

# 远距离通信

理论课程

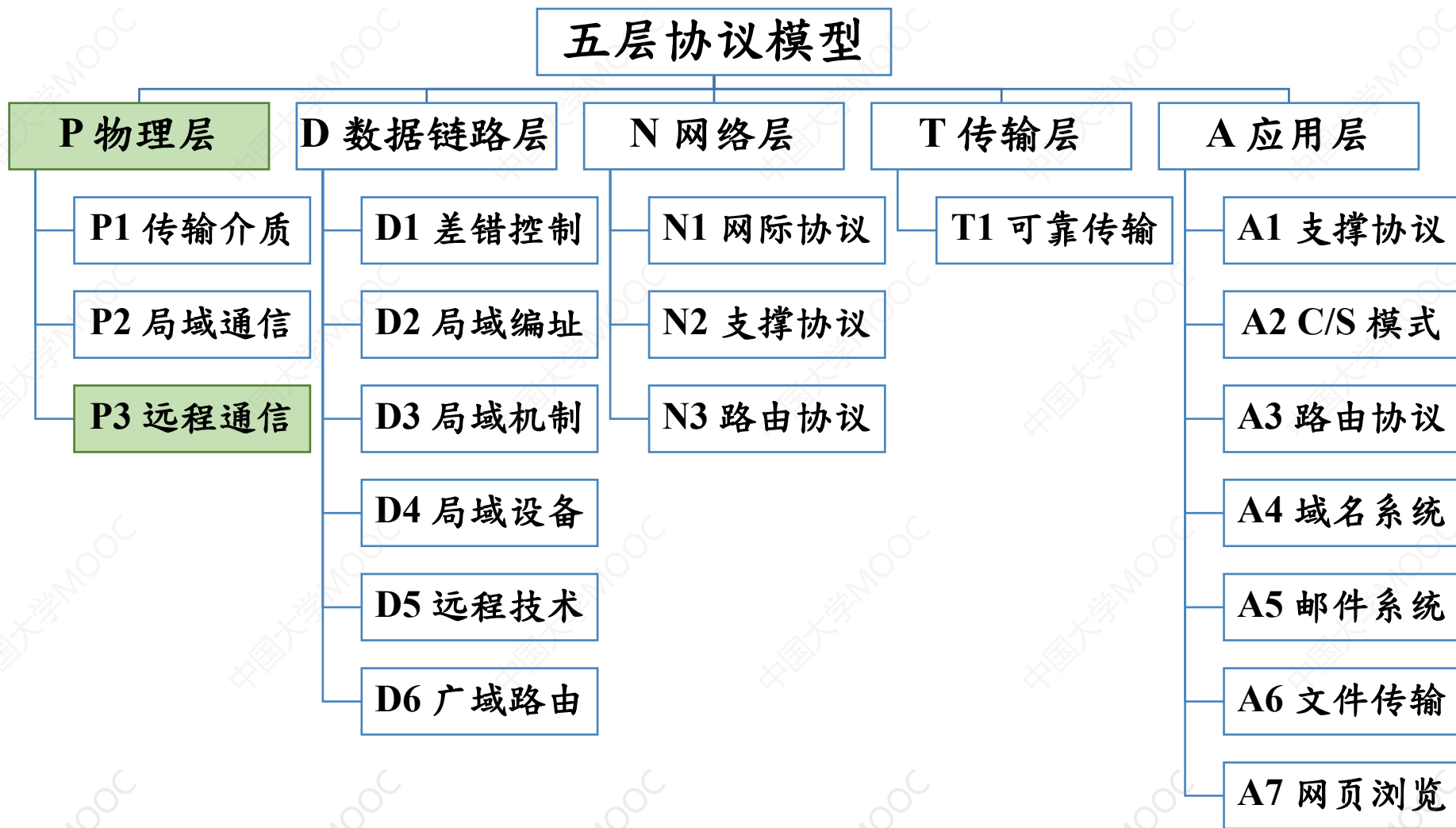


廈門大學  
XIAMEN UNIVERSITY



信息学院 黄 烽  
(国家示范性软件学院) 博士, 副教授  
School of Informatics Dr. Wei Huang

# 知识框架



# 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)**

# 内容纲要

1	载波
2	调制和解调制
3	复用和解复用
4	小结

# 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）

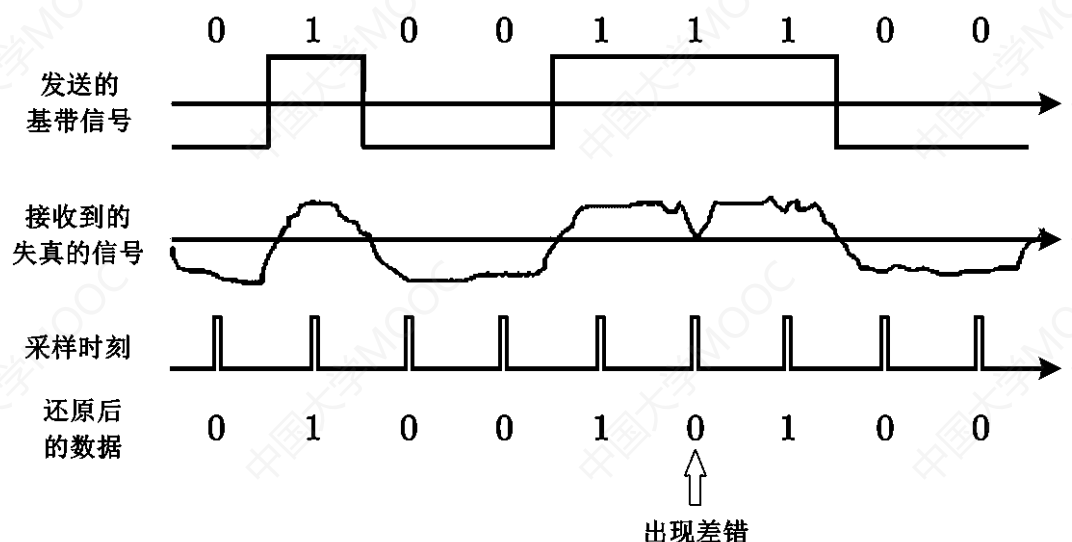


