

通信网理论基础

北京邮电大学 · 信息与通信工程学院

授课教师: 武穆清

电子信箱: wumuqing@bupt.edu.cn

教材及参考书

- 教材:

= 《通信网理论基础》(修订版)

≡ (普通高等教育“十一五”国家级规划教材)

≡ 作者: 周炯磐教授, 张琳教授

≡ 出版: 人民邮电出版社

- 参考书

= 《通信网——基本概念与主体结构》(影印版)

≡ 原书名: 《Communication Networks ——
Fundamental Concepts and Key Architectures》

≡ 作者: Alberto Leon-Garcia, Indra widjaja

≡ 出版: 清华大学出版社

教材及参考书

- 参考书

= 《通信网性能分析基础》

≡ 作者：苏驷希

≡ 出版：北京邮电大学出版社

= 《通信网基础》

≡ 作者：王承恕

≡ 出版：人民邮电出版社

作业及考试

- 作业

= 每章后面都有作业

≡ 递交手写版

≡ 每次课间都可递交

- 考试

= 闭卷

≡ 百分制

≡ 四个班统一考试

课程内容介绍

第一章 引论

通信系统和通信网的种类和基本要求

第二章 通信网的组成要素

通信系统和网络的构成部件、功能、特性

第三章 通信网的结构

图论基础，最短径、最大流、最佳流算法

第四章 网内业务分析

排队论基础，业务模型与分析，网络效率

第五章 通信网的可靠性

可靠性理论，系统可靠性，网络可靠性

第一章 引论

1.1 通信的概念

- 通信：信息的传递和交换
 - = 传递：克服时间和空间的限制
 - = 交换：使有关受体获得信息

- 信息需要表达
 - = 且有多种表达形式（记号，信号，编码）

信息的表达形式 (1)

= 语言

≡ 用于某一时间、某一小的空域人与人之间的交流

△ 最初，只是用于信息表达

△ 不能用于信息记录，即不能沿时间轴纵向传播

△ 自然语言克服时间和空间限制的能力是很弱的

≡ 录音技术使得语言也可以用于沿时间轴传播

△ 即用于信息记录，留给后人

△ 录音是记录这种信息表达的一项技术

≡ 扩音技术增强了语言克服空间限制的能力

≡ 通信技术大幅度增强了语言克服空间限制的能力

信息的表达形式 (2)

= 文字

≡既可以用于记录信息

≡也可以用于传递信息

≡集表达和记录于一身

信息的表达形式 (3)

= 编码

≡烽火台

≡手语：哑语，警用交通指挥手语，

≡旗语：船用旗语

≡灯语：船用灯语，交通灯，汽车尾灯，...

≡莫尔斯电报编码

莫尔斯电报编码

International Morse Code

1. A dash is equal to three dots.
2. The space between parts of the same letter is equal to one dot.
3. The space between two letters is equal to three dots.
4. The space between two words is equal to seven dots.

A • —
 B — • • •
 C — • — •
 D — • •
 E •
 F • • — •
 G — — •
 H • • • •
 I • •
 J • — — —
 K — • —
 L • — • •
 M — —
 N — •
 O — — —
 P • — — •
 Q — — • —
 R • — •
 S • • •
 T —

U • • —
 V • • • —
 W • — —
 X — • • —
 Y — • — —
 Z — — • •

1 • — — — —
 2 • • — — —
 3 • • • — —
 4 • • • • —
 5 • • • • •
 6 — • • • •
 7 — — • • •
 8 — — — • •
 9 — — — — •
 0 — — — — —

信息的表达形式（4）

= 照片，影片

≡主要用于静止和活动图像信息的记录

≡也可用于静止和活动图像信息的表达

= 今后对信息的表达方式还会有所发展，有所突破

≡嗅觉信息的表达与记录

≡触觉信息的表达与记录

1.2 通信系统与网络

- 通信系统:

