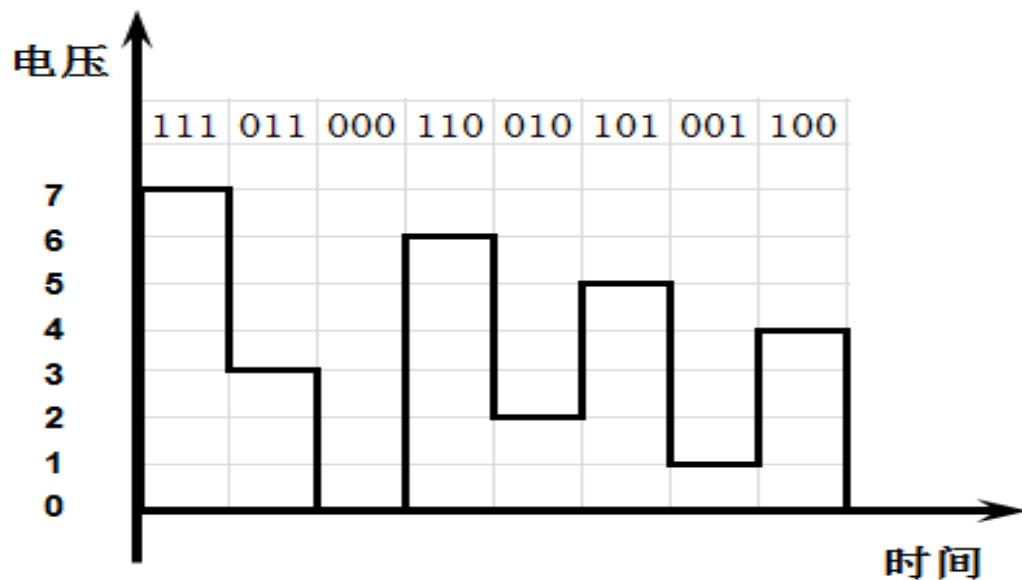


# 数字信号或离散信号

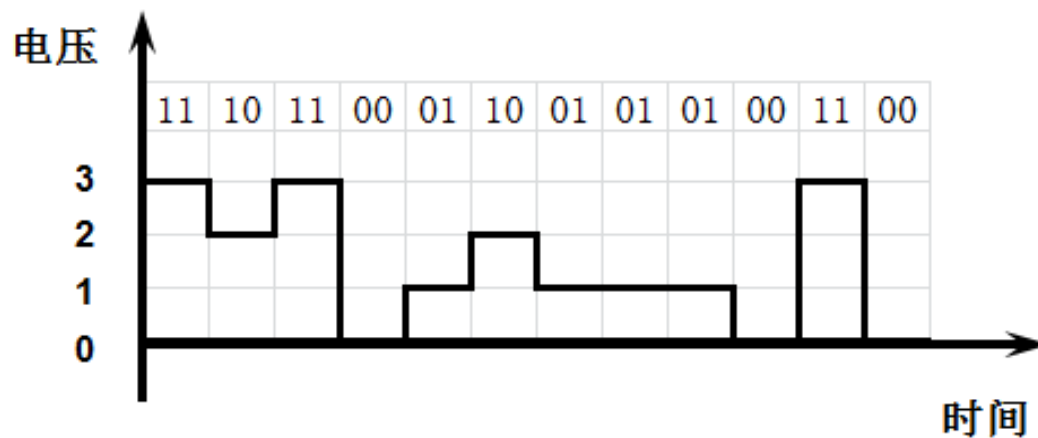
- 二进制码元
- 一个码元表示一个二进制数。



- 八进制码元
- 一个码元代表三位二进制数。

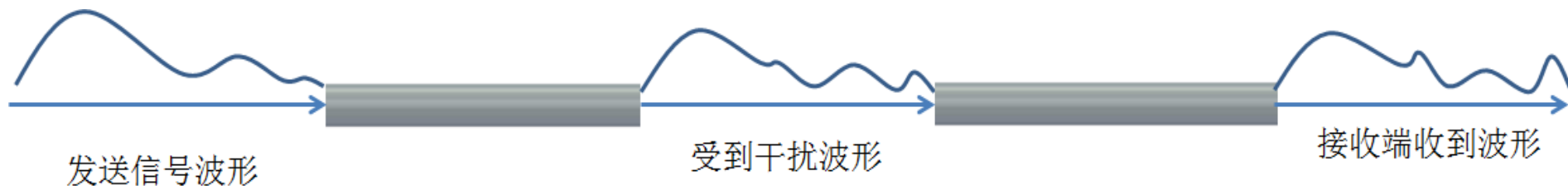


- 四进制码元
- 一个码元代表两位二进制数。



# 数字信号和模拟信号优缺点

- 模拟信号在传输过程中如果出现信号干扰发生波形发生变形，很难纠正。

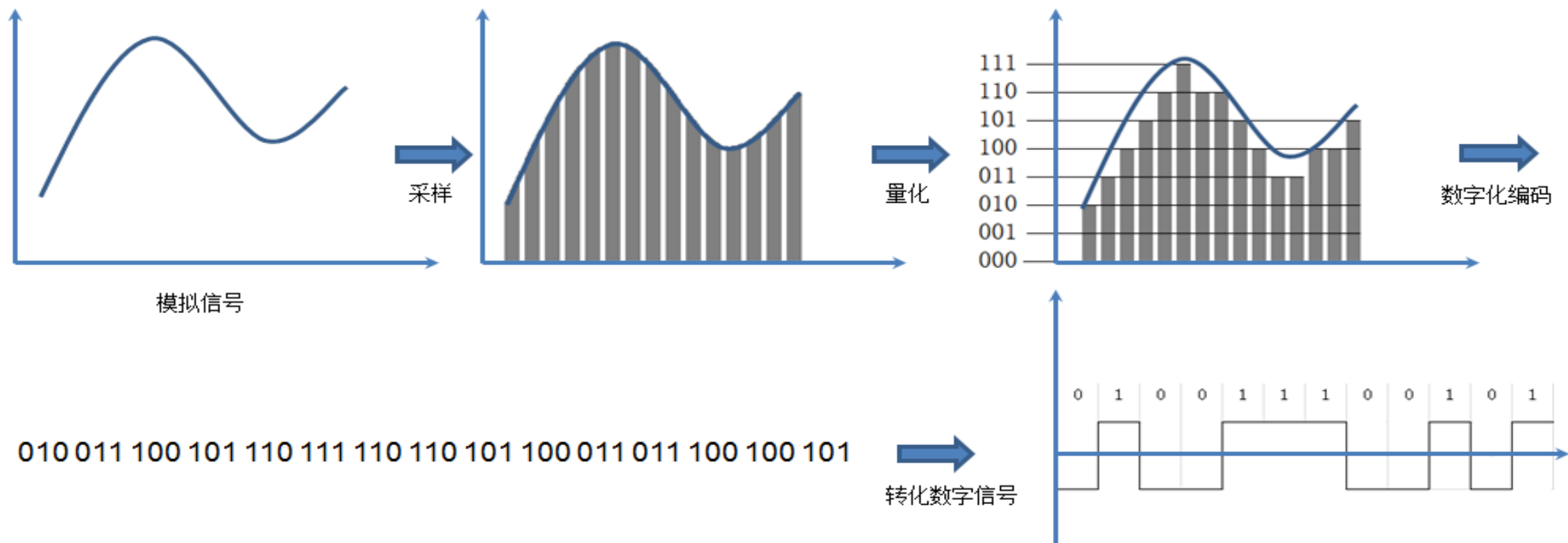


- 数字信号波形失真可以修复



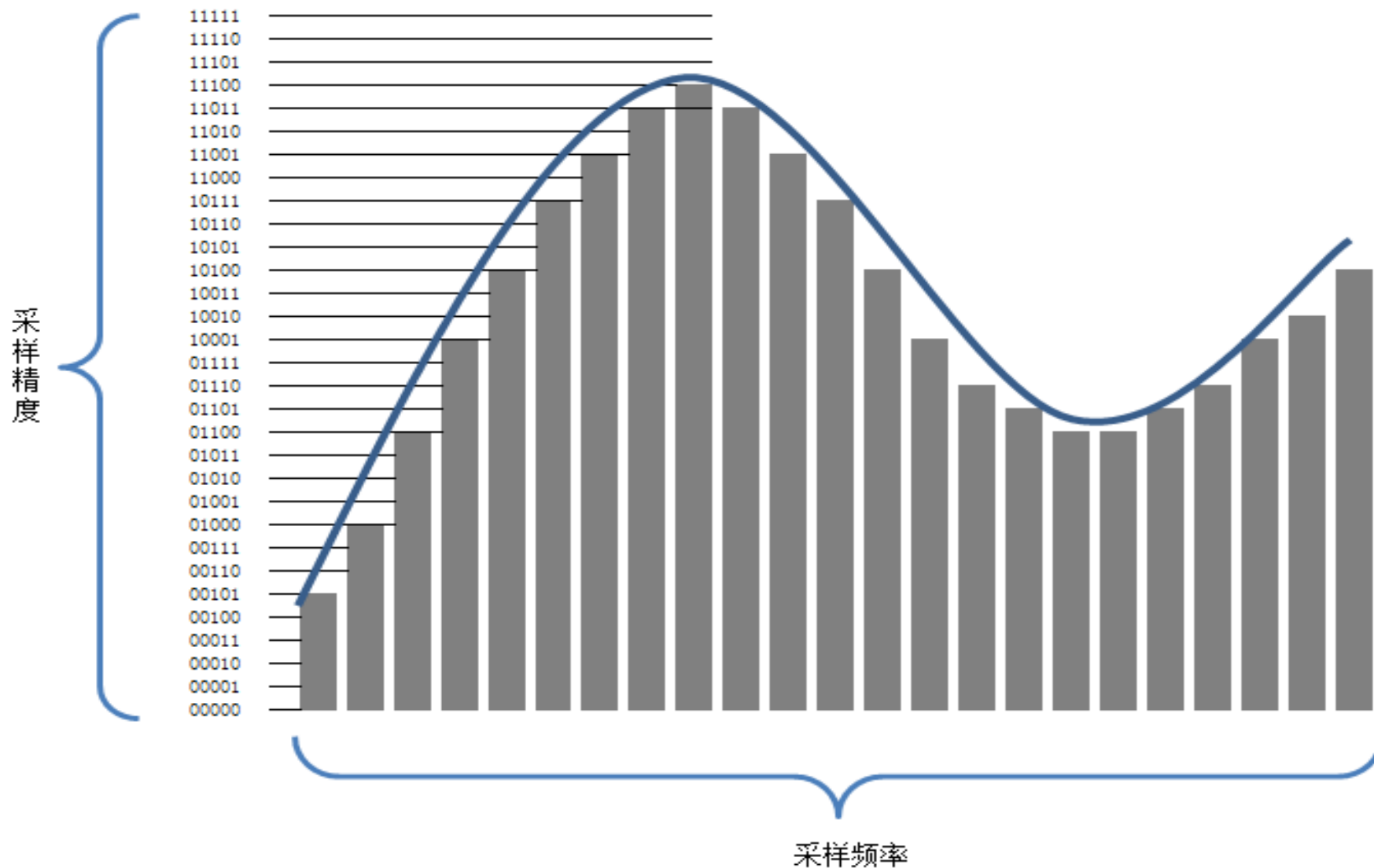
## 2.3.4模拟信号转换成数字信号

■模拟信号可以转换成数字信号，转换过程有失真。所以听歌还要去演唱会现场，**100%**的音效。使用电脑听的音乐是转换成数字信号后再还原成模拟信号，就达不到现场效果了。



## 2.3.4 模拟信号转换成数字信号

■ 采样频率和采样精度决定音乐的品质

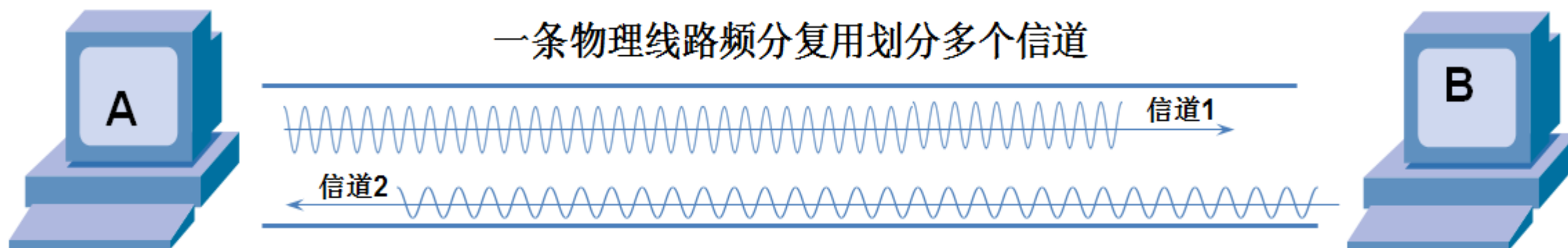


## 2.3信道和调制

- 2.3.1 信道
- 2.3.2 单工和半双工以及全双工通信
- 2.3.3 调制
- 2.3.4 信道极限容量

## 2.3.1 信道

- 信道（Channel）是信息传输的通道，即信息进行传输时所经过的一条通路，信道的一端是发送端，另一端是接收端。一条传输介质上可以有多个信道（多路复用）。





## 2.3.2单工和半双工以及全双工通信

### ■单向通信

- 又称为单工通信，即信号只能向一个方向传输，任何时候都不能改变信号的传送方向。无线电广播或有线电视广播就是单工通信，信号只能是广播电台发送，收音机接收。

### ■双向交替通信

- 又称半双工通信，信号可以双向传送，但是必须是交替进行，一个时间只能向一个方向传。有些对讲机就是用半双工通信，A端说话B端接听，B端说话A端接听，不能同时说和听。

