

计算机网络

T03

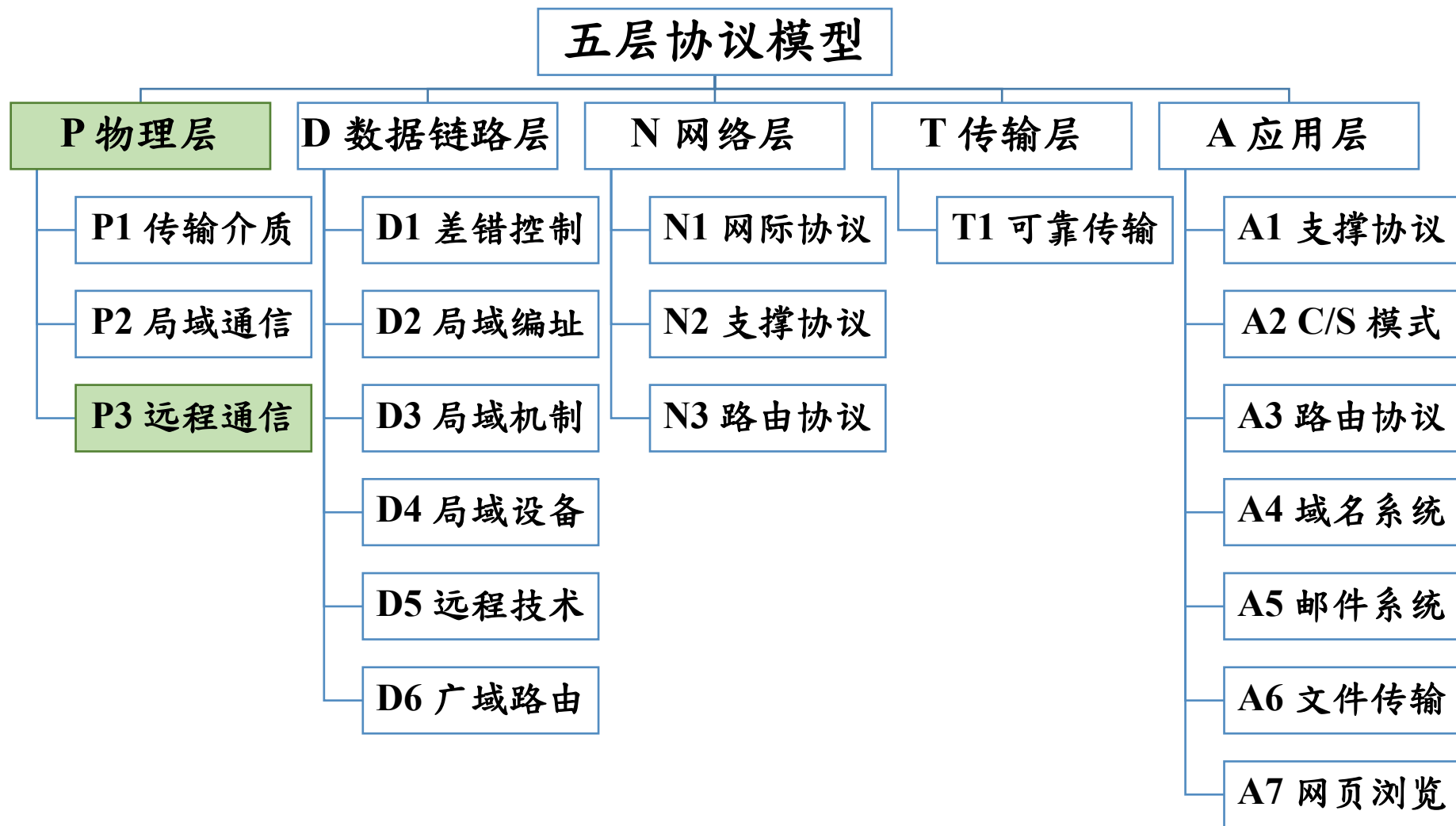


远距离通信

厦门大学信息学院软件工程系

黄炜 副教授

主要内容



主要内容

- 载波
- 调制和解调
 - 调频、调幅、调相
- 复用和解复用
 - 频分、波分、时分（同步时分、统计时分）、码分
- 基带和宽带



对应课本章节

- **PART II Data Communication Basics**
 - **Chapter 10 Modulation And Modems**
 - **Chapter 11 Multiplexing And Demultiplexing (Channelization)**