图 3-15 基带信号经电话线路传输后产生误码

# 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。

# 内容纲要

1	载波
2	调制和解调制
3	复用和解复用
4	小结



# 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 )

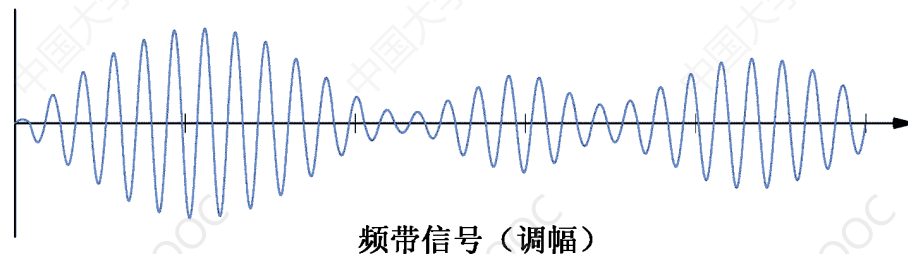
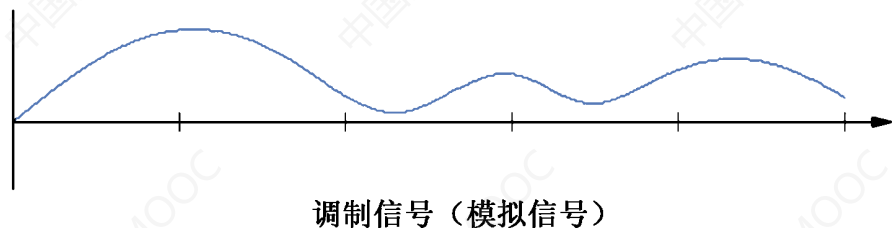
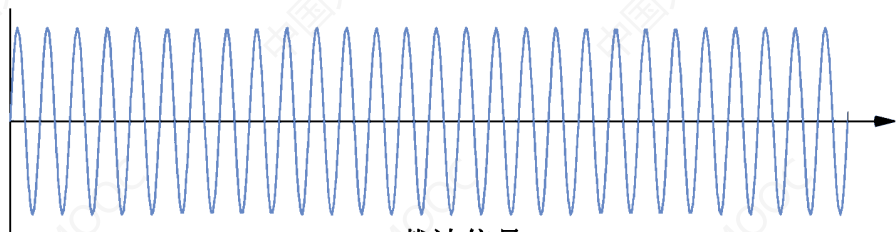
- 根据频带信号恢复出调制信号