### ■双向同时通信

- 又称全双工通信，即信号可以同时双向传送。比如我们手机打电话，听和说可以同时进行。

## 2.3.3调制

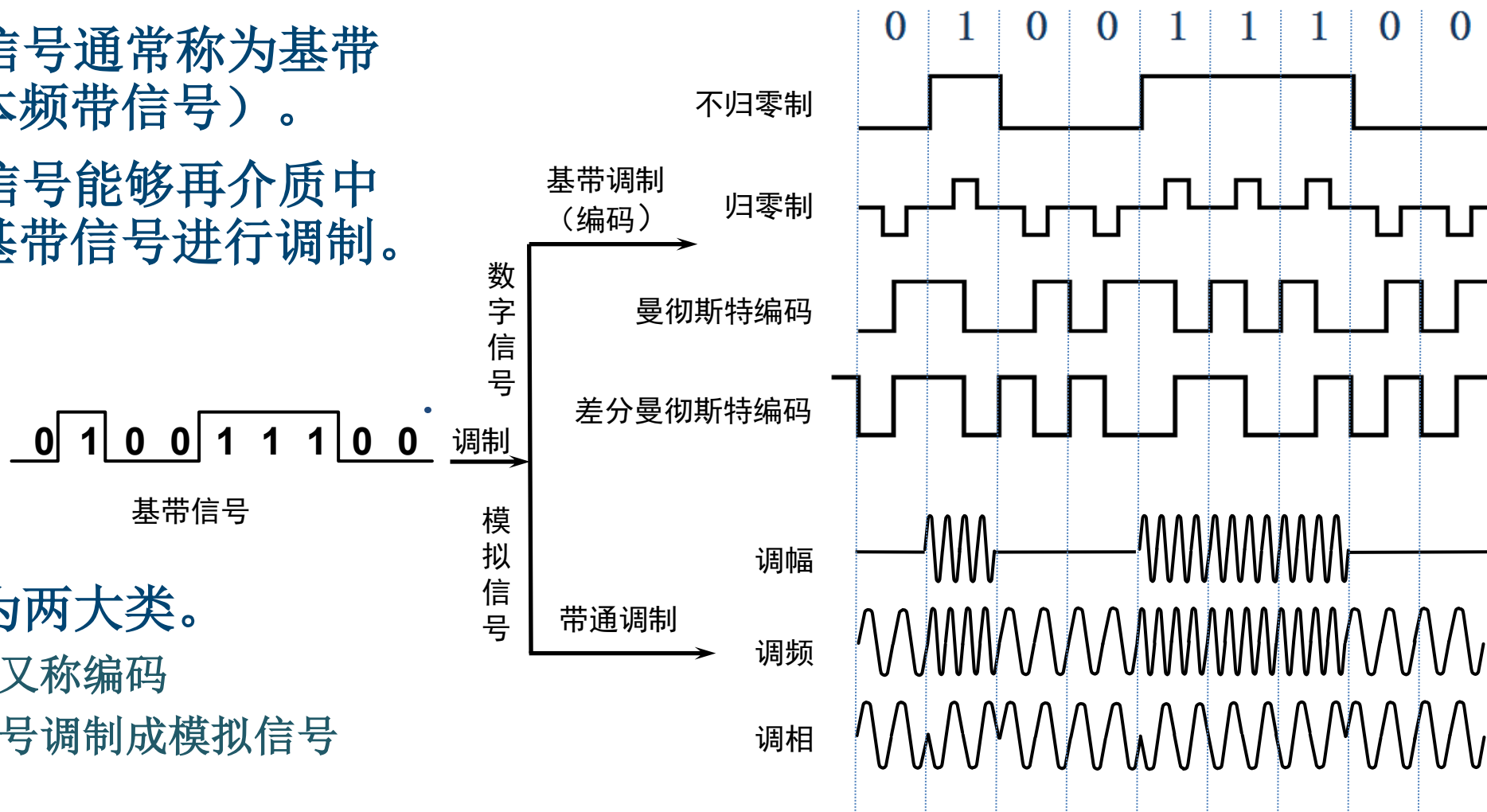
- 来自信源的信号通常称为基带信号（即基本频带信号）。
- 调制可以分为两大类。
  - 一类仅仅对基带信号的波形进行变换，使它能够与信道特性相适应。变化后的信号仍然是基带信号，这类调制称为基带调制。由于这种基带调制十八数字信号转换成另一种形式的数字信号，因此大家更愿意把这种过程称为编码（coding）
  - 另一类则需要使用载波（carrier）进行调制，把基带信号的频率范围搬移到较高的频段以便在信道中传输，经过载波调制后的信号称为带通信号（即仅在一段频率范围内能够通过信道），而使用载波的调制称为带通调制。

