

现代通信原理

Modern Communication Principles

黄志蓓

zhphuang@gucas.ac.cn

<http://www2.gucas.ac.cn>

课程介绍

- 通信工程、无线电工程、信息工程、计算机通信、图像处理与传输等专业的专业基础课。
- 本课程主要介绍现代通信系统所涉及的基础理论、通信中常用的信号及噪声分析、通信系统的构成、原理及性能分析。

参考教材

- Simon Haykin, *Communication Systems*, John Wiley & Sons, Inc. 2001
- 曹志刚、钱亚生，《现代通信原理》，清华大学出版社，北京，1992
- 樊昌信等，《通信原理》，第5版，国防工业出版社，北京，2001
- www2.gucas.ac.cn

基础知识

- 信号与系统
- 随机过程
- 电子线路分析理论

Lecture 1

绪 论

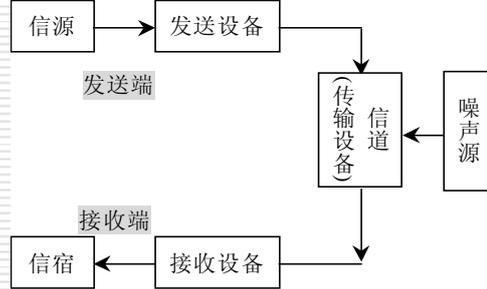
Lecture 1 绪论

- 通信系统的组成
- 通信系统的分类
- 通信系统的性能度量
- 通信发展简史和主要通信技术的发展概况

通信系统的组成

- 概念
- 通信发展
- 系统模型
 - 一般模型
 - 模拟系统
 - 数字系统
 - 数字系统的优越性

通信系统模型：一般模型

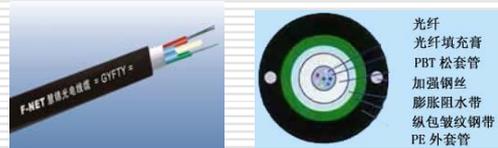


通信系统模型：一般模型

- 信源：**发出信息的源泉
- 信宿：**消息的接收者
- 发送设备：**匹配信源与传输媒介—调制
- 信道：**信号传输媒介
- 噪声源**
- 接收设备：**完成发送设备的反变换—解调



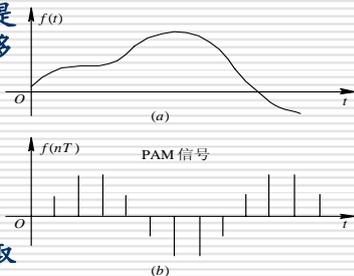
75 Ω 射频同轴电缆 电梯用综合电缆



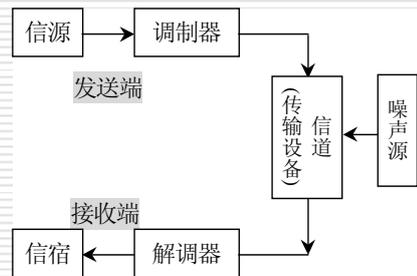
室外非金属光缆布线 金属光缆

模拟信号和数字信号

- **模拟信号：**取值是连续的或取无穷多个值的信号
- **数字信号：**只能取有限个值的信号



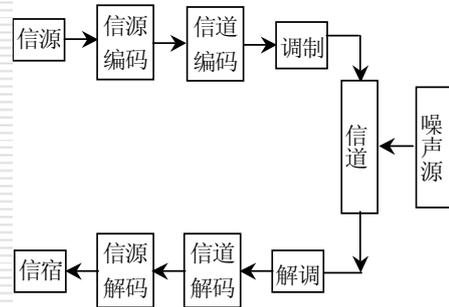
模拟通信系统



模拟通信系统

- **基带信号**：没有经过调制的原始信号
(**调制信号**)信号的频谱从零频附近开始
- **基带传输**：基带信号直接通过有线传输
- **调制**：信号变换
- **解调**：反变换