1. 载波



电流承载信息的局限性

- 电流在铜线上的传播的距离是有限的。
 - 导线电阻将电能转换为热能，叫信号损耗（signal loss）
- 结果：误码（Error Code）

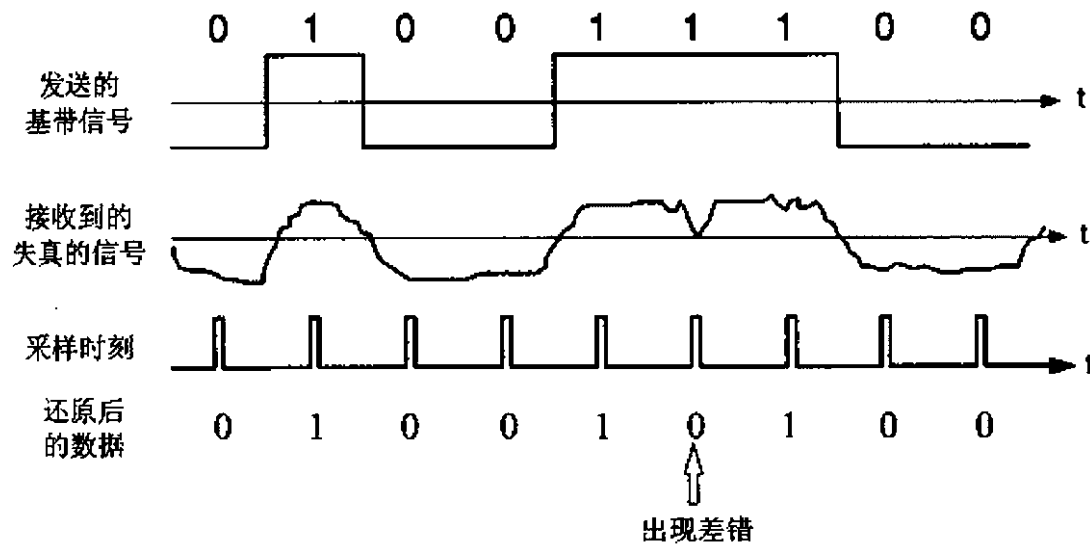


图 3-15 基带信号经电话线路传输后产生误码

载波 (Carrier)

- 远距离通信系统发送连续震荡的信号称为载波
 - 通常是正弦波 (sine wave)
 - 连续 (continuous) 振荡 (oscillating) 信号传播得更远
- 载波是特定频率的无线电波，是一种可在频率、幅度或相位方面被调制以传输其它信号的电磁波。
- 即便没有信号被发送，载波仍持续震荡。



2. 调制和解调制



载波调制

- 调制 (modulation)

- 使载波的某些特性按信息的波形或信号而变化的处理方法。
 - 特性：频率、幅度、相位.....
- 表示信息的信号称为调制信号
- 调制后的信号称为频带信号、射频信号或带通信号

- 解调制 (demodulation)

- 根据频带信号恢复出调制信号
- 载波信号将被丢弃



调制技术

- 调制技术

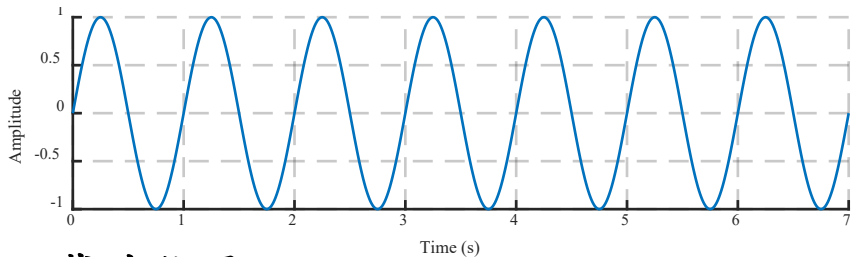
- 调幅 (amplitude modulation , AM)
- 调频 (frequency modulation , FM)
- 调相 (phase shift modulation , PM)

$$F(t) = \underset{\text{振幅}}{A} \sin \left(2\pi \underset{\text{频率}}{f} t + \underset{\text{相位}}{\alpha} \right)$$