## 2.3.3调制

- 来自信源的信号通常称为基带信号（即基本频带信号）。
- 为了把基带信号能够在介质中传输需要对基带信号进行调制。

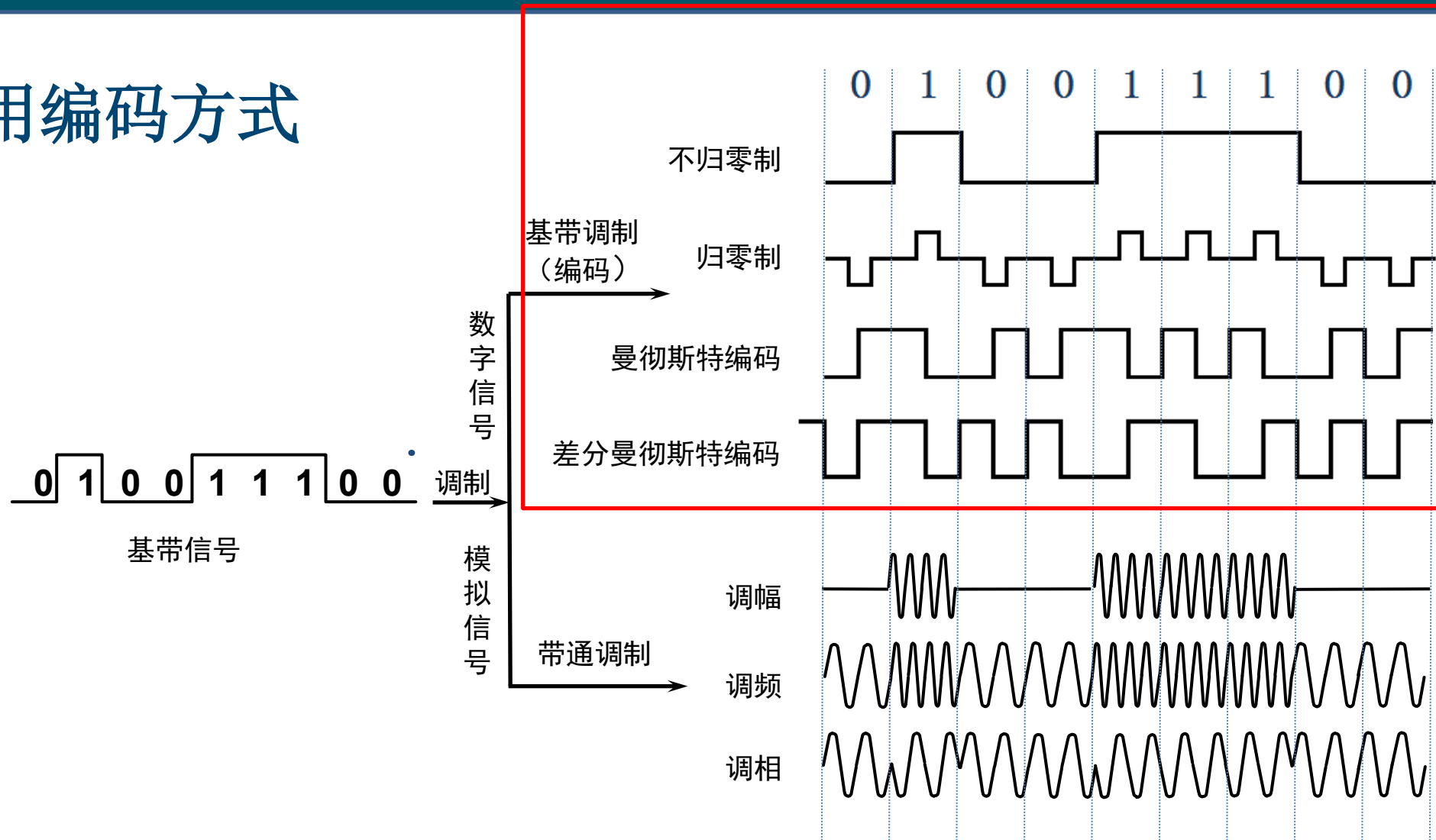
### ■调制可以分为两大类。

- 基带调制又称编码
- 将基带信号调制成模拟信号



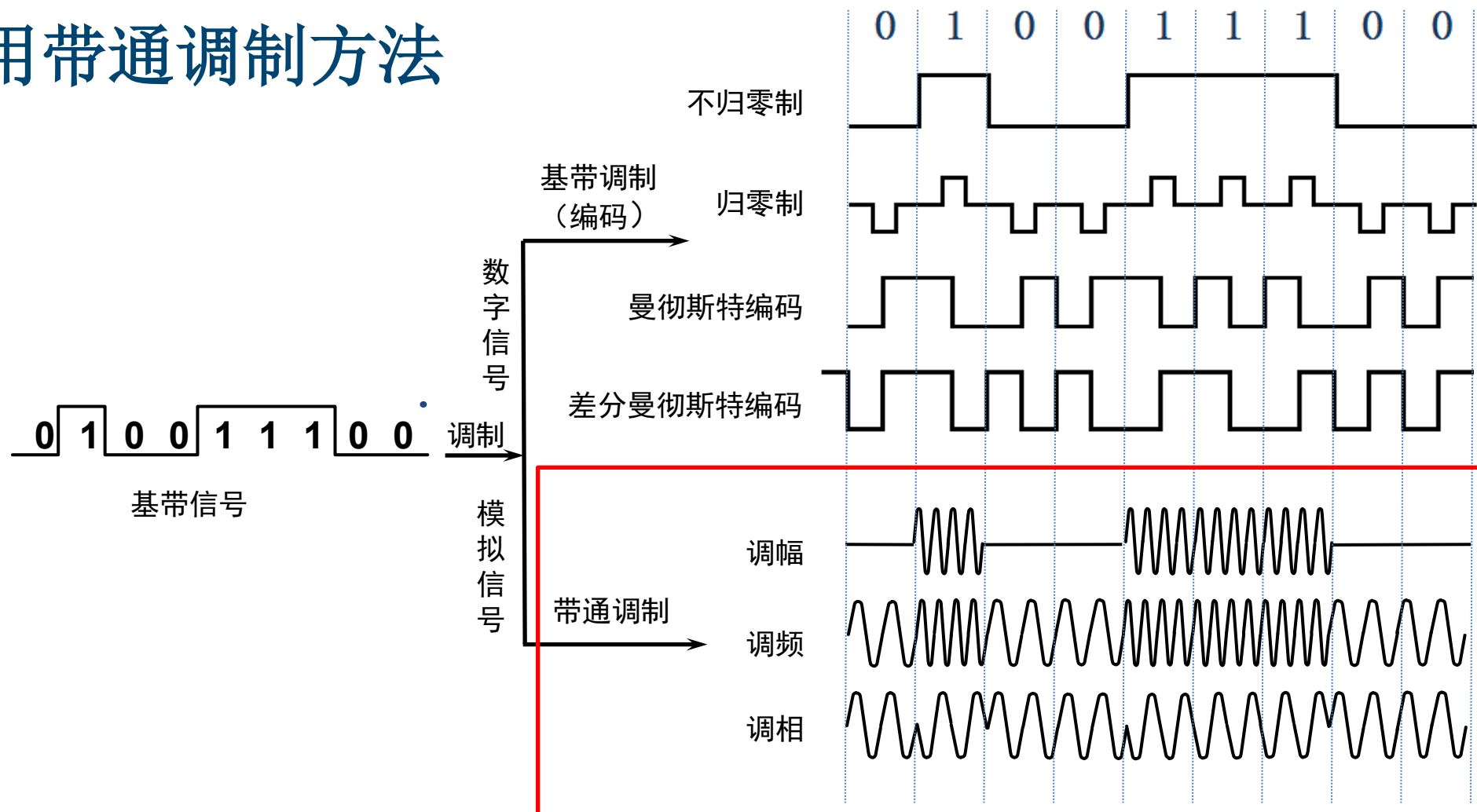
## 2.3.3调制

### ■常用编码方式



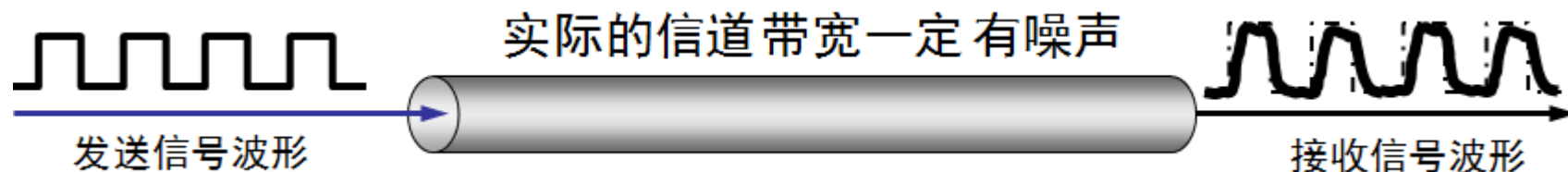
## 2.3.3调制

### ■常用带通调制方法

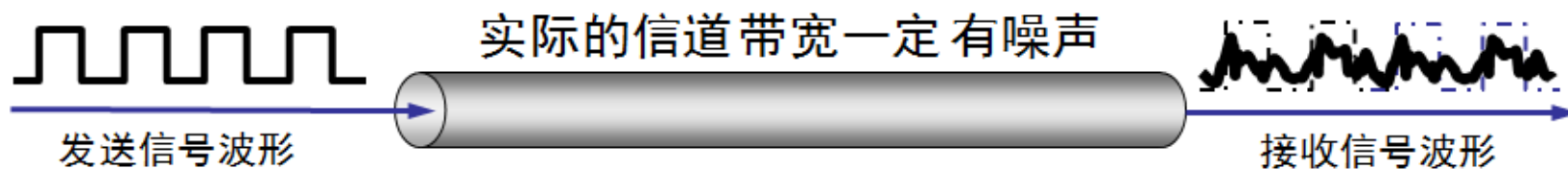


## 2.3.4信道极限容量

### ■有失真但可识别



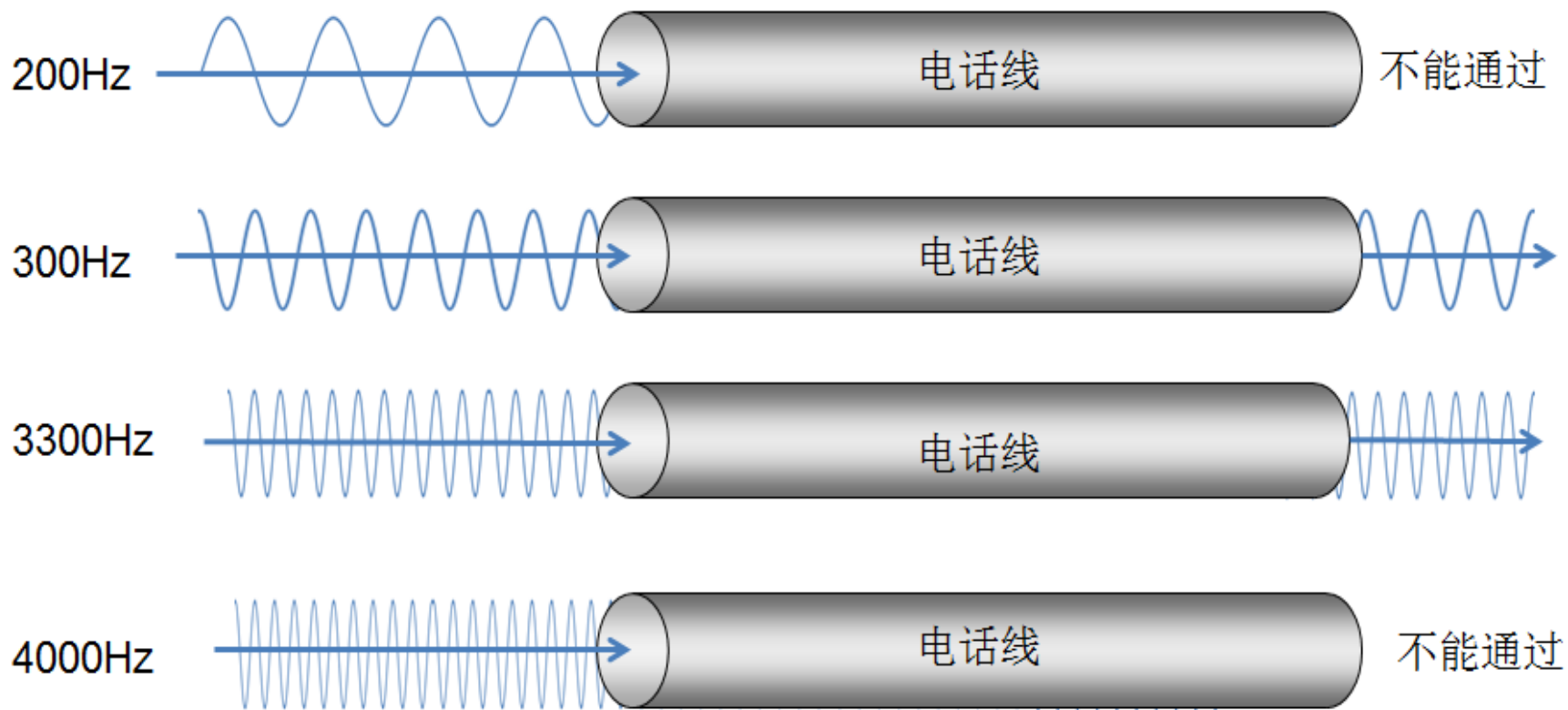
### ■失真太大无法识别



## 2.3.4信道极限容量

### ■信道带宽

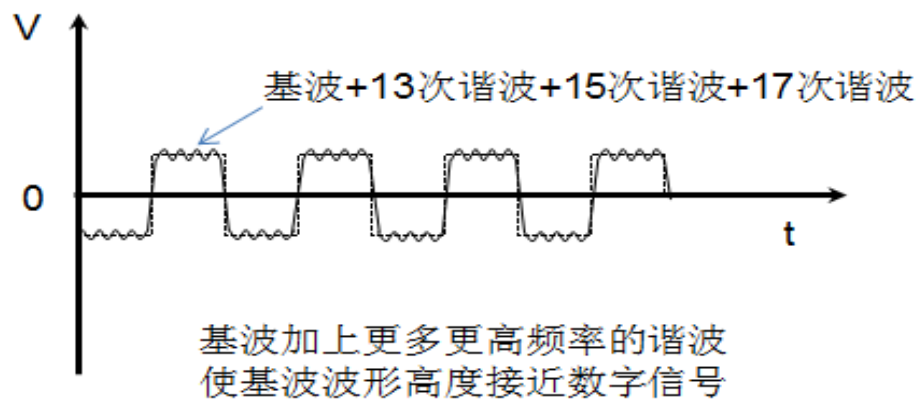
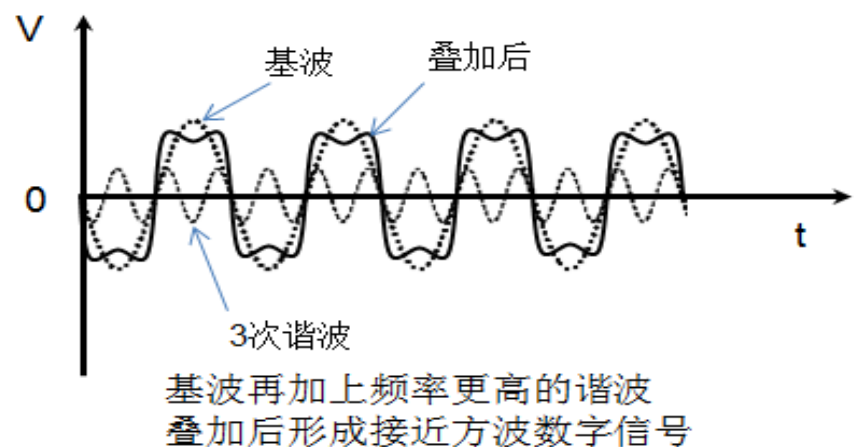
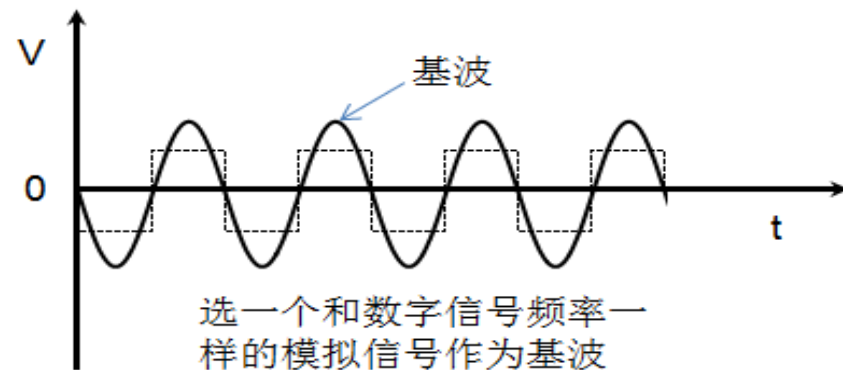
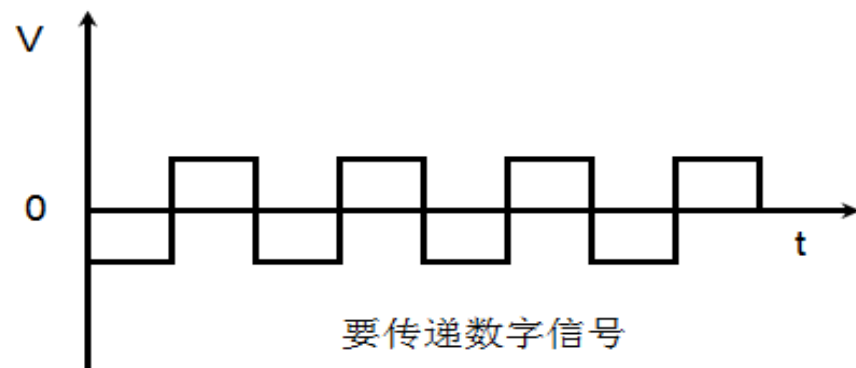
- 信道带宽=能够通过最高频率-最低频率





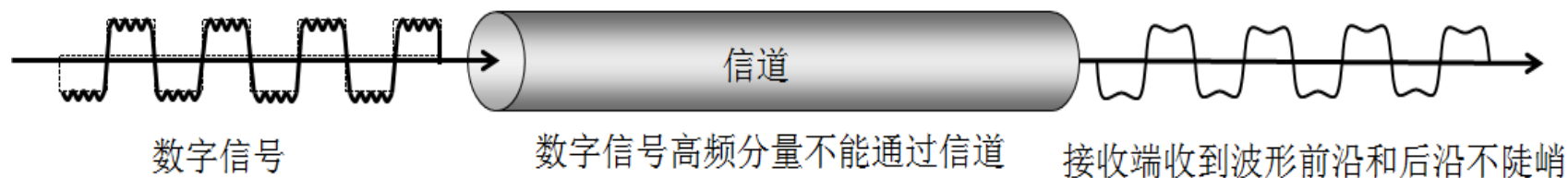
## 2.3.4信道极限容量

### ■模拟信号谐波成数字信号 数字信号是由基波加上谐波叠加而成



## 2.3.4信道极限容量

### ■数字信号高频带宽不能通过



### ■奈氏准则（数字信号）

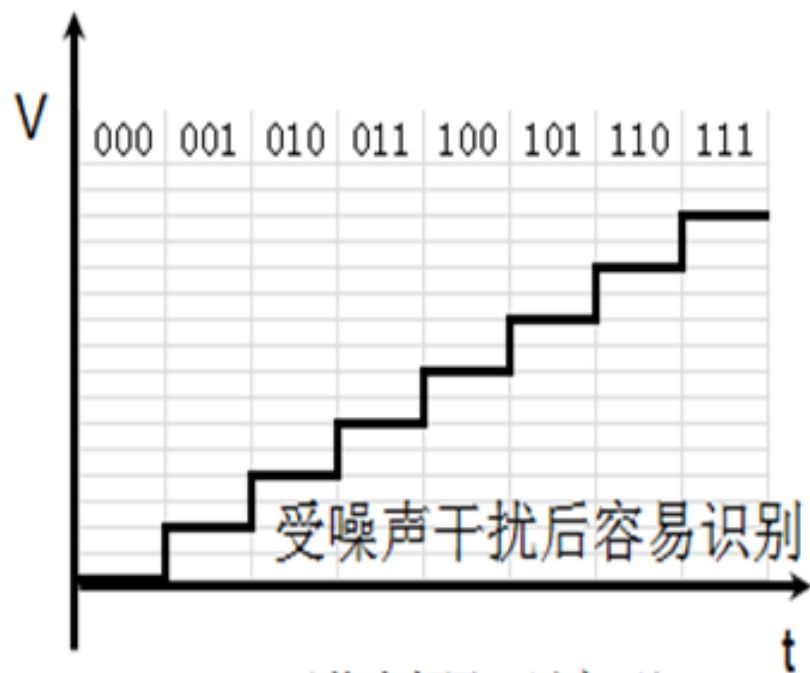
- 在任何信道中，码元传输的速率是有上限的，否则就会出现码间串扰的问题，使接收端对码元的判决（即识别）成为不可能。
- 如果信道的频带越宽，也就是能够通过的信号高频分量越多，那么就可以使用更高速率传递码元而不出现码间串扰。

**理想低通信道的最高码元传输速率=2WBaud**

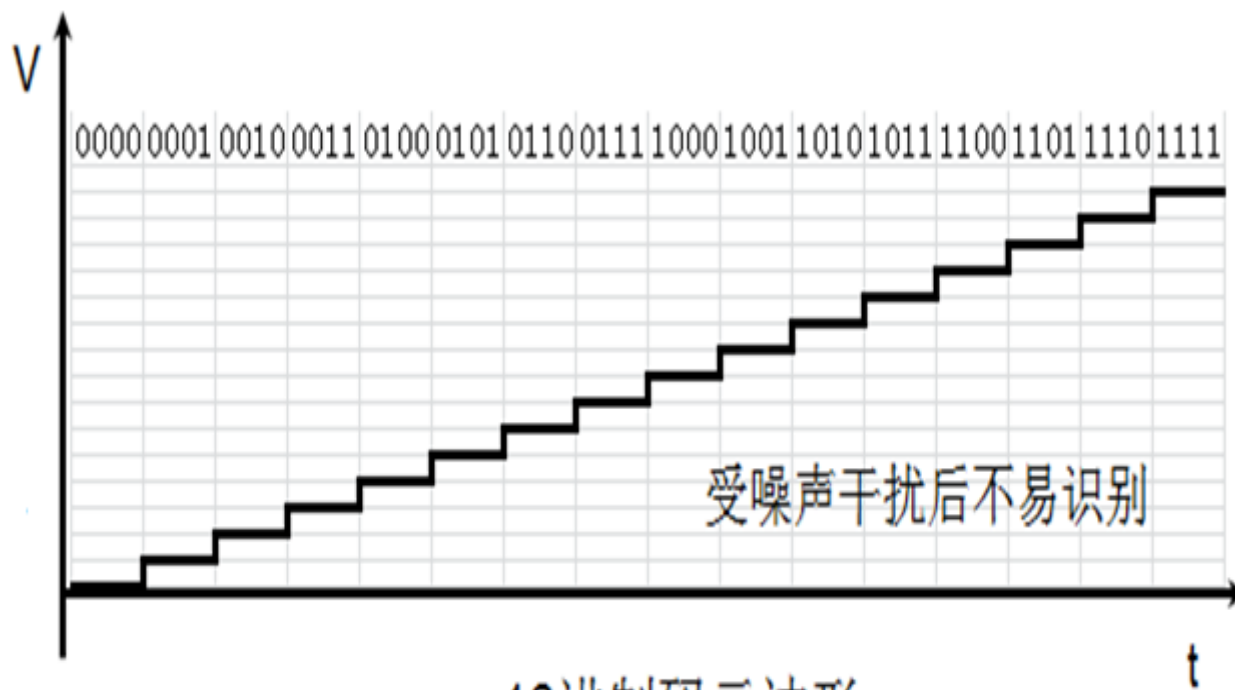
- $W$ 是理想低通信道的带宽，单位为HZ。
- Baud是波特，是码元传输速率的单位。
- 使用奈氏准则给出的公式，可以根据信道的带宽，计算出码元的最高传输速率。

# 在码元传输速率一定的情况下提高数据传输速率

- 码元传输速率一定，那就让一码元承载更多信息。**8进制码元**，一码元代表三位二进制数，**16进制码元**，一码元代表4进制数。
- 在工作电压一定的情况下，**16进制码元**波形差别就小，更容易受干扰。
- 要想增加码元之间的电压差别，那就要怎加工作电压，也就是提高发送信号的功率。



8进制码元波形



16进制码元波形

## 2.3.4信道极限容量

### ■香农公式（适用于模拟信号和数字信号）

- 有噪声的信道的极限信息传输速率C:

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

- 式中，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

- 所谓信噪比就是信号的平均功率和噪声的平均功率之比，常记为S/N，并用分贝（dB）作为度量单位。即：

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

- 例如，当S/N=10时，信噪比为10dB，而当S/N=1000时，信噪比为30dB。

## 2.4传输媒体

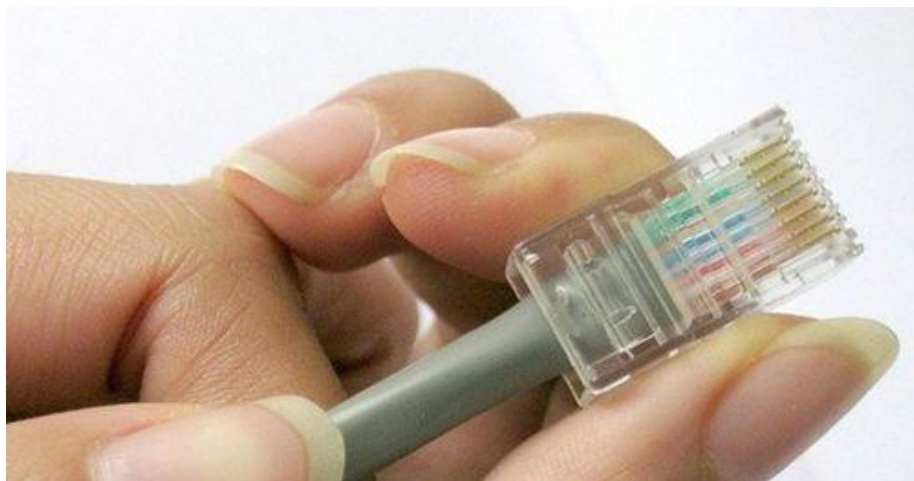
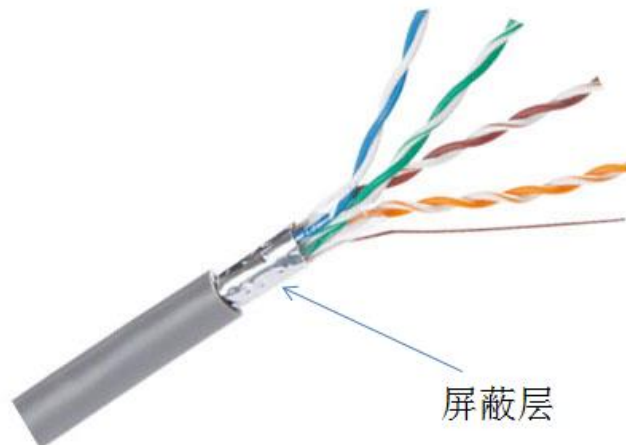
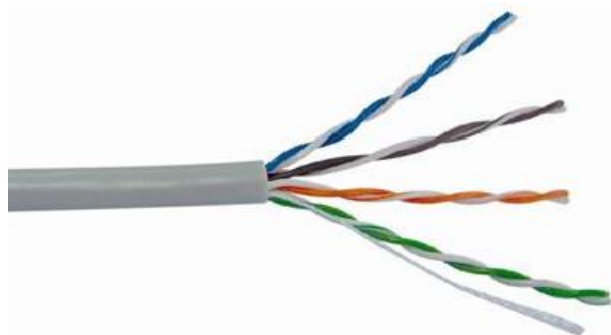
■2.4.1 导向传输媒体

