

《数据通信原理》第1章

《数据通信技术》

—第1章 概述

主讲：郑秋匀

系部：数据科学与工程系

办公室：逸夫楼413

E-mail:109345@qq.com

主要内容

- 1.1 数据通信的概念
- 1.2 数据通信系统的构成
- 1.3 数据通信传输信道
- 1.4 数据传输方式
- 1.5 数据通信系统的主要性能指标
- 1.6 多路复用技术
- 1.7 数据通信网概述
- 1.8 计算机网络基本概念
- 1.9 数据通信技术的标准化组织简介
- 作业

◆ **本章重点：** 数据通信的定义，数据通信系统的构成，信噪比
难点： 衡量系统的性能指标

◆ 共2讲

通信的意义及目的

□单天线射电望远镜中国“天眼” FAST (FivehundredmetersApertureSphericalTelescope)



通信的**意义**:

满足人类信息的需求。

通信的**目的**:

有效、可靠的获取、传递和交换信息。

中国“天眼”,世界最强!

(1) 通信的发展简史

- 利用电磁波通信的历史可大致划分三个阶段：
 - 1838年电报开始的通信初级阶段；
 - 1948年香农提出信息论开始的近代通信阶段；
 - 20世纪80年代以后光纤通信应用、综合业务数字网崛起的现代通信阶段。

通信初级阶段

- 1838年，摩尔斯发明有线电报，开始了电通信阶段
- 1843年，亚历山大·本取得电传打字电报的专利
- 1864年，麦克斯韦创立了电磁辐射理论，并被当时的赫兹证明，促使了后来无线通信的出现
- 1876年，贝尔利用电磁感应原理发明了电话
- 1879年，第一个专用人工电话交换系统投入运行
- 1892年，加拿大政府开始规定电话速率
- 1896年，马可尼发明无线电报
- 1907年：电子管问世，通信进入电子信息时代
- 1915年：横贯大陆电话开通；实现越洋语音连接
- 1918年：调幅无线电广播、超外差式接收机问世
- 1936年：调频无线电广播开播
- 1937年：雷沃斯发明脉冲编码调制（PCM），奠定数字通信基础
- 1938年：电视广播开播
- 20世纪40年代：雷达与微波通信在二战期间得到发展
- 1946年：第一台数字电子计算机问世
- 1947年：晶体管在贝尔实验室问世，为通信器件的进步创造了条件

近代通信阶段

- 1948年，香农提出了信息论，建立了通信统计理论Shannon发表《通信的数学理论》
- 1950年，时分多路通信应用于电话系统
- 1956年，敷设越洋通信电缆
- 1958年，发射第一颗通信卫星，发明第一块集成电路
- 1961年，FM立体声广播开播
- 1962年，发射第一颗同步通信卫星，开通国际卫星电话；脉冲编码调制进入实用阶段
- 20世纪60年代，彩色电视问世；阿波罗宇宙飞船登月；数字传输理论技术得到迅速发展；计算机网络出现
- 1969年，电视电话业务开通
- 20世纪70年代，商用卫星通信、程控数字交换机、光纤通信系统投入使用；开始制定计算机网络体系结构
- 1976年，个人PC问世

现代通信阶段

- 20世纪80年代，开通数字网络的公用业务；个人计算机和计算机局域网出现；网络体系结构国际标准陆续制定
- 1989年，“便携式”蜂窝电话问世
- 1990年，超大规模集成电路大量使用，计算机和通信朝兼容互补方向发展
- 20世纪90年代，蜂窝电话系统开通，各种无线通信和数据移动通信技术不断涌现；光纤通信得到迅速普遍的应用；国际互联网和多媒体通信技术得到极大发展，通信系统的信息安全得到高度重视
- 1997年，68个国家及地区签定国际协定，互相开放电信市场
- 进入21世纪，宽带无线网、传感器网络、宽带多媒体移动通信、按需网格、P2P网络应用成为热点，期望普适计算的理念成为现实

(2) 了解通信的演进与走势

- 由集团通信朝个人通信发展
 - 移动通信的出现与逐渐普及将使3G、4G、5G成为现实
- 计算机通信网由专用网走向公用网再发展为互联网
 - 形成跨行业、跨地区的计算机互联网
- 由单一通信网发展为综合业务数据通信网
 - ISDN以及电信、电视、数据多网合一
- 网络交换由电路交换发展为分组交换和信元交换
- 通信方式由简单到复杂、由单一到多用户和大信息

(3) 了解我国宽带现状

- ▣ 公共基础设施，宽带网络是我国战略部署的优先行动领域和抢占国际竞争制高点的重要举措。
- ▣ 2013年，国务院发布了《“宽带中国”战略及实施方案》，2015年，国务院办公厅发布了《加快高速宽带网络建设推进网络提速降费的指导意见》，提出了面向2020年宽带网络发展的战略目标和任务部署。
- ▣ <http://mp.ofweek.com/tele/a156714776027>
- ▣ 十张图了解2020年中国宽带网络产业市场现状与发展趋势分析 宽带网络发展成效显著

(3) 了解我国宽带现状

- ▣ 2022年超宽带技术研究报告
- ▣ <https://mp.ofweek.com/tele/a956714338297>
 - ▣ 2021年3月，《国民经济和社会发展的第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》发布，其中提到加快推动数字产业化：培育壮大人工智能、大数据、区块链、云计算、网络安全等新兴数字产业，提升通信设备、核心电子元器件、关键软件等产业水平。

(4) 通信与网络的重要性

▣ IT业三大定律

▣ 摩尔定律 (Gordon Moore' s Law)

- 每18个月,微处理器处理能力翻倍而价格不变。

▣ 吉尔德定律 (George Gilder' s Law)

- 未来25年内, 主干网的带宽每6个月增长一倍, 其增长速度是摩尔定律预测的 CPU 增长速度的3倍并预言将来上网终将免费。

▣ 梅特卡夫定律 (Bob Metcalfe' s Law)

- 网络的利用价值等于用户数的平方。

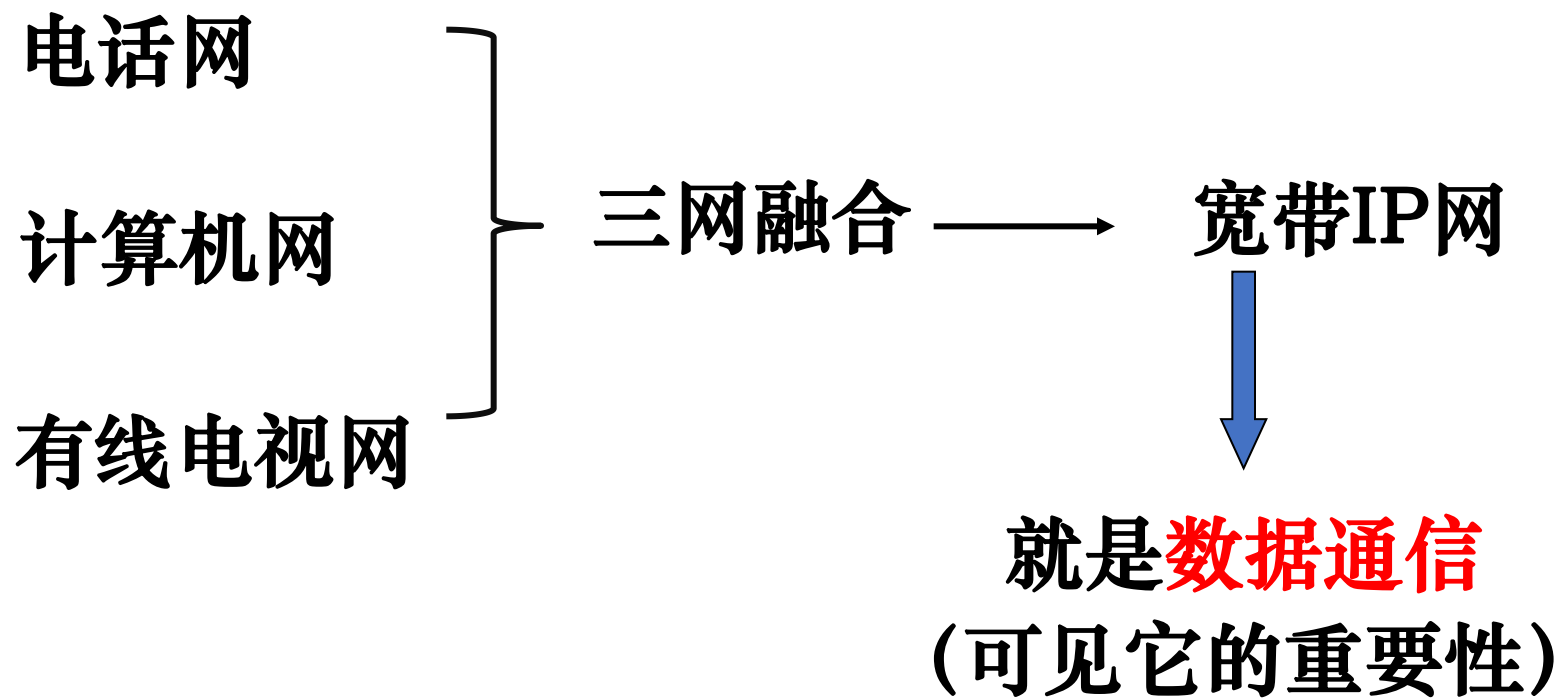
(5) 通信网络在IT领域的地位

- ▣第一条涉及微处理器，后两条与通信网络有关。
- ▣梅特卡夫定律定量描述了单机与联网之间的巨大差别和网络的重要价值,反映了数据通信网相对于其它通信网络的效率差别。
- ▣**问题1**：电话网、有线电视网和数据通信网的效率？
 - **电话网1:1，电视网1:N，数据通信网 N^2**
- ▣根据吉尔德定律与摩尔定律得知，通信网络的发展大大快于微处理器的发展。
- ▣**问题2**：根据吉尔德定律，假如目前网络最大速率为10Gbps，5年后预计最大速率为多少？
 - **网络带宽每年增4倍，5年后增至 $4^5=1024$ 倍，达到10.24Tbps**

(6) 了解数据通信的重要性

计算机之间的通信：数据通信

通信网的发展趋势



1.1 数据通信的概念

- ▣ 1.1.1 数据通信中的基本概念
- ▣ 1.1.2 数据通信的定义 (**重点**)
- ▣ 1.1.3 传输代码

1.1.1 数据通信中的基本概念

消息(Message): 通信过程中传输的具体原始对象。

- 特性: 抽象类别的具体对象; 具有随机性; 可以度量。
- 分类: 离散消息: 由有限个不同符号组成;
连续消息: 具有统计关联性的随机过程。

信息(Information): 通信中指**有用**的消息, 比消息更加抽象。

数据(Data): 描述任何物体、概念、情况。

- 预先约定的具有某种含义的数字、字母或符号的组合;
- 携带有用信息的离散消息。

信号(Signal): 消息的承载者, 数据的具体物理表现形式。

1.1.1 数据通信中的基本概念--信号(Signal)

经编码后的数据以一定的**电信号**为载体进行传输

分类：连续信号与离散信号；确知信号与随机信号；

周期信号与非周期信号；能量信号与功率信号

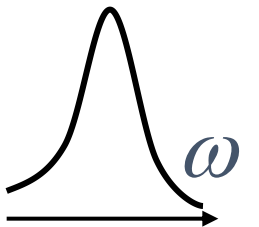
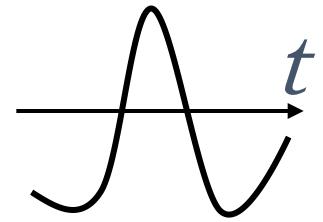
特性：