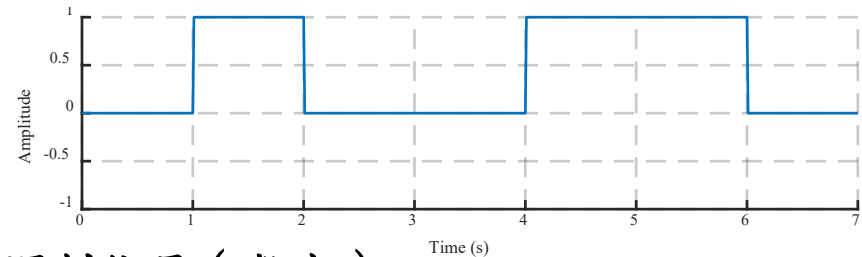


调制：调制信号为数字信号

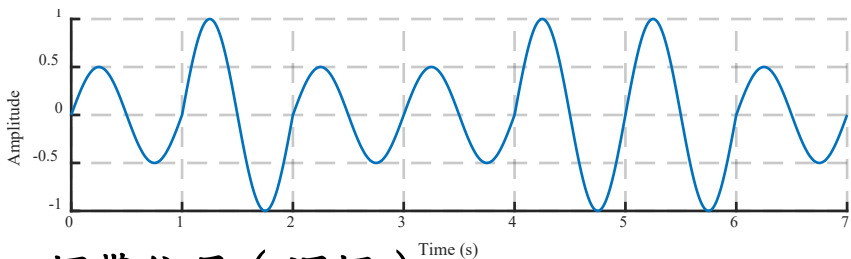
- 载波信号为模拟信号，调制信号为数字信号



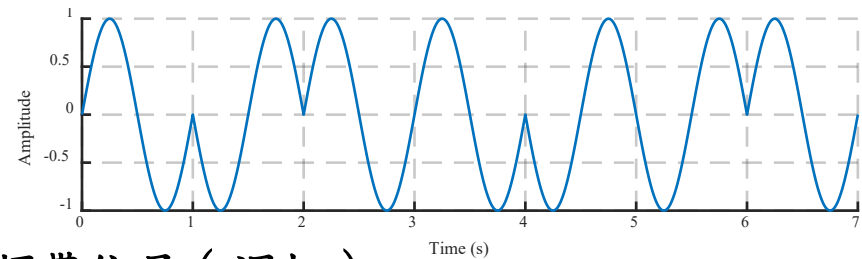
载波信号



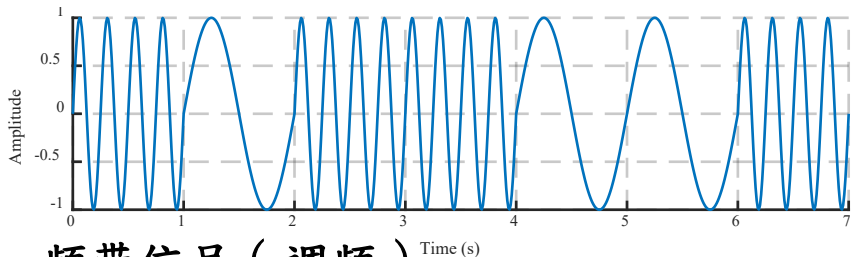
调制信号 (数字)



频带信号 (调幅)



频带信号 (调相)

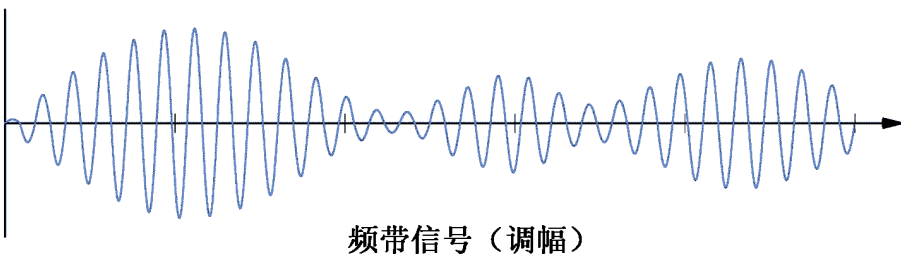
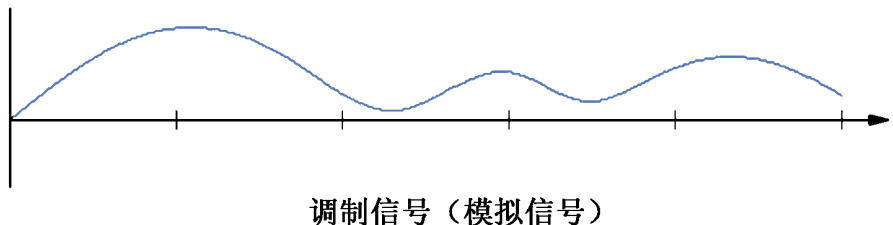
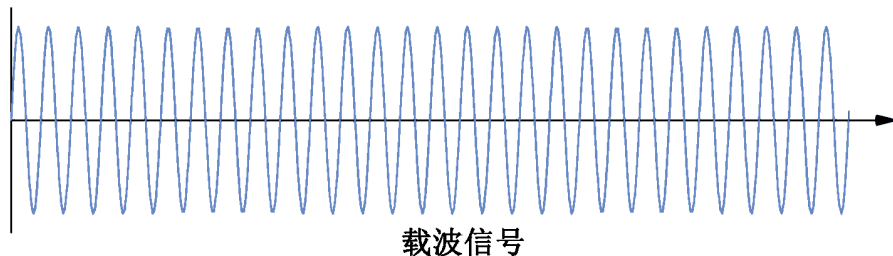


