

通信网理论基础

第二章 通信网的组成要素

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

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

第二章 通信网的组成要素

2.1 概述

- 通信网的构成:

= 硬件:

≡ 终端系统, 亦即用户系统

≡ 交换系统: 交换机, 路由器

≡ 传输系统: 局间的长途传输

= 软件:

≡ 信令: 用户信令, 局间信令

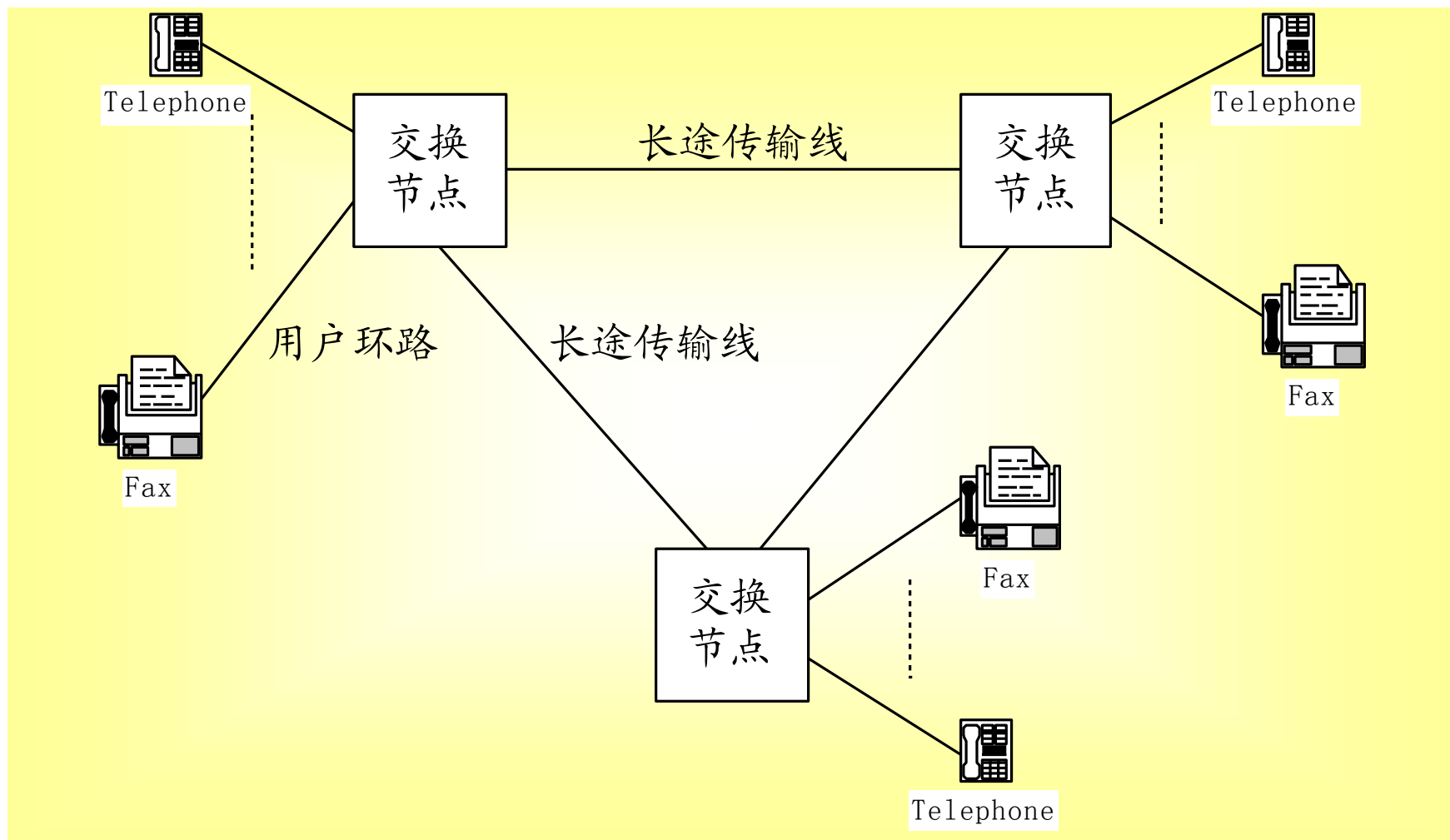
≡ 协议: 互联网协议 (IP), 传输控制协议 (TCP) ...

≡ 标准: 语音编码标准A律/u律

△ 传输系统标准: E1, E2, E3, E4, E5 / T1, T2, T3, T4

△ 图像编码标准, 数据编码标准,

- 通信网的构成图



△ 目前：交换系统和传输系统均已数字化

△ 只有用户系统还是模拟与数字混合的，尚未完全数字化

- 通信网的构成图

≡ 长途程控交换机



2.2 用户终端及用户环路

- 用户终端设备的功能:

= 使待传送的信息与在信道上传送的信号之间相互转换

≡ 1. 使原始信息与电信号之间相互转换

≡ 2. 使原始信息的电信号与信道信号之间相互转换

- 用户终端设备的构成:

= 传感器, 发送机, 接收机, 信令

- 传感器: 是终端设备的终端部分

= 语声传感器: 将语声信号转换为电信号

≡ 炭精话筒: 逼真度和频响均不甚理想, 仅用于电话

= 耳机或音箱: 将电信号转换为语音信号

- 传感器：（2）

= 图像传感器：

≡ 滚筒式感光扫描仪：用于传真机，速度较慢

≡ 电子扫描仪：用于可视电话、电视等，速度稍快

≡ 光敏电子耦合阵列成像仪：

≡ 红外热敏耦合阵列成像仪：

= 温度传感器

= 湿度传感器

= 压力传感器

= 速度传感器

= 烟雾传感器

= 眼球位置传感器

- 用户终端上的信令:
 - = 使用户终端能进网
 - = 并与网内其它用户联系
 - ≡ 其中包括:
 - △ 选择被叫用户的寻址信号
 - △ 控制电路接通与断开的控制信号
 - △ 辨别状态和表示状态的联系信号

— 用户环路（又称用户系统）

≡ 线路

≡ 双绞线

△ 芯线：铜芯线， 铝芯线

△ 线径：0.4， 0.5， 0.6， 0.7毫米

• 其中0.5， 0.7毫米用得最多， 长用户线使用0.7mm线

△ 衰减： $f = 800$ 赫兹， 20℃时

线径 mm	0.4	0.5	0.6	0.7
衰减 dB/km	1.67	1.33	0.973	0.834

≡ 长度：

△ 通常：2~4公里

△ 一般：< 7公里

△ 个别有到9公里的

≡ 供电：集中供电， - 48伏

≡ 带宽：一路模拟话音信号



三类100对非屏蔽双绞线

= 用户线信令

= 用户环路的发展(1)

△ 用户线系统相当庞大，成本很高

- 用户线成本 = (交换机 + 用户终端) 的成本 × 4
- 所以，不能轻易抛弃原有的用户环路

≡ 用户环路的数字化改造

△ 在二线用户线上实现全双工数字传输2B+D信号(160kb/s)

- 回波消除方式 (EC)
- 乒乓方式 (TCM: 时间压缩调制)

△ 采用ISDN用户线信令: DSS1 (数字用户信令第一号)

- 这是一种共路信令系统
- 由消息组成

二 用户环路的发展(2)

≡ 用户环路的宽带数字化改造:

△ HDSL技术: 高比特率数字用户环路

△ High bit rate Digital Subscriber Loop

△ 可将二线用户线的频带拓宽至: 2.048Mb/s,
1.544Mb/s

△ 可用于PCM一次群E1 / T1的接入

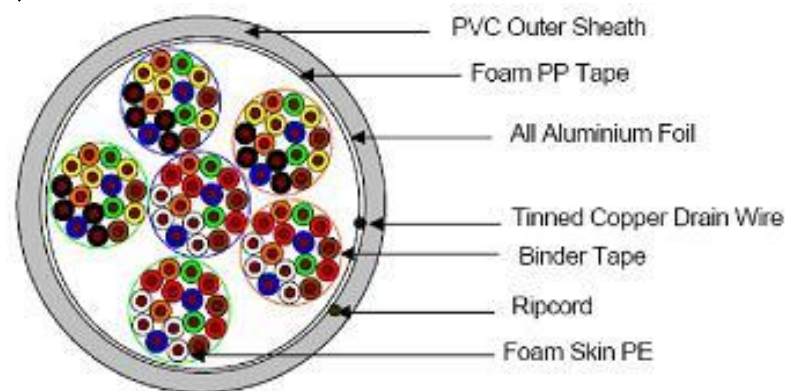
△ 通过两对双绞线实现双向通信

△ 上、下行是对称的, 即带宽相同

△ 有效传输距离: 5公里

△ 适用于连接:

- 小交换机、局域网、
- 校园网、
- 互联网业务提供商



24-26AWG-宽带综合业务
数字网络通信电缆 11

= 用户环路的最新发展(3)

≡ 用户环路的宽带数字化改造:

△ ADSL技术: 非对称数字用户环路

- 可将二线用户线的传信率拓展至: 8Mb/s

△ 下行: 1.5 ~ 8 Mb/s

△ 上行: 16 ~ 640 Kb/s

- 保证传输距离: 4公里
- 可用于多媒体业务的用户接入

- ADSL2: 第二版非对称数字用户环路 (G.992.3)

△ 传信率拓展至: 12Mb/s

△ 频 带拓展至: 1.1MHz

- ADSL2+: 第二+版非对称数字用户环路 (G.992.5)

△ 传信率拓展至: 24Mb/s

△ 频 带拓展至: 2.2MHz

≡ 用户环路的最新发展(4)

≡ 用户环路的宽带数字化改造:

△ VDSL技术: 甚高比特率数字用户环路

- **Very high bit rate Digital Subscriber Loop**
- 可将二线用户线的传信率拓展至: **50Mb/s**
 - △ 下行: **13 ~ 52 Mb/s**
 - △ 上行: **1.5~ 2.3 Mb/s**
- 传输距离不超过: **1.5公里**
- 主要适用于: 视频业务接入、多媒体业务接入

≡ 2013年我国已经开始光纤到户的进程了

△ 即用户环路光纤化

二 用户环路的最新发展(5)

≡ 无线用户环路:

△ 无线终端:

- 设置在用户家中
- 将电话、数据终端、传真机等与之相连
- 将原信号调制成无线信号发射出去

△ 无线基站:

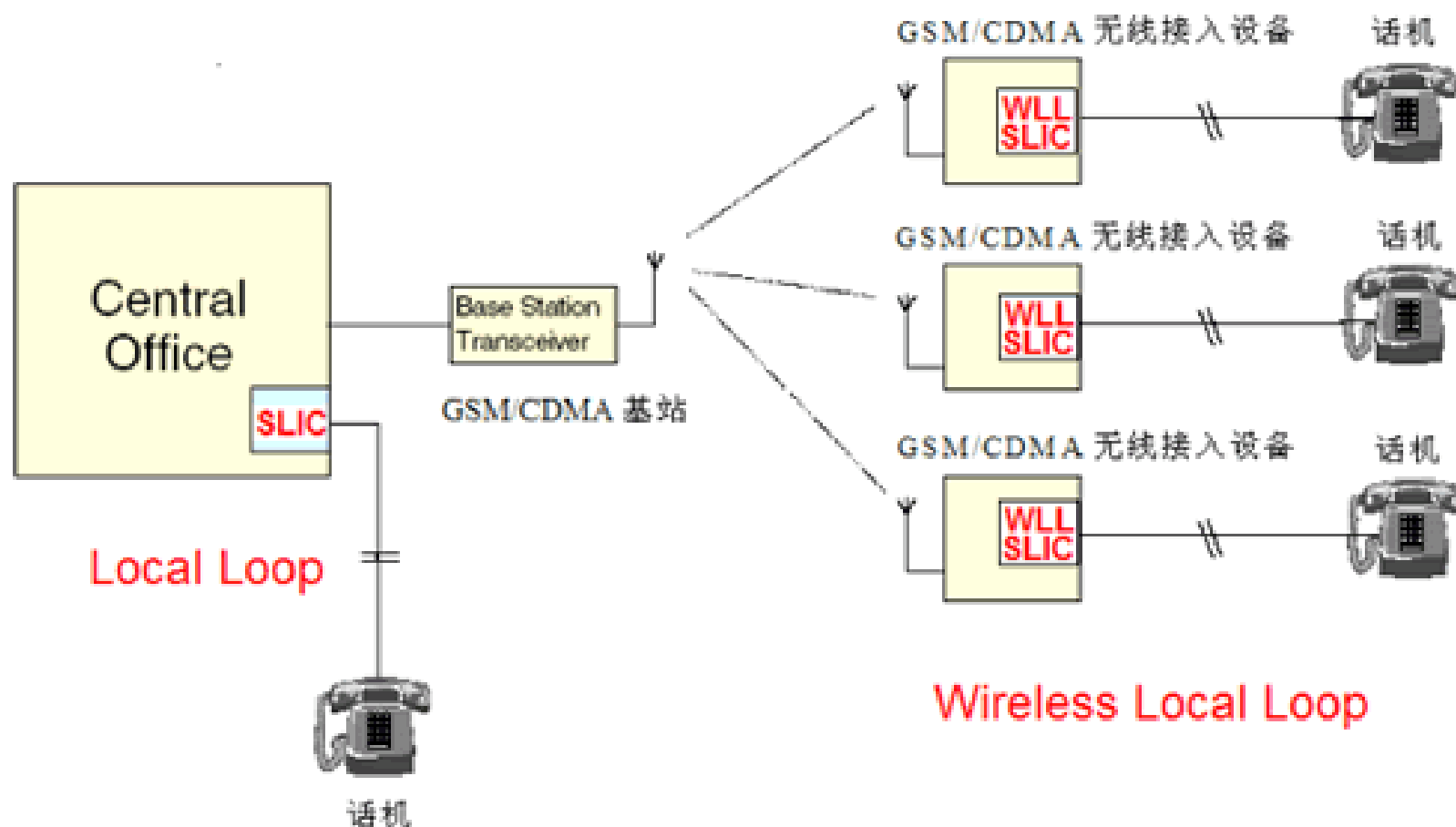
- 接收无线终端发出的无线信号
- 通过标准的二线、2 Mb/s或V5.2接口与电话交换机相连
- 覆盖范围: 2~50公里

△ 适用于:

- 农村、远郊区、高原、草原、沙漠、近海岛屿

用户环路的最新发展(6)

无线用户环路结构示意图



图一 WLL(无线本地环路) 应用框图

2.3 信道

- 信息的传输通道

= 在电信网中称为传输线路

= 它是电磁波的传播途径

= 当电磁波携带含有信息的一个信号时，就构成一条信道

= 一条传输线路上可以形成多条信道

= 电磁波的传播方式有：无界传播、导引传播

≡ 无界传播：在自由空间中传播

△ 通过天线发射而向外传播

△ 在接收天线处接收下来

△ 这类信道称为无线信道

≡ 导引传播：沿导体传播，这类信道称为有线信道

- 信道的分类 (1)

= 按媒体分

≡ 有线信道:

△ 架空明线

△ 对称电缆

△ 同轴电缆

△ 光缆

≡ 无线信道:

△ 地波信道 (长波信道)

△ 短波电离层反射信道

△ 微波视距传播信道

△ 人造卫星中继信道

△ 各种散射信道 (流星余迹, 超短波对流层散射)

- 信道的分类 (2)

= 按参数分

≡ 恒参信道

△ 恒定参数信道

△ 对信号传输的影响是确定的或变化是及其缓慢的

△ 可等效为一个非时变系统

△ 如：架空明线，电缆，光缆，中长波地波传输信道，微波视距传输信道

≡ 随参信道

△ 随机参数信道（变参信道）

△ 对信号传输的影响是不确定的，随机的，随时间变化很快的

△ 对信号的衰耗、延迟等也是随时间变化的

△ 有多径传播现象

△ 如：短波电离层反射信道，超短波流星余迹散射信道，超短波对流层散射信道，超短波超视距绕射信道，超短波及微波对流层散射信道

- 信道的分类 (3)

= 按信号分

≡ 模拟信道:

△ 载波传输信道

△ 模拟微波信道

≡ 数字信道:

△ PCM传输信道

△ 数字微波信道

2.4 交换设备

- 引言

= 端机和信道构成点对点的通信系统

≡ 要把点对点的通信系统组成通信网，就必须有交换设备

= 信息交换设备有三种技术方式：

≡ 电路转接（电路交换）

△ 人工交换、步进制交换技术

△ 纵横制交换、程控制交换技术

≡ 信息转接（存储转发）

△ 报文交换、分组交换

△ 帧交换、信元交换

≡ 多址接入

△ 信道化多址接入、随机多址接入



- 电路转接

= 在电路转接通信网中，转接任务是由局或站来完成的

≡ 通常每个局覆盖若干个用户

≡ 各局之间用中继线联结

= 每个局通常能完成三种转接任务：

≡ 局内用户间的转接

≡ 本局用户与它局用户间的转接

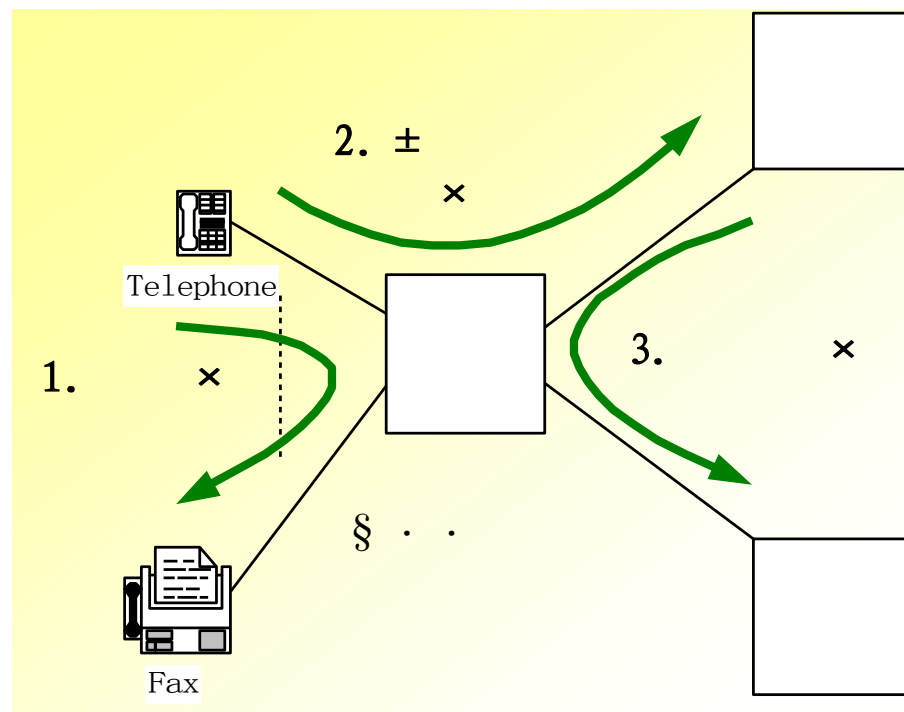
≡ 它局用户之间的转接

= 每个局还应完成：

≡ 信令应答

≡ 监视

≡ 计费 等管理性任务



= 电路转接设备 (1)

≡ 人工交换机

△ 使用磁石话机 (摇把话机)

△ 接线员使用绳路

△ 接续过程:

- 主叫摇把
- 接线台上塞孔的小门打开
- 接线员把耳机话筒插入塞孔, 询问用户
- 用绳路接通主、被叫
- 挂机时用户摇把, 接线员便知道用户挂机, 于是拆线



早期的人工电话交换机。它能为50家电话用户提供服务



我国生产的第一部
手摇磁石电话机

= 电路转接设备 (2)