= 将一个用户的信息传送到另一个用户的全部设施

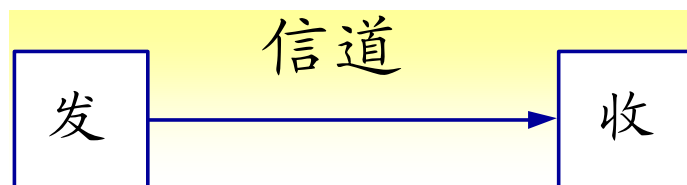
≡ 单工通信系统

△ 如: 无线电广播, 电视

= 发端机: 把信源信息转换成可在信道上传送的信号

= 信 道: 传输信号所需的线路及其附属设备

= 收端机: 把信号恢复成用户所需的信息

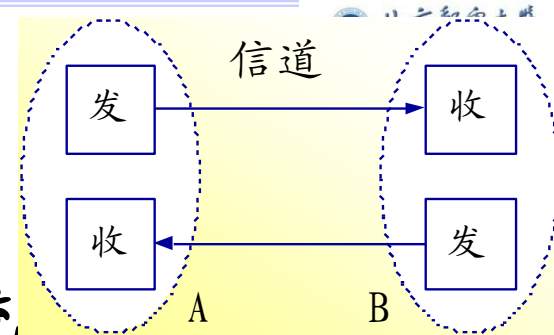


- 双工通信系统（如电话）

= 用户A与用户B之间

= 有一套从A到B的独立正向通信系统

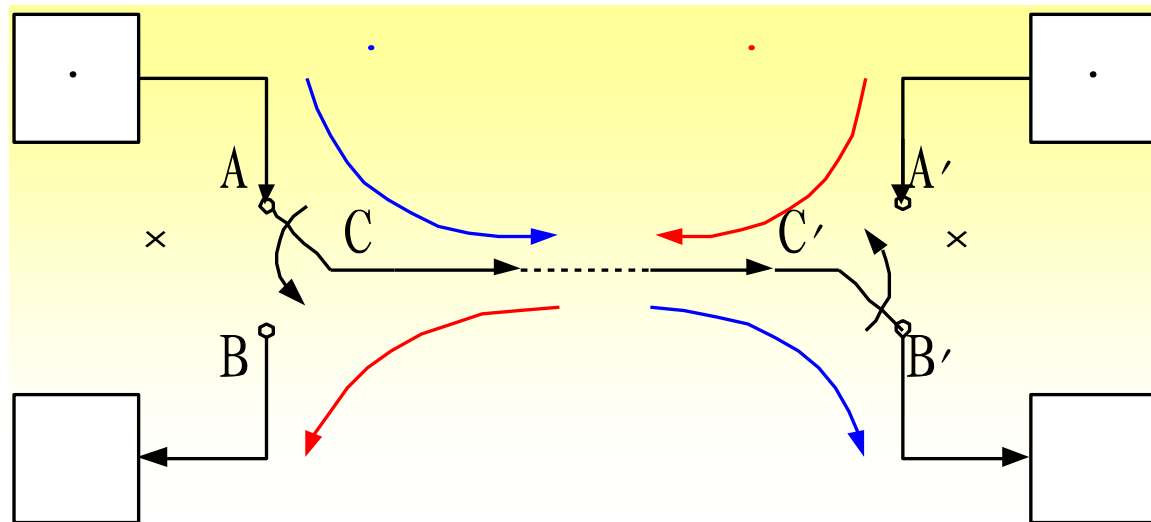
= 还有一套从B到A的独立反向通信系统



- 半双工通信系统（如步话机）

= 用户A与用户B之间收、发端机各有一套

= 信道只有一条，正向通信与反向通信分时共用



- 通信网络

= 通信网络是通信系统的系统

= 当几个用户要两两之间相互通信时

= 就需要一个通信网络

= 最简单的方法就是构成一个全联结网

≡ 即建立 $n(n-1)$ 个通信系统

≡ 或 $n(n-1)/2$ 个双工或半双工通信系统

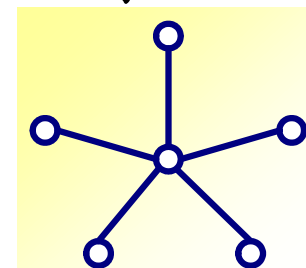
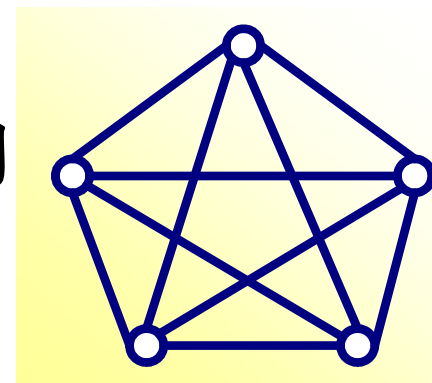
≡ 但成本最高，资源利用率最低，浪费最大