- 载波信号将被丢弃

# 调制：调制信号为模拟信号

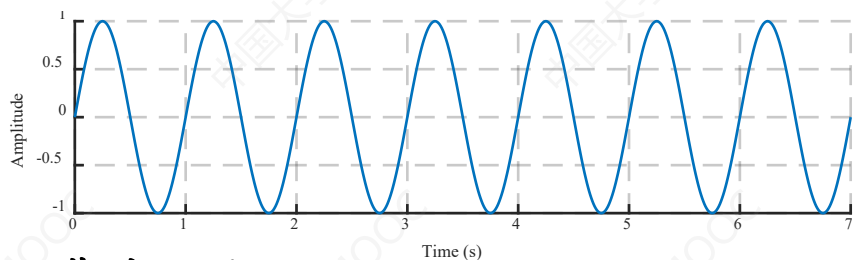
- 调制：调幅、调频、调相 
$$F(t) = \underbrace{A}_{\text{振幅}} \sin(2\pi \underbrace{f}_{\text{频率}} t + \underbrace{\alpha}_{\text{相位}})$$

- 载波信号为模拟信号，调制信号为模拟信号

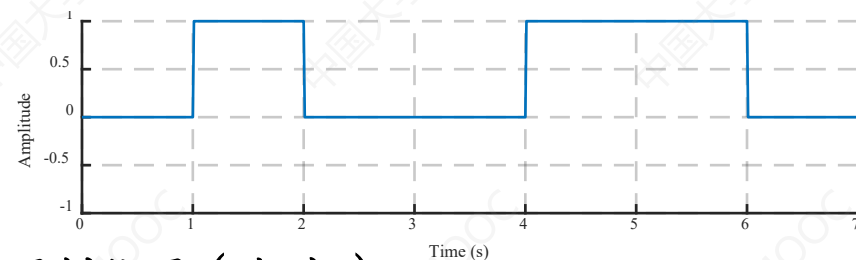


# 调制：调制信号为数字信号

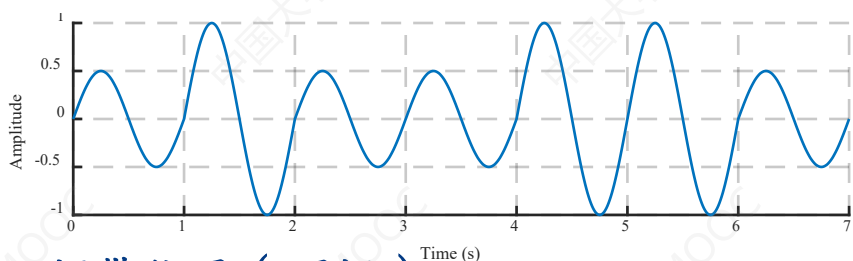
- 载波信号为模拟信号，调制信号为数字信号



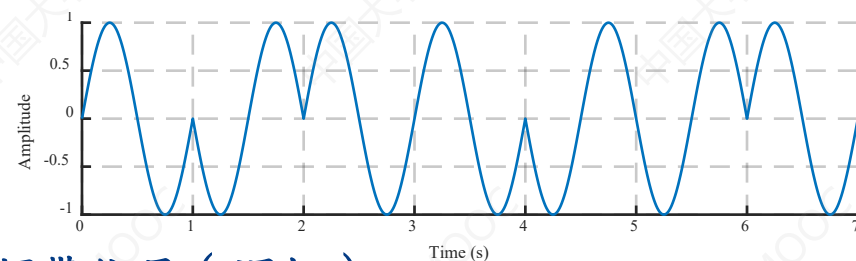
载波信号



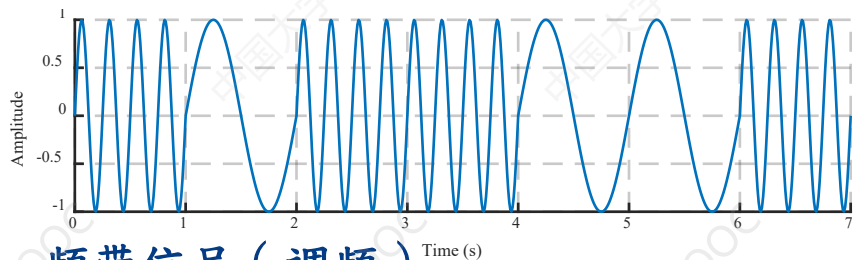
调制信号 (数字)



频带信号 (调幅)



频带信号 (调相)



频带信号 (调频)