≡ 步进制交换机

△ 发明人：美国人史端乔

- 一家殡仪馆老板，
- 因接线员办事不公，
- 发誓使其自动化

△ 直接控制方式

- 依靠拨号脉冲，
- 完成接线器动作

△ 间接控制方式

- 旋转制和升降制 交换机
- 用户拨号由记发器接收
- 由译码器翻译成电码来控制接线器动作

△ 特点：

- 全过程自动完成
- 噪音巨大



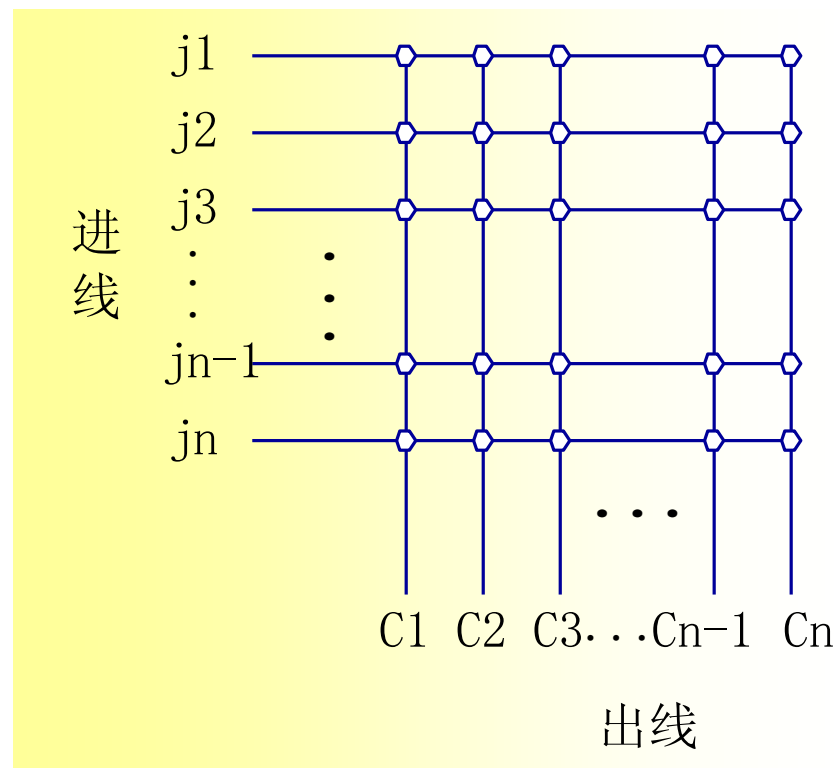
我国二十世纪七十年代
某电话局的步进制
电话交换机房

= 电路转接设备 (3)

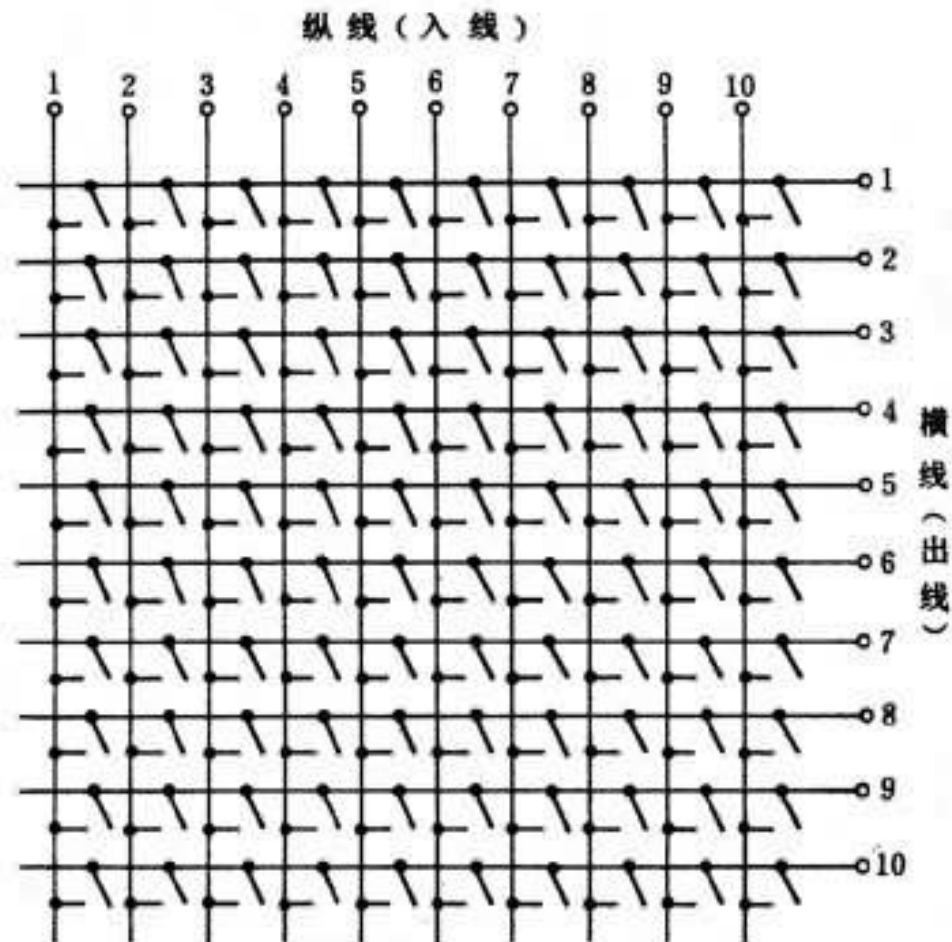
≡ 纵横制交换机

- △ 1919年瑞典人发明了“纵横接线器”
- △ 1926年在瑞典开通了纵横制交换机
- △ 我国于1957年开始研制纵横制电话交换机
- △ 特点:

- 纵横制接线器采用压接触方式, 减少磨损, 提高了可靠性
- 采用“公共控制”方式: 即把控制部分与话路分开
- 交换机的控制由“标志器”和“记发器”来完成
- 公共控制对拨号号盘要求低, 中继布局灵活性大交换机



纵横接线器交叉点示意图



纵横接线器





纵横制交换机机房
1960年在上海吴淞建成国内
第一个纵横制电话交换机
试验局



纵横制交换机机架
1976年在北京建成编码制
电话交换试验局

= 电路转接设备 (4)

≡ 程控交换机

△ 从交换方式上可分为：空分交换机

- 时分交换机

△ 从信息形式上可分为：

- 模拟交换机： 对模拟信号进行交换
包括：机电式交换机、空分交换机、PAM时分交换机
- 数字交换机： 对数字信号进行交换
这里数字信号是指经过编码的：PCM、 ΔM 等信号

△ 从控制方式上可分为：

- 布线逻辑控制交换机（布控交换机）
所有控制逻辑用机电与电子元件做在印刷板上
通过机架的布线做成。亦即全部由硬件来完成。
- 存储程序控制交换机（程控交换机）
由程序来分析号码，实现控制
实质上是数字电子计算机控制的交换机

- 信息转接

= 信息转接又称**存储转发**

= 信息转接适用于:

≡ 实时性要求不高的业务

≡ 同时能够提供准确性要求很高的业务

= 信息转接的具体应用形式有:

≡ **报文交换**: 用户信息组成一个报文, 可以很长

≡ **分组交换 (X.25)**: 用户信息分为一定长度的若干包

△ 包长不固定, 但不超过1500字节

≡ **帧交换 (FR)**: 简化了X.25的检错、纠错、拥塞控制

≡ **信元交换 (ATM)**: 包长固定

= 分组交换已成为计算机相互通信的主要方式

≡ 信元交换 (ATM) 也在电信网中有较为广泛的应用

≡ 如在电信骨干网中ATM已得到广泛应用

- 多址接入 (MA) (1)

= 这是一种没有交换节点的交换系统，有两大类

= 信道化的多址接入系统——SPADE系统

≡ 可按需分配

≡ 也可固定分配

≡ 所有N个用户通过线路连接起来

△ 每个用户有一个地址

△ 线路上有 $N(N-1)/2$ 个双向信道

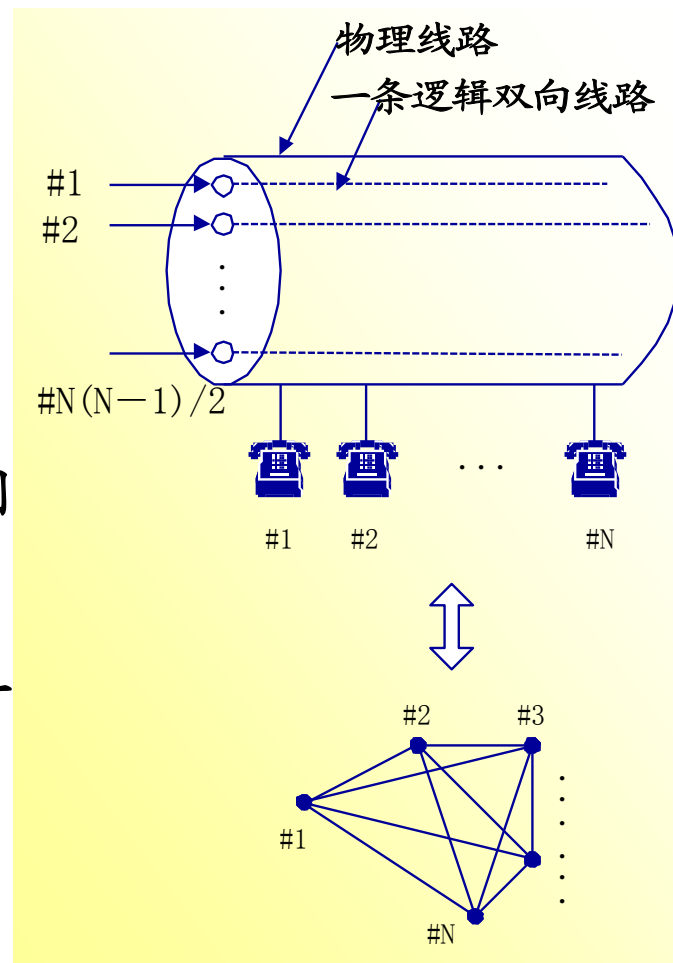
△ 预先分配好，使任意两个用户之间有一条双向信道

△ 于是形成一个全联结网

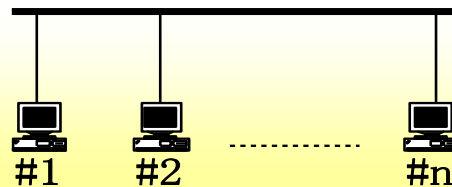
≡ 任一用户要与另一个用户通信时

△ 只要选择相应的信道即可

≡ 通常用于卫星通信网



- 多址接入 (MA) (2)