■2.4.2 非引导型传输媒体

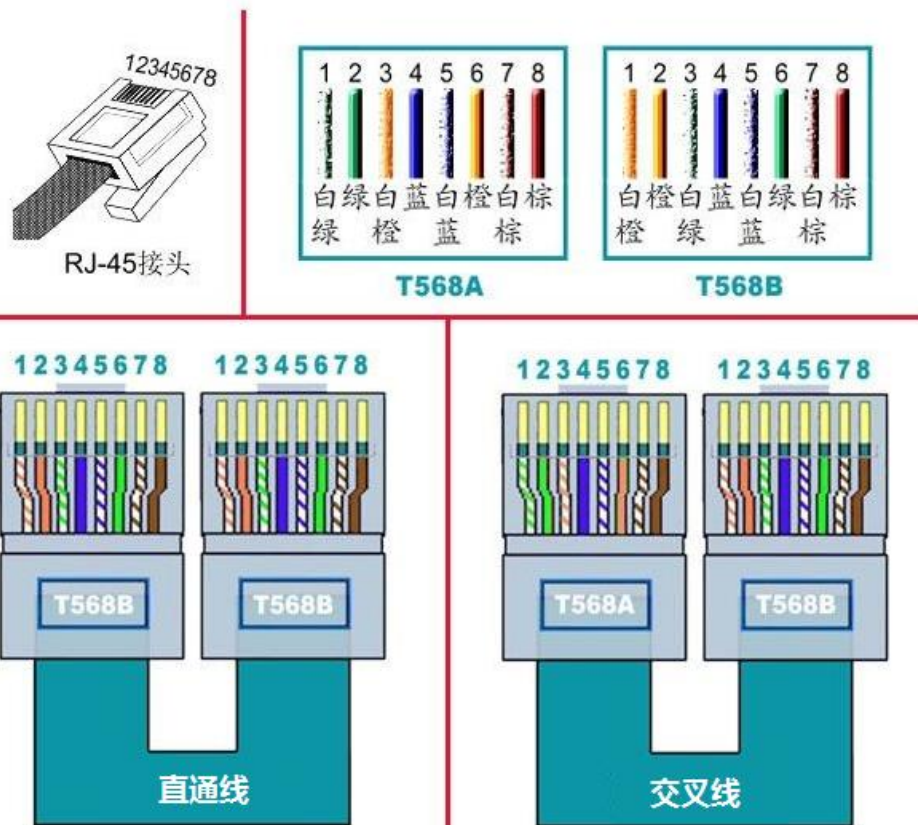
# 2.4传输媒体

## ■ 导向传输媒体

### ● 双绞线



网线RJ-45接头(水晶头)排线示意图



#### 一、直连线互连

网线的两端均按 T568B 接

1. 电 脑  $\longleftrightarrow$  ADSL 猫
2. ADSL 猫  $\longleftrightarrow$  ADSL 路由器的 WAN 口
3. 电 脑  $\longleftrightarrow$  ADSL 路由器的 LAN 口
4. 电 脑  $\longleftrightarrow$  集线器或交换机

#### 二、交叉互连

网线的一端按 T568B 接, 另一端按 T568A 接

1. 电 脑  $\longleftrightarrow$  电 脑, 即对等网连接
2. 集线器  $\longleftrightarrow$  集线器
3. 交换机  $\longleftrightarrow$  交换机
4. 路由器  $\longleftrightarrow$  路由器



## 2.4传输媒体

### ■ 导向传输媒体

- 同轴电缆



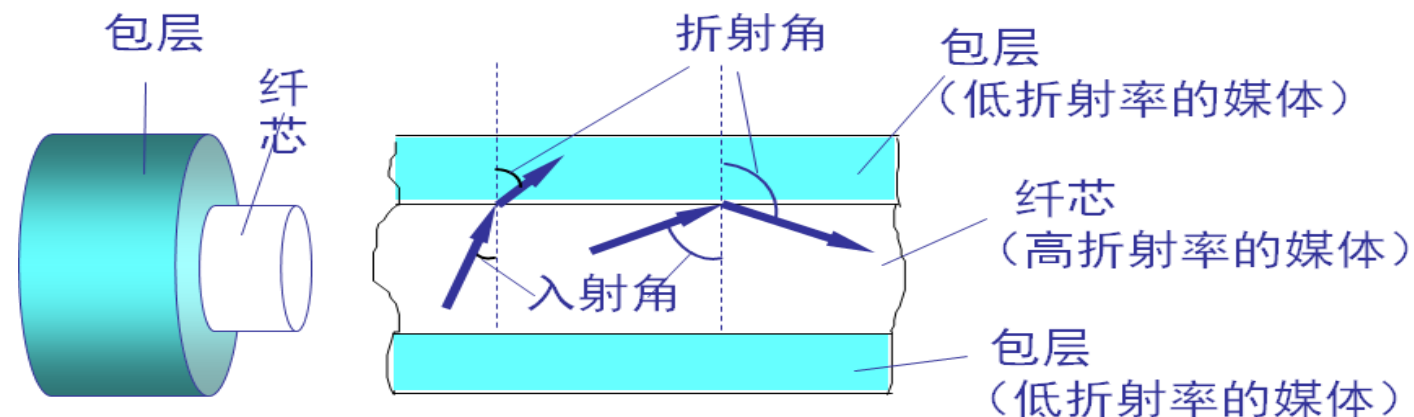
- 光缆



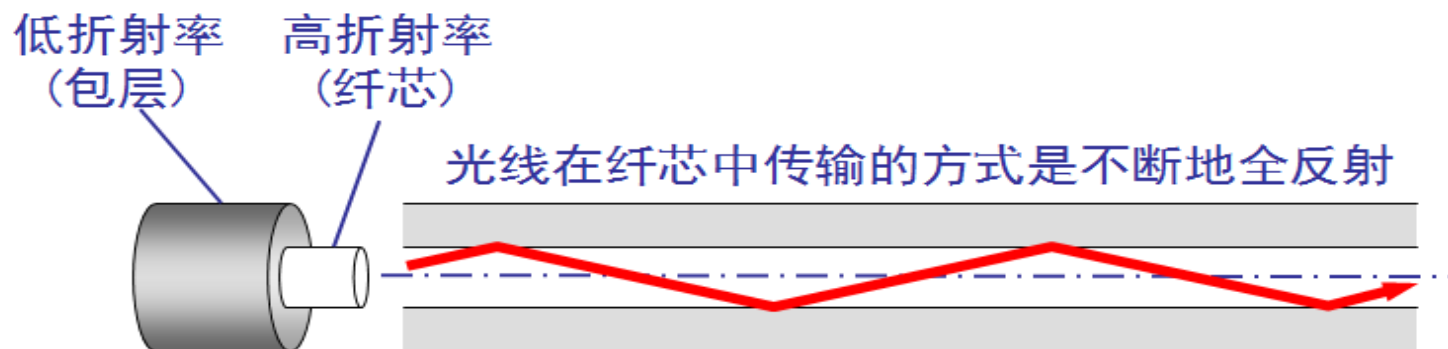


## 2.4传输媒体

### ■ 光纤



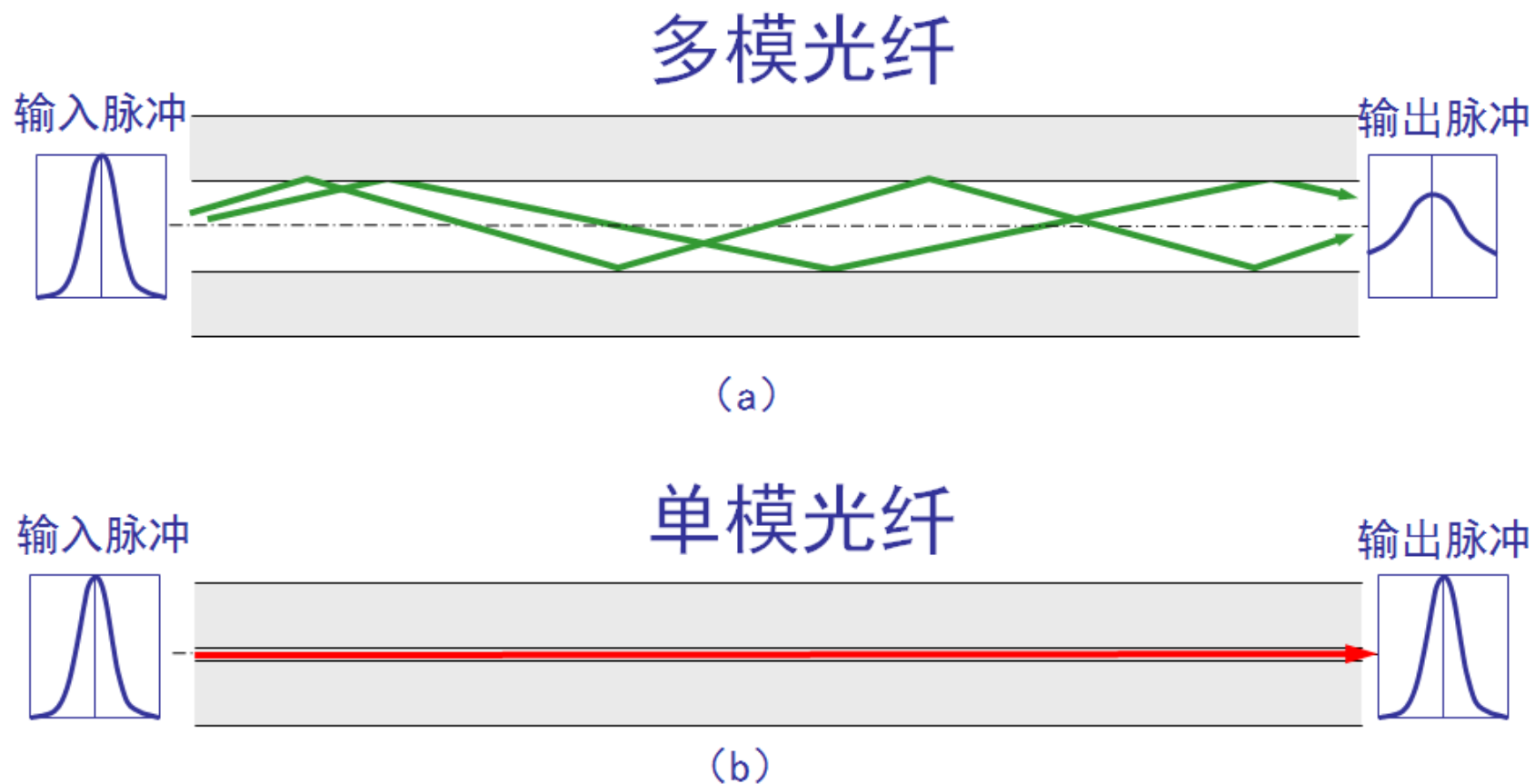
光线在光纤中折射



光波在纤芯中的传播

## 2.4传输媒体

- 单一模光纤的光源要使用昂贵的半导体激光器，而不能使用较便宜的发光二极管。但单模光纤的损耗较小，在2.5Gb/s的高速率下可传输数十公里而不必采用中继器。



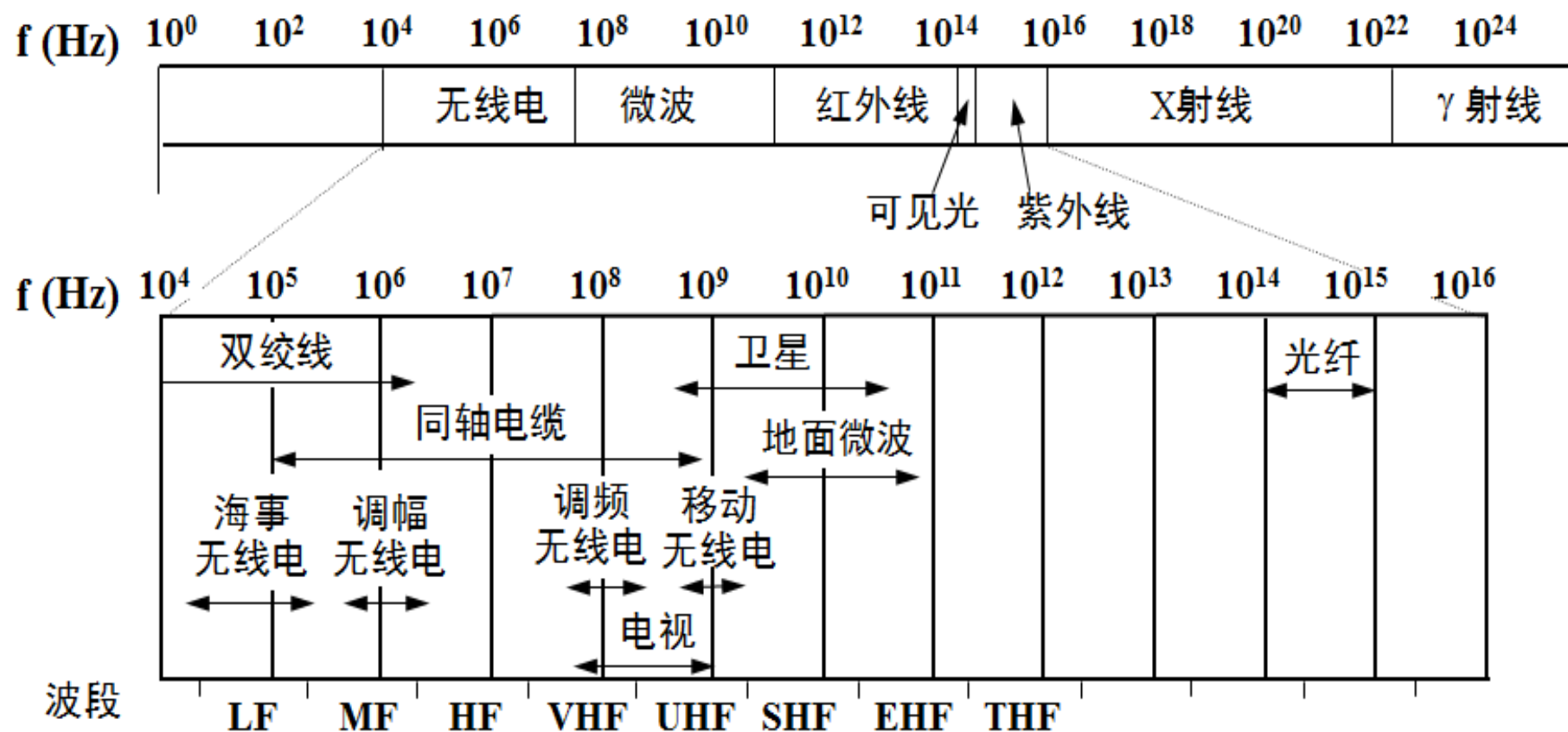
## 2.4传输媒体

■ 光纤不仅具有通信容量非常大的优点，而且还具有其他的一些特点：

- 传输损耗小，中继距离长，对远距离传输特别经济。
- 抗雷电和电磁干扰性能好。这在有大电流脉冲干扰的环境下尤为重要。
- 无串音干扰，保密性好，也不易被窃听或截取数据。
- 体积小，重量轻。