数字通信系统



数字通信系统

- **信源编码**：模/数转换、数据压缩
- **信道编码**：“抗干扰编码”
- **信源解码**：信源编码的逆过程
- **信道解码**：按一定规则进行解码并检/纠错

数字通信系统的优越性

- **抗干扰能力强**
 - ◆ 数字信号可多次再生
 - ◆ 自动检错、纠错
- 具有良好的灵活性和通用性
- 便于加密
- 数字通信设备易于大规模集成

Lecture 1 绪论

- 通信系统的组成
- 通信系统的分类
- 通信系统的性能度量
- 通信发展简史和主要通信技术的发展概况

通信系统的分类

- 按通信业务分类
- 按调制方式分类
- 按传输信号的特征分类
- 按传输媒质分类
- 按工作波段分类
- 按信号复用方式分类
- 按通信方式分类

按通信业务分类

- 话务通信
- 非话务通信



按调制方式分类

- **基带传输**——直接传输基带信号
- **调制传输**——将信号变换后传输
- **调制的必要性:**
 - 将消息变换为便于传送的形式
 - 可实现频分复用
 - 可改善通信系统的性能

调制

调制时消息携带在正弦波或脉冲序列的参数上,这些正弦波或脉冲序列就称为**载波**;

调制就是基带信号控制载波的某些参数按照基带信号的变化规律而变化。

如: 某已调信号 $s(t)=A\cos(\omega t+\theta)$

根据载波的不同——连续波调制

		调制方式	用途
连续波调制	线性调制	常规双边带调幅	广播
		抑制载波双边带调幅	立体声广播
		单边带调幅SSB	载波通信、无线电台、数传
		残留边带调幅VSB	电视广播、数传、传真
	非线性调制	频率调制FM	微波中继、卫星通信、广播
		相位调制PM	中间调制方式
		幅度键控ASK	数据传输
	数字调制	频率键控FSK	数据传输
		相位键控PSK	数据传输、数字微波、空间通信
		其他高效数字调制 QAM、MSK等	数字微波、空间通信

根据载波的不同——脉冲波调制

		调制方式	用途
脉冲调制	脉冲模拟调制	脉幅调制PAM	中间调制方式、遥测
		脉宽调制PDM(PWM)	中间调制方式
		脉位调制PPM	遥测、光纤传输
	脉冲数字调制	脉码调制PCM	市话、卫星、空间通信
		增量调制DM	军用、民用电话
		差分脉码调制DPCM	电视电话、图像编码
其他语言编码方式 ADPCM、APC、LPC		中低速数字电话	

按传输信号的特征分类

模拟通信系统:
传送状态连续变化的消息

数字通信系统:
传送状态变化离散可数的消息

按传输媒介类型分类

□ **有线通信**是用**导线**（如架空明线、同轴电缆、光导纤维、波导等）作为传输媒质完成通信的，如市内电话、有线电视、海底电缆通信等

□ **无线通信**是依靠**电磁波**在空间传播达到传递消息的目的，如短波电离层传播、微波视距传播、卫星中继等

按工作波段分类

- **长波通信**
- **中波通信**
- **短波通信**
- **微波通信**
- **远红外通信等**

通信波段与常用传输媒质

频率范围	波长	符号	传输媒质	用途
3 Hz~30 kHz	$10^4 \sim 10^8$ m	甚低频VLF	有线线对 长波无线电	音频、电话、数据终端、长距离导航、时标
30~300 kHz	$10^3 \sim 10^4$ m	低频LF	有线线对 长波无线电	导航、信标、电力线通信
300 kHz~3 MHz	$10^2 \sim 10^3$ m	中频MF	同轴电缆 短波无线电	调幅广播、移动陆地通信、业余无线电
3~30 MHz	$10 \sim 10^2$ m	高频HF	同轴电缆 短波无线电	移动无线电话、短波广播定点军用通信、业余无线电
30~300 MHz	1~10 m	甚高频VHF	同轴电缆 米波无线电	电视、调频广播、空中管制、车辆、通信、导航