时间特性：

幅度随时间的变化；波长、周期、脉宽；时延、速度；

频率特性：

幅度、相位与频率的关系；频率、频带宽度、谱密度。



1.1.2数据通信的定义

▣定义

依照**通信协议**，利用数据传输技术在两个功能单元之间传递数据信息，它可实现**计算机与计算机**、**计算机与终端**或**终端与终端**之间的**数据信息传递**

- 数据通信是**计算机与通信相结合**而产生的一种通信方式和通信业务；
- 数据通信强调的是信源信号的形式，不管信道上的信号形式如何。

▣ 数据通信中**数据信号**基本传输方式有三种：基带传输，频带传输和数字传输。

1.1.2数据通信的定义--常用传输频段及用途

频率范围	波长范围	表示符号	传输媒介	主要用途或场合
3Hz~30KHz	$10^8 \sim 10^4 \text{m}$	VLF(甚低频)	有线线对 (超长波)	音频、 电话、数据终端
30~300KHz	$10^4 \sim 10^3 \text{m}$	LF (低频)	有线线对 (长波)	导航、信标、 电力线、通信
300KHz~3MHz	$10^3 \sim 10^2 \text{m}$	MF (中频)	同轴电缆 (中波)	AM 广播、 业余无线电
3~30MHz	$10^2 \sim 10 \text{m}$	HF (高频)	同轴电缆 (短波)	移动电话、 短波广播、业余无线电
30~300MHz	$10 \text{m} \sim 1 \text{m}$	VHF (甚高频)	同轴电缆 (米波)	FM 广播、TV、 导航、移动通信
300M~3GHz	$1 \text{m} \sim 10 \text{cm}$	UHF (特高频)	同轴电缆、波导 (分米波)	TV、遥控遥测、 雷达、移动通信
3~30GHz	$10 \sim 1 \text{cm}$	SHF (超高频)	波 导 (厘米波)	微波通信、 卫星通信、雷达
30~300GHz	$10 \sim 1 \text{mm}$	EHF (极高频)	波 导 (毫米波)	微波通信、 雷达、射电天文学
$10^5 \sim 10^7 \text{GHz}$	$3 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-6} \text{cm}$	紫外、红外光、可见光	光纤、激光	光通信

1.1.2数据通信的定义--数据通信

数据通信

数据**终端**产生的是数字形式的信号（即数据信号），
信道上可能以

模拟信号的形式传输

频带传输（将基带数据信号的频带搬移到话音频带上再传输）。

数字信号的形式传输

基带传输

基带数据信号直接在电缆信道上传输。

数字数据传输

利用PCM信道传输数据信号。

1.1.3 传输代码

- ❑ 在数据通信中，数据常常用“代码”来表示。所谓代码是利用数字的一种组合来表示某一种基本数据单元
- ❑ 一种代码通常是特定数量的符号与数字序列的对应关系。
- ❑ 最基本的数据单元可以是文字信息中的字符、图形信息中的图符和图像信息中的像素等。
- ❑ 用代码表示的基本数据单元就叫“码字”

1.1.3 传输代码

□ 国际5号码(IA5、ASCII码)

- 1963年，美国采用了贝尔系统33型电传代码作为美国信息交换标准代码，又称ASCII-63。我国有GB-1988-80标准。
- 特点：7位代码，能表示128个字符或控制符。

□ EBCDIC码

- EBCDIC码是IBM开发的一种扩展的二—十进制交换码
- 它是一种八位码，有256种组合，是最强大的字符集。

1.1.3 传输代码

□ 波多码(ITA2,国际电报2号码)

- 也称为电传码，是第一个固定长度的字符代码。波多码由一位法国邮政工程师摩雷在1875年开发，并以电报打印的先驱波多(Emile Baudot)命名。
- 特点:5位代码,只能表示32个字符

□ 信息交换用汉字代码 (7单位代码)

- 用4位十进制数字组成的代码表示一个汉字,用ASCII或波多码表示各十进制数字
- 汉字**内码**: 用于存储和处理的机器代码. 一般用两个字节表示一个汉字, 每字节高位为1。

1.1.3 传输代码

□ 语音的数据编码

- A/D转化要经过: 采样、量化、编码。
- 采样速度: $f_s > 2f_m$ (采样定理)。
 - f_m 为语音信号的最高频率, 一般为4 kHz.
- 采用A律特性的PCM调制, 每个量化值用8位二进制数表示, 因此一路数字话音速率为 64 kbps.

□ 条形码

- 在商店里几乎在每件商品上都可以看到的那些万能的黑白条状粘贴物。条形码是一系列由白色间隔分隔的黑条。黑条的宽度以及它们的反光能力代表二进制的“1”和“0”, 用来识别商品的价格或物品。

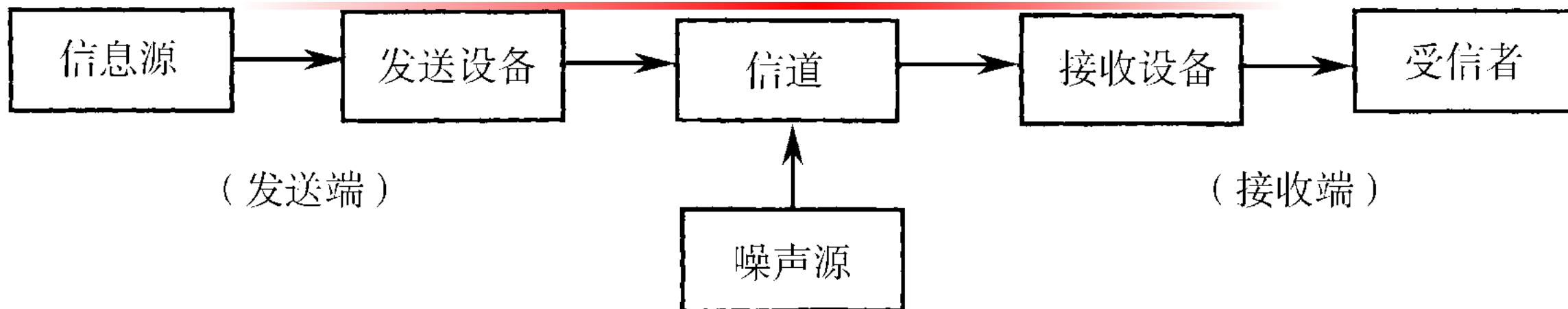
1.2数据通信系统的构成

- 1.通信系统的分类
- 2.通信系统的一般模型
- 3.模拟通信系统模型
- 4.数字通信系统模型
- 5.数据通信系统的构成（重点）

1.2数据通信系统的构成—1.通信系统的分类

- ▣ 按**信息**分类：电话通信系统，数据通信系统（data communication systems），有线电视通信系统；
- ▣ 按**通信业务**分类：电报通信系统、电话通信系统、数据通信系统、图像通信系统；
- ▣ 按**调制方式**分类：基带传输系统和带通（调制）传输系统，调制传输系统又分为多种调制；
- ▣ 按**信号特征**分类：模拟通信系统和数字通信系统；
- ▣ 按**传输媒介**分类：有线通信系统和无线通信系统；
- ▣ 按**工作波段**分类：长波通信、中波通信、短波通信；
- ▣ 按**信号复用**方式分类：频分复用、时分复用、码分复用。

1.2数据通信系统的构成—2.通信系统的一般模型



信息源（简称信源）：把各种**消息**转换成原始电信号，如麦克风。信源可分为模拟信源和数字信源。

发送设备：产生适合于在信道中传输的信号。

信道：将来自发送设备的信号传送到接收端的物理媒质。分为有线信道和无线信道两大类。

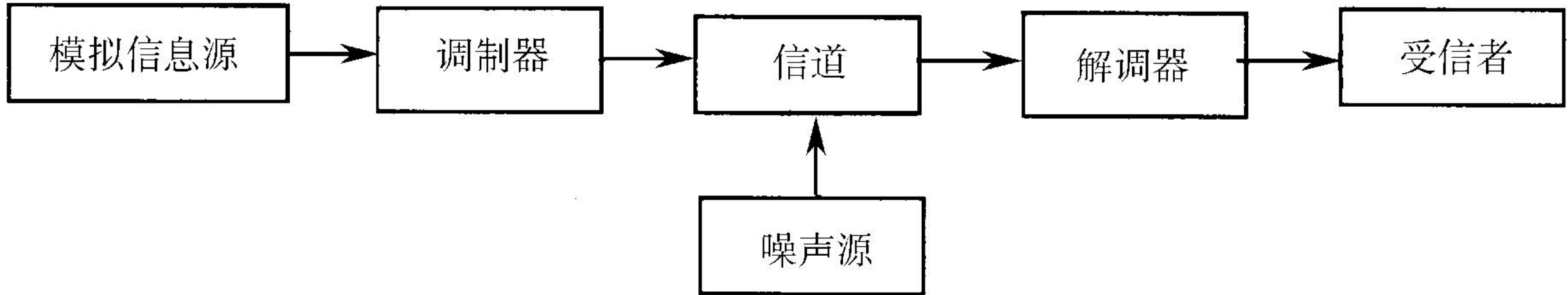
噪声源：集中表示分布于通信系统中各处的噪声。

接收设备：从受到减损的接收信号中正确恢复出原始电信号。

受信者（信宿）：把原始电信号还原成相应的**消息**，如扬声器等。

1.2数据通信系统的构成—3.模拟通信系统模型

模拟通信系统是利用**模拟信号**来传递信息的通信系统：

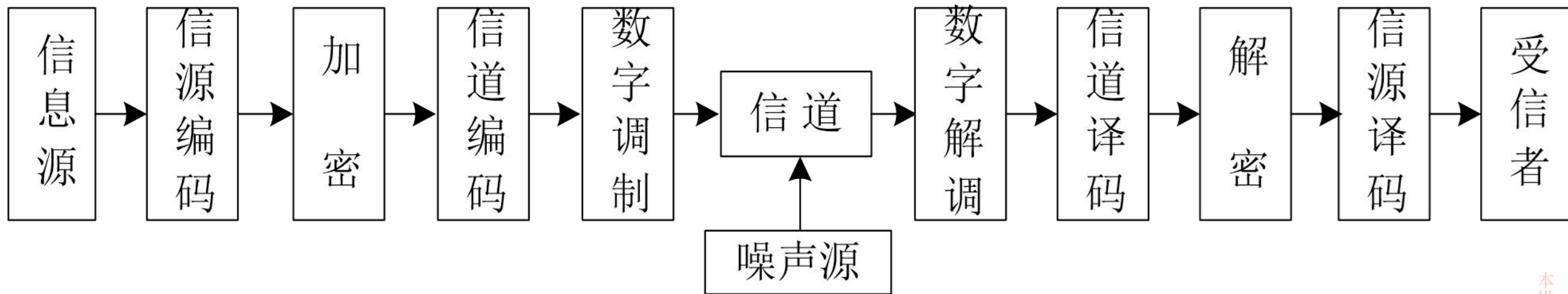


- **模拟通信定义**：是利用正弦波的幅度、频率或相位的变化，或者利用脉冲的幅度、宽度或位置变化来**模拟**原始信号，以达到通信的目的。
- 涉及两种变换：模拟消息 \Leftrightarrow 原始电信号（基带信号）
基带信号 \Leftrightarrow 已调信号（带通信号）

1.2数据通信系统的构成—4.数字通信及系统模型

- 数字通信定义：是用**数字信号**作为载体来传输消息，或用数字信号对载波进行数字调制后再传输的通信方式。它可传输电报、数字数据等数字信号，也可传输经过数字化处理的语声和图像等模拟信号。
- 数字通信系统是利用**数字信号**来传递信息的通信系统。
- 信号形式为数字信号，需要讲模拟信号经过**模数转换**。
- 带通信号，需要将基带信号进行数字调制与解调，形成适合在信道中传输的**带通**信号。