## 2.4.2非引导型传输媒体

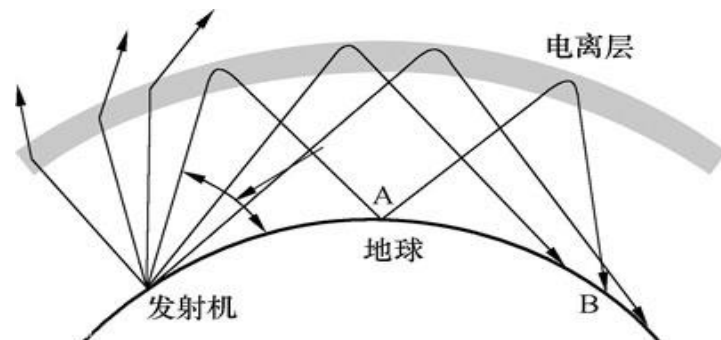
### ■无线电频段



## 2.4.2非引导型传输媒体

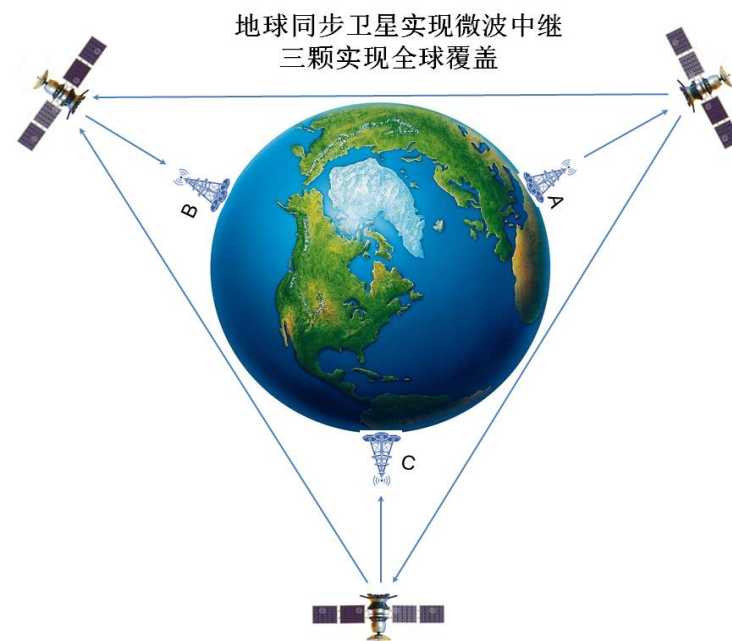
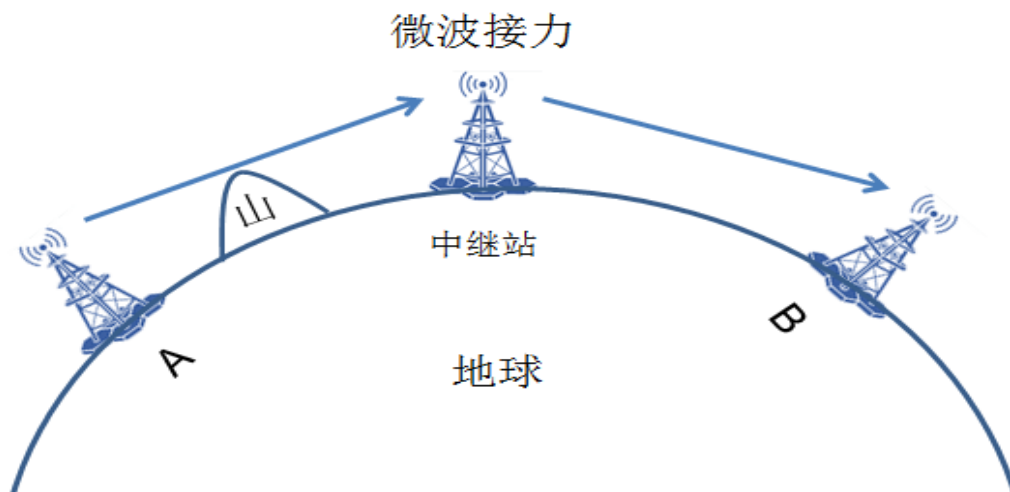
### ■短波通信

- 短波通信即高频通信，主要是靠电离层的反射。



### ■微波通信

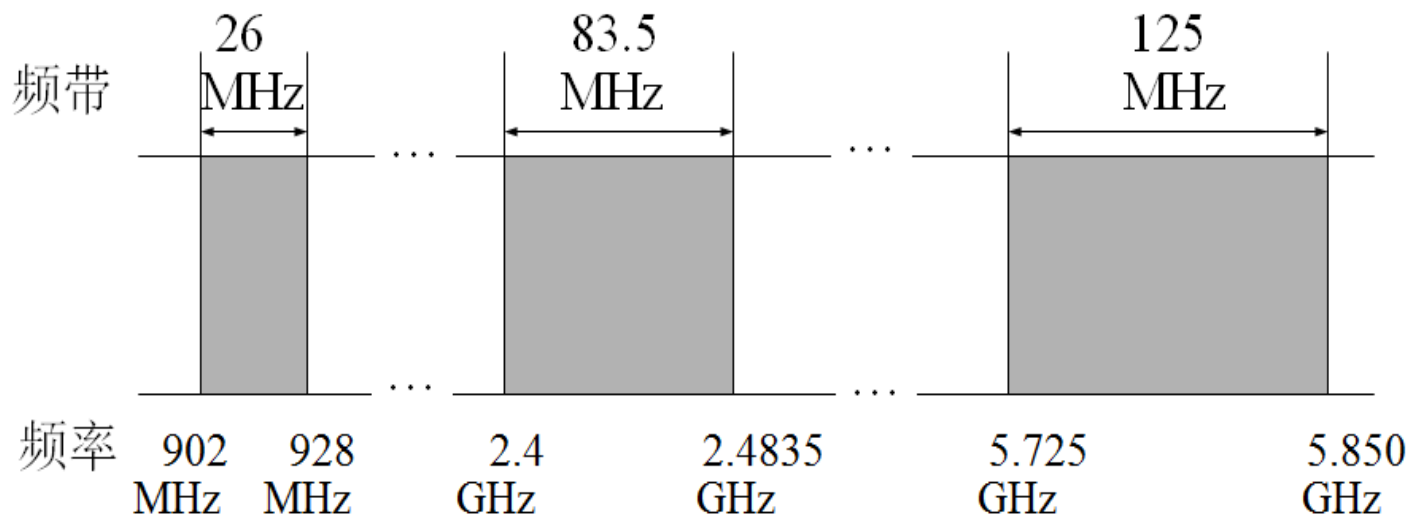
- 微波在空间主要是直线传播



## 2.4.2非引导型传输媒体

### ■无线局域网

要使用某一段无线电频谱进行通信，通常必须得到本国政府有关无线电频谱管理机构的许可证。但是，也有一些无线电频段是可以自由使用的（只要不干扰他人在这个频段中的通信），这正好满足计算无线局域网的需求。