= 随机接入的多址接入系统--ALOHA系统

≡ 专为计算机通信而设计, 最开始用的是无线信道

≡ 一台主机和多个用户通过总线连接起来

△ 只有一个信道, 称为**总线**, 所以也称这种网络为**总线网**

△ 主机通过总线可以把信息传给网内的所有用户

- 用地址表明信息给哪个用户

△ 各用户 (即计算机终端) 均可收到主机发来的信息

- 通过地址来判断信息是否属于自己

≡ 当用户向主机发送信息时, 可随时向信道发送信息

△ 主机收到后会应答

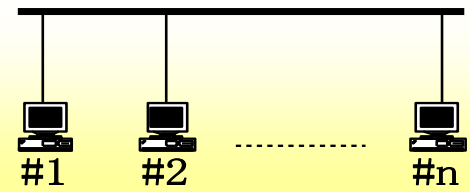
△ 由于总线上有多个终端, 所以此时会发生碰撞

△ 碰撞后, 两个 (或两个以上) 用户发送的信息都被破坏

- 主机无法应答, 各终端也就收不到应答

- 隔一随机时间段后, 再重发, 直至主机应答为止

≡ 这种方式的缺点是: 由于碰撞, 信道利用率很低



- 多址接入 (MA) (3)

≡ 采用监听的ALOHA系统--CSMA: 载波监听多址接入

△ 各用户在发送信息前, 首先监听一下

- 看是否有其他用户正在使用信道

≡ 采用监听并能检测碰撞的ALOHA系统

- **CSMA-CD: Carrier Sensing Multiple Access-Collision Detection**

≡ 采用监听并具有冲突解决能力的ALOHA系统

- **CSMA-CR: Carrier Sense Multiple Access-Collision Resolution**

- 多址接入 (MA) (4)

= 注意：所有改进信道利用率的方法

≡ 都是以加入控制信息为代价的

≡ 即：控制越复杂，终端和交换设备也越复杂

△ 信道利用率也就越高

△ 甚至：为了完全消除碰撞，也有采用中央控制的申请制的。

- 这已经类似于转接站的方式了
- 只是结构上还是多址的

= 随机接入的多址网常用于局部网络

2.5 通信网的约定

- 引言 (1)

= 有了端机、信道和交换设备

≡ 从装备来说, 已能完成用户之间的通信了

≡ 但要使通信网顺利地运转, 要使信息顺畅地流通

△ 则还不够, 还需要一些约定

= 终端设备除了硬件之外

≡ 还要有软件, 要有用户信令, 要有设备标准

= 网络设备除了硬件之外

≡ 也要有软件, 要有网间信令, 要有接口标准

= 计算机网络中要有协议 (protocol)

≡ 数据包的拆装协议, 传输协议,

- 引言 (2)

= 传输系统除了硬件之外

≡ 还要有传输标准，要有质量标准，要有复用标准...

= 从某种意义上说

≡ 没有这些约定，就不能形成通信网

≡ 通信网的性能和效率在很大程度上决定于这些约定

= 要建立世界性的通信网

≡ 则这些约定最好全世界统一

△ 但目前并不理想

△ 通信网是逐渐发展起来的，各国都有各自的历史背景

△ 最初人们没有意识到统一约定的重要性

△ 后来人们认识到了，技术上也可行了，由国际标准化组织和国际电信联盟负责制定统一的标准

2.5.1 电话信令

= 信令信息大致由三部分组成:

≡ 地址信息: 用于标识每个用户

△ 使网络能够找出被叫用户

≡ 控制信息: 建立连接, 转移连接, 拆除连接,

△ 占用资源, 选择路由, 释放资源

≡ 状态信息: 拨号音, 回铃音, 忙音, 语音报告信息

= 信令应满足两种要求: 完整性和节约性

≡ 完整性: 不论网络中出现什么情况, 发生什么故障

△ 都应有适当的信号来表示和应对

△ 使端机能做出正确的反应

≡ 节约性: 就是信令占用信道的的时间不宜过多

△ 否则会降低网络利用率和通信效率

— 编号计划

＝ 编号计划的作用：确定号码结构和分配规则

≡ 它对通信网的基本结构会产生重大影响

≡ 因此，CCITT对编号计划作了严格的规定

△ 国际电话网编号计划：E.163

△ 国际数据网编号计划：X.121

△ 国际ISDN编号计划：E.164 或 I.331

＝ 编号计划所涉及的内容

≡ 确定编号的位长和编号方式：等长或不等长

≡ 确定长途区号的位长和本地号码的位长

≡ 确定字冠的分配

≡ 确定拨号程序

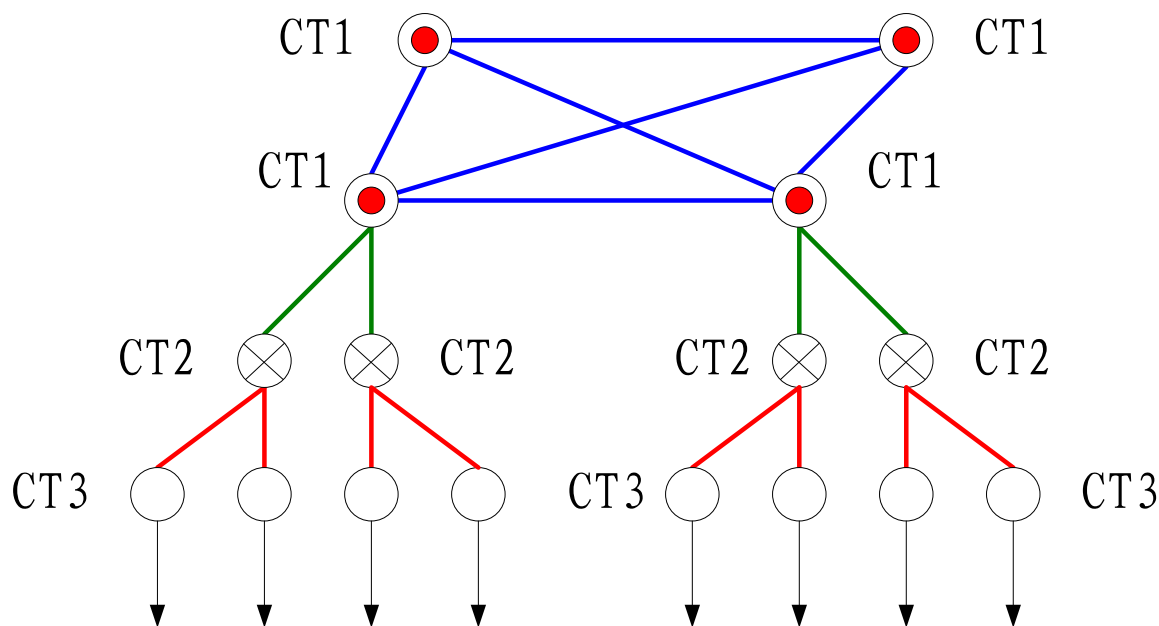
≡ 确定各特种业务号码的分配

≡ 确定长途编号区的划分和长途区号的分配

≡ 确定一个长途编号区内局号的分配

— 国际长途电话网的结构（1）

- = 国内长途电话网通过国际局进入国际电话网
- = 原国际电报电话咨询委员会（**CCITT**）于**1964**年提出等级制国际自动电话局的规划
- = 国际局分为一、二、三级国际交换中心
 - ≡ 分别以：**CT1**， **CT2**， **CT3**来表示
- = 其基干电路所构成的国际电话网为：



— 国际长途电话网的结构（2）

= 国际电话网的第一级交换中心**CT1**之间均有直达路由，是网状网连接

≡ **CT1**与所属的**CT2**之间有直达路由，是星形网连接

≡ **CT2**与所属的**CT3**之间有直达路由，是星形网连接

= **CT1**：第一级国际中心局

≡ 负责一个洲或洲内一部分范围的话务交换和接续任务

≡ 其数量很少，全世界共有**八个**第一级国际中心局**CT1**

第一级国际中心局 CT1 汇接范围	第一级国际中心局 CT1 位置
北美和加勒比海（不含古巴）	纽约
南美、古巴	里约热内卢
非洲	开罗
西欧和地中海地区	伦敦、巴黎
东欧、独联体	莫斯科
大洋洲（南太平洋地区）	悉尼
东亚	东京
南亚、中亚和中东	新德里

— 国际长途电话网的结构（3）

= CT2: 第二级国际中心局

- ≡ 负责某部分范围的话务交换和接续任务
- ≡ 在领土面积非常大的国家里，**CT2**局可以负责一个国家或一个国家一部分范围的话务交换和接续任务

= CT3: 第三级国际中心局

- ≡ 各国的国际电话从国内长途电话网通过**CT3**局进入国际网
- ≡ 国际网中的**CT3**局通常称为国际出入口局，或国际接口局
- ≡ 每个国家可以有一个或几个**CT3**局
- ≡ 负责某部分范围的话务交换和接续任务

— 我国电话网的结构

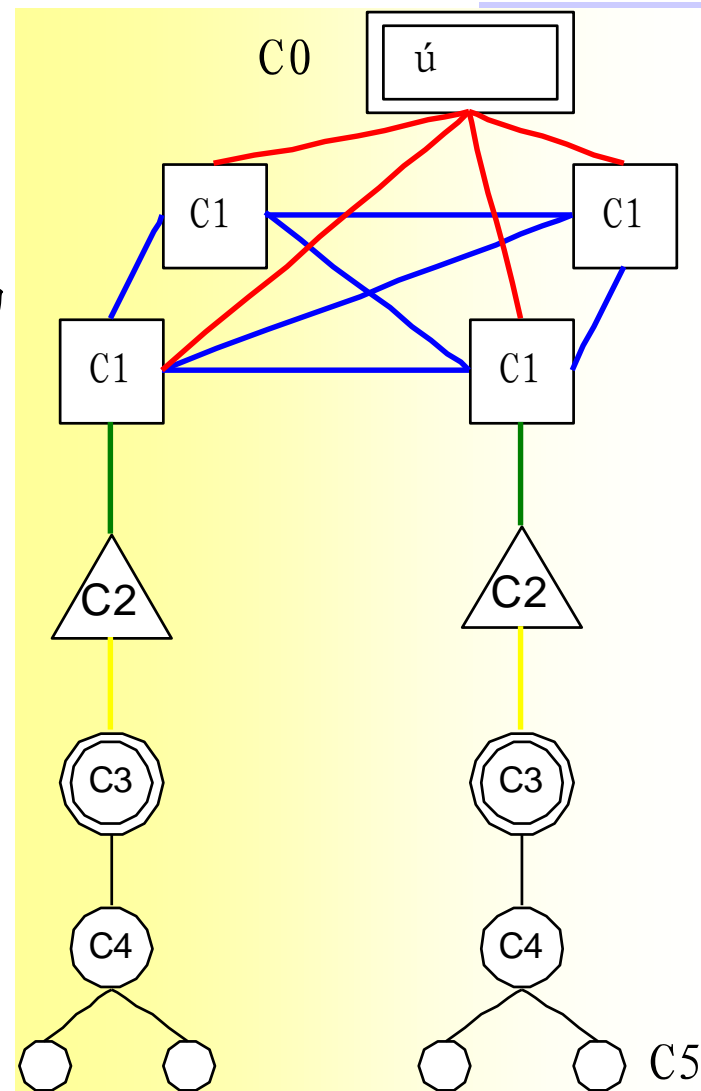
△ 采用的是五级等级网结构，如图：

△ C0: 国际交换局

北京，上海，广州三个国际出口局

△ C1: 大区长途汇接局

- 或省间中心长途汇接局
- 长途区号均为两位号码
- 首位为2的长途区号均为两位
- 东北区：沈阳 24
- 西北区：西安 29
- 华北区：
- 华中区：武汉 27
- 华东区：南京 25
- 华南区：广州 20
- 西南区：成都 28
- 直辖市：北京 10 上海 21 天津 22 重庆 23
- 26: 备用