1.2数据通信系统的构成—4.数字通信系统模型



- **信源**编码与译码目的：提高信息传输的有效性;完成模/数转换。
- **信道**编码与译码目的：增强抗干扰能力。
- 加密与解密目的：保证所传信息的安全。
- 数字调制与解调目的：形成适合在信道中传输的**带通**信号。
- 同步目的：使收发两端的信号在时间上保持步调一致。

1.2数据通信系统的构成--5.数据通信系统

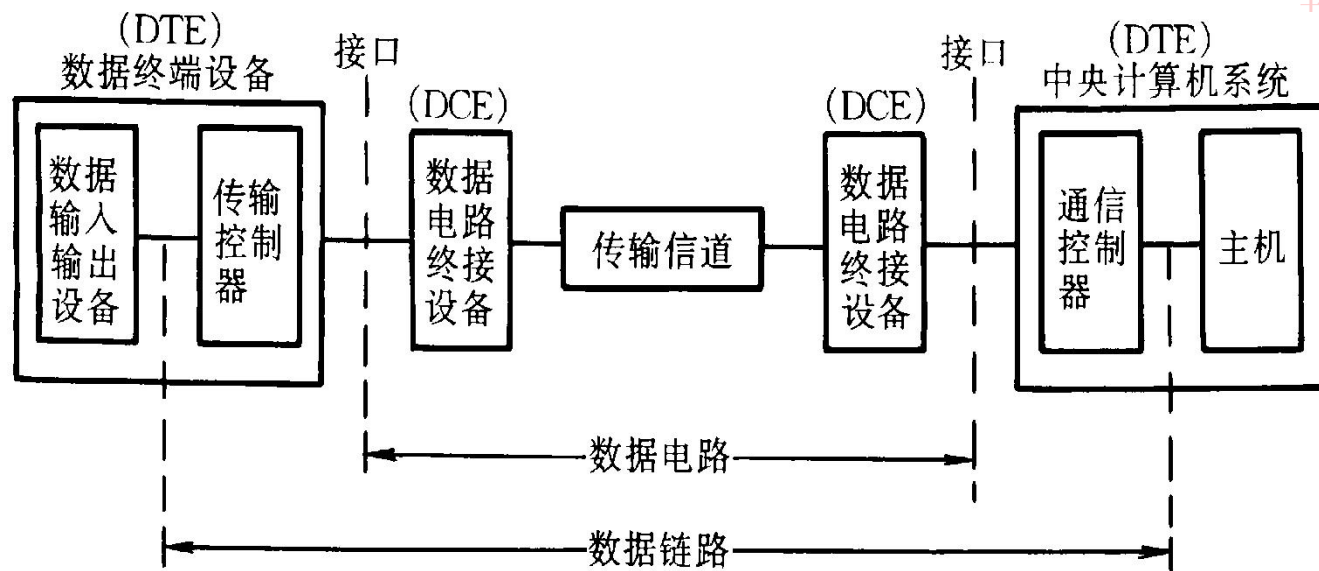
◆详细见书第5-6页，重点掌握各部件功能

▣ 5.数据通信系统

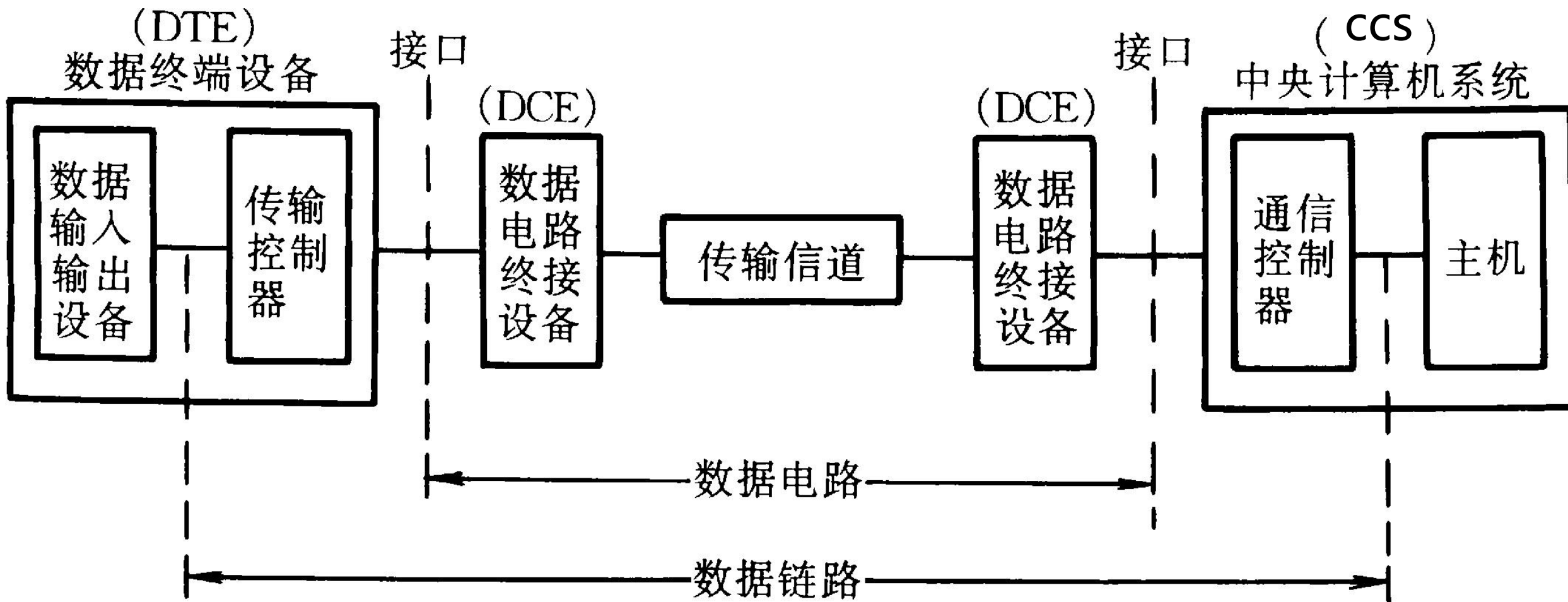
➤ 通过**数据电路**将分布在远端的数据终端设备与**计算机系统**连接起来，实现数据传输、交换、存储和处理的系统。

▣ **典型**的数据通信系统主要由三部分构成：

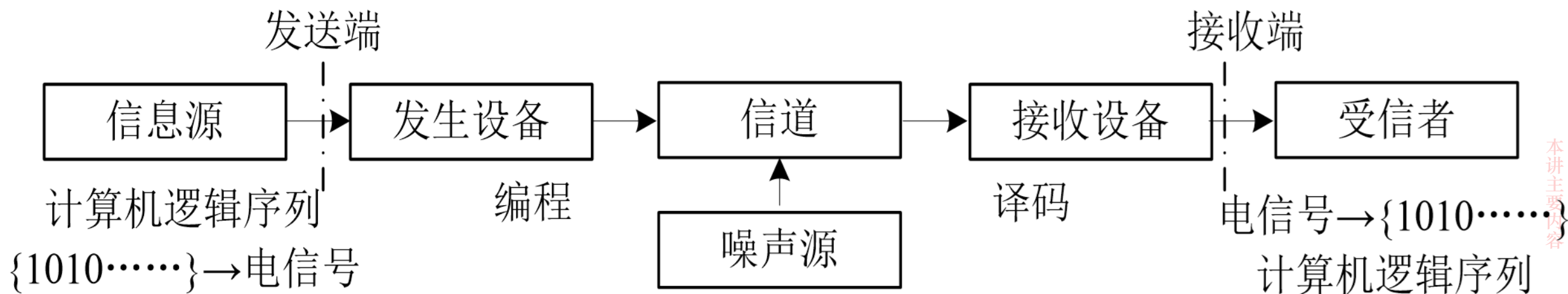
1. 数据终端设备(DTE)
2. 数据电路(DCE)
3. 中央计算机系统(CCS)



数据通信系统典型模型



基本通信模型



1.2数据通信系统的构成，各主要部件功能

1.数据终端设备（DTE）

- ▣ **组成：**数据终端设备由**数据输入设备**（如键盘、鼠标和扫描仪等）、**数据输出设备**（CRT显示器、打印机和传真机等）和**传输控制器**组成。
- ▣ **传输控制器：**传输控制器按照约定的数据通信控制规程，控制数据的传输过程。
- ▣ **DTE的作用：**把信息变成以数字代码表示的数据，并把这些数据传送到远端的计算机系统。也可以是相反的作用。
- ▣ DTE相当于人机之间的**接口**。

2.数据电路 (Data Circuit)

- 位于DTE与计算机系统之间。
- **功能：**为数据通信提供传输通道，两端收发的是“0”或“1”的数据信号。
- **构成：**由传输信道（**传输线路**）及两端的数据电路端接设备（DCE）组成。
- **传输信道：**可以是专用信道或交换信道，也可以是模拟信道或数字信道。包括**通信线路**和**通信设备**。
 - 通信设备完成**信号转换**，可以分为模拟和数字通信设备；数据电路内部的传输信道上不一定是数字信号形式。
- **数据电路**加数据**传输控制功能**、**通信控制功能**后就构成**数据链路**。
 - 控制装置是按照双方事先约定的规程进行控制的。

2.数据电路 (Data Circuit)

- **数据电路端接设备 (DCE)**：是DTE与传输信道的接口设备。当数据信号采用不同的传输方式时，DCE的功能有所不同。
 - **基带传输**时，DCE对DTE的数据信号进行变换，使信号功率谱与信道相适应，使得数据信号适合在电缆信道中传输。
 - **频带信号**传输时，DCE具体是调制解调器，实现用基带信号调制载波信号，实现频带搬移。
 - **数据信号**在数字信道上传输时，即数字数据传输，DCE是数据服务单元，即信号格式变换，消除信号中的直流成分和防止长串1或长串0编码，信号再生和定时等。

3. 中央计算机系统(CCS)

- **组成**：由通信控制器、主机及其外围设备组成；
- **功能**：处理从DTE输入的数据信息，并将处理结果向相应的DTE输出。
- **通信控制器**：是数据电路和计算机系统的接口。
 - 通信控制器又称为前置处理机，用于管理与数据终端相连接的所有通信线路；
 - 完成信号的串并转换。（对DTE来说其功能是差错控制和传输过程控制等）。
- **主机**：又称为中央处理机，由中央处理单元（CPU）、主存储器、输入/输出设备及其他外围设备组成。
 - 其**功能**主要是进行数据处理。

练习巩固

- 1.数据通信系统中主机的主要功能是(**数据处理**)。
- 2.数据通信系统中的DCE一律为调制解调器。 (**X**)**因为基带传输不需要**
- 3.数据通信系统(**数据终端设备**)、(**数据电路**)和(**中央计算机系统**)三部分组成。
- 4.数据通信系统换一句话即数据终端设备，数据交换设备和数据传输链路组成。 (**✓**)
- 5.数据电路由(**DCE**)和(**传输信道**)组成。
数据链路由(**数据电路**)和(**传输控制器**)组成。
- 6.频带传输系统中的核心是。 (**D**)
A解调 B.信源 C.调制 D.调制和解调
- 7.与模拟通信系统相比，数字通信系统的优点有哪些？
答：抗噪性好，容易统一标准，容易开发、调试、批量生产。