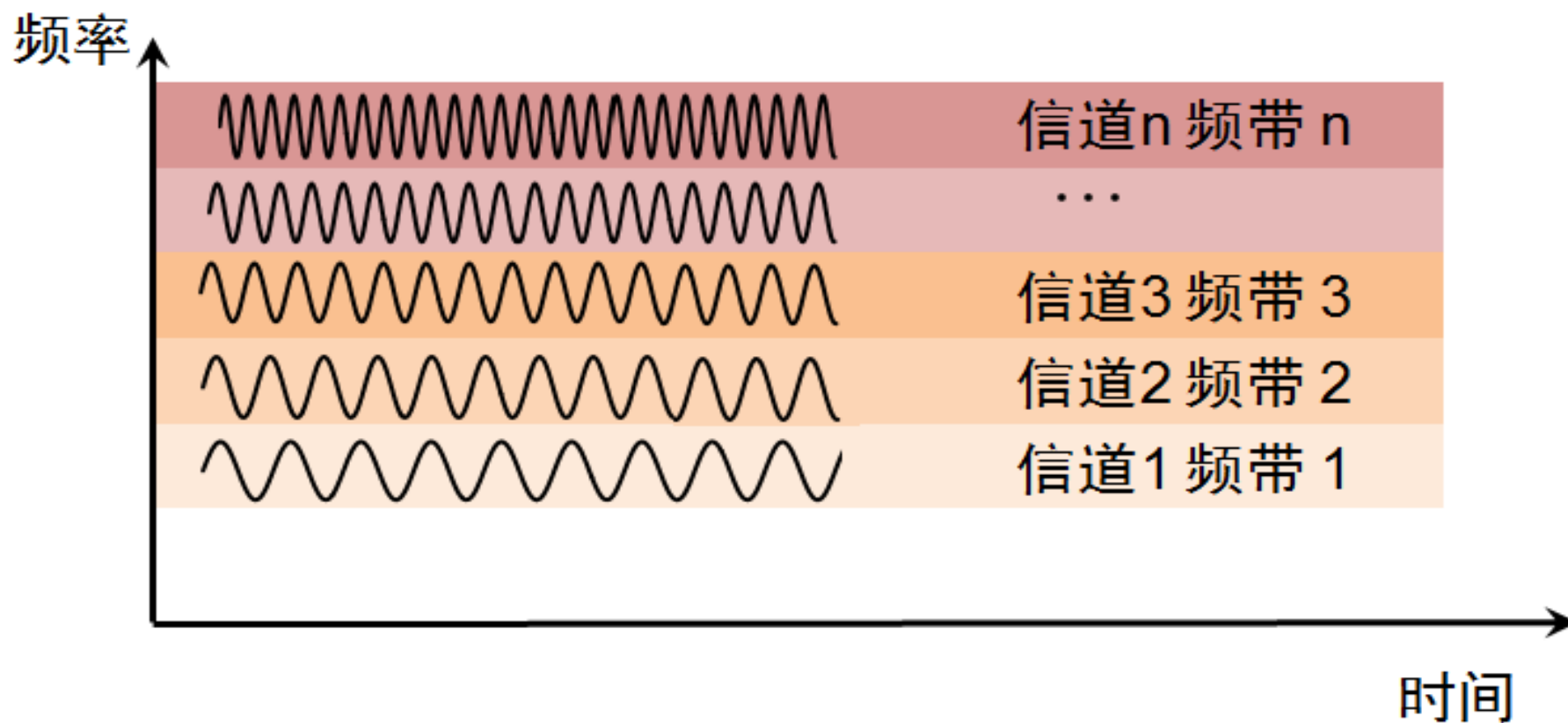
## 2.5信道复用技术

- 2.5.1频分复用
- 2.5.2时分复用
- 2.5.3波分复用
- 2.5.4码分复用



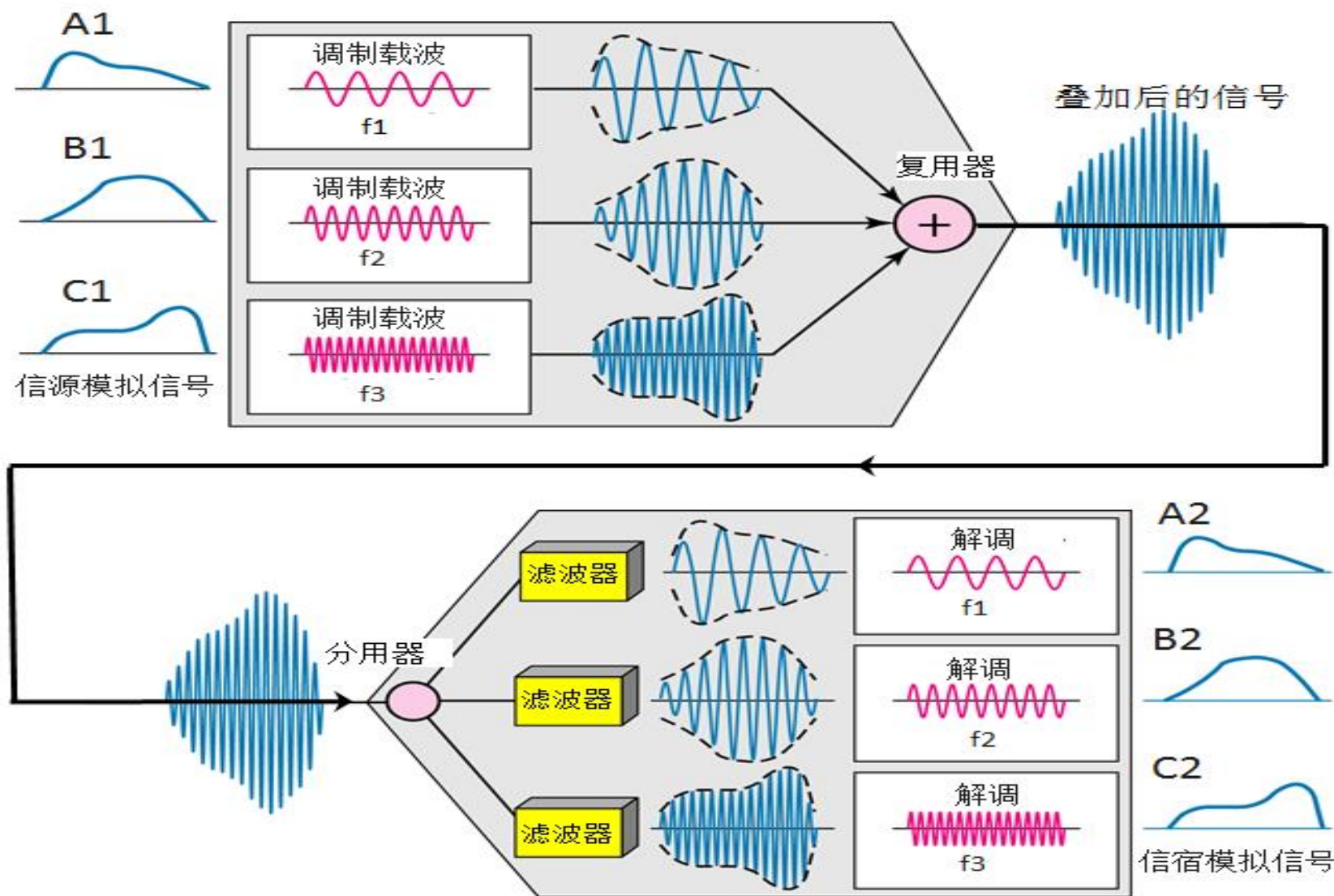
## 2.5.1 频分复用

■ 频分复用FDM（Frequency Division Multiplexing）适合于模拟信号。



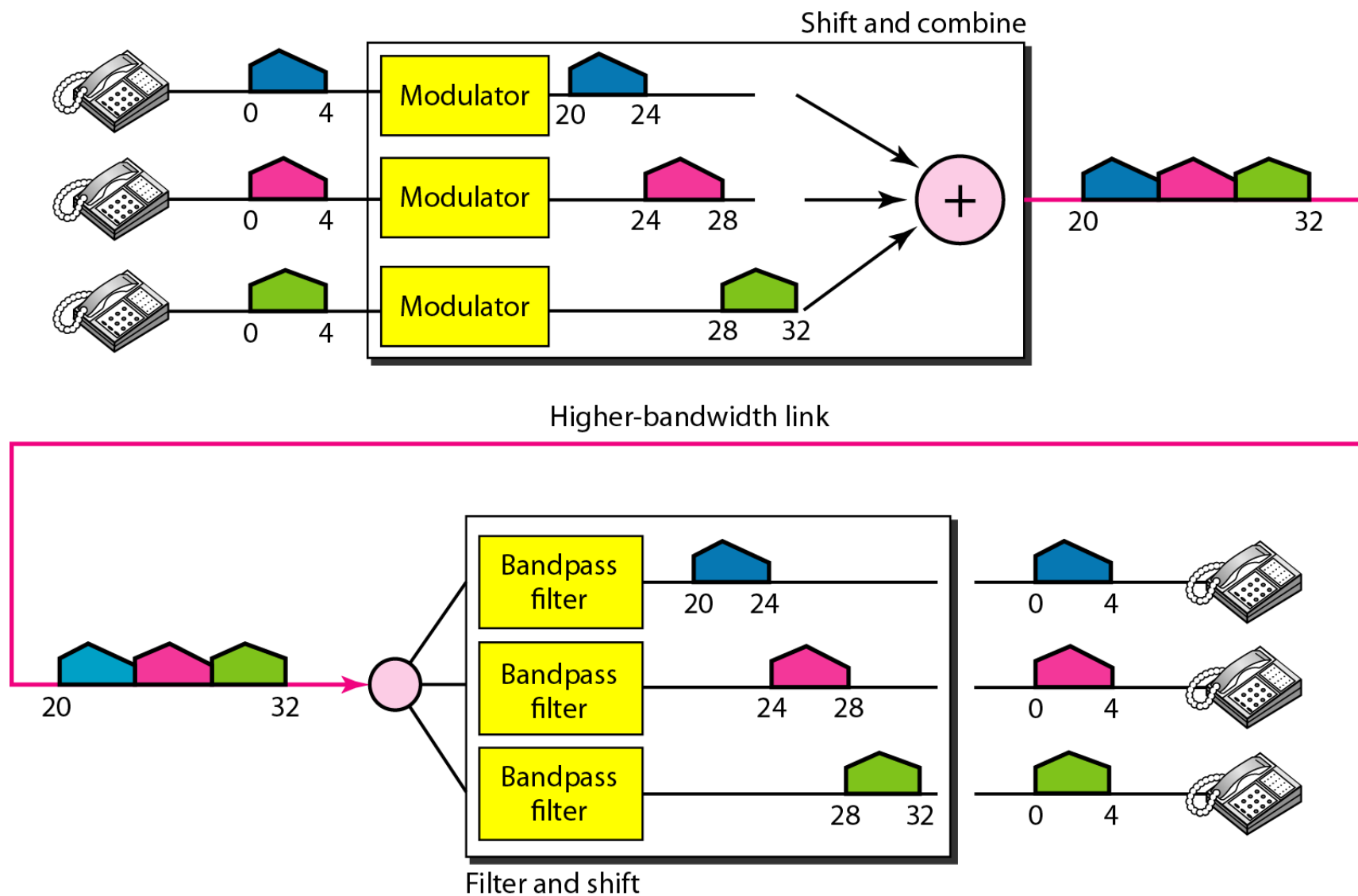
## 2.5.1 频分复用

■ **A1**→**A2**信道使用频率**f1**调制载波，**B1**→**B2**信道使用频率**f2**调制载波，**C1**→**C2**信道使用频率**f2**调制载波，不同频率调制后的载波通过复用器将信号叠加后发送到信道。接收端的分用器将信号发送到三个滤波器，滤波器过滤出特定频率载波信号，再经过解调得到信源发送的模拟信号。



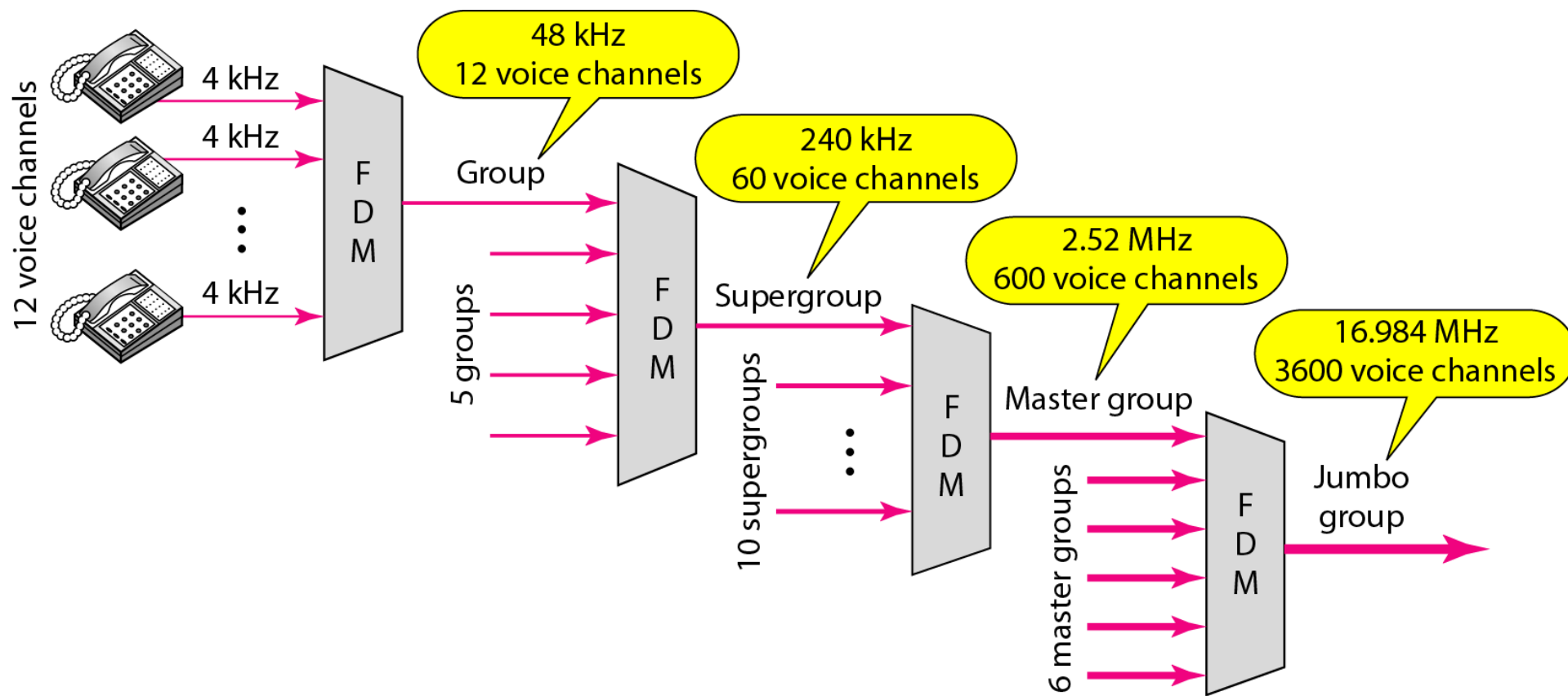
# 频分复用 FDM的例子

## ■ 电话线路 就使用的频 分复用



# 频分复用 FDM的例子

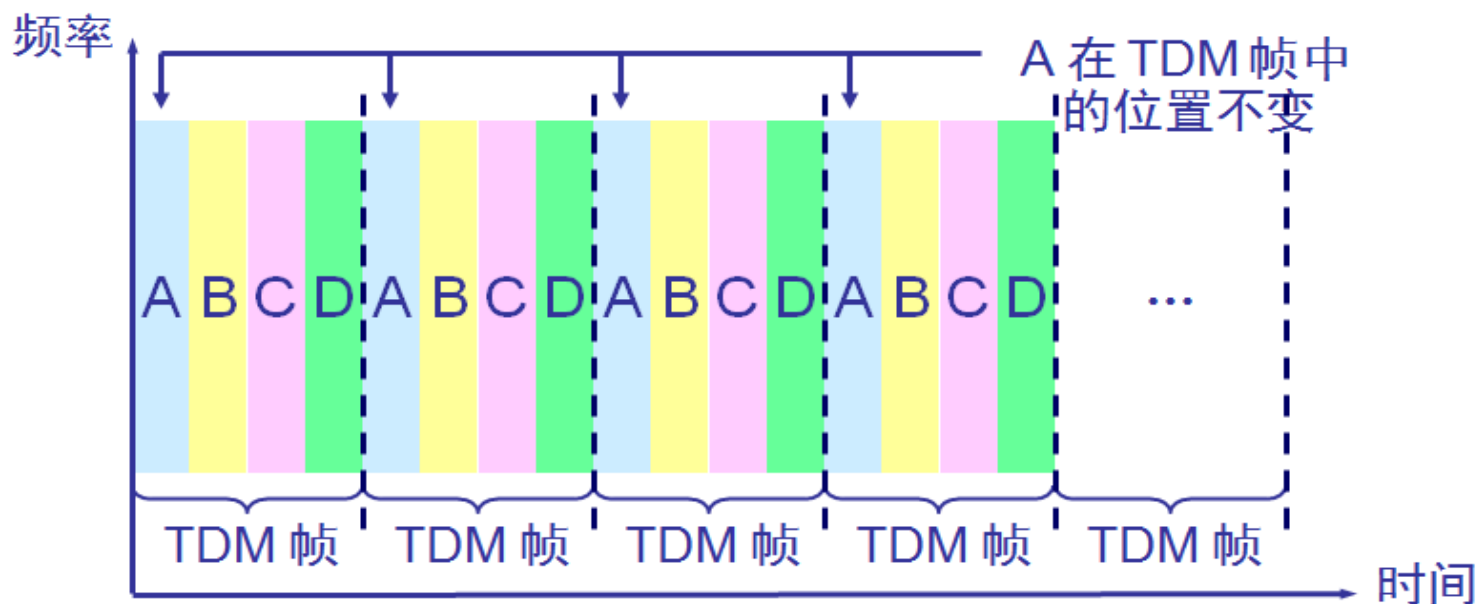
- 1路语音占用4kHz，12路语音信道形成一个组。5个组形成一个超级组。可以看到频分复用可以进行多次叠加。



## 2.5.2时分复用

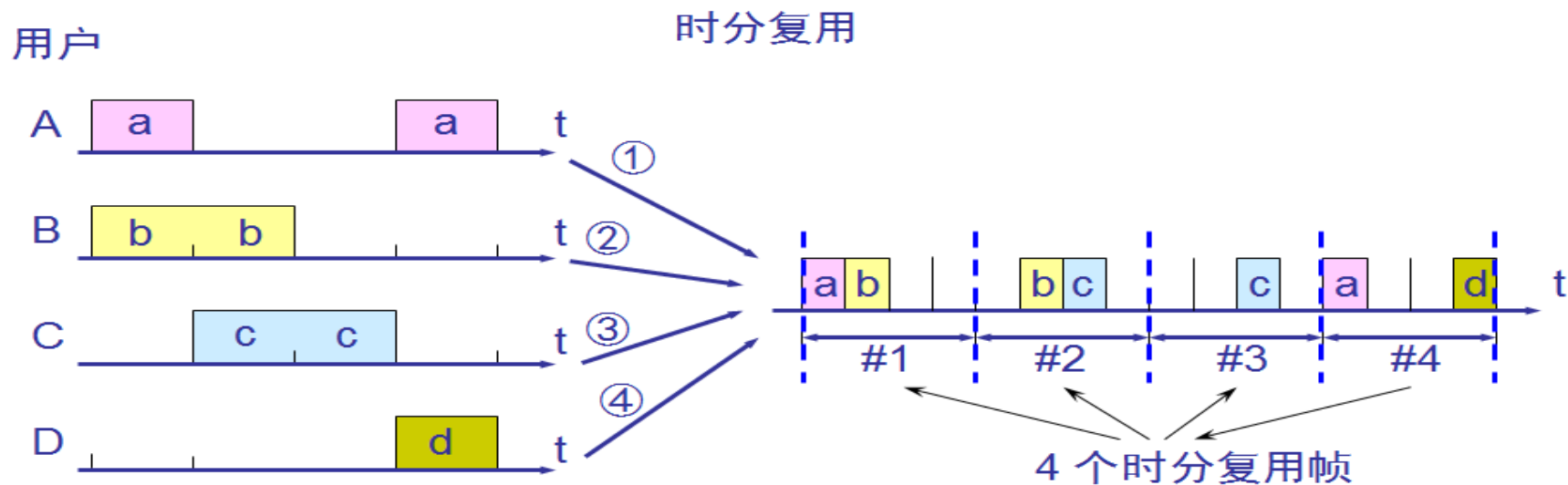
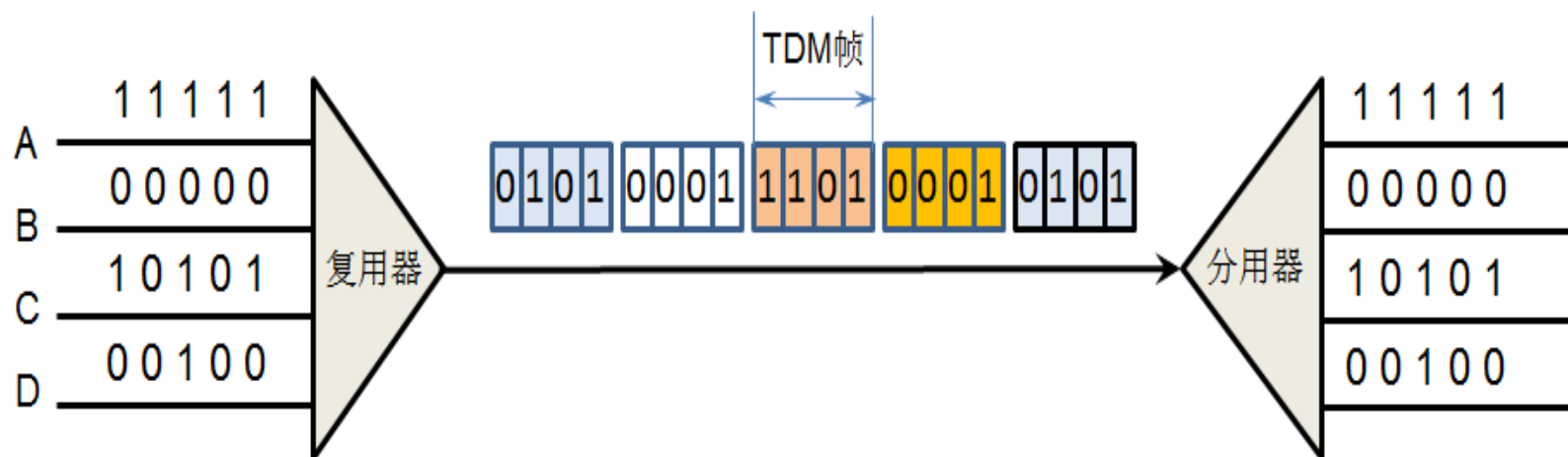
■数字信号的传输更多使用时分复用（Time Division Multiplexing, TDM）技术。