频带信号 (调频)



调制：调制信号为模拟信号

- 载波信号为模拟信号，调制信号为模拟信号



调制器和解调器硬件

- 调制解调器 (Modem)

- 调制器 (modulator) 是执行调制功能的器件。
- 解调器 (demodulator) 是执行解调制功能的器件。
- 制造商经常将调制器与解调器结合成一个单独的双工设备。
- 可以是内置的嵌入式硬件，也可以是外置的独立硬件

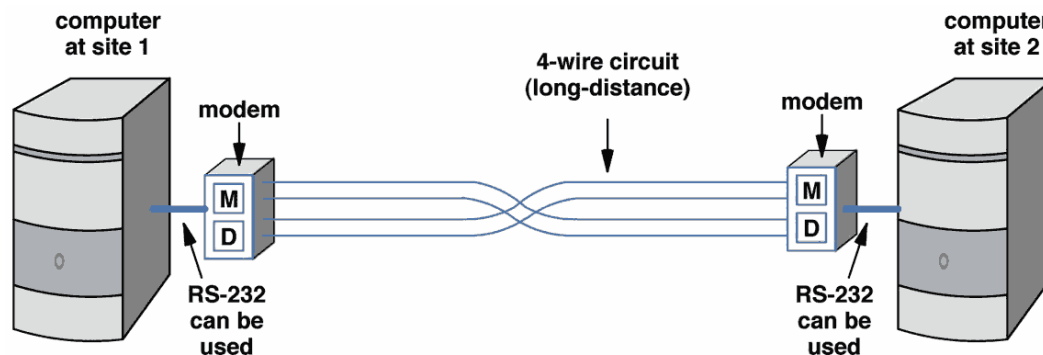


Figure 10.9 Illustration of two modems that use a 4-wire connection.