# 调制器和解调器硬件

- 调制器是执行调制功能的器件。
- 解调器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

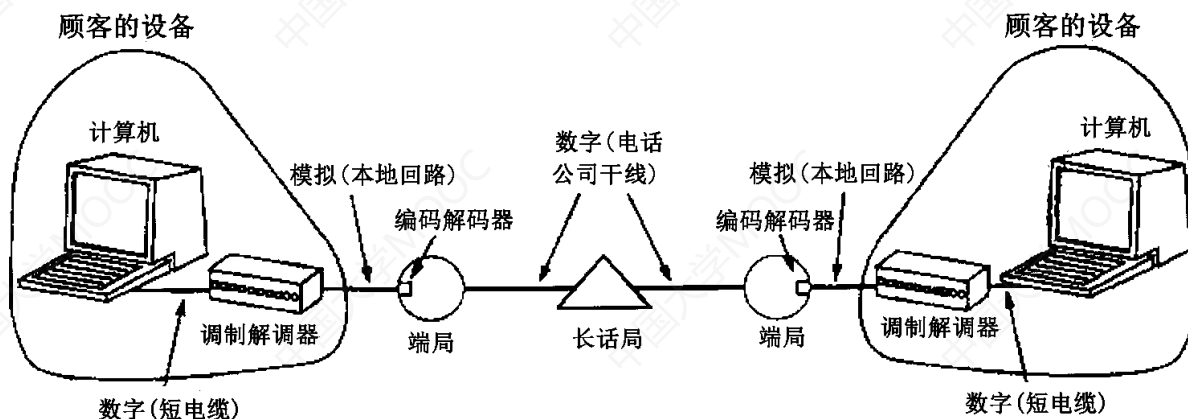


图 2-17 计算机与计算机之间的呼叫必须使用模拟及数字两种传输；  
其转换工作由调制解调器(modem)及编码解码器(codec)完成。

# 光、射频、拨号调制解调器

- 调制解调器的通用性

- 可用于多种介质，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。

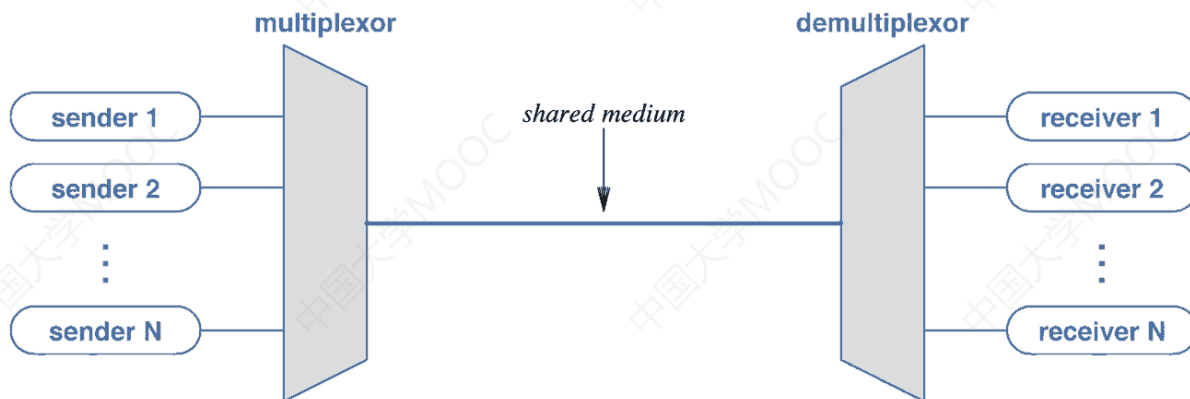
- 调制解调器模拟拿起听筒，拨号，或者挂断电话。

# 内容纲要

	1	载波
	2	调制和解调制