- 时分复用采用同一物理连接的不同时段来传输不同的信号，时分复用则是将时间划分为一段段等长的时分复用帧（TDM帧）。



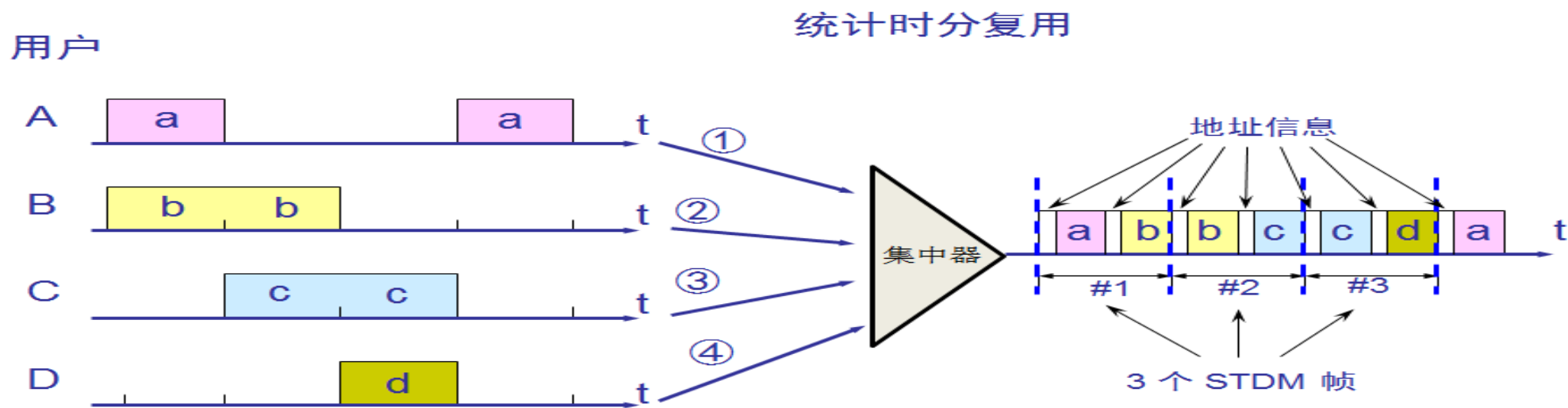
## 2.5.2时分复用

### ■时分复用



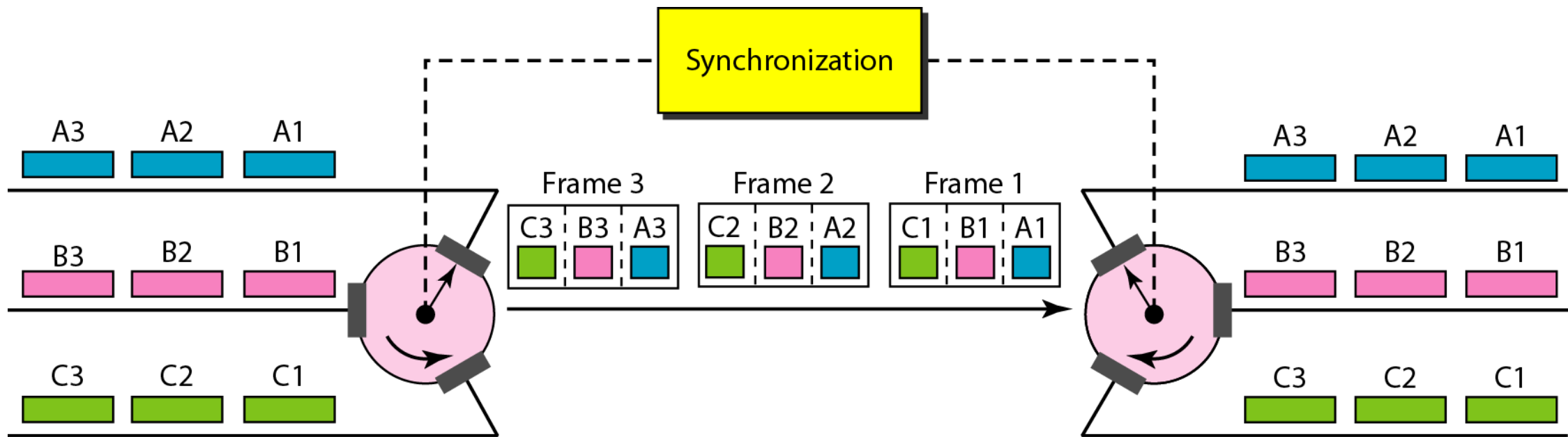
## 2.5.2时分复用

- 统计时分复用，需要给没有给用户添加一个标记，接收端用来区分用户。
- 交换机之间使用干道链路连接，可以通过多个VLAN的帧，就是给每个VLAN的帧添加帧标记。



# 时分复用

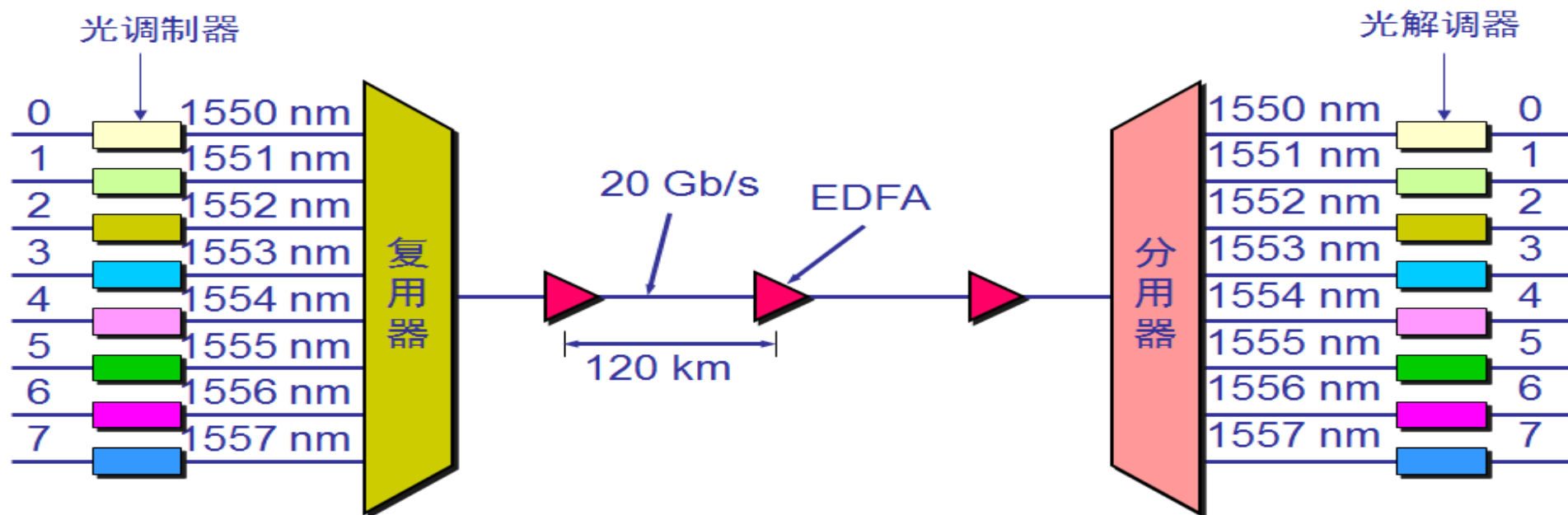
## ■时分复用实现方法



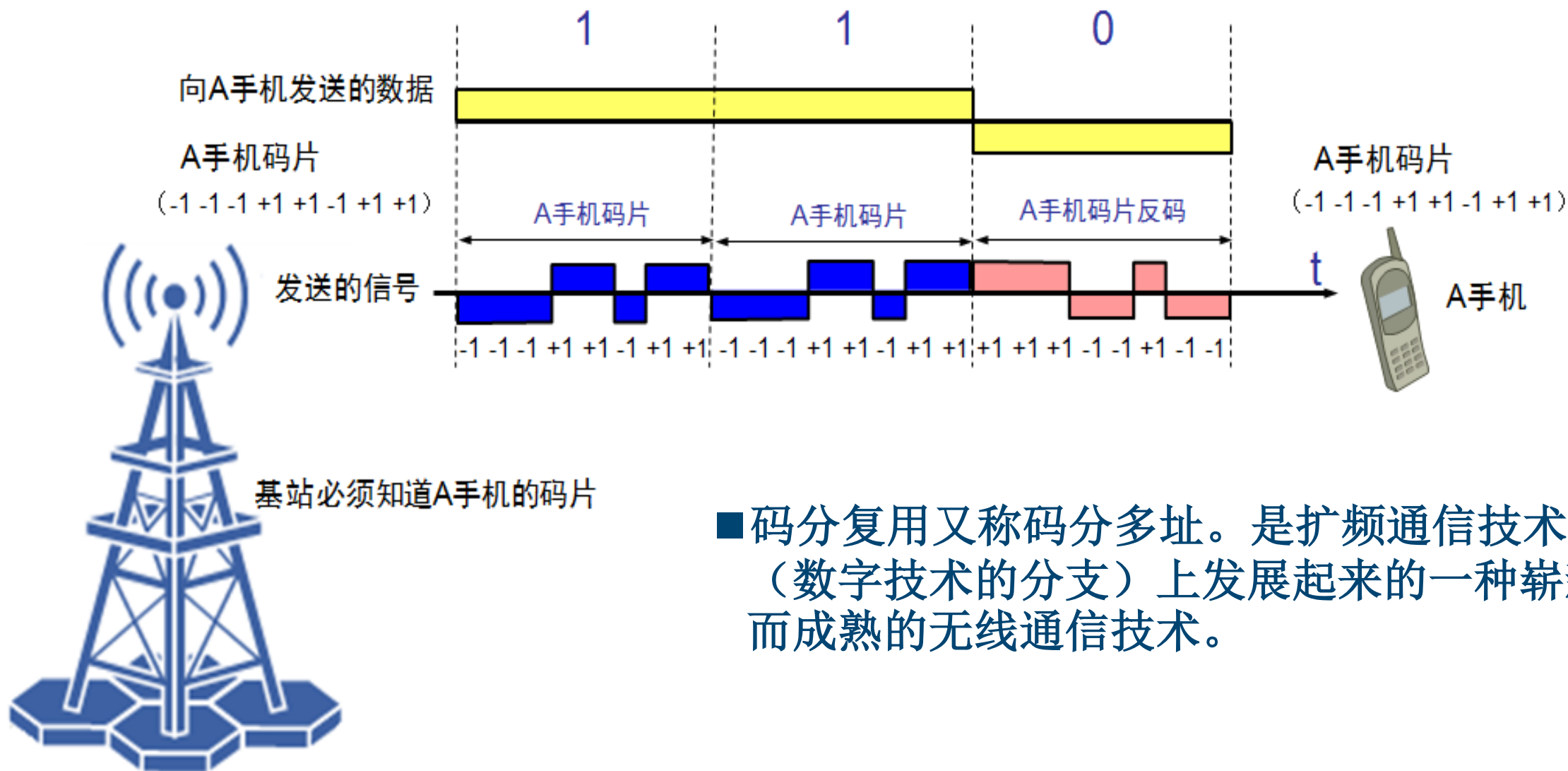


## 2.5.3 波分复用

- 光纤技术的应用使得数据的传输速率空前提高。目前一根单模光纤的传输速率可达到**2.5Gb/s**。再提高传输速率就比较困难了。为了提高光纤的传输信号的速率，也可以进行频分复用，由于光载波的频率很高，因此习惯上用波长而不用频率来表示所使用的光载波。这样就得出了波分复用这一名词。

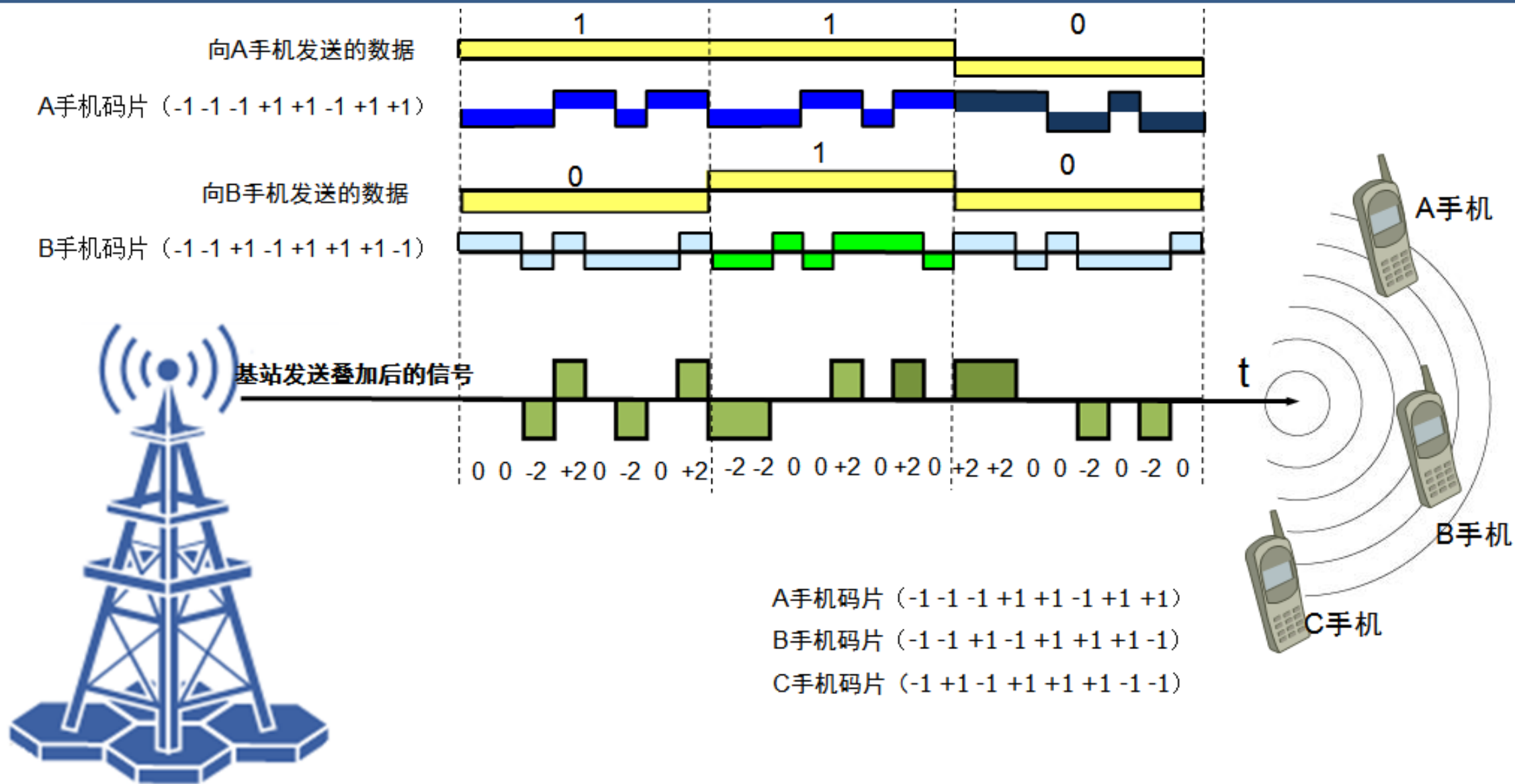


## 2.5.4码分复用



- 码分复用又称码分多址。是扩频通信技术（数字技术的分支）上发展起来的一种崭新而成熟的无线通信技术。

## 2.5.4码分复用



## 2.5.4码分复用

- 假如基站发送了码片序列  $(0 \ 0 \ -2 \ +2 \ 0 \ -2 \ 0 \ +2)$  。
- A手机的码片序列为  $(-1 \ -1 \ -1 \ +1 \ +1 \ -1 \ +1 \ +1)$
- B手机码片序列为  $(-1 \ -1 \ +1 \ -1 \ +1 \ +1 \ +1 \ -1)$
- C手机码片序列为  $(-1 \ +1 \ -1 \ +1 \ +1 \ +1 \ -1 \ -1)$
- 问这三个手机，分别收到了什么信号？