调制器和解调器硬件

- 调制解调器可以是内置的嵌入式硬件，也可以是外置的独立硬件

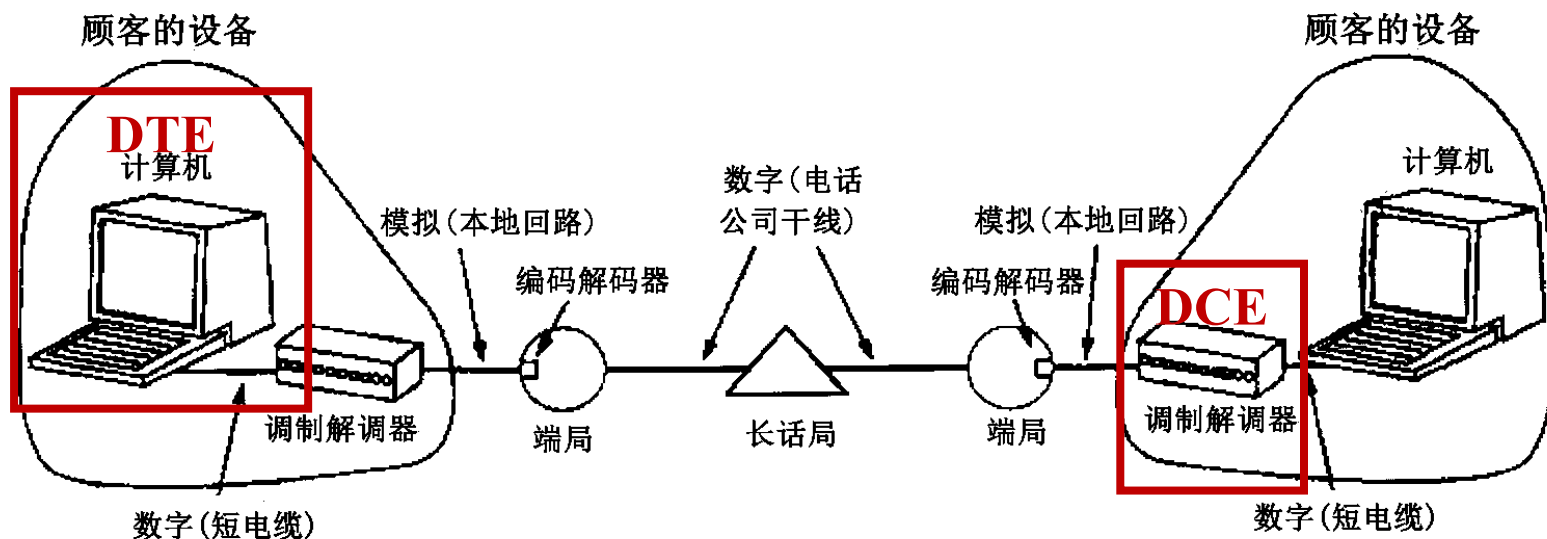


图 2-17 计算机与计算机之间的呼叫必须使用模拟及数字两种传输；
其转换工作由调制解调器(modem)及编码解码器(codec)完成。

租赁模拟数据电路

- 租赁模拟数据电路

- 私人企业无法远距离安装电路，允许租用电话公司电路
- 企业可以安装自身必要的电线
- 在端点必须安装调制解调器

- 优点：可以在任何时候发送数据

- 缺点：有限的连通性和成本



光、射频、拨号调制解调器

- 通用性

- 除了专用线，调制解调器也可用于与其他的媒体，包括射频传输、光纤和常规的电话连接。

- 原理一致

- 发送端，调制解调器调制载体

- 接收端，数据从被调制过的载体提取得到。

- 包含电路的拨号调制解调器，模拟电话

- 调制解调器可以模拟拿起听筒，拨号，或者挂了电话。



3. 复用和解复用



复用的概念

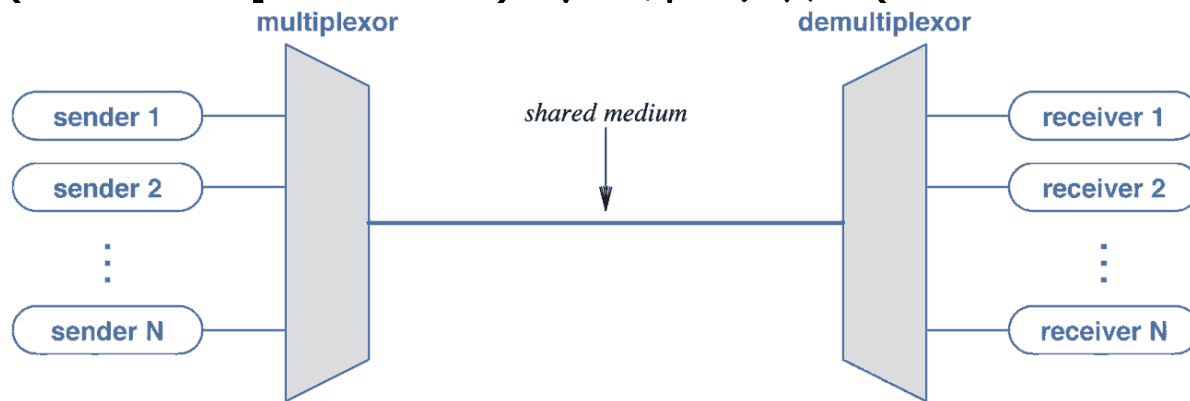
- 复用 (Multiplexing)

- 指多个信源的信息流组合在一条共享介质上传输

- 解复用 (Demultiplexing)

- 指将信息流组合分隔回分开的信息流

- 复用器 (Multiplexor) 和解用器 (Demultiplexor)



复用的基本形式

- 复用的基本形式

- 频分多路复用 (**Frequency Division Multiplexing , FDM**)
- 波分多路复用 (**Wavelength Division Multiplexing , WDM**)
- 时分多路复用 (**Time Division Multiplexing , TDM**)
- 码分多路复用 (**Code Division Multiplexing , CDM**)