- 我国电话网的结构（2）

△ C2: 省长途局

- 或省中心长途汇接局
- 通常设置在省会城市
- 长途区号为三位号码

△ C3: 地区长途局

- 或县间中心长途汇接局
- 通常设置在地区首府所在城市
- 长途区号为三位号码

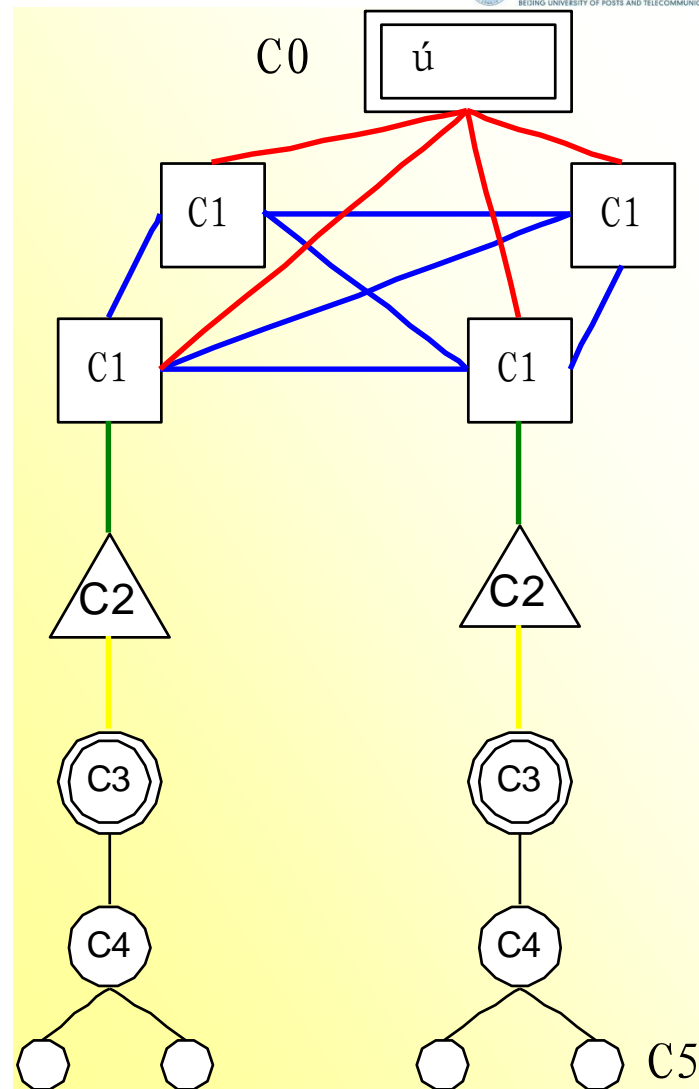
△ C4: 县长途局

- 或县中心长途汇接局
- 通常设置在县城
- 长途区号为四位号码

△ C5: 市话端局

△ 其中长途是四级汇接

△ 但目前C1、C2已经融合为一级了；
C3、C4也在融合之中



- 我国电话网的结构（3）

= 目前长途已是二级汇接结构

≡ DC1：省际交换中心

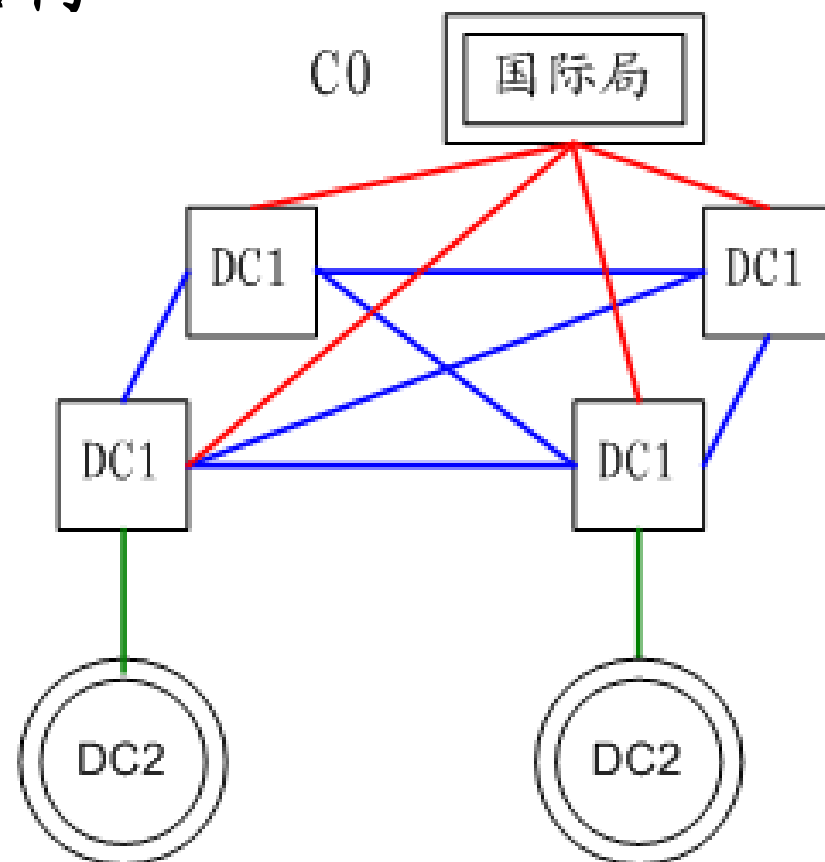
△ 构成高平面（省际平面）

△ 网状网联结

≡ DC2：省内地市交换中心

△ 构成低平面（省内平面）

△ 不完全网状网联结



2.5.2 计算机通信协议

= 作用：与电话网中信令的作用是一样的

= 不同点：

≡ 在计算机通信中，人的参与更少

△ 所以完整性就更为重要

≡ 由于采用信息转接的交换方式

△ 所以通常把地址、控制、状态、管理等信息都封装在数据帧中

△ 而不是表现为一条一条不同的信令

≡ 其内容更为复杂

△ 不但要包括网内传输的各种规定

△ 还包括计算机内部和用户各种情况

△ 因为整个传输和交换过程，不但涉及网内的结构和运行，也涉及计算机类型，操作系统和应用软件等。

= 协议分层（1）

≡ 要整理出一份十分完全的协议是很困难的

≡ 为简化和明确起见，国际标准化组织（ISO）建议

△ 将数据通信协议分为七层：

- 物理层
- 链路层
- 网络层
- 传输层
- 对话层
- 表示层
- 应用层

△ 低三层又称为通信层

- 是对通信网而言的

△ 高四层又称为用户层

- 是对用户网而言的

用户层

通信层



互联网的结构

- 国际互联网的结构（1）



互联网的结构

- 国际互联网的结构（2）

= 本图绘制于2003年2月6日

≡ 描绘了从某一测试站点到其他约10万个站点的最短连结路径

≡ 图中以相同的颜色来表示相类似的站点。

= 互联网是一个无尺度网络

≡ 其中某些站点似乎与无数的其他站点相连结

≡ 如图中的星爆形结构细节

互联网的结构

- 国际互联网的寻址结构 (1)