1.3数据通信传输信道

- ▣ 1.3.1信道类型及特性
- ▣ 1.3.2传输损耗
- ▣ 1.3.3噪声与干扰
- ▣ 1.3.4信噪比
- ▣ 重点掌握性噪比知识点

1.3.1 信道类型及特性

- 传输信道一般指 *信号的传输通道*
- 数据通信传输信道
 - 进行数据通信的两个数据终端之间的各种 信息传输和信息交换设施
- 信道的另外两种理解：
 - 一种是指信号的 **传输介质**，如对称电缆、同轴电缆、超短波及微波视距传播（包括卫星中继）路径、短波电离层反射路径、对流层散射路径以及光纤等，称此种类型的信道为 **狭义信道**。
 - 另一种是将 **传输介质和各种信号形式的转换、耦合** 等设备都归纳在 **一起**，包括发送设备、接收设备、馈线与天线、调制器等部件和电路在内的传输路径或传输通路，这种范围扩大的信道称为 **广义信道**。

1.3.1 信道类型及特性--传输信道类型

□ 按照传输介质

- 有线信道（物理实线传输信道）：有实体线路形状
- 无线信道：以电磁波为传输媒介

有线信道 {
电话线
双绞线
同轴电缆
光纤

无线信道 {
中波信道
短波信道
微波信道
光波信道

1.3.1 信道类型及特性--传输信道类型

□ 按照传输信号的形式

- 数字信道和模拟信道
- 传输数字信号的信道称为数字信道
- 传输模拟信号的信道称为模拟信道

□ 按信道的使用方式

- 专用信道：两点或多点之间的线路固定不变
 - 民航、电力等系统的内部网络
- 公用信道：通过公用交换网络，为用户提供服务
 - 公用电话网、数字数据网

1.3.1信道类型及特性--常用传输频段及用途

频率范围	波长范围	表示符号	传输媒介	主要用途或场合
3Hz~30KHz	$10^8 \sim 10^4 \text{m}$	VLF(甚低频)	有线线对 (超长波)	音频、 电话、数据终端
30~300KHz	$10^4 \sim 10^3 \text{m}$	LF (低频)	有线线对 (长波)	导航、信标、 电力线、通信
300KHz~3MHz	$10^3 \sim 10^2 \text{m}$	MF (中频)	同轴电缆 (中波)	AM 广播、 业余无线电
3~30MHz	$10^2 \sim 10 \text{m}$	HF (高频)	同轴电缆 (短波)	移动电话、 短波广播、业余无线电
30~300MHz	$10 \text{m} \sim 1 \text{m}$	VHF (甚高频)	同轴电缆 (米波)	FM 广播、TV、 导航、移动通信
300M~3GHz	$1 \text{m} \sim 10 \text{cm}$	UHF (特高频)	同轴电缆、波导 (分米波)	TV、遥控遥测、 雷达、移动通信
3~30GHz	$10 \sim 1 \text{cm}$	SHF (超高频)	波 导 (厘米波)	微波通信、 卫星通信、雷达
30~300GHz	$10 \sim 1 \text{mm}$	EHF (极高频)	波 导 (毫米波)	微波通信、 雷达、射电天文学
$10^5 \sim 10^7 \text{GHz}$	$3 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-6} \text{cm}$	紫外、红外光、可见光	光纤、激光	光通信

1.3.1 信道类型及特性--传输介质的特性

□ 物理特性

- 物理结构、形态尺寸、机械性能、物理性质

□ 传输特性：

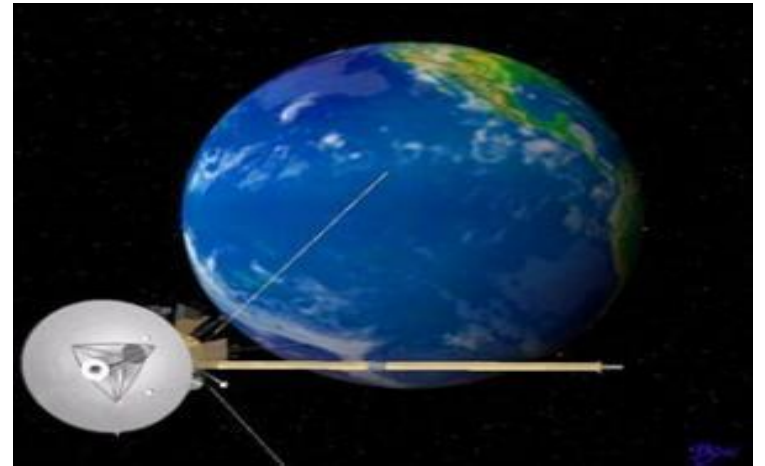
- 衰减特性、时延特性、信号带宽、传输损耗

□ 干扰特性

- 对外界干扰的抵抗能力
- 传输的信号对外界的影响

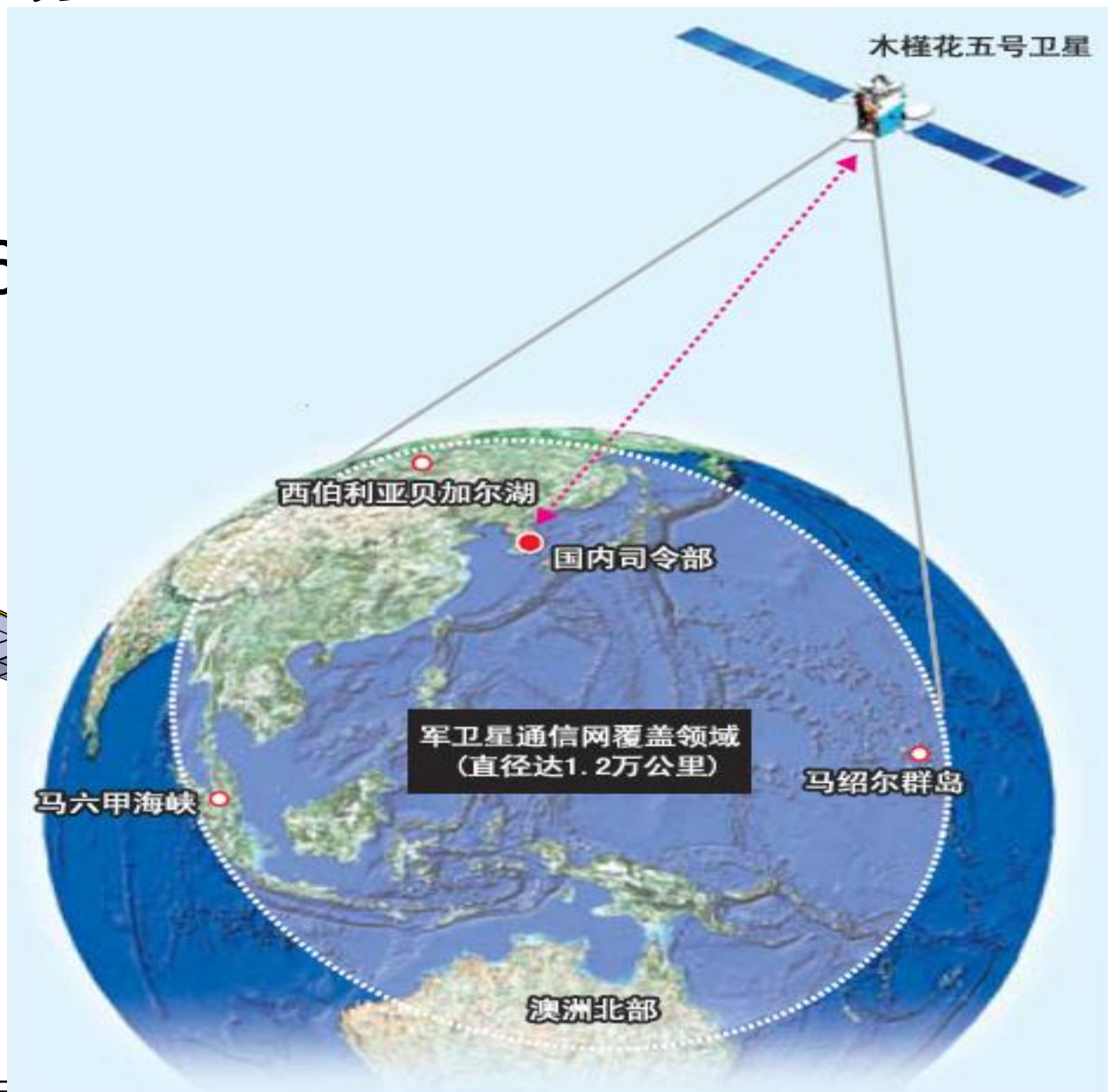
1.3.1 信道类型及特性--卫星中继通信

- ❑ 通过空间站转发反射来进行的地球站之间的通信
- ❑ 数字卫星信道的组成
 - 由两个地球站和卫星转发器组成。地球站相当于数字微波中继信道中的终端站，卫星转发器相当于数字微波中继信道的中继站。



地球同步卫星

3576



- 与地面站相对固定位置
- 使用3个卫星覆盖全球
- 传输延迟时间长

信号的转换过程

多种信号 $\xrightarrow{\text{复合}}$ 基带信号 $\xrightarrow{\text{调制}}$

中频调制信号 $\xrightarrow{\text{变频}}$ 微波发射信号

- 卫星的功能相当于微波中继通信中的地面微波中继站，对信号起如下作用：

接收→放大→发射

数字卫星信道的特点:

- 覆盖面积大，通信距离远，且通信距离与成本无关。
- 频带宽，传输容量大，适用于多种业务传输。
- 信道特性比较稳定。
- 信号传播时延大，由于卫星距离地面较远，所以信号从一个地球站到另一地球站的传播时间较长，约270ms。
- 受周期性的多普勒效应的影响，造成数字信号的抖动和飘移。
- 数字卫星信道属于无线信道，当传输保密信息时，需采取加密措施。

网工真题

- 在相隔2000km的两地间通过电缆以4800b/s的速率传送3000比特长的数据包，从开始发送到接收完数据需要的时间是(1)。如果用50kb/s的卫星信道传送，则需要的时间是(2)。

(1) A. 480ms B. 645ms C. 630ms D. 635ms

(2) A. 70ms B. 330ms C. 500ms D. 600ms

解析：电信号在铜缆上传输速度大致为光速的2/3，即每秒20万公里

(1) 总传输时间=传输延迟时间+数据帧的发生时间

$$2000/200000+3000/4800=10\text{ms}+625\text{ms}=635\text{ms}$$

(2) 数据帧的发送时间=3000/50000=60ms,卫星传送延迟需要时间按270ms算，总传送时间为60+270=330ms。

1.3.2传输损耗

在信道中发生的基本物理过程是电（或光）信号的传播，不论是何种类型的信道，都有以下几个特征。

- 所有信道都有输入和输出。
- 大多数信道的输入和输出存在线性叠加关系，但在某些条件下会存在非线性关系。
- 信号经过信道时要衰减。
- 信号经过信道时产生延迟。
- 所有信道都存在噪声或干扰。