- 关系

- TDM和FDM广泛使用
- WDM 是FDM 在光纤的特殊形式



三大运营商的相关技术

- 中国移动

- GSM，TD-SCDMA，TD-LTE

- 中国联通

- GSM，WCDMA，FDD-LTE

- TD-LTE

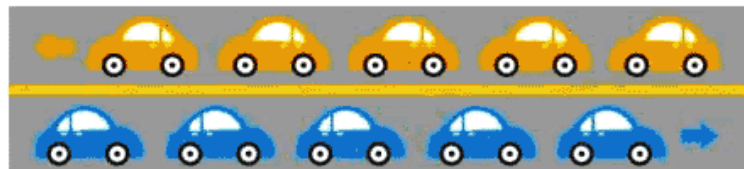
- 中国电信

- CDMA2000

- TD-LTE，FDD-LTE

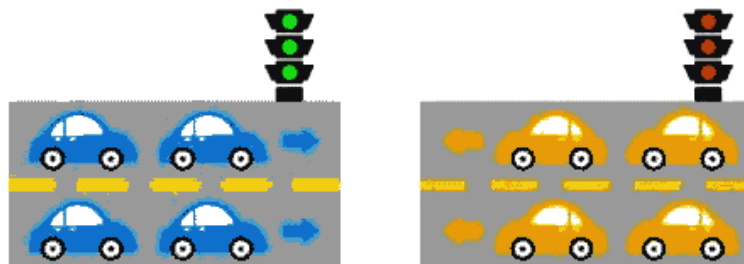
FDD上下行数据同时传输

像双车道运行，上行与下载可同时进行



TD上下行数据分开传输

像单车道运行，通过“信号灯”控制通道为上传或下载



FDD制式4G网络能实现实时的上传与下载，而TD制式4G网络需要通过信号灯切换改变上传与下载通道，对于用户而言，FDD的网络体验相对来说会更胜一筹。



频分多路复用 (FDM)

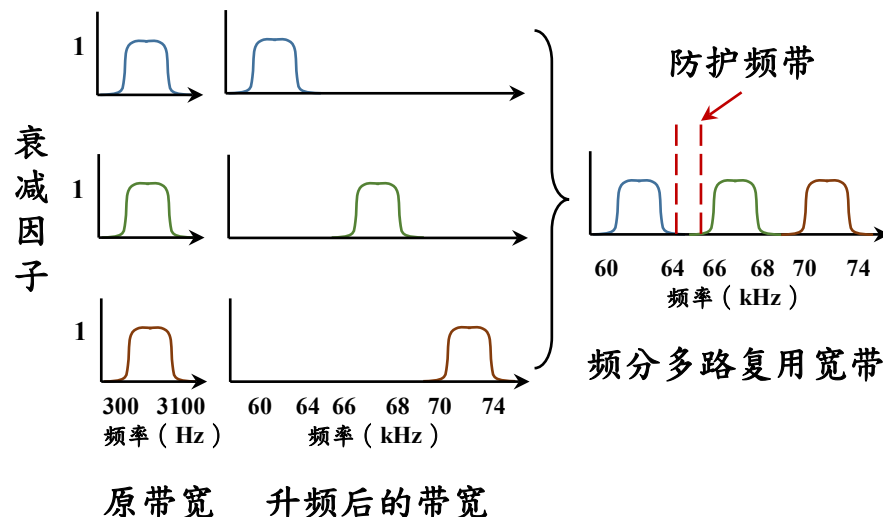
• 频分多路复用 (Frequency-Division Multiplexing)

— 载波带宽被划分为多种不同频带的子信道，每个子信道可以并行传送一路信号的一种多路复用技术。

— 多个载波可以在同一时间通过同一导线不相互干扰。

— 高吞吐量 (throughput)

- 一条电缆中同时传送多路的数字信号，提高了线路利用率。



基带和宽带

- 基带 (Baseband)

- 原始电信号所固有的频带
- 基带信号：将数字信号1或0直接用两种不同电压来表示。

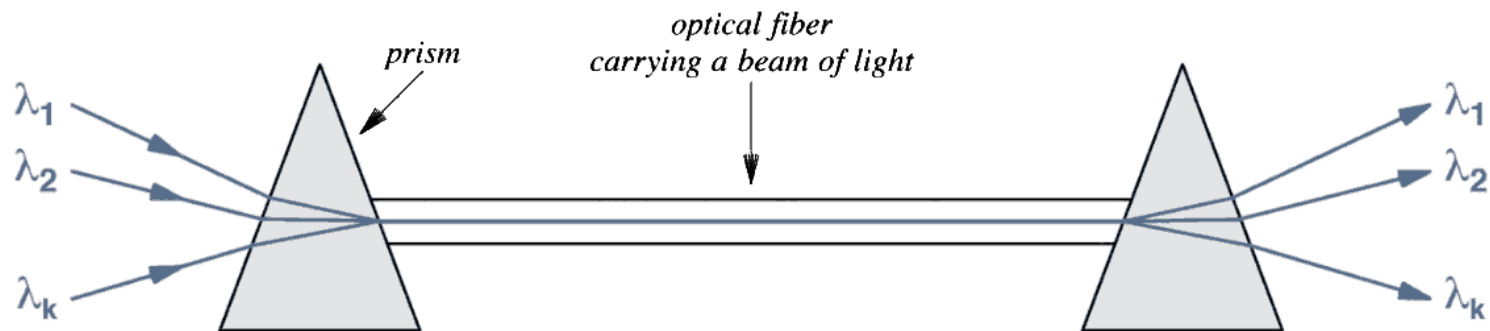
- 宽带 (Broadband)

- 同时传输多个信号、传输介质带宽大的通信系统。
- 宽带信号：将基带信号调制后形成的频分复用模拟信号。
- 基带信号调制后，其频谱被移到较高的频率处，每一路基带信号的频谱被移到不同频段，合在一起不会互相干扰。