	3	复用和解复用
	4	小结

# 复用的概念

- 复用 ( Multiplexing ) 和解复用 ( Demultiplexing )
  - 复用是指多个信源的信息流组合在一条共享介质上传输
  - 解复用是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

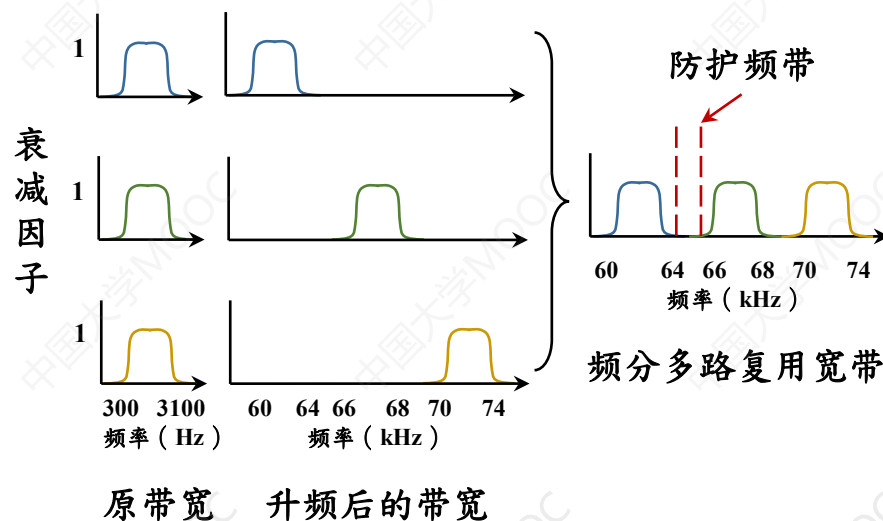
- TDM和FDM广泛使用
- WDM 是FDM 在光纤的特殊形式



# 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 )

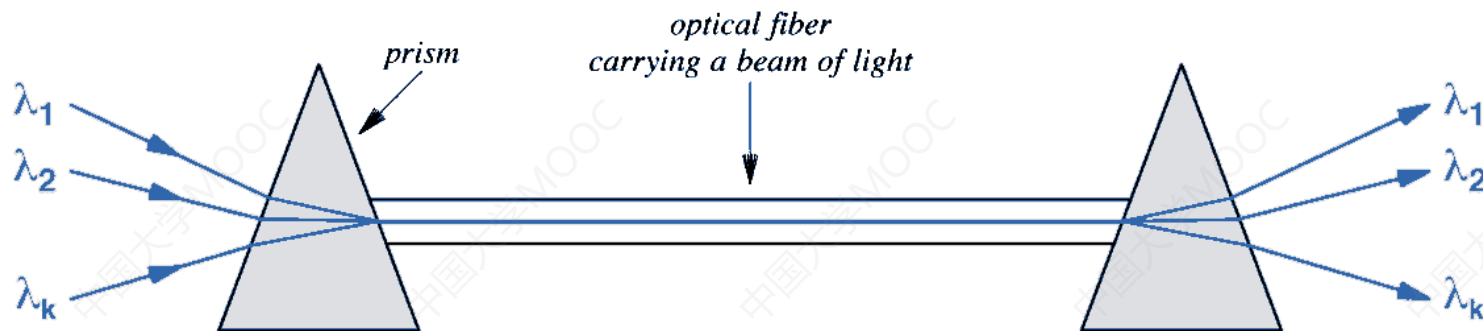
- 原始电信号所固有的频带
- 基带信号：将数字信号1或0直接用两种不同电压来表示。