1.3.2 传输损耗--非理想信道

实际的信道上存在三类损耗：衰减、延迟、噪声

衰减：信道的损耗引起信号强度减弱，导致信噪比 S/N 降低。

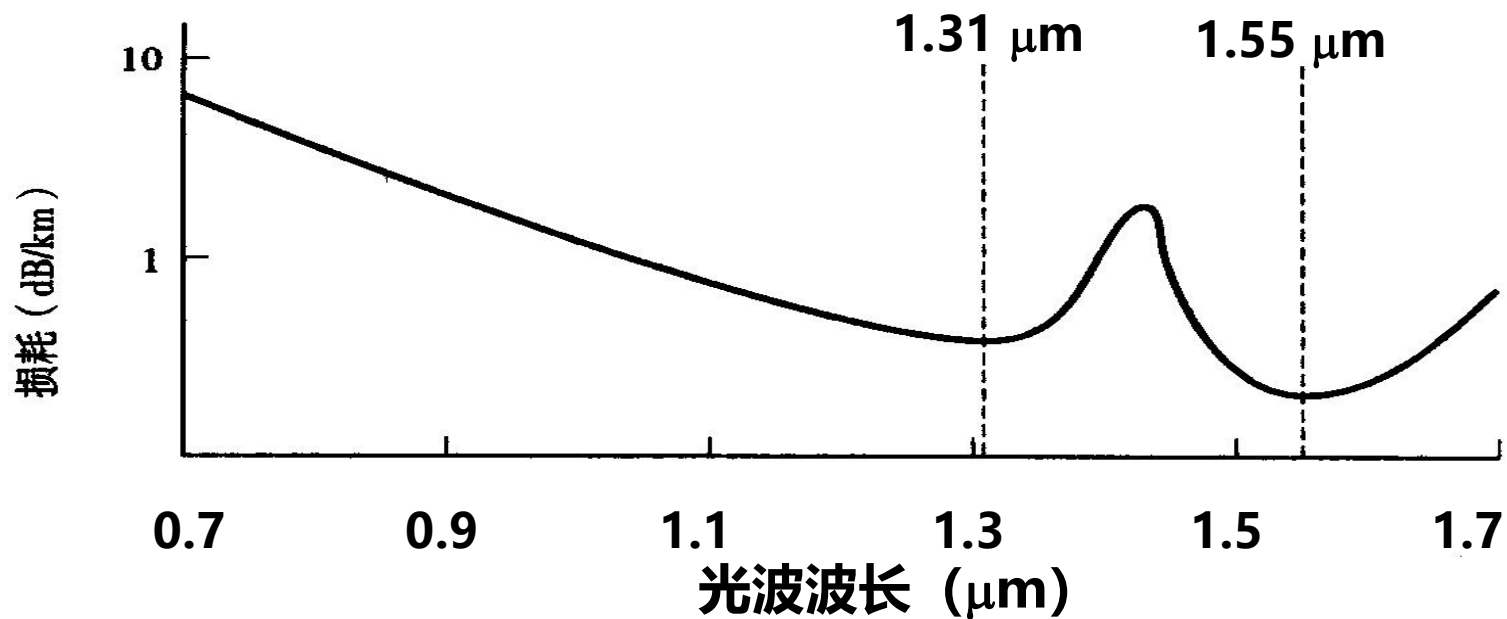
延迟：信号中的各种频率成分在信道上的延迟时间各不相同，在接收端会产生信号畸变。

噪声：破坏信号，产生误码。持续时间0.01s的干扰可以破坏约560个比特（56Kbps）。

- 热噪声：由导体内的热扰动引起，又称为**白噪声**；
- 串扰：信道间产生的不必要的耦合。例：多对双绞线；
- 脉冲噪声：非连续、随机、振幅较大。多由外部电磁干扰造成（闪电、大功率电机启动等）。

1.3.2 传输损耗--光纤损耗与波长的关系

□ 损耗与波长关系



光纤损耗与波长的关系

□ 损耗最小点: 1.31与1.55 μm

1.3.2 传输损耗（衰减）

衰减的起因:信号在传输介质中传播时将会有一部分能量转换成热能或被吸收，导致信号强度随传输过程不断减弱。

衰减的影响:

- 引起模拟信号的变形；
- 使数字信号出现差错；
- 降低传输速率、限制传输距离。

表示方法:介质的输入功率与输出功率之差

数学描述:单位dB(分贝)，表达式 $D=10\lg P_0/P_1$

1.3.3噪声与干扰

内部噪声产生的原因：分子的热运动，也称为热噪声；电子器件的电子发射不均匀。

▣ 热噪声

- 来源：来自一切电阻性元器件中电子的热运动。
- 频率范围：均匀分布在大约 $0 \sim 10^{12}$ Hz。
- 热噪声电压有效值： $V = \sqrt{4kTRB}$ (V式中
 $k = 1.38 \times 10^{-23}$ (J/K) - 波兹曼常数；
 T - 热力学温度 (°K) ; R - 阻值 (Ω) ; B - 带宽 (Hz) 。
- 性质：**高斯白噪声**

特点：是一种微观粒子共同作用导致的宏观结果，波形无规则。

实际信道的内部噪声：高斯型噪声。

- ▣ 幅度的概率密度服从高斯分布；
- ▣ 功率谱密度(单位W/Hz) N_0 在整个频率域内均匀分布。

线路的噪声功率：

噪声功率=带宽×功率谱密度 $P_N = BN_0$

1.3.4信噪比

- 某一点上的信号功率与噪声功率之比

$$\frac{S}{N} = \frac{P_S}{P_N} \quad \text{单位贝尔, 数值太大}$$

- 信噪比 (SNR或 S/N_{dB}) 的定义, P_S 信号有效功率, P_N 噪声有效功率

$$\left(\frac{S}{N} \right)_{dB} = 10 \log_{10} \frac{P_S}{P_N} \quad (\text{单位dB分贝})$$

1.4 数据传输方式

- 按数据传输代码传输的顺序
 - 并行传输
 - 串行传输
- 按字符数据传输的同步方式
 - 异步传输和同步传输
- 按数据传输的流向和时间关系
 - 单工数据传输
 - 半双工数据传输
 - 全双工数据传输

1.4 数据传输方式--并行与串行传输

- **并行通信**中，一个字节（8位）数据是在8条并行传输线上同时由源传到目的地；并行传输指的是数据以**成组**的方式，在多条并行信道上**同时进行传输**，是在传输中有多个数据位同时在设备之间进行的传输。
 - 收发双方不存在同步的问题。而且速度快、控制方式简单。但是，并行传输需要**多个物理通道**。所以并行传输只适合于**短距离**、要求传输**速度快**的场合使用。
- **串行传输**指数据在单条一位宽的传输线上，一比特接一比特地按顺序传送的方式称为串行通信。一个字节（8位）的数据要分8次由低位到高位按顺序一位位地传送。
 - 特点：节省传输线，**数据传送效率低但距离远**。

1.4 数据传输方式--异步与同步传输

- **异步传输** (ATM, Asynchronous Transmission) : 将比特分成小组进行传送, 小组可以是8位的1个字符或更长, 一般以**字符为单位**。不论所采用的**字符代码**长度为多少位, 在发送每一字符代码时, 前面均加上一个“**起**”信号, 其长度规定为**1个码元**, 极性为“0”, 即空号的极性; 字符代码后面均加上一个“**止**”信号, 其长度为**1或者2个码元**, 极性皆为“1”。
- **同步传输** (STM, Synchronous Transmission) : 同步传输以**固定时钟节拍**发生数据。的比特**分组要大得多**。它不是独立地发送每个字符, 每个字符都有自己的开始位和停止位, 而是把它们组合起来一起发送。我们将这些组合称为**数据帧**, 或简称为帧。
- **请拓展**: 进一步了解同步传输与异步传输的区别。

1.4 数据传输方式--单工、半双工与全双工传输

- ❑ **单工**数据传输只支持数据在一个方向上传输；在**同一时间**只有一方能接受或发送信息，不能实现双向通信，举例：电视，广播。
- ❑ **半双工**数据传输允许数据在两个方向上传输，但是，在某一时刻，只允许数据在一个方向上传输，它实际上是一种切换方向的单工通信；在**同一时间**只可以**有一方**接受或发送信息，可以实现双向通信。举例：对讲机。
- ❑ **全双工**数据通信允许数据同时在两个方向上传输，因此，全双工通信是两个单工通信方式的结合，它要求发送设备和接收设备都有独立的接收和发送能力；在**同一时间**可以**同时**接受和发送信息，实现双向通信，举例：电话通信。

1.4 数据传输方式--习题巩固

一、单选

- 1.收发同时进行通信系统为 (**B**)。
A.单工系统 B.双工系统 C.半双工系统 D.双收系统
- 2.半双工数据传输是 (**B**)。
A.双向同时传输 B.可双向传输,但不能同时进行
C.单向传输 D.A和B均可以
- 3.异步传输模式传送的数据每次为 (**A**)
A.一个字符 B.一个字节 C.一个比特 D.一个帧

二、计算

- 1.异步传输中, 假设停止位为1位, 数据位为8位, 无奇偶校验, 求传输效率为多少? 传输效率 $8/(1+1+8) \times 100\% = 80\%$

1.5 数据通信系统的主要性能指标

1.5 数字通信系统的主要性能指标

1.5.1 有效性指标

1.5.2 可靠性指标

1.5.1 有效性指标

- 1.工作速率：衡量数据通信系统传输能力的主要指标。
 - (1)调制速度 (也称码元速率、波特率、符号速率)
 - (2)数据传信速率
 - (3)数据传送速率
- 2.频带利用率 η ：能够真正体现出信息的传输效率的指标，即单位频带内的传输速率。
 - $\eta = N_{Bd}/B$ (Baud/Hz)
 - $\eta = R/B$ (bit/s.Hz)

1.5.1 有效性指标

□ 1. 调制速度

- 通常也称码元速率、调制速率、波特率、符号速率、数码率、传码率、码元传输速率，用 N_{Bd} 或 f_s 表示
- **定义**：单位时间（**每秒钟**）内传输**码元**的数目
- **单位**：波特（Baud），常用符号“B”表示（注意为大写）

$$N_{baud} = \frac{1}{T(s)} \quad (\text{单位 } Baud, T(s) \text{ 表示码元持续时间})$$

1.5.1 有效性指标

练习:

1. N元符号集合的符号数目一般有 (D) 种。

A. $N+1$ B. $2N$ C. $N-1$ D. N

2. 某数据通信系统, 采用二进制传输时, 符号速率为9600Bd, 求符号间隔。

解: 符号速率是指每秒传输信号码元的个数,
所以符号间隔为 $\frac{1}{N}$

$$T = \frac{1}{N} = \frac{1}{9600} \text{秒}$$

1.5.1 有效性指标

□ 2. 传信速率

- 通常也称信息速率、传信率、比特率，用 R 或 f_b 表示
- **定义**：单位时间（**每秒钟**）传输**信息量（比特数）**，也可以说：每秒所传输的二进制码元数
- **单位**：比特/秒（bit/s），或bps

信息的度量

- 信息的多少可以用**信息量**来衡量 $I = -\log_a P$
- 信息量与消息发生的概率紧密相关:
 - 消息出现的概率愈小，则消息中包含的信息量就愈大
 - 概率为0时（不可能发生事件）信息量为无穷大
 - 概率为1时（必然事件）信息量为0

信息的度量

- ◆ 消息中所含信息量与消息出现的概率之间的关系反映如下规律：
 - 1. 消息中所含信息量是消息出现的概率 $P(x)$ 的函数，即 $I = I[P(x)]$
 - 2. 消息出现的概率愈小，它所包含信息量愈大；反之信息量愈小。
且 $P(x) = 1 \Rightarrow I = 0$
 $P(x) = 0 \Rightarrow I = \infty$
 - 3. 若干个互相独立事件构成的消息，所含信息量等于各独立事件信息量的和，即信息量具有可加性。

$$\begin{aligned} I &= I[P_1(x) + P_2(x) + \cdots + P_m(x)] \\ &= -\sum_{i=1}^m n_i \log_2 P_i = -N \sum_{i=1}^m P_i \log_2 P_i \end{aligned}$$

信息的度量

- 对于离散消息，信息量 $I = -\log_a P$
 - P 为消息发生的概率， a 为2时，单位为比特 (bit)
 - 如果对数以 e 为底，单位为奈特(nat)
 - 如果对数以10为底，单位为哈特莱(Hartley)
- 数据通信中，每个符号的信息量为：
 - 二进制码元： $I = -\log_a P = -\log_2 \frac{1}{2} = 1$ (bit)
 - 条件：随机信号，各码元独立，0,1等概率出现
 - M 进制且所有符号出现的概率相等， $I = -\log_2 \frac{1}{M}$ (bit)

1.5.1 有效性指标, 思考

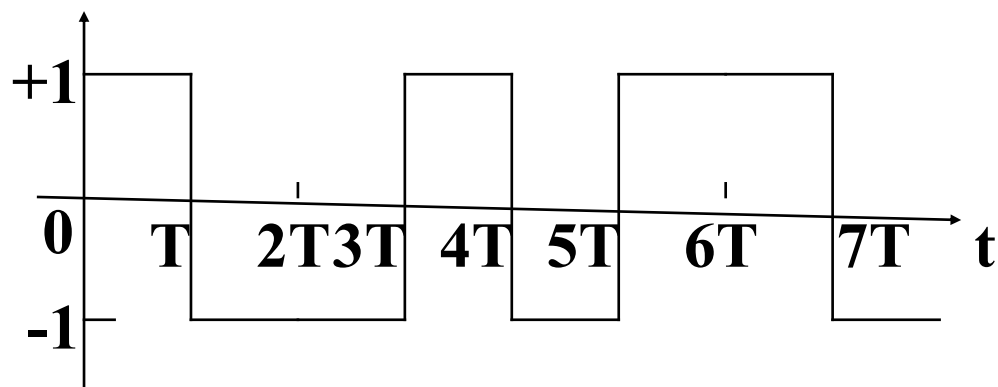
思考? 波特率、比特率与进制的关系?