波分多路复用 (WDM)

- 波分多路复用 (Wave Division Multiplexing) 。
 - 光波频率很高，习惯用波长表示光波。光的FDM即WDM。
 - 在一根光纤上发送多个光波。
 - 在接收端，光学棱镜用来分离频率。



扩频 (Spread Spectrum)

- 定义

- 将信号的频谱打散到较其原始带宽更宽的一种通信技术

- 收发机制

- 发射器在一组载波频率上发送相同的信号。

- 接收器检查所有载波频率并使用其中有效的频谱。

- 优点

- 如果一个或多个载波被干扰破坏，调制解调器可以从其他频率中提取数据。



时分多路复用 (TDM)

- 时分多路复用 (Time Division Multiplexing)
 - 将时间划分为等长的时分复用帧 (TDM 帧) 。
 - 每个用户在每一帧中占用固定序号的时隙 。
 - 所有用户在不同的时间占用同样的频带宽度 。
- TDM 信号也称为等时信号 。



时分多路复用 (TDM)

• TDM的两大类型

— 同步时分多路复用
(Synchronous TDM)

— 统计时分多路复用
(Statistical TDM)

- 使用时分复用系统传送计算机数据时，由于计算机数据的突发性质，用户对分配到的子信道的利用率一般是不高的。

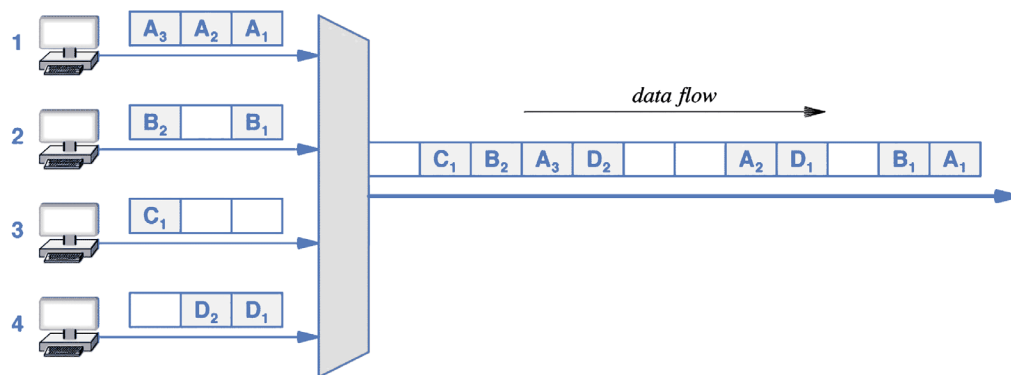


Figure 11.12 Illustration of a synchronous TDM system leaving slots unfilled when a source does not have a data item ready in time.

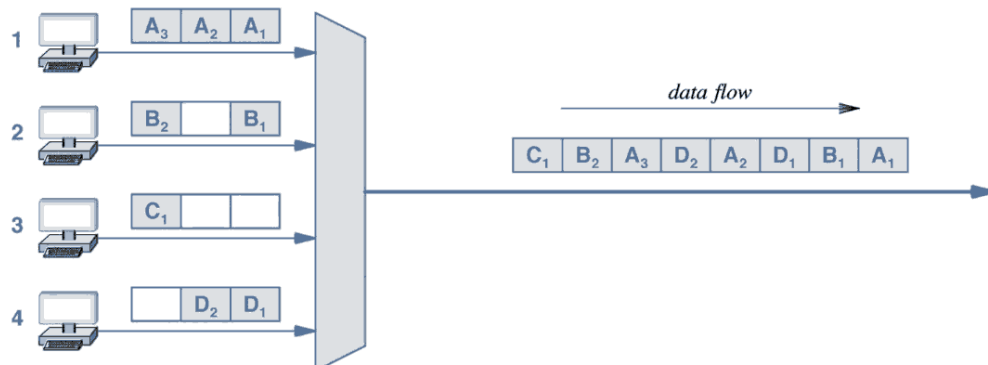


Figure 11.13 Illustration that shows how statistical multiplexing avoids unfilled slots and takes less time to send data.