= 当然还有许多其它的方法来构成更经济、更高效的各式各样的通信网

≡ 如电路转接、信息转接、多址随机接入等方法

≡ 可以把各段信道有机地结合起来

≡ 使几个用户之间可以相互传递信息



- 通信网问题

≡ 指带有综合性和整体性的问题

≡ 不涉及具体的通信设备

= 整体性问题

≡ 将指导部件、设备的发展方向

≡ 以便更好地组成合理的通信网

= 网络结构优化和规划理论

≡ 比依据人的经验进行设计会有较大的节约

= 业务量的随机性分析与优化控制理论

≡ 将导致更有效地使用信道和设备

= 可靠性理论

≡ 会使通信网的运行更趋稳定

≡ 在有限地增加投资的情况下

△ 通信的中断率可大量地减小

1.3 通信网类型

- 依通信的内容来分

≡ 电话网

≡ 电报和电传网

≡ 传真网

≡ 广播电视网

≡ 计算机网

= 问题：不同的网络，往往不能相互调节

≡ 即当某种网络的业务溢出时，无法利用另一类网络

≡ 因为，各网所传送的信息不同

△ 对网内信道等设施的要求不同

△ 许多通信规程也不同

— 依通信范围来分

≡ 局部网、市内网（本地网）、国内网、国际网

≡ 或：专用网、公用网

≡ 或：固定网、移动网

= 问题：

≡ 各种局部网、各个国内网有可能采用不同的制式，不同的标准

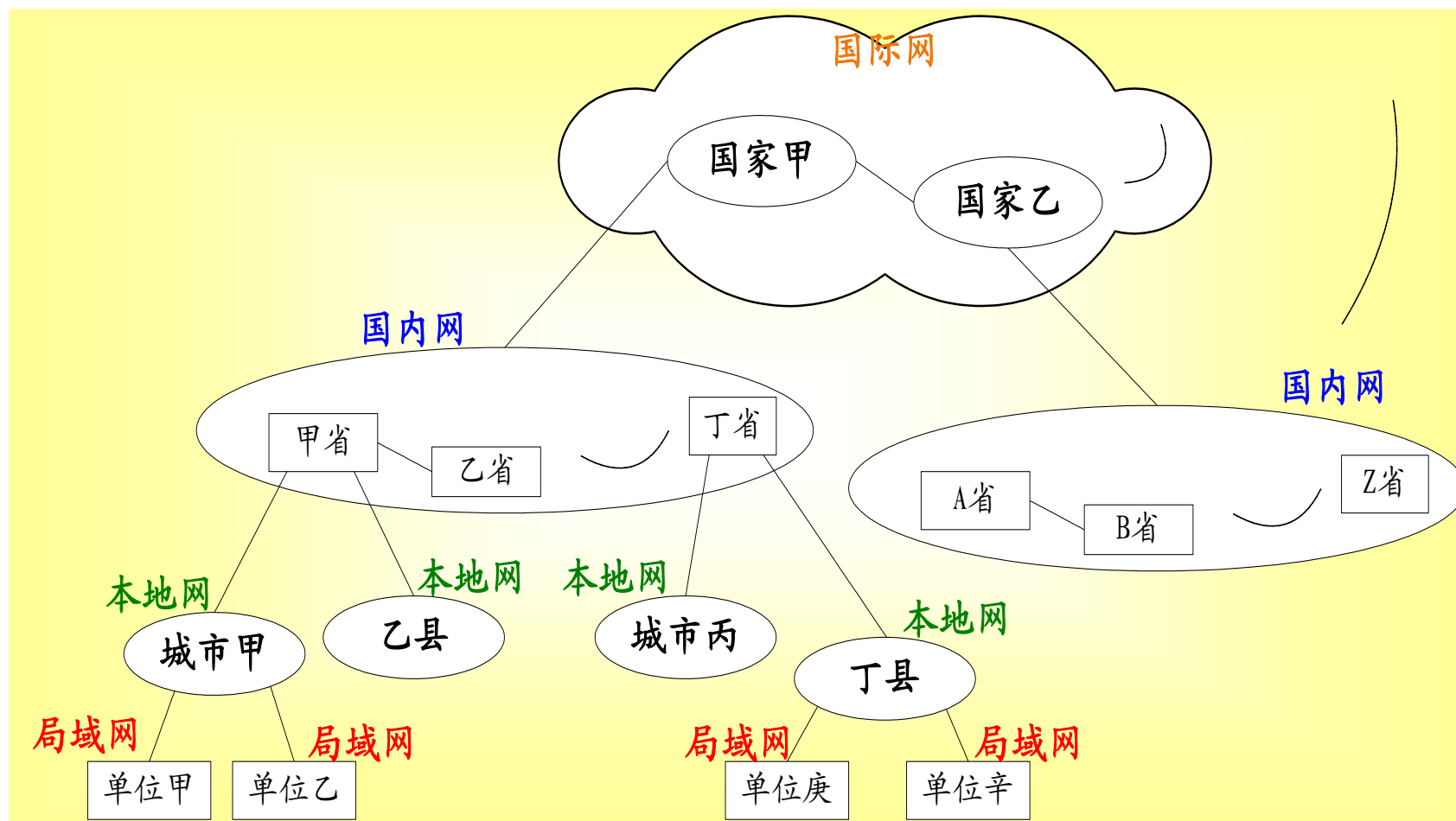
≡ 因此互联时也会出现问题

△ 如数字电话网中的A律/u律标准、E1/T1制式等

△ 电视网络中的NTSC制式，PAL制式，SECAM制式等

△ 移动网中的GSM标准，CDMA标准，CDMA2000标准，WCDMA标准，TD-SCDMA标准等等

= 按通信范围划分的电话网结构



- 依信道来分:

= 粗略分: 有线网、无线网

= 细致分: 电缆网、光缆网、长波网、短波网、
微波中继网、卫星网等

- 从通信网的发展来看

= (1) 驿站通信网：官方奏折，书信

= (2) 邮政通信网：书信，货物

= (3) 电信网：

≡ 电报网：发展：人工转报 → 自动转报

特点：集通信和记录于一身



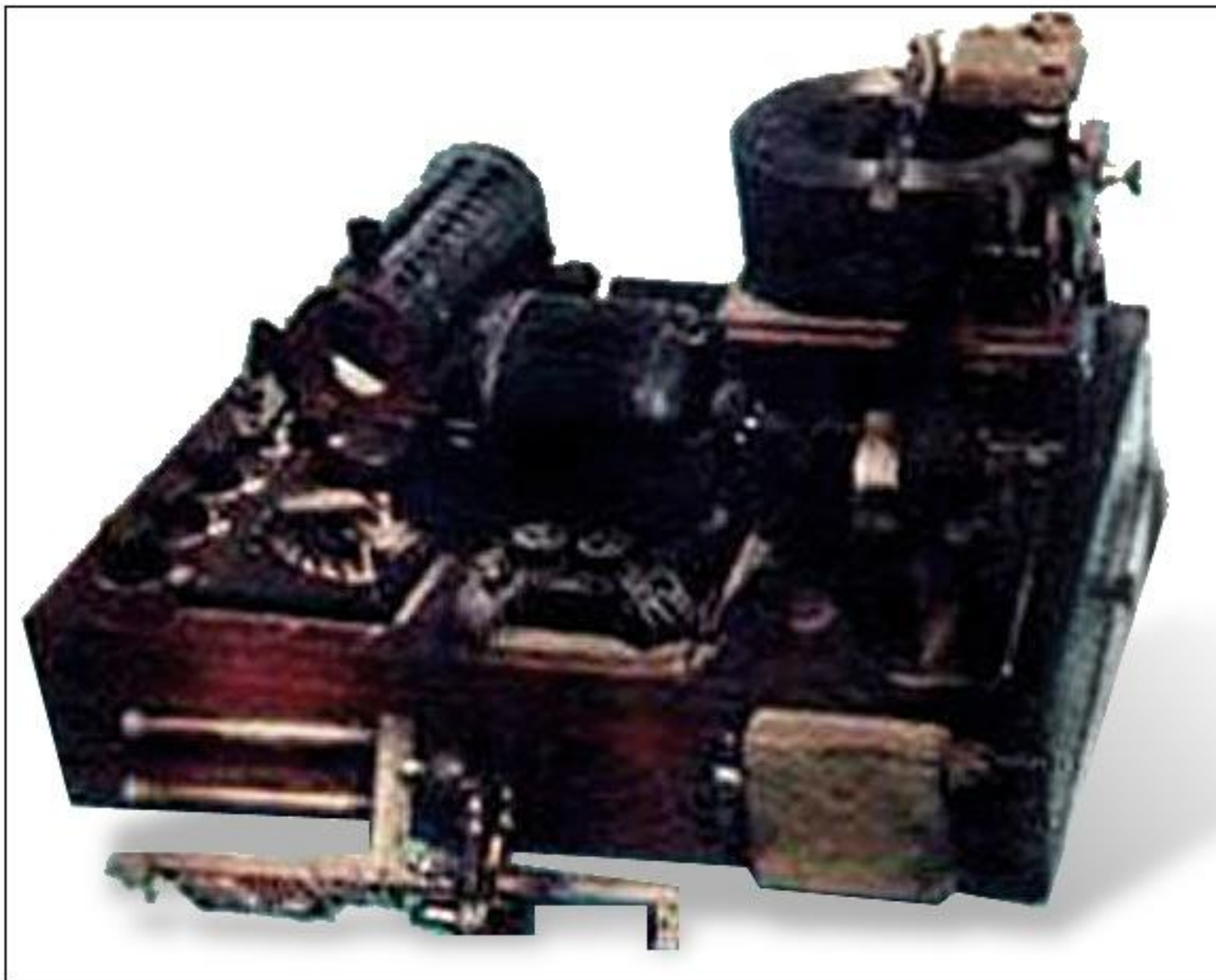
50年代103型
自动收报机



国产 BD477型电子电传机



50年代德国产51
型电传打字机



莫尔斯自动电报机



■ 莫尔斯式继电器人工电报机

莫尔斯继电器式人工电报机



莫尔斯自动键盘机



早期电报房



电报局中央机房



载波电报机机房

= (3) 电信网:

≡ 电话网:

△ 人工交换时代:

磁石电话

人工交换台

△ 自动交换时代:

步进制交换机

纵横制交换机

模拟程控交换机

数字程控交换机



40年代二十门
磁石交换机



全市最后的磁石电话设备于1992年拆除



清末民初磁石
电话墙机

人工交换机



2010.03.21 18:53

人工交换机



2010.03.21 18:52

人工交换机



2010.03.21 18:51



中国最后一部
手摇电话
于2004年7月
在西藏退役

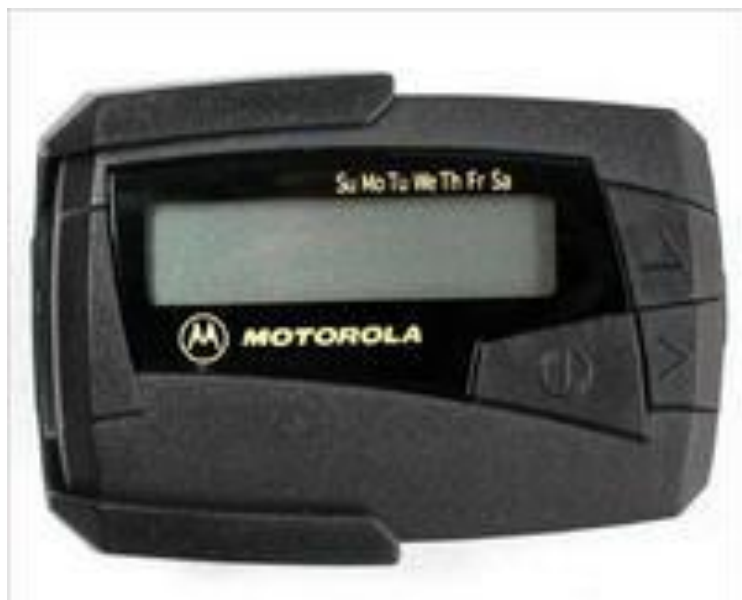
- ≡ 传真网：一类传真机 → 二类 → 三类 → 四类传真机
- ≡ 数据网：分组交换网 → 帧中继FR → 数字数据网DDN
- ≡ 寻呼网：西文 → 汉字，本地网 → 全国联网
- ≡ 移动电话网：模拟 → 数字 → CDMA → LTE
 - △ 频分多址FDMA → 时分多址TDMA → 码分多址CDMA
- ≡ 综合业务数字网：电话综合数字网IDN → N_ISDN
- ≡ 宽带综合业务数字网
- ≡ 智能网

= (4) 广播电视网：

- ≡ 广播：调幅广播AM → 调频广播FM → 全波段广播
- ≡ 电视：黑白电视 → 彩色电视 → 有线电视 →
 - △ 电视网的双向通信（通过机顶盒） →
 - △ 数字电视 → 高清晰度电视 → 数字高清晰度电视



综合业务通信网



寻呼机



寻呼机机房

= (5) 计算机通信网:

≡ 研究试验阶段

△ 计算机通信网的发展几乎与计算机的发展一同起步

- 早在第一代电子管计算机发展时期就在军事领域开始了

△ 1960年计算机通信技术从军用 → 民用，从此，

- 计算机通信技术蓬勃发展，很多大学有自己的通信规程

△ 里程碑：1968年美国国防部高级研究计划局（ARPA）

- 提出了ARPANET的概念

≡ 广泛应用阶段

△ 自七十年代中期，一些主要的计算机厂家提出了自己的计算机网络体系结构，有力推动了计算机网步入广泛应用阶段

△ 微处理器潮水般地涌向社会

- 各种各样的智能终端、智能通信设备(多功能电话机，智能传真机)、智能办公机器(智能复印机)、个人计算机、多用户的微型机、分布式计算机系统等等大量涌现

- 促进了局域网的发展

△ 广域网WAN的发展使计算机通信的覆盖范围不断扩大

△ 局域网LAN的发展使计算机通信的覆盖密度不断扩大

≡ 互联网阶段

1.4 对通信网的要求

- 通信的可靠性

= 一个不可靠或经常中断的网是不能用的

= 不可靠性包含:

≡ 通路中某些物理环节发生物理性故障，致使丧失原有功能，引起长时间接不通

≡ 由于系统受到某种干扰，使通信内容发生错误

≡ 由于过载而使网络拥塞，使网络处于不可用状态

= 可靠性

≡ 绝对可靠的网络是没有的

≡ 所谓可靠是概率意义上平均故障间隔时间，或平均运行率，或信噪比，或信息差错率能达到要求

≡ 有时，呼损也常被作为可靠性来处理

≡ 通信的安全性，也可作为可靠性要求的一种内容

- 通信的时效性

- = 通信系统必须在用户可接受的时间范围内完成信息传递
- = 通信的时效性是由信息的时效性决定的
- = 可靠性与时效性可相互转化

- 转接的任意性

- = 网内任意两个用户可以互通信息
- = 如果网中的某些用户不能与其它用户通信
 - ≡ 则这些用户不能称为属于这个网
- = 任意转接还包括快速接通的含义
 - ≡ 如果接通需要花费很长时间
 - ≡ 则对某些情况来说，这种接通也是无效的

- 信息的透明性

= 就是所有信息都可以在网内传递，不加任何限制

≡ 就像透明物体中能通过任何波长的可见光一样

= 信息的透明性要求网络对用户不应有太多的要求

≡ 如，数据通信中，

△ 需从线路信号中提取时钟信息，以保证比特同步

△ 当信息流中有过多的连“0”或连“1”时，就会影响时钟的提取

△ 如果对用户提出这种要求，则网络对信息的透明性就不好了

≡ 再如：电话通信网中，

△ 含有A/μ转换器，回声抑制器，语音插空与信道复用设备等

△ 如果对用户提出“与美日等国通信时需使用μ率电话机”，则网络对信息的透明性就不好了

= 透明性良好的网络对用户不作任何限制，

≡ 任何信息均可畅通无阻

≡ 理想的网络应当允许用户传送语音、图像和数据等

- 质量的一致性

= 质量指标对通信系统是非常重要的

≡ 质量不符合要求，会使通信失去意义

= 网内任何两个用户，不论他们距离的远近

≡ 都应有相同或相仿的质量

= 当然质量的一致性并不是说质量完全相同

≡ 这是不可能的，也是不必要的

≡ 而是指规定最低的质量指标

≡ 要求所有网内通信都高于这个指标

- 结构的灵活性（简单性，可扩充性）
 - = 通信网的建设总是逐步扩大的
 - ≡ 密度和覆盖面积都是如此
 - = 如果一个网络一旦建成后，不再容许新用户进网
 - ≡ 也不能再与其它网络互联，这是很不理想的
 - ≡ 严重限制了网络的发展

- 对新业务的适应性
 - = 通信网中业务的建设也是逐步扩大的
 - = 电话网对新业务的适应性就不好
 - ≡ 能部分适应传真业务，但速率太低
 - ≡ 能部分适应数据业务，但速率低、设备利用率低
 - △ 最终导致分组数据网的产生
 - ≡ 完全不能适应图像业务

- 经济上的合理性

= 如果网络的造价十分高，维修费用非常大

≡ 最终导致成本极高，则再好的网络也无法运转

△ 如：“铱”星移动系统

= 这种经济上合理性的要求是最复杂的

≡ 因为它已不仅仅是技术问题

≡ 这种合理性与技术、经济发展水平有关

≡ 还与用户的需求有关

= 通常一个网络的建设要分阶段进行

≡ 目的：要达到最大经济效益

≡ 每一阶段建多大容量，与需求预测有关

≡ 建多了，会使设备闲置，造成浪费；

≡ 建少了，不能满足要求，丧失产生良好效益的机会

≡ 这些在经济上都是不合理的

- 通信的安全性

= 保证通信内容不会被未授权者所获取，或被人破秘而窃取。

= 信息的价值愈来愈被人们所重视

≡ 尤其是军事信息、经济信息、技术信息

(本章结束)