= 世界上有13个**根服务器系统**

≡ 每个根服务器系统 由多台根服务器构成

≡ 根服务器：全球至少有1000多台，北京有3台

= 在这13个根服务器系统之上，还有一个
更高级的、隐藏着的**母服务器**

≡ 全世界所有的顶级域名，都由这台母服务器来确定

≡ 全球1000多台根服务器上的解析系统都是这台母服务器的复制

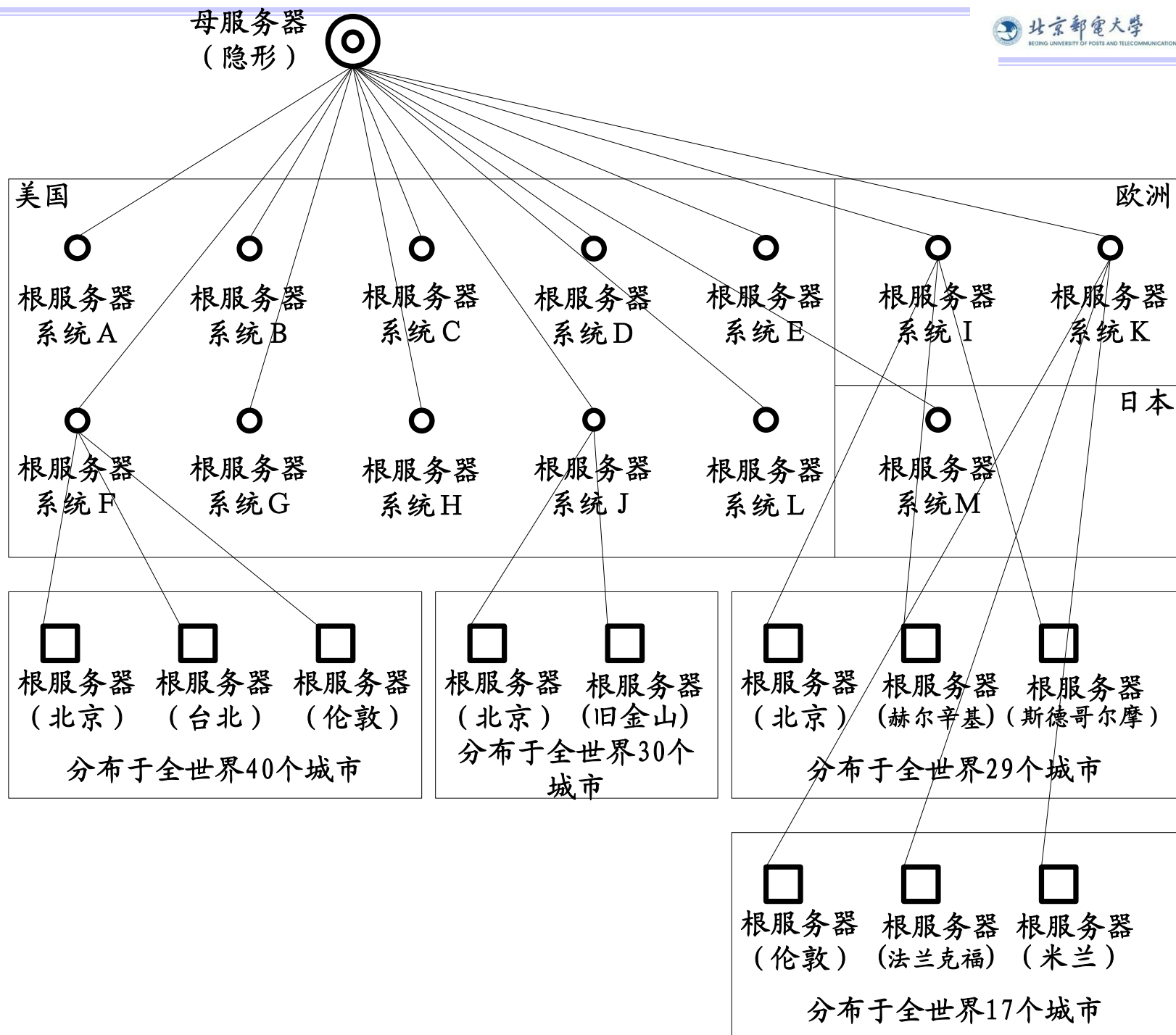
= 目前这13个根服务器系统由12家机构管理

≡ 分布在全球100多个地区

≡ 每一个编号的根服务器系统，不是一台服务器，

≡ 而是有几十台或上百台服务器

国际互联网的寻址结构 2



互联网的结构

- 国际互联网的寻址结构 (3)
 - = 13个根服务器系统的分布 (1)

服务器系统编号	服务器系统管理者	服务器系统位置
A服务器系统	互联网网络信息中心 INTERNIC.NET	美国·弗吉尼亚州
B服务器系统	南加州大学信息科学研究所	美国·加利福尼亚州
C服务器系统	美国Cogent公司	美国·洛杉矶、纽约、 芝加哥、弗吉尼亚
D服务器系统	美国马里兰大学	美国·马里兰州
E服务器系统	美国宇航局Acme研究所	美国·硅谷的山景城
F服务器系统	美国的“互联网系统联合体” (总部位于加利福尼亚州)	全球40个地方, 包括北京、 台北、伦敦等

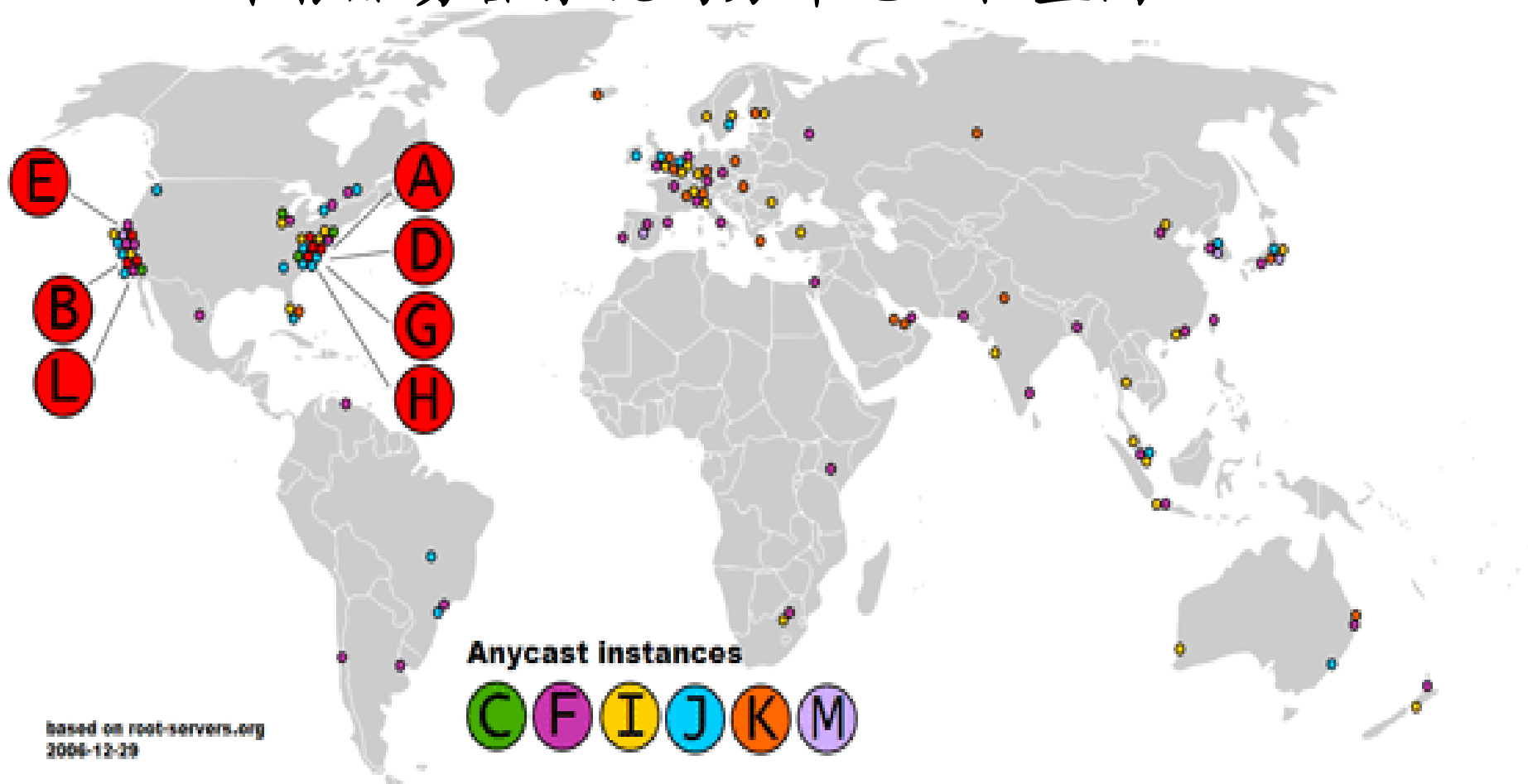
互联网的结构

- 国际互联网的寻址结构（4）
= 13个根服务器系统的分布（2）

服务器系统编号	服务器系统管理者	服务器系统位置
G服务器系统	美国国防部网络信息中心	美国·俄亥俄州·哥伦布市
H服务器系统	美国陆军信息中心	美国·马里兰州·阿伯丁
I服务器系统	瑞典Autonomica公司（位于斯德哥尔摩）和北欧NORDUnet组织	29个城市，包括北京、赫尔辛基、斯德哥尔摩等
J服务器系统	美国verysign公司 （位于加利福尼亚州）	全球30个城市，如北京、旧金山等
K服务器系统	欧洲网络协调中心（位于伦敦）	伦敦、法兰克福、米兰等17城市
L服务器系统	互联网域名与数字地址分配机构 （ICANN）	美国·洛杉矶
M服务器系统	日本WIDE项目组	日本·东京