请讨论回答:

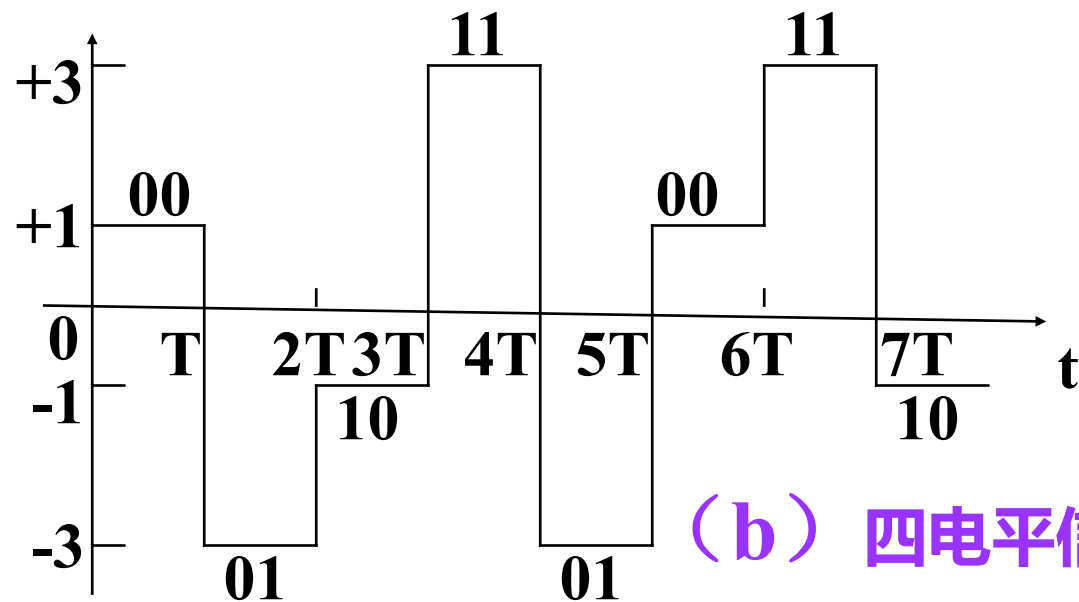
问题1. 比特率 R 与码元速率 N_{Bd} 之间的关系?

问题2. 码元速率 N_{Bd} 与进制有关吗?

举例: 书图1-13



(a) 二电平信号



(b) 四电平信号

思考？波特率、比特率与进制的关系？

问题1. 比特率 R 与码元速率 N_{Bd} 之间的关系？

问题2. 码元速率 N_{Bd} 与进制有关吗？

问题1答：

①. 在二进制中，数据传信速率在数值上与码元速率相等，但单位不同；

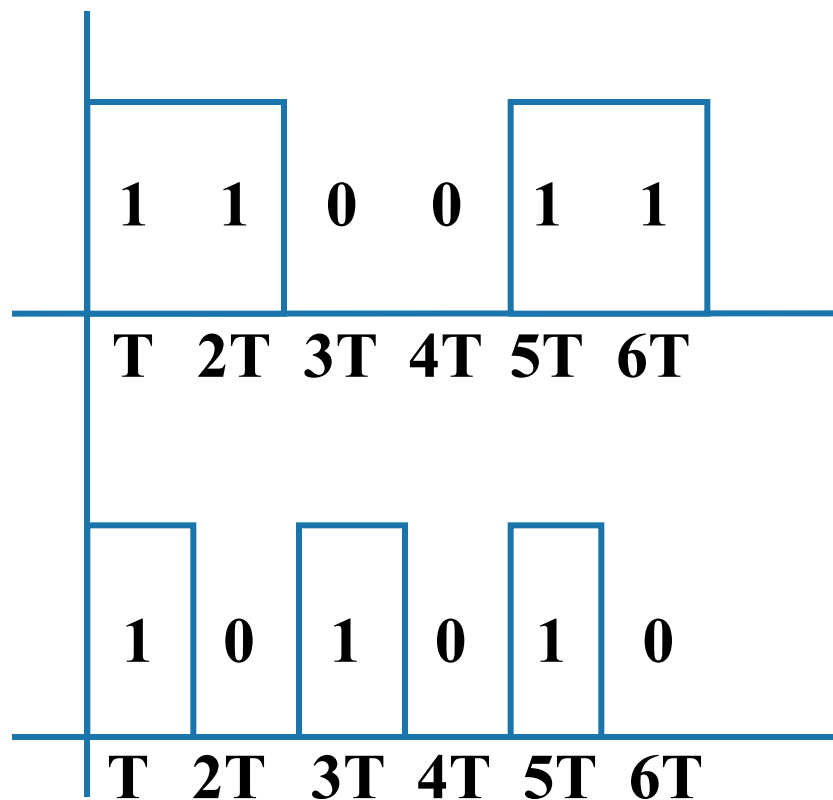
②. 在多进制 M 中， N_{Bd} 与 R 之间数值不同，单位亦不同；

它们之间在数值上关系式为： $R = N_{Bd} \cdot \log_2 M$ 。

问题2答：

码元速率与进制无关，只与传输码元时长 T 有关。

1.5.1 有效性指标—回答



➤ 通常在给出系统**码元速率**时，有必要说明码元的进制，因为**多进制 (M) 码元速率 N_{BM}** 与**二进制码元速率 N_{B2}** 之间，在保证**系统信息速率不变**的情况下，相互可转换，转换关系式为

$$N_{B2} = N_{BM} \cdot \log_2 M (B)$$

M 应为 2^k , $k=1, 2, 3, 4, \dots$

两图中码元时长分别是多少？

两图中调制速率分别是多少？

上图2T，下图T

调制速率 $1/2T$, $1/T$

1.5.1 有效性指标

(3) 数据传送速率

定义：单位时间内在数据传输系统中的相应设备之间实际传送的比特、字符或码组**平均数据量**，又称有效传输速率。单位为比特/秒、字符/秒、码组/秒。

它是相应设备之间实际能达到的**平均数据转移速率**，不仅与发送的比特率有关，也与差错控制方式、通信规程、信道差错率有关，即与**传输的效率**有关。

总是**小于**数据传信速率

1.5.1 有效性指标

2. 频带利用率 η

数据信号的传输需要一定的频带，占用的频带越宽，传输数据信息的能力越大。

在比较不同通信系统的效率时，只看传输速率是不够的，还应看在这样传输速率下所占的信道的频带宽度。

真正体现出信息的传输效率：频带利用率（ η ），即单位频带内的传输速率。

$$\eta = N_{Bd} / B \quad (\text{Baud/Hz})$$

$$\eta = R / B \quad (\text{bit/s.Hz})$$

1.5.1 有效性指标

课堂消化:

请计算: 当调制速率为2400波特, 采用4电平传输:

- (1) 求数据传信速率;
- (2) 若系统带宽为1200Hz, 求频带利用率。

解: (1) $2400 \log_2 4 = 4800 \text{ bit/s}$

(2) 频带利用率, 注意单位;

$$\eta = \frac{\text{符号速率}}{\text{频带带宽}} \text{ (Baud/Hz)} = \frac{2400}{1200} = 2 \text{ (Baud/Hz)}$$

$$\text{或} \eta = \frac{\text{传信速率}}{\text{频带带宽}} \text{ (bit/(s.Hz))} = \frac{4800}{1200} = 4 \text{ (bit/(s.Hz))}$$

1.5.2 可靠性指标

- 数据传输的可靠性用**差错率**来衡量，衡量数据传输质量的最终指标，是一个统计平均值。
- 定量表示方法主要 (1) 误码率 P_e , (2) 误信率 P_b , (3) 误组率 P_g

- (1) 码元差错率 P_e (误码率)

$$P_e = \frac{\text{单位时间接收的错误码元数}}{\text{单位时间内系统传输的总码元数}}$$

- (2) 信息差错率 P_b (误信率)

$$P_b = \frac{\text{单位时间接收的错误比特数}}{\text{单位时间内系统传输的总比特数}}$$

二进制信号情况下与误码率在数值上相等

- (3) 字符差错率 P_g (误组率)

$$P_g = \frac{\text{单位时间接收的错误字符 (码组) 数}}{\text{单位时间内系统传输的总字符 (码组) 数}}$$

1.5.2可靠性指标

课堂消化:

请计算: 某数据通信系统调制速率为2400Bd, 采用8电平传输, 假设平均1000秒误8个比特, 求

①求误信率。

②设系统的带宽为1200Hz,求频带利用率为多少bit/ (s.HZ) 。

解: 传信速率为 $R_b = N_B \log_2 M = 2400 \log_2 8 = 7200 \text{ bit/s}$

$$\text{①误信率} = \frac{\text{接收出现差错的比特数}}{\text{总的发生比特数}} = \frac{8}{1000 \times 7200} = 1.11 \times 10^{-6}$$

$$\text{②频带利用率} \eta = \frac{R}{B} = \frac{7200}{1200} = 6 \text{ (bit/(s.Hz))}$$

1.5.2可靠性指标

课堂思考：

- 假设另一个系统在某一秒内传输了3600bit，其中36bit错误，那么误信率是1%吗？

答：不是。统计平均值。

1.5.3信道容量

□ **定义**：信道单位时间内能传输的**最大**信息量，即信道的最大传信速率。

□ **1.模拟信道**的信道容量

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right), \quad B \text{ 为信道带宽, } \frac{S}{N} \text{ 为信号功率与噪声功率之比}$$