通信波段与常用传输媒质

频率范围	波长	符号	传输媒质	用途
300 MHz~3 GHz	10~100 cm	特高频UHF	波导 分米波无线电	微波接力、卫星和空间通信、雷达
3~30 GHz	1~10 cm	超高频SHF	波导 厘米波无线电	微波接力、卫星和空间通信、雷达
30~300 GHz	1~10 mm	极高频EHF	波导 毫米波无线电	雷达、微波接力、射电天文学
$10^7 \sim 10^8$ GHz	$3 \times 10^{-5} \sim 3 \times 10^{-4}$ cm	紫外可见光 红外	光纤 激光空间传播	光通信

按传送信号的复用方式分类

- **频分复用**：不同信号占用不同的频率范围
- **时分复用**：不同信号占用不同的时间区间
- **码分复用**：用正交的脉冲序列携带不同信号

按通信方式分类

- **单工通信**：通信双方单方向传递信息
- **双工通信**：通信双方同时双方向传递信息
- **半双工通信**：通信双方双方向传递信息但不同时

Lecture 1 绪论

- 通信系统的组成
- 通信系统的分类
- 通信系统的性能度量
- 通信发展简史和主要通信技术的发展概况

通信系统的质量指标

- **有效性**: 信道一定, 系统能够传输信息内容的多少
- **可靠性**: 系统接收端恢复信息的准确程度

模拟通信系统的质量指标

- **有效性**—给定信道带宽, 能容纳最大的通信路数; 可用传送信号的有效带宽衡量
- **可靠性**—通信系统接收端的输出信号噪声功率比 (SNR, Signal Noise Ratio)

数字通信系统的有效性—码元传输速率

- 码元**: 数字通信中传输的一个接一个按节拍传送的数字信号单元
- 码元传输速率(R_B)**: 单位时间能够传送的码元数
每个码元传输所占用的时间 T_B 为码长, 则
 $R_B = 1/T_B$ (波特, Baud).
若码元为二进制 R_{B2} , 若为M进制 R_{BM}
 $R_{B2} = R_{BM} \cdot \log_2 M$

数字通信系统的有效性—信息传输速率

- **自信息量**
 $I(a_i) = \log_2 [1/p(a_i)]$ (比特)
- **信息传输速率(R_b)**:
单位时间能够传送的信息量(bits/s)
 $R_b = R_{BM} \cdot \log_2 M$ 比特/秒
 $R_{BM} = R_b / \log_2 M$ 波特

数字通信系统的可靠性--错误概率

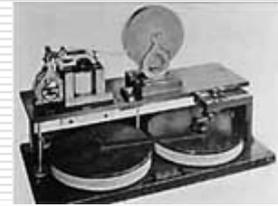
- **误码率**
 $P_B =$ 接收的错误码元数/发出的总码元数
- **误比特率**
 $P_b =$ 接收的错误比特数/发出的总比特数

Lecture 1 绪论

- 通信系统的组成
- 通信系统的分类
- 通信系统的性能度量
- 通信发展简史和主要通信技术的发展概况

通信技术发展简史

□ Morse电报码



莫尔斯发出第一封电报设备

通信技术发展简史

- 海底电缆
- ITU



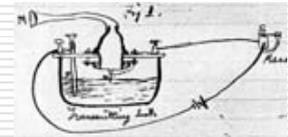
第一届国际电报大会

通信技术发展简史

□ 电话



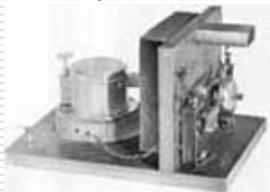
贝尔获得电话的专利证书



贝尔的实验草图

通信技术发展简史

□ 无线通信



波波夫实验用的无线电接收机



马可尼发送第一封无线电报的设备

通信技术发展简史

□ 卫星通信



Figure 4-8

第一颗实用型商业通信卫星

主要传输手段的现状和趋势

□ 电缆通信

◆ 双绞线

◆ 同轴电缆

□ 微波中继通信

□ 光纤通信

□ 卫星通信

□ 移动通信