- 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 )

- 分为等长的时分复用帧。
- 每个用户在每一帧中占用固定序号的时隙。
- 所有用户占用同样的频带宽度。

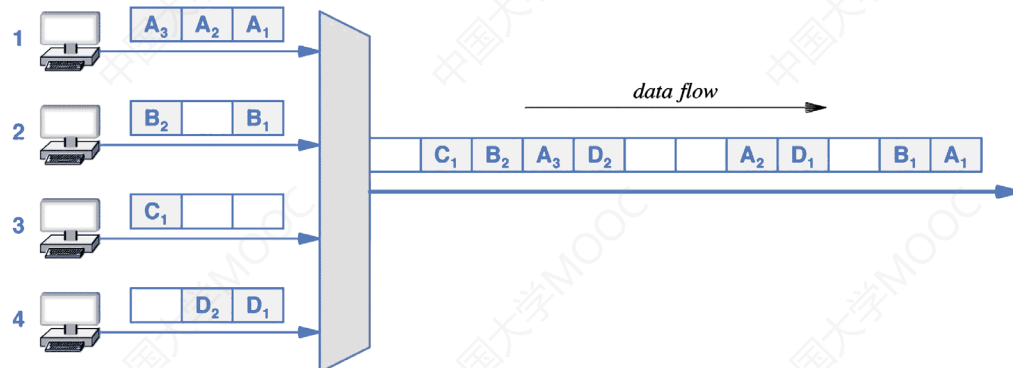


Figure 11.12 Illustration of a synchronous TDM system leaving slots unfilled when a source does not have a data item ready in time.

## • TDM 信号称等时信号。

## • TDM 的两大类型

- 同步时分多路复用
- 统计时分多路复用

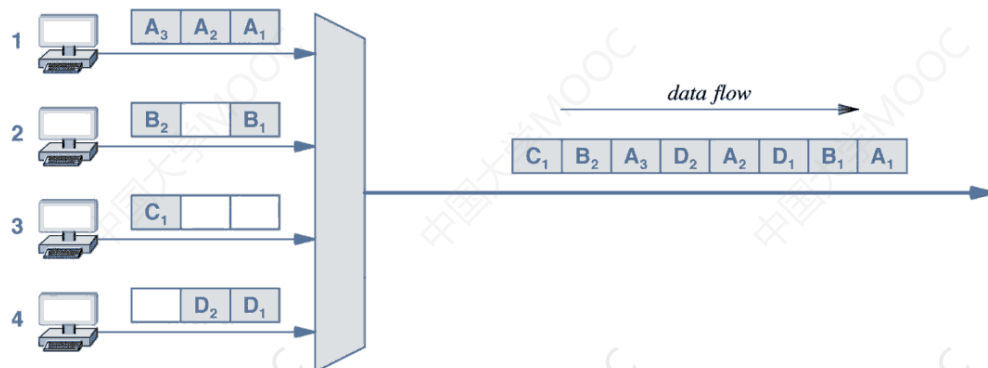


Figure 11.13 Illustration that shows how statistical multiplexing avoids unfilled slots and takes less time to send data.

# 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。
  - 每个用户分配一个唯一的  $m$  bit 码片序列(chipping sequence)，其中“0”用“-1”表示，“1”用“+1”表示。
  - 由于各用户既不分割频率，也不分割时间，各用户使用相同频率载波，利用各自码片序列编码数据。
  - 编码信号=原始数据 $\times$ 码片序列
- 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。

# 内容纲要

1	载波
2	调制和解调制
3	复用和解复用
4	小结

# 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



# 远距离通信

理论课程



廈門大學  
XIAMEN UNIVERSITY



信息学院 黄 烽  
(国家示范性软件学院) 博士, 副教授  
School of Informatics Dr. Wei Huang