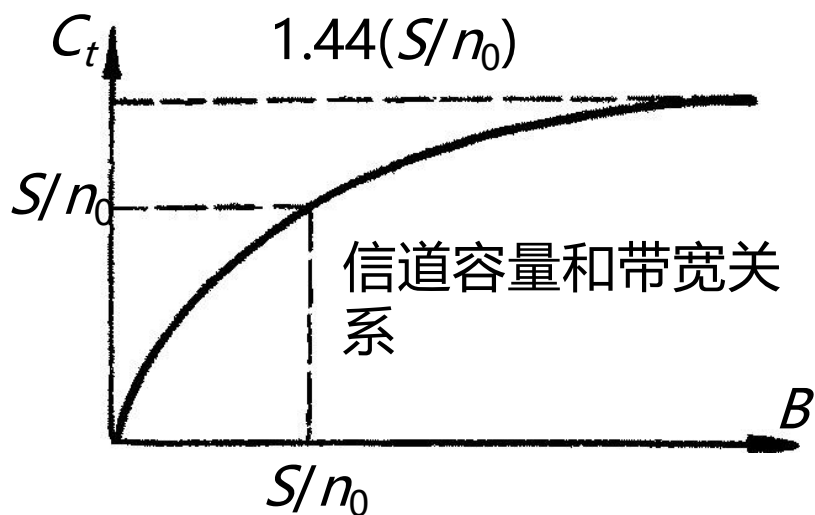
□ **2.数字信道**的信道容量

$$C = 2B \log_2 M, \quad B \text{ 为信道带宽, } M \text{ 为进制数}$$

1.模拟信道的信道容量

□ 又称连续信道容量, $C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$ (b/s) 设噪声单边功率谱密度为 n_0 , $N = n_0 B$, 则 $C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{n_0 B} \right)$ (b/s)。

□ 信道容量C和带宽的关系:



1.信道容量C依赖于B、S及 n_0 三个因素;

2.B一定, 增大S或减少 n_0 , 可增大C;

3.若 $S \rightarrow \infty$, $C \rightarrow \infty$; 若 $n_0 \rightarrow \infty$, $C \rightarrow \infty$;

4. S/n_0 一定, $B \rightarrow \infty$, C趋于有限定值

$$\lim_{n \rightarrow \infty} B \left(1 + \frac{1}{n_0} \right)^n \approx 1.44 \frac{S}{n_0}$$

5.若实际信息速率 $R_b \leq C$, 总能找到一种信道编码方式, 实现**无差错**传输, 若 $R_b > C$, 则不可能实现无差错传输。

2.数字信道的信道容量

▣ **定义**：即无干扰信道的信道容量，奈奎斯特定律，用于离散、无噪声数字信道， $C=2B \log_2 M$ (b/s) (B 信道带宽， M 进制数)。

▣ **举例**：话音级线路 ($3000Hz$) 的信道容量计算

M：最大数据率(C)

2：6000 bps

4：12000 bps

8：18000 bps

16：24000 bps

奈奎斯特公式为**估算**已知带宽信道的最高速率提供依据

若实际信息速率 $R_b \leq C$ ，总能找到一种信道编码方式，实现**无差错**传输，若 $R_b > C$ ，则不可能实现无差错传输。

1.5.3信道容量-课堂延伸

思考问题1? 能否无限增大信号电平数 M 或信道带宽 B , 来提高信道容量 C 呢?

探讨问题2: 香农公式与奈奎斯特定理的关系?

举例: 设有1MHz带宽的信道, 其信噪比为63, 求合适的信息速率 R 和信号电平数 M 。

问题3: 已知信道的带宽为3000Hz, 请依条件计算对应的信道容量:

- (1) 若该信道是数字信道, 采用16进制传输;
- (2) 如该信道为电话网信道, 信道有加性高斯白噪声, 其信噪比为30dB。

1.5.3信道容量-课堂延伸

思考问题1? 能否无限增大信号电平数 M 或信道带宽 B ，来提高信道容量 C 呢？

答：否。因为最理想的系统也无法阻止分子的热运动，热噪声或高斯白噪声总是会如影随形，实际信道中的噪声会限制带宽 B 和 M 的取值，这就需要研究**实际**信道的容量。

1.5.3信道容量-课堂延伸

探讨问题2： 香农公式与奈奎斯特定理的关系？

举例： 设有1MHz带宽的信道，其信噪比为63，求合适的信息速率R和信号电平数M。

答： 香农公式说明通过B与S/N的互换，可以保证一定的信道容量C；

1. **增加B**，可以换取S/N的降低。如目前应用有宇宙飞行，深空探测，CDMA（基于扩频）；

2. **提供S/N**，可以换取B的减少。如有线载波电话，频带拥挤场合；

举例： 假设保持 $C=12 \times 10^3 \text{ b/s}$ ，互换前假设 $B=3 \text{ KHz}$ ，则 $S/N=15$ ，互换后，若B增加为4 KHz，则 $S/N=7$ ，降低了信噪比。

意义： 1. 证明了理想通信系统的“存在性”；

2. 虽未给出具体的实现方法，但仍具有重要的指导意义；

3. 提供了一个衡量实际通信系统性能的标准；

4. 为后人指出了努力的方向或目标。

1.5.3信道容量-课堂延伸

举例：设有1MHz带宽的信道，其信噪比为63，求合适的信息速率R和信号电平数M。

解：由香农公式确定信道容量：实际的传输速率 $R \leq C$

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) = 1 * \log_2 (1 + 63) = 6 \text{ Mb/s}$$

按照奈奎斯特定律 $C = 2B \log_2 M$ ，可以确定信号电平数 M

若 $R = C = 6 \text{ Mb/s}$ ，则 $6 \text{ Mb/s} = 2 * 1 * \log_2 (M)$ 所以 $M = 8$

若 $R < C = 4 \text{ Mb/s}$ ，则 $M = 4$ ；

若 $R < C = 2 \text{ Mb/s}$ ，则 $M = 2$ 。

结论：在香农公式给定的信道容量下，由奈奎斯特定理确定信号电平数M。

1.5.3信道容量-课堂延伸

问题3：已知信道的带宽为3000Hz，请依条件计算对应的信道容量：

- (1) 若该信道是数字信道，采用16进制传输；
- (2) 如该信道为电话网信道，信道有加性高斯白噪声，其信噪比为30dB。

解：1) 数字信道的信道容量 $C = 2B \log_2 M = 2 \times 3000 \times 4 = 24000 \text{ bit/s}$

2) 信噪比 $30\text{dB} = 10 \lg(\frac{S}{N}) \quad \frac{S}{N} = 10^3$

模拟信道的信道容量 $C = B \log_2 (1 + \frac{S}{N})$

$= 3000 \log_2 (1 + 1000) \approx 30 \text{ Kbit/s}$

(计算过程使用 $2^{10} = 1024$, $K = 1024 \approx 1000$) |

注意：在通信中使用数学工具**简化**具体的数值，关注相互之间关系的衡量。
后续归一化，也是简单计算的方式，将有量的表达式变换为无量纲，矢量为标量。

1.6多路复用技术

1.6.1 频分复用

1.6.2 时分复用

1.6.3 波分复用

1.6.4 码分复用

1.6.1 频分复用

- ❑ 基本原理 :路信号以不同的载波频率进行调制, 而且各个载波频率是完全独立的, 即各个信道所占用的频带不相互重叠, 相邻信道之间用“警戒频带”隔离, 那么每个信道就能独立地传输一路信号。
- ❑ 主要特点 :信道复用率高, 分路方便。缺点: 串扰。

1.6.2 时分复用

- ❑ 基本原理 :以信道传输时间作为分割对象 , 为多个信道分配互不重叠的时间片段的方法来实现多路复用。时分多路复用将用于传输的时间划分为若干个时间片段, 每个用户分得一个时间片 ;
- ❑ 主要特点 :时分复用易产生码间串扰, 信道利用率比统计时分复用低。

1.6.3 波分复用

- ❑ 基本原理 :波分复用用同一根光纤内传输多路不同波长的光信号,以提高单根光纤的传输能力。因为光通信的光源在光通信的“窗口”上只占用了很窄的一部分,还有很大的范围没有利用。也可以这样认为WDM (Wavelength Division Multiplexing) 是FDM应用于光纤信道的一个变例。
- ❑ 主要特点 :由于是用不同的波长传送各自的信息,因此即使在同一根光纤上也不会相互干扰。在接收端转换成电信号时,可以独立地保持每个不同波长的光源所传送的信息。

1.6.4 码分复用

- ❑ 基本原理 :采用地址码和时间、频率共同区分信道的方式。
- ❑ 主要特点 :每个用户有特定的地址码，而地址码之间相互具有正交性，因此各用户信息的发射信号在频率、时间和空间上都可能重叠，从而使用有限的频率资源得到利用。