码分多路复用 (CDM)

- 码分多路复用 (Code Division Multiplexing)

- 利用各路信号码型结构正交性而实现多路复用的通信方式
- 各用户使用特殊挑选的不同码型，因此彼此不会造成干扰。
- 系统发送的信号有很强的抗干扰能力，其频谱类似于白噪声，不易被敌人发现。



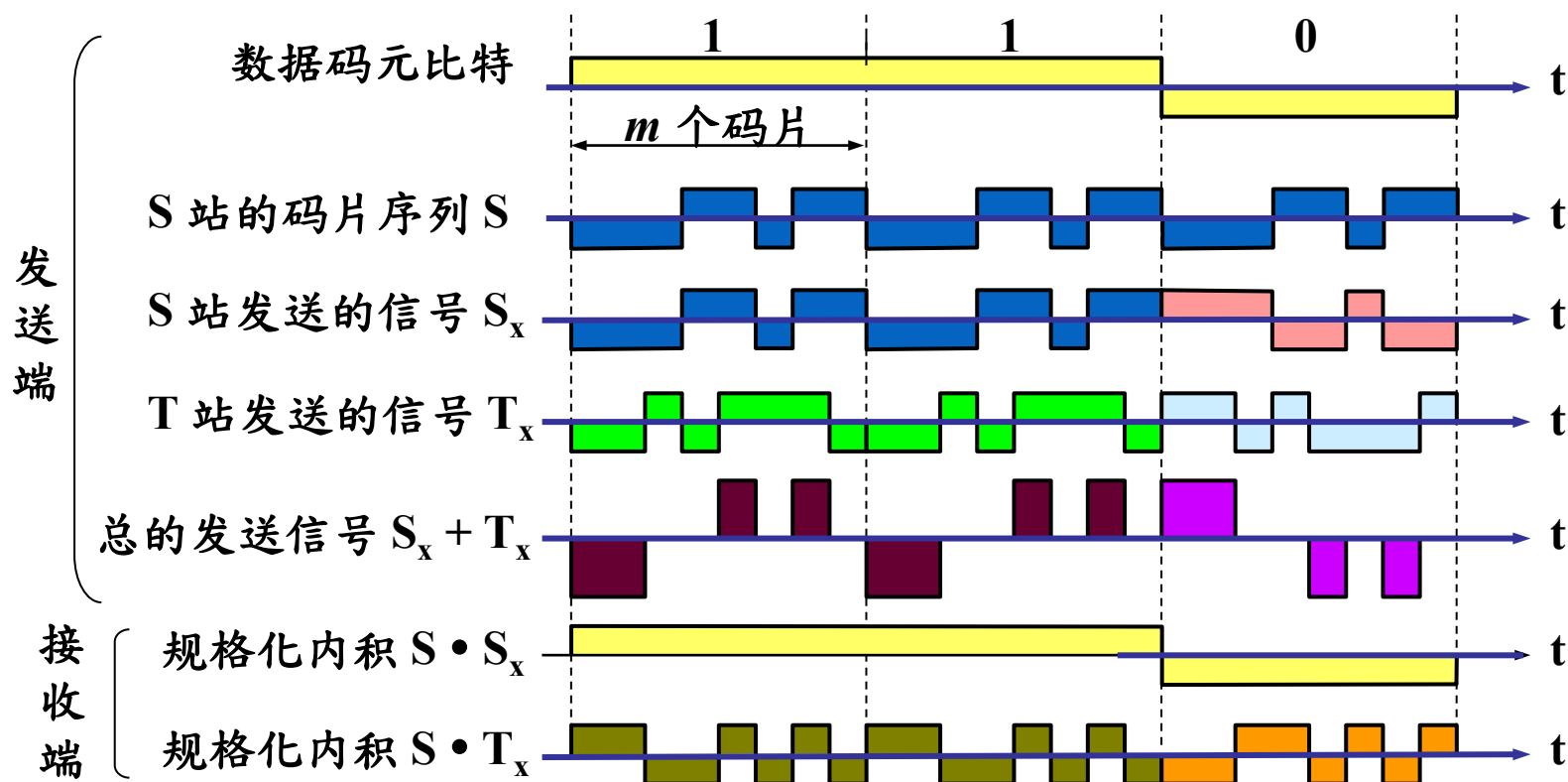
码分多路复用 (CDM)

- 每一位的时间划分为 m 个短的间隔，称为码片(chip)。
- 每个站被指派一个唯一的 m bit 码片序列。
 - 如发送比特 1，则发送自己的 m bit 码片序列。
 - 如发送比特 0，则发送该码片序列的二进制反码。
 - 例如，S 站的 8 bit 码片序列是 00011011。
 - 发送比特 1 时，就发送序列 00011011；发送比特 0 时，就发送序列 11100100。
- S 站的码片序列： $(-1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1)$



码分多路复用 (CDM)

- 每个站分配的码片序列各不相同，还须互相正交 (orthogonal)。在实用的系统中是使用伪随机码序列。



计算机网络

T03



谢谢

厦门大学信息学院软件工程系

黄炜 副教授