互联网的结构

- 国际互联网的寻址结构（5）
= 13个根服务器系统的分布地理位置图



互联网的结构

- 国际互联网的寻址结构（6）
= 13个根服务器系统的分布地理位置图



互联网的结构

- 中国下一代互联网CNGI

= 国家级IPv6骨干网络

= 网络规模属于大型互联网

= 采用分层的网络体系结构

≡ 由核心网和接入网构成

≡ 接入网：负责实现用户业务的接入

≡ 核心网：负责汇接接入网的流量

△ 也可以直接接入某些业务用户

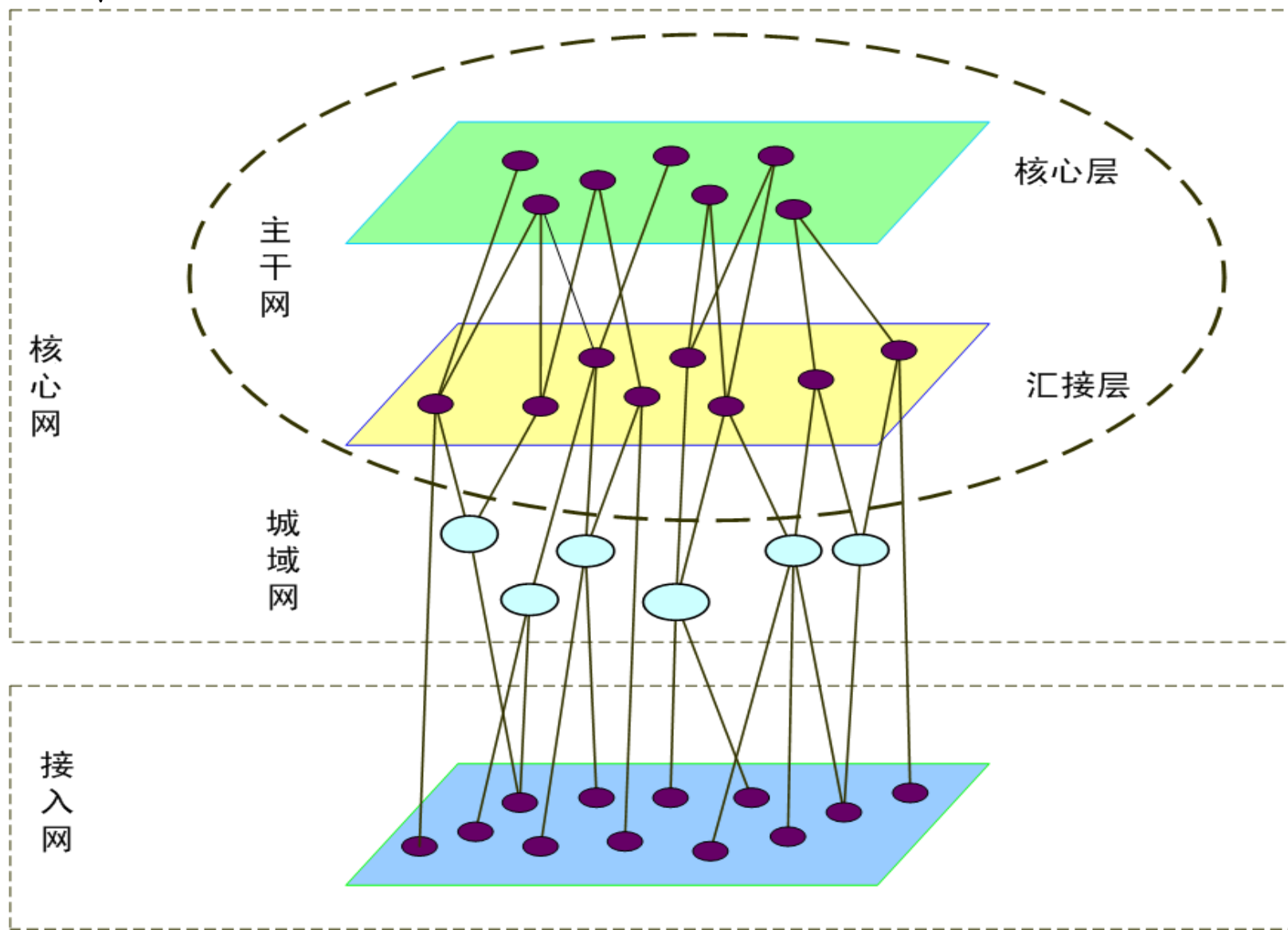
△ 核心网又可分为：汇接层、核心层

△ 根据业务量不同个别城市需要建设城域网

≡ 核心网的主干网建设到所有的本地网

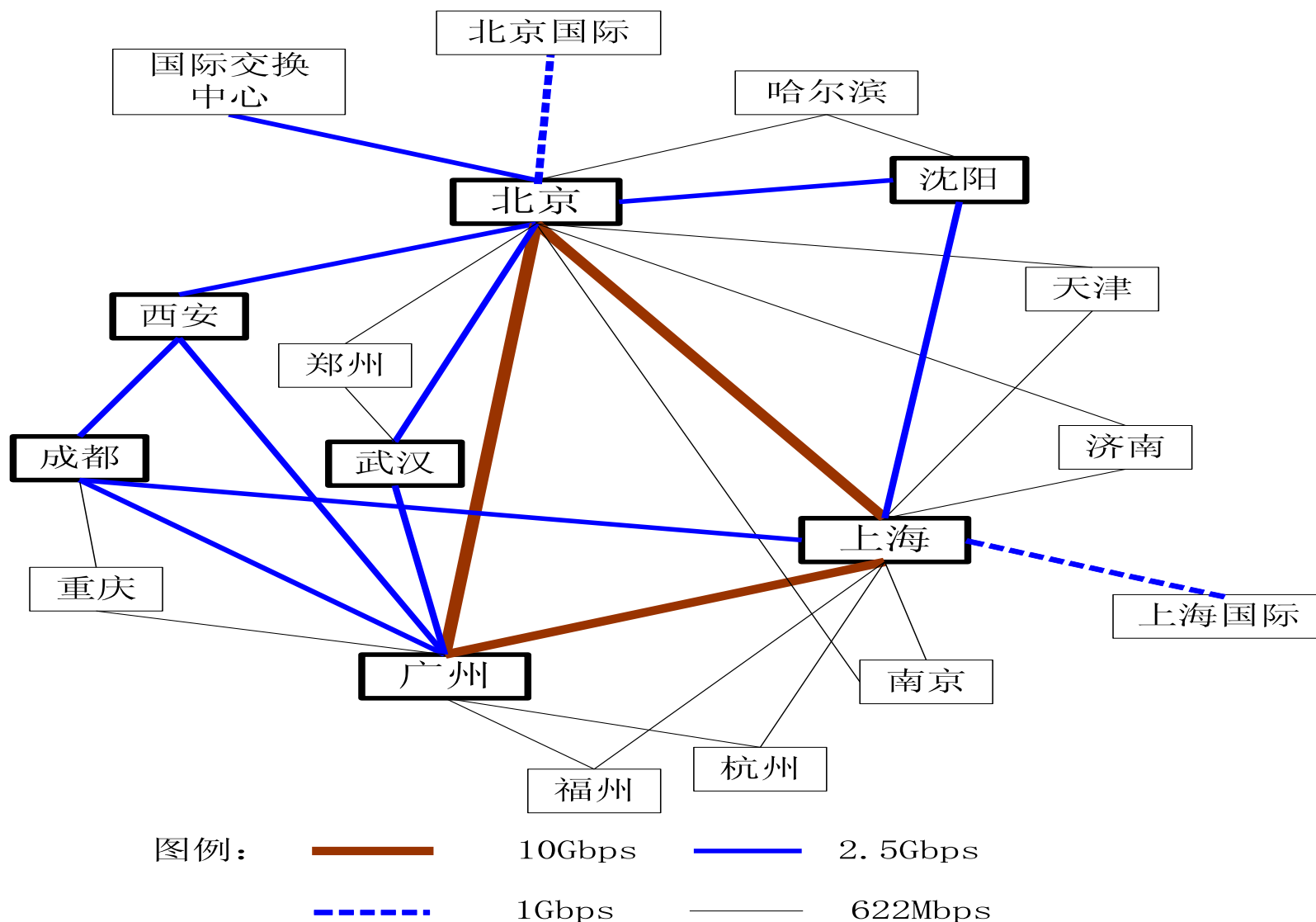
互联网的结构

- 中国下一代互联网CNGI网络结构



互联网的结构

- 中国下一代互联网CNGI某运营商的核心网结构



互联网的结构

- 中国下一代互联网CNGI某运营商的核心网结构
 - = 目前全国CNGI骨干网已组建完毕，部署工作已经向驻地网建设及IPv6的各项应用等内容逐步开展。
 - = 遵照分步建设核心网的思路，某运营商的核心网有以下节点：
 - ≡ **核心层** 7个节点：
 - △ 北京、上海、广州、武汉、沈阳、西安、成都
 - △ 其中，**一级核心节点**：北京、上海、广州
 - 呈全网状连接，彼此通过10G或2.5G POS链路互联
 - △ **二级核心节点**：沈阳、西安、武汉、成都
 - 都通过2.5G POS链路连接到一级核心节点
 - ≡ **汇聚层** 8个节点：
 - △ 天津、济南、南京、杭州、重庆、郑州、哈尔滨、福州
 - △ 汇接节点通过622M POS连接核心节点

互联网的结构

- 中国教育和科研计算机网 (CERNET) -1
 - = China Education and Research Network
 - ≡ 是由国家投资建设
 - ≡ 教育部负责管理
 - ≡ 清华大学等高等学校承担建设和管理运行的全国性学术计算机互联网络
 - ≡ 主要面向教育和科研单位
 - ≡ 是全国最大的公益性互联网络

互联网的结构

- 中国教育和科研计算机网（CERNET）-2

≡分四级管理

≡全国网络中心

△设在清华大学，负责全国主干网的运行管理

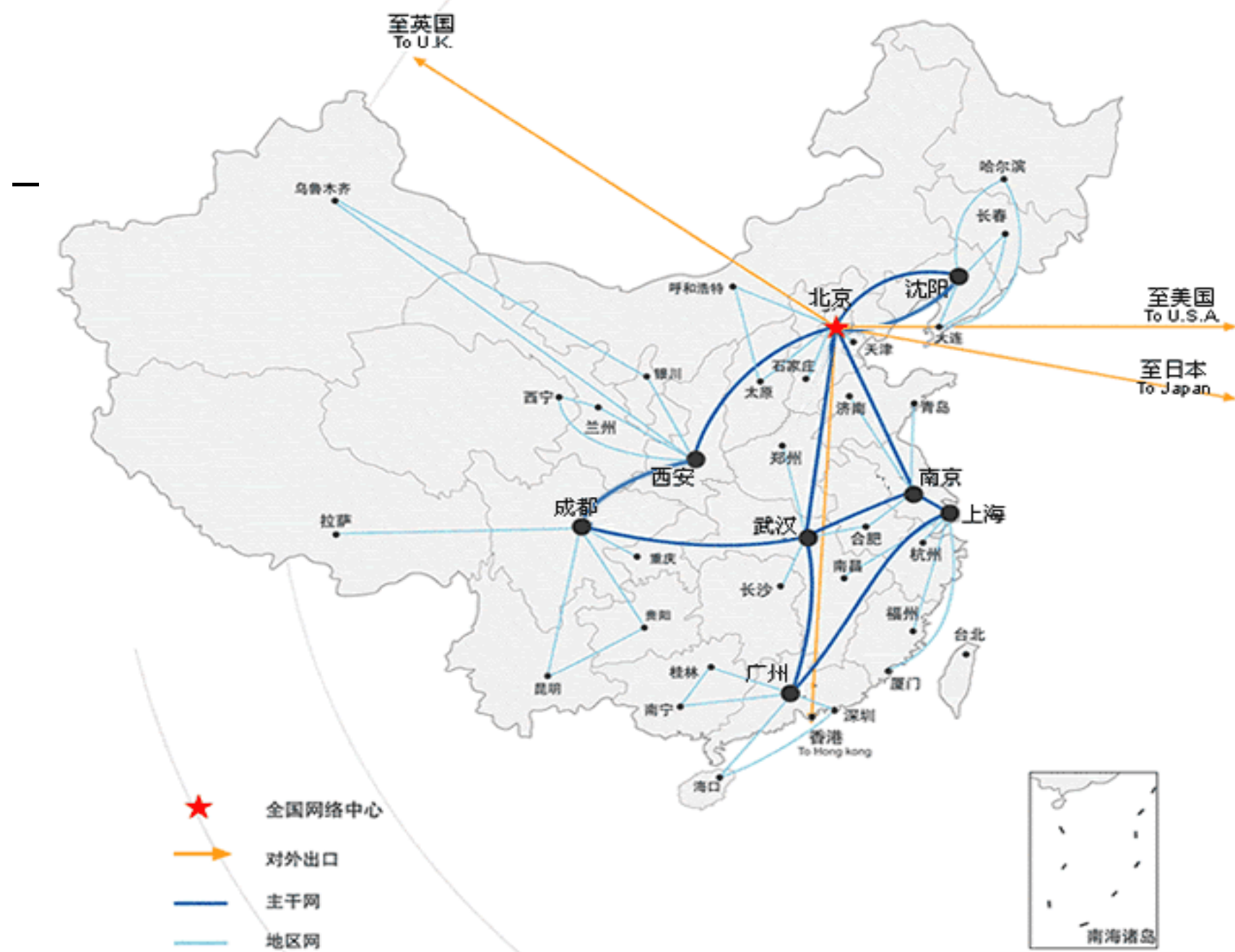
≡地区网络中心和地区主结点

△分别设在清华大学、北京大学、北京邮电大学、上海交通大学、西安交通大学、华中科技大学、华南理工大学、电子科技大学、东南大学、东北大学等
10所高校，负责地区网的运行管理和规划建设