1.7 数据通信网概述

□ 计算机与通信的结合

- 通信网络为计算机之间的数据传递和交换提供了必要的手段
- 计算机技术的发展渗透到通信技术中，提高了通信网络的各种性能

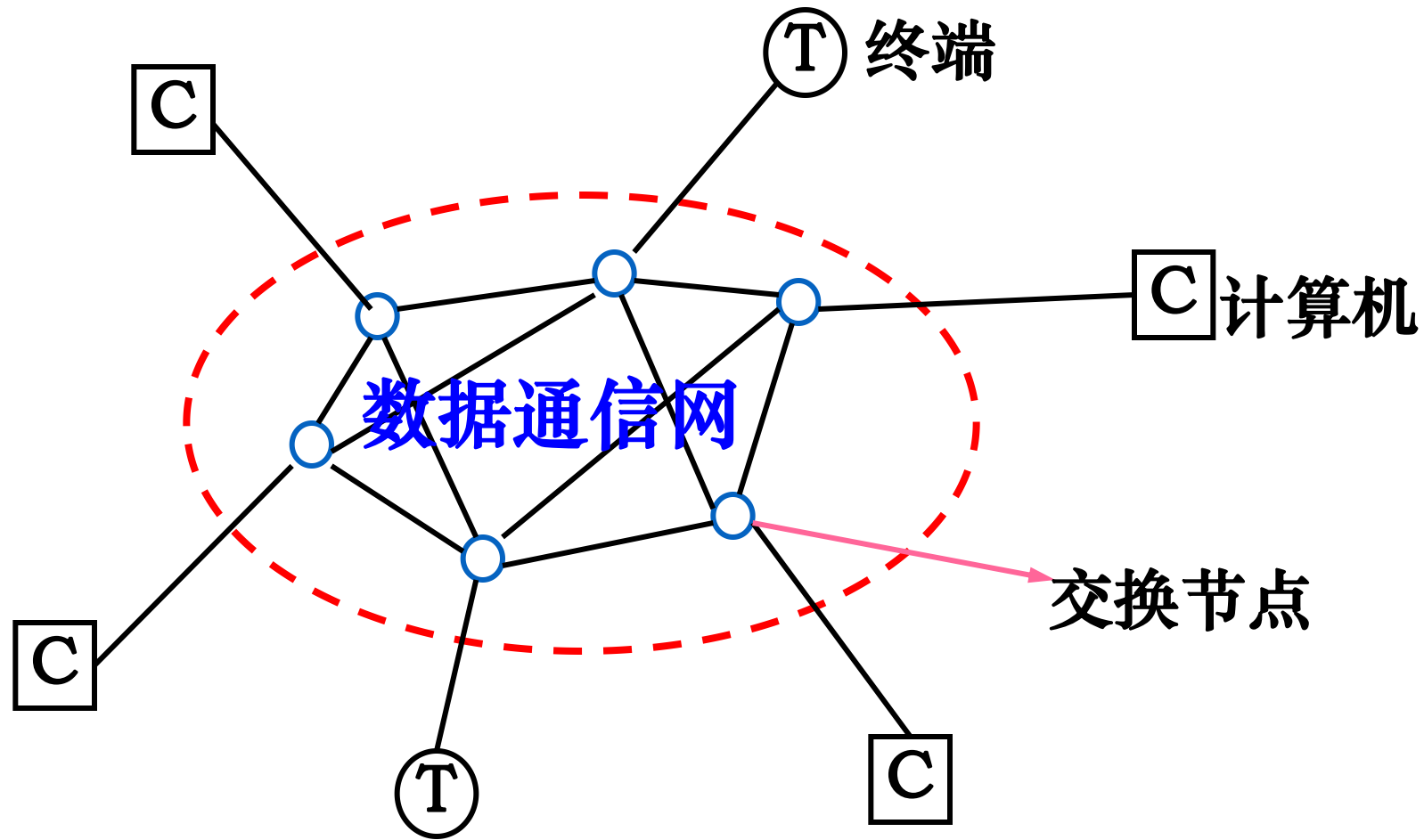
□ 数据通信

- 计算机技术与通信技术结合的产物，实现远距离的资源共享
- 是计算机与计算机、计算机与终端、终端与终端之间的通信

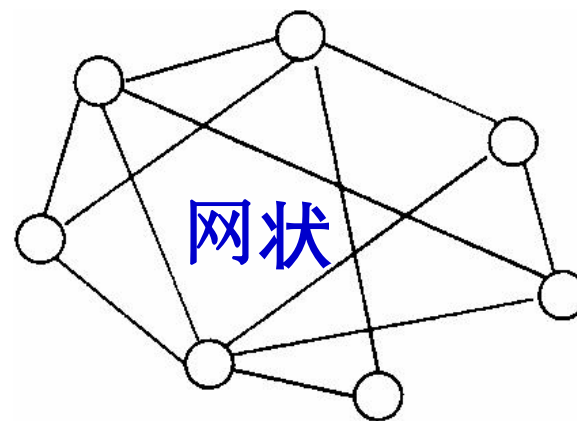
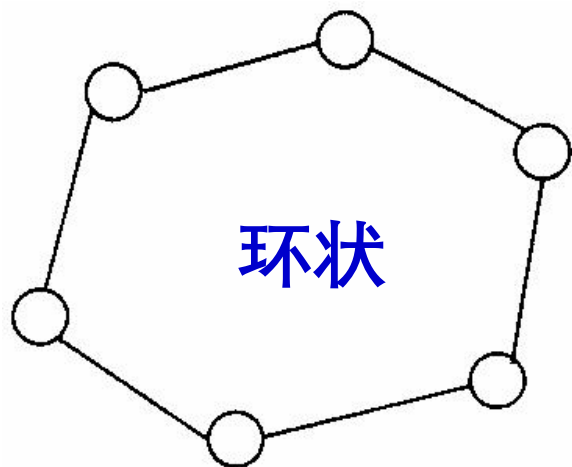
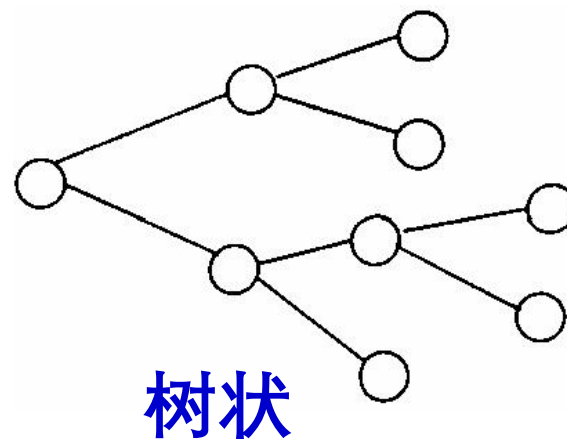
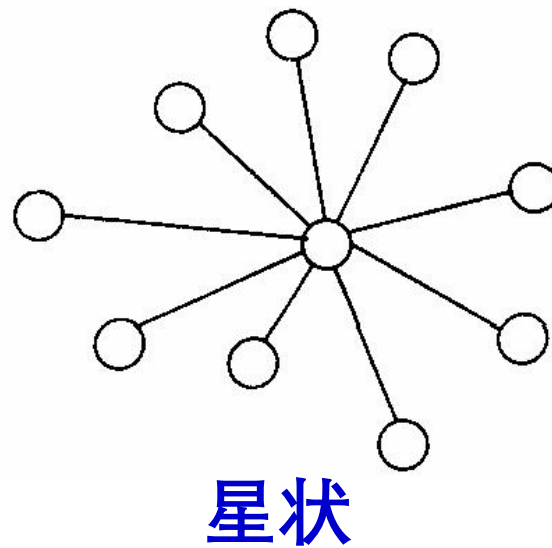
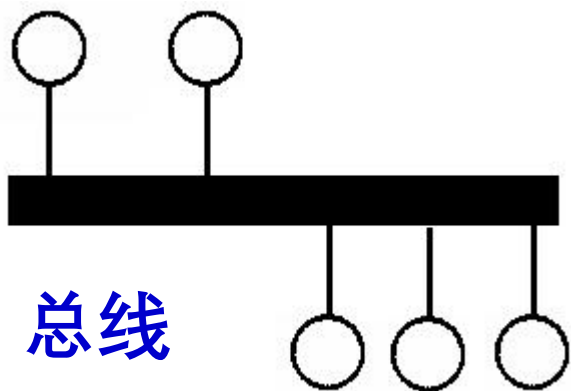
1.7 数据通信网概述--数据通信网

- ❑ 定义：是由分布在各处的数据传输设备、数据交换设备及通信线路等组成的通信网，通过网络协议的支持完成网中各设备之间的数据通信。主要完成数据传输技术与交换任务，并为广域网和城域网提供网络互连技术。
- ❑ 提供“通信子网”资源

1.7 数据通信网概述--数据通信网示意图



1.7 数据通信网概述--数据通信网的拓扑结构



1.7 数据通信网概述—按传输技术分类

(1) 交换网

在交换网中，数据从信源出发经过一系列中间节点传送到信宿。

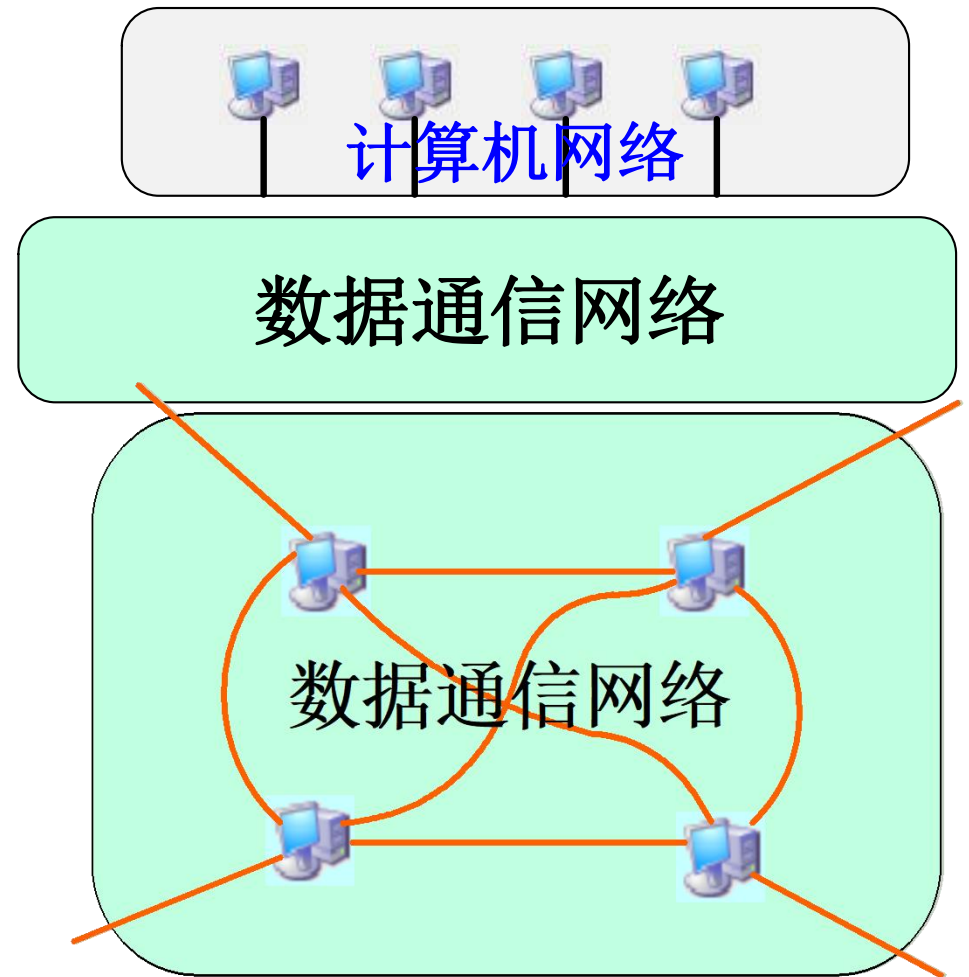
交换网又分为电路交换网和存储—转发交换网两种

(2) 广播网

广播网的特点是从任一数据站发出的信号可被所有的其他数据站接收；
无中间交换节点。

1.8 计算机网络基本概念--数据通信网与计算机网的关系

- 计算机通信网是建立在数据通信网的基础之上的应用型网络。
- 数据通信网离不开计算机系统的支持。有些本身可看作一个特别的计算机网络。但其作用仅限于通信。
- 两者互相支撑。



1.9数据通信技术的标准化组织简介

□ 1. 国际标准化组织 (ISO)

国际标准化组织 (ISO)，成立于1946年，它是国际标准化领域中一个十分重要的组织，主要目的是促进国际间的合作和工业标准的统一。

□ 2. 美国国家标准协会 (ANSI)

美国国家标准协会 (ANSI) 其成员包括制造商、用户和其他相关企业。

1.9数据通信技术的标准化组织简介

□ 3. 国际电信联盟 (ITU)

国际电信联盟 (ITU) 是联合国的一个专门机构, 也是联合国机构中历史最长的一个国际组织, 简称 “国际电联” 或 “电联”。 (ITU-T(通信标准部)前身是CCITT: 国际电报电话咨询委员会)

□ 4. 电子工业学会 (EIA)

电子工业学会 (EIA) 的成员包括电子公司和电信设备制造商, 它也是ANSI的成员。

□ 5. 电气与电子工程师协会 (IEEE)

电气与电子工程师协会 (IEEE) 是世界上最大的专业技术团体, 由计算机和工程学专业人士组成。

1.9数据通信技术的标准化组织简介

□ 6. Internet工程特别任务组 (IETF)

Internet工程特别任务组 (IETF) 是一个国际性团体，其成员包括网络设计者、制造商、研究人员以及所有对Internet的正常运转和持续发展感兴趣的个人或组织。

□ 7. 国家标准和技术协会 (NIST)

国家标准和技术协会 (NIST) 的前身是美国的国家标准局，它是美国商业部属下的一个机构，发布标准以规范联邦政府购买的设备。

作业1

- 1.请探讨：通信系统的基本结构是什么？各自的功能是什么？
- 2.请探讨：信道的作用是什么？信道所存在的问题主要体现在哪四个方面？
- 3.请探讨：模拟通信，数字通信，数据通信区别。
可以从6个方面来对比、区分：
 (1) 从概念定义区分； (2) 信号形式； (3) 传输方式；
 (4) 通信业务方面； (5) 通信模型； (6) 其他方面等。
- 4.请讨论：数据链路作用？

作业2

1.探讨同步传输与异步传输的区别。

2.思考探讨：

- (1) 能否无限增大信号电平数 M 或信道带宽 B ，来提高信道容量 C 呢？
- (2) 香农公式与奈奎斯特定理的关系？

3.完成如下计算：

- (1) 已知信道的带宽为 1200Hz ，系统调制速率为 2400Baud ，用8电平传输，求频带利用率。
- (2) 二进制数据的信息速率为 32Kbit/s ，若改为16进制传输：
 - ①若希望保持信息速率不变，求码元速率；
 - ②若保持码元速率不变，则求信息速率。