## 2.5.4码分复用

### ■码片正交

- 什么是相互正交呢？两个不同站的码片序列正交，就是向量**A**和**B**的规格化内积（inner product）都是**0**，令向量**A**表示站**A**的码片向量，令**B**表示其他任何站的码片向量。

$$A \cdot B = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m A_i B_i = 0$$

- 码片序列，自己和自己的规格化内积，为**1**。

$$A \cdot A = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m A_i \cdot A_i = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m A_i^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\pm 1)^2 = 1$$

- 自己和自己的反码序列**-A**规格化内积，为**-1**。

$$-A \cdot A = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m -A_i \cdot A_i = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m -A_i^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m -(\pm 1)^2 = -1$$

## 2.6 宽带接入技术

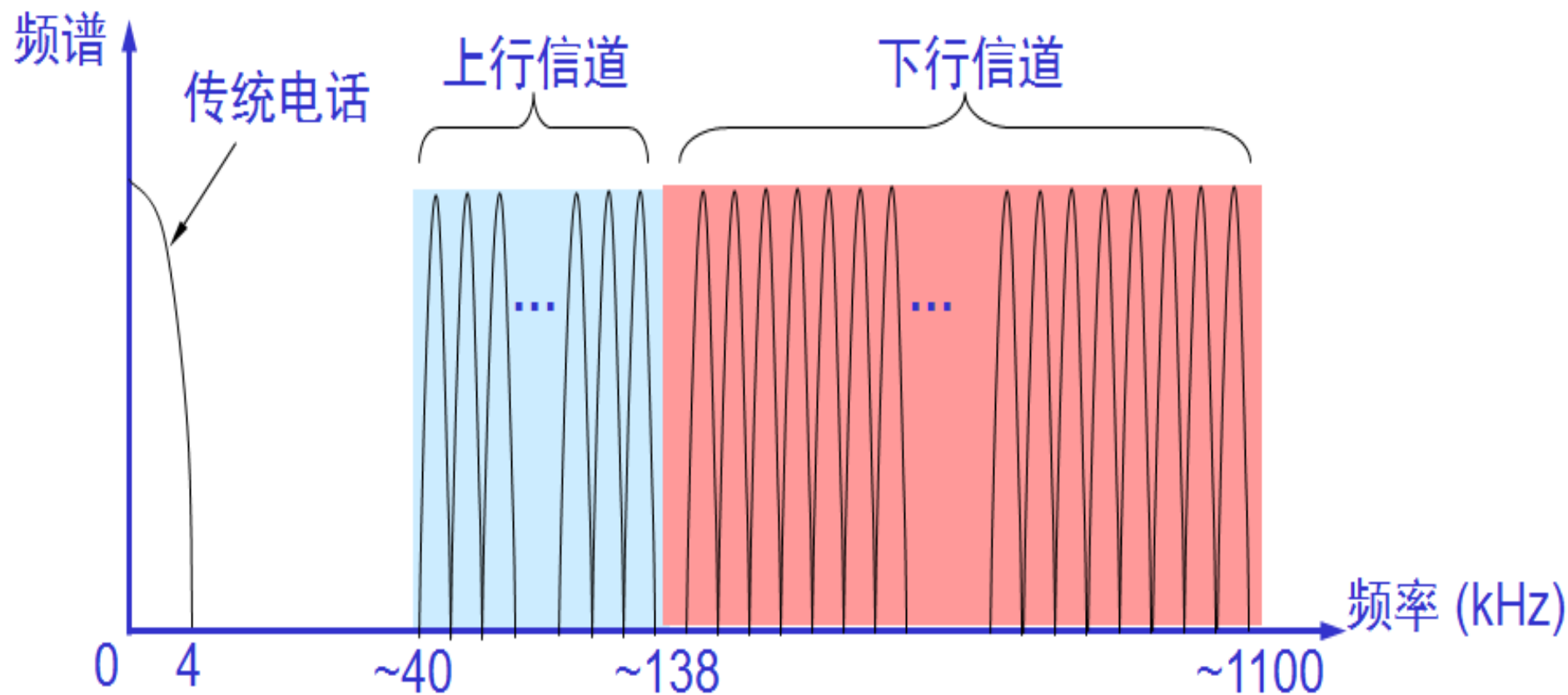
- 2.6.1 铜线接入技术（电话线接入Internet）
- 2.6.2 光纤同轴混合网（HFC网）（有线电视同轴电缆）
- 2.6.3 光纤接入技术（专门为小区居民铺设光缆）
- 2.6.4 移动互联网接入技术（手机）

## 2.6.1 铜线接入技术

- 铜线宽带接入技术也就是xDSL（各种类型DSL（Digital Subscriber Line）数字用户线路的总称）技术，就是用数字技术对现有的模拟电话用户线进行改造，使它能够承载宽带业务。
- ADSL属于DSL技术的一种，全称Asymmetric Digital Subscriber Line（非对称数字用户线路），亦可称作非对称数字用户环路。是用数字技术对现有的模拟电话用户线进行改造，使其能够承载带宽数字业务。ADSL考虑了用户访问Internet的主要是获取网络资源，更多的下载流量，较少的上行流量，因此ADSL上行和下行带宽设计成为不对称。上行指从用户到ISP，而下行指从ISP到用户。

## 2.6.1 铜线接入技术

### ■ 电话线中的频繁服用--ADSL信道





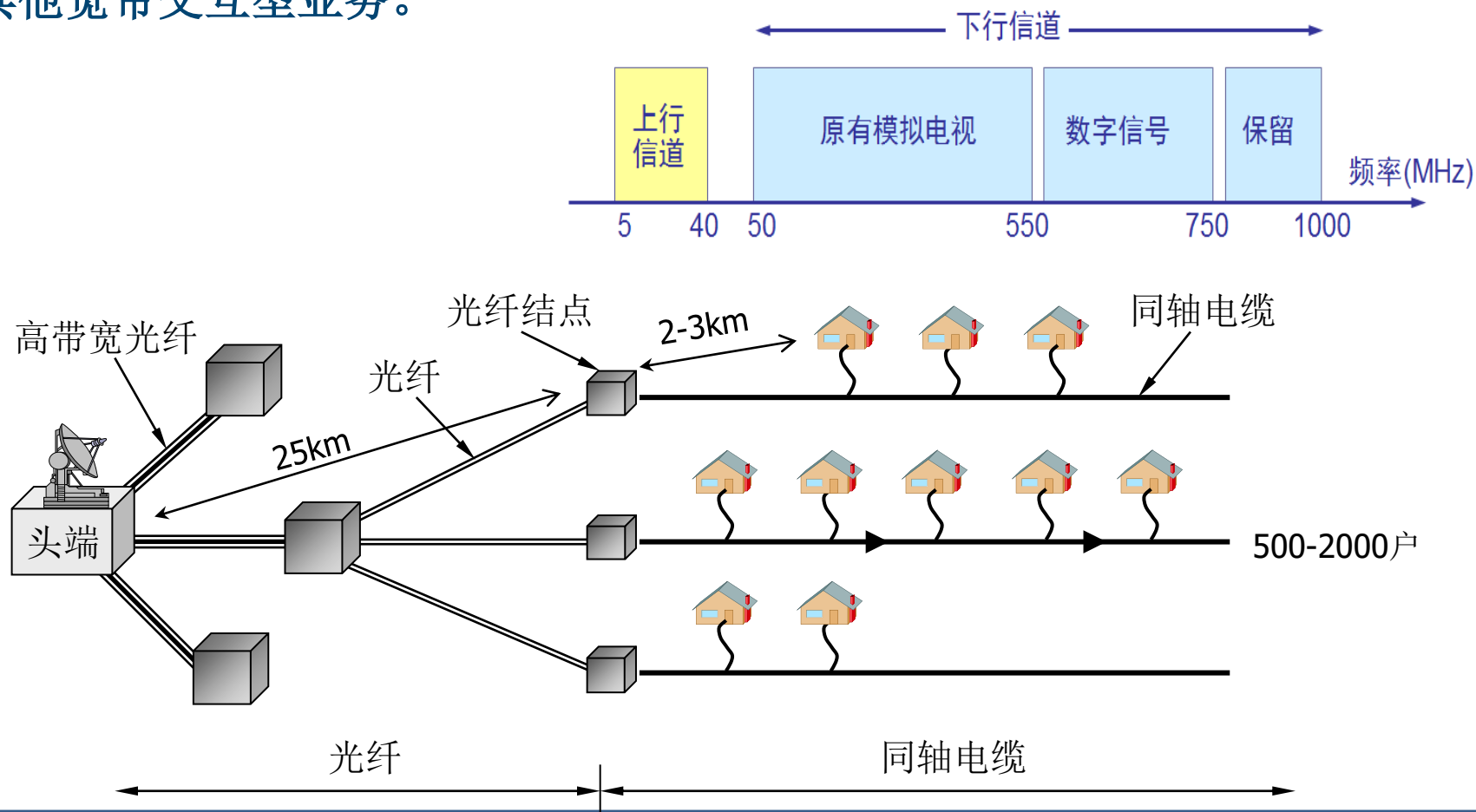
## 2.6.1 铜线接入技术

### ■ 基于ADSL的接入网的组成



## 2.6.2 光纤同轴混合网 (HFC网)

- 光纤同轴混合网 (HFC网) 在1988年被提出, HFC是Hybrid Fiber Coax的缩写。HFC网是在目前覆盖面很广的有线电视网CATV的基础上开发的一种居民宽带接入网。HFC网除可传送CATV外, 还提供电话、数据和其他宽带交互型业务。



## 2.6.3 光纤接入技术

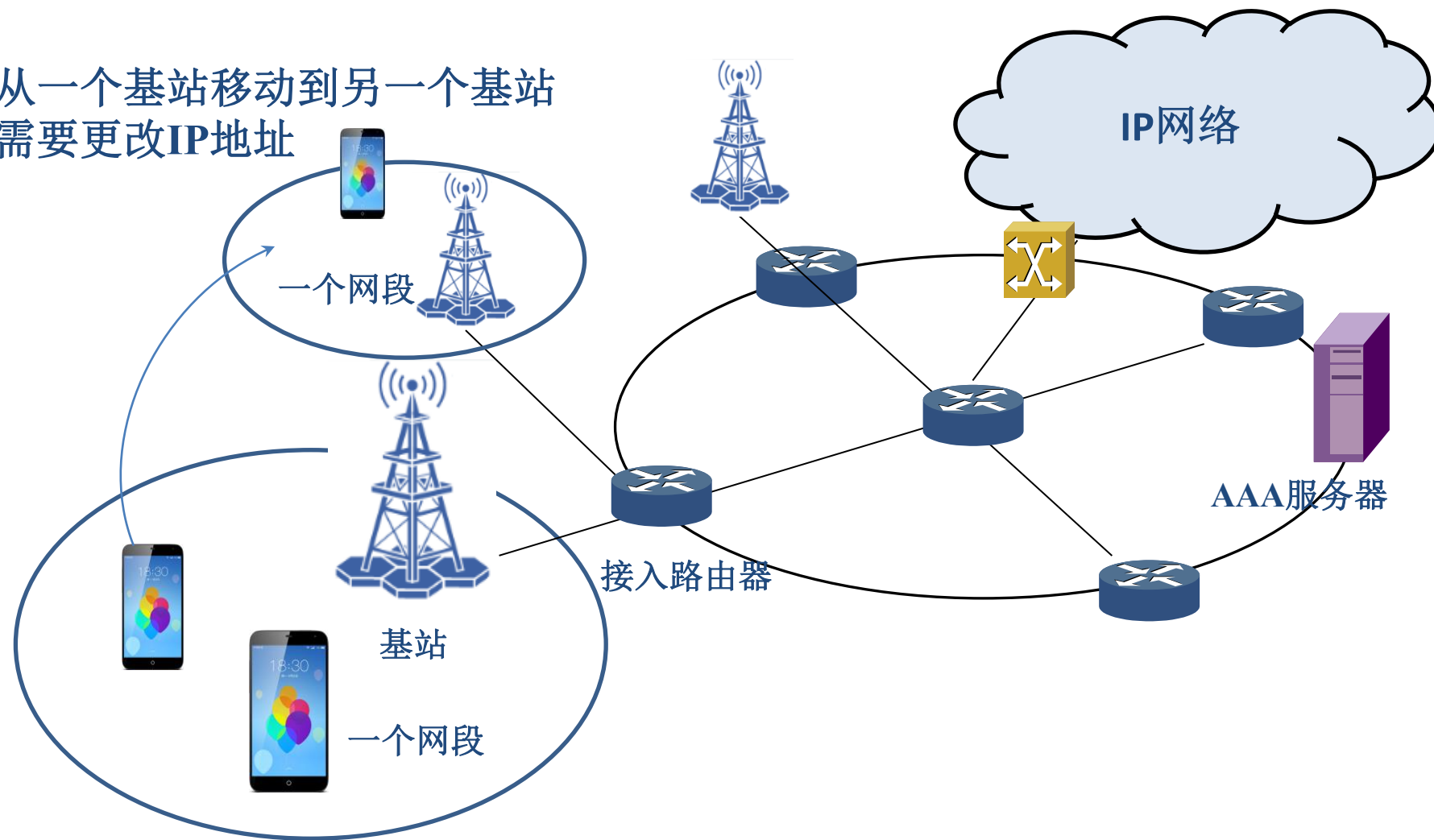
- 从技术上讲，光纤到户**FTTH**（**Fiber To The Home**）应当是最好的选择。所谓光纤到户，就是把光纤一直铺设到用户家庭，在用户的家中才把光信号转换成电信号，这样用户可以得到更高的上网速率。
- 根据光纤到用户的距离来分类，可分成光纤到小区（**Fiber To The Zone**即**FTTZ**）、光纤到路边（**Fiber To The Curb**即**FTTC**）、光纤到大楼（**Fiber To The Building**即**FTTB**）、光纤到户（**Fiber To The Home**即**FTTH**）以及光纤到桌面（**Fiber To The Desk**即**FTTD**）等。

## 2.6.4 移动互联网接入技术

■移动互联网，就是将移动通信和互联网二者结合起来，成为一体。

■4G全IP网络

从一个基站移动到另一个基站  
需要更改IP地址



## 2.6.4移动互联网接入技术

### ■基于子网的4G IP网络