≡省教育科研网

≡校园网

CERNET 拓扑图



互联网的结构

- 中国教育和科研计算机网（CERNET）-4

= 地区网络中心和地区主结点（1）

≡ 是CERNET的重要组成部分

≡ CERNET 由各地区网络中心互连而成

△ 负责地区网的运行管理和信息资源服务

△ 负责管辖范围内单位和用户入网，技术支持与培训

△ 它是广大校园网与CERNET联系的纽带与桥梁

△ CERNET的地区网络中心和地区主结点分布在全国八个城市的十所高等院校

互联网的结构

- 中国教育和科研计算机网（CERNET）-5 = 地区网络中心和地区主结点（2）

华北	清华大学（北京）， 北京大学（北京，天津，河北） 北京邮电大学（北京，山西，内蒙古）
西北	西安交通大学（陕西，甘肃，宁夏，青海，新疆）
西南	电子科技大学（四川，重庆，贵州，云南，西藏）
华南	华南理工大学（广东，广西，海南）
华中	华中科技大学（湖北，湖南，河南）
华东（北）	东南大学（江苏，安徽，山东）
华东（南）	上海交通大学（上海，浙江，江西，福建）
东北	东北大学（辽宁，吉林，黑龙江）

互联网的结构

- 中国教育和科研计算机网（CERNET）-6

= 省级结点

≡ 设在36个城市的38所大学

≡ 分布于全国除台湾省外的所有省、市、自治区

= CERNET已经有28条国际和地区性信道

≡ 与美国、加拿大、英国、德国、日本和香港特区联网，总带宽达到250Mbps

= 与CERNET联网的大学有1000多所

≡ 另外还有中小学等教育单位和科研单位

2.5.3 质量标准

- 通信质量

= 是指用户的满意程度，包含两个方面：

≡ 接续质量：

△ 接通率或呼损率，接续时长，设备的故障率等

≡ 信息质量：语音的清晰度，图象的清晰度等

△ 通常受终端和信道的失真、噪声等限制

- 接续质量

= 主要靠增加网络资源来提高

≡ 网络资源多，可以避免呼损

≡ 利用迂回路由来提高可靠性

≡ 通过直达路由可以降低时延

= 管理和维护对接续质量也起着重要作用

- 接续质量 (2)

= 接续质量随着技术的进步而逐步提高

≡ 如：在电话网中，

△ 起呼呼损率 $< 0.5\%$

△ 拨号呼损率：市内 $< 4\%$

• 长途 $< 10\%$

△ 用户设备故障率 $< 1.5 \times 10^{-6}$

△ 交换设备和线路故障率 $< 6 \times 10^{-5}$

△ 接通时延：国内 < 1 分钟

≡ 又如：在ATM网络中，

△ 信元丢失率：语音业务 $< 10^{-5}$

• 图象业务 $< 10^{-9}$

• 高速数据业务 $< 10^{-10}$

- 信息质量 (1)

= 依信息类型的不同而异

= 当信息接受者是人时, 则以人的主观感受为依据

≡ 如声音信号

△ 客观上的信号失真并不重要

△ 只要人听上去要满意就认为已达到质量标准

△ 话音质量通常以清晰度、响度和自然度为主要指标

△ 评定方法是: 主观测试

△ 评定人员分为两组: 专家组和一般用户组

△ 清晰度测试:

- 清晰度与传输系统的频率畸变有关
- 一般用标准的、互不联系的单音作为测试对象
- 若能听对80%, 则清晰度合格
- 在单音能分辨80%时, 全文的听懂率应在90%以上, 则理解含义已无问题

- 信息质量 (2)

≡ 如声音信号 (2)

△ 响度测试:

- 响度与传输系统的衰减有关
- 响度可用电平表测定
- 但每个人对响度的爱好各不相同
- 同样的响度, 有人认为太响, 有人认为太轻
- 所以也以评定人员打分为准

△ 自然度测试:

- 自然度与传输系统的衰减畸变有关
- 国际上规定了一个参考系统: NOSFER
- 接上输出设备, 并加一固定衰耗器 (X1 dB), 由人去听
- 再换上待测设备, 并加一可变衰耗器, 改变衰耗值 (X2 dB), 直至听者认为与标准系统有相同响度
- 则 X1 - X2 称为待测系统的自然度当量值
- 自然度当量值应当低于某个标准值

- 信息质量 (3)

≡ 在数字电话系统中, 信息质量取决于信道的误码率

△ 通常规定, PCM信道误码率 $< 10^{-6}$

△ 但是误码的模式有很多种:

- 独立差错: 是常用的一种, 误码的出现是纯随机的
- 突发型差错: 也是常用的一种, 误码一来就是一串, 但很少发生

△ 不同的误码模式对信息质量的影响是不一样的

- 若各种误码模式在长时平均误码率相同的情况下
- 则主观上听起来差别会很大

≡ 图象通信. 黑白传真

△ 规定一些测试图表, 作为评价传真的质量指标

△ 测试图表中包括: 黑白相间的条纹、相间的密度有若干等级

△ 图表传真后, 看这些条纹是否还能分辨

△ 通常以每毫米能辨别线数为质量指标 (分辨率)

- 信息质量 (4)

≡ 图象通信. 照片传真

△ 分辨率

△ 能分辨的灰度等级

△ 噪声水平

≡ 图象通信. 彩色传真

△ 还应加上彩色失真限度

≡ 图象通信. 广播电视

△ 清晰度

△ 几何失真

△ 色度和灰度失真

△ 闪烁限度

△ 制式: PAL, NTSC, SECAM

= 传输标准包括:

△ 信道接口的电平, 阻抗, 噪声分配, 互通条件, 同步, 导频, 多路复用系列等。这里: 只介绍多路复用的体制标准

= 频分多路 (又称载波电话系统)

△ 话路: 0.3 ~ 3.4 kHz, 带宽: 3.1 kHz, 实宽: 4 kHz

△ 前群: 三个话路, 频带: 12 ~ 24kHz, 带宽: 12 kHz

△ 基群: 四个前群, 频带: 60 ~ 108 kHz,

- group: 12个话路; 带宽: 48 kHz

△ 超群: 五个基群, 频带: 312 ~ 552 kHz

- super-group: 60个话路; 带宽: 240 kHz

△ 主群: 五个超群, 频带: 812 ~ 2044 kHz

- master-group: 300个话路; 带宽: 1632 kHz

△ 超主群: 三个主群, 频带: 8516 ~ 12388 kHz

- super master-group: 900话; 带宽: 3872 kHz

△ 巨群: 四个超主群, 频带: 42612 ~ 59684 kHz

- giant group: 3600话路; 带宽: 17072 kHz

= 频分多路（又称载波电话系统）

名称	构成	话路数	频带(kHz)	带宽(kHz)
一个话路	一个话路	1	0.3 ~ 3.4	4
前群	三个话路	3	12 ~ 24	12
基群	四个前群	12	60 ~ 108	48
超群	五个基群	60	312 ~ 552	240
主群	五个超群	300	812 ~ 2044	1632
超主群	三个主群	900	8516 ~ 12388	3872
巨群	四个超主群	3600	42612 ~ 59684	17072

= 时分多路（又称PCM系统）（1）

≡ 欧洲、中国体系的PCM复用系列（1）

- △ 一次群：又称基群； 符号：E1； 速率：2.048Mb/s
 - 30 / 32路系统， 共32个通道，其中话路30个
 - CH0：同步通路； CH16：信令通路
- △ 二次群：四个基群组成； 符号：E2； 速率：8.448Mb/s
 - 120个话路
- △ 三次群：四个二次群组成； 符号：E3； 速率：34.368Mb/s
 - 480个话路
- △ 四次群：四个三次群组成； 符号：E4； 速率：139.264Mb/s
 - 1920个话路
- △ 五次群：四个四次群组成； 符号：E5； 速率：564.992Mb/s
 - 7680个话路

= 时分多路（又称PCM系统）（2）

≡ 欧洲、中国体系的PCM复用系列（2）

名称	构成	符号	话路数	速率(Mb/s)
一次群	基群	E1	32	2.048
二次群	四个基群	E2	120	8.448
三次群	四个二次群	E3	480	34.368
四次群	四个三次群	E4	1920	139.264
五次群	四个四次群	E5	7680	564.992

= 时分多路（又称PCM系统）（3）

≡ 北美，日本体系的PCM复用系列

△ 一次群：又称基群； 符号：T1； 速率：1.544Mb/s

- 24路系统；

△ 二次群：四个基群组成； 符号：T2； 速率：6.312Mb/s

- 96个话路

△ 三次群(日)：五个二次群组成； 速率：32.064Mb/s

- 480个话路

△ 三次群(美)：七个二次群组成； 速率：44.736Mb/s

- 672个话路

△ 四次群(日)：三个三次群组成； 速率：100Mb/s

- 1440个话路

△ 四次群(美)：六个三次群组成； 速率：274Mb/s

- 4032个话路

(本章结束)