

OSI 计算机 网络研究论文集

顾冠群 龚 俭

江苏 JSnet 网络的设计
与实现

*The Design
and
Implementation
of JSnet*

东南大学出版社

OSI 计算机网络研究论文集

——江苏 JSnet 网络的设计与实现

顾冠群 龚 俭

东南大学出版社

(苏)新登字第 012 号

内 容 提 要

本书是国内第一本论述基于 OSI 参考模型的计算机广域网的设计与实现的论文集,它以江苏省“七·五”重大攻关课题“南京市域计算机网络(JSnet)”为背景,从网络体系结构、通信子网、资源子网、系统互连技术等方面介绍在网络设计和网络工程实施过程中遇到的问题和解决方法,同时还介绍由此而引出的在协议工程学方面的研究成果。

读者对象:高等院校计算机专业师生以及从事计算机网络和计算机通信工作的科技人员。

OSI 计算机网络研究论文集

顾冠群 龚 俭 编

东南大学出版社出版

南京四牌楼 2 号

江苏省新华书店发行 南京航空学院飞达印刷厂印刷

开本: 787×1096 毫米 1/16 印张: 12 字数: 271 千字

1991 年 11 月第 1 版 1991 年 11 月第 1 次印刷

印数: 1-1200 册

ISBN 7-81023-544-3

TP·38

定价: 6.50 元

责任编辑: 张 光

序 言

当今世界正处在科学技术飞速发展并向现实生产力迅速转化的时代。大量情况表明，科学技术已成为生产力中最活跃的因素和最主要的推动力量。一个国家或地区要实现经济振兴，必须坚定不移地推进科技进步。正如江泽民同志所说，“国际间的竞争，说到底还是综合国力的竞争，关键是科学技术的竞争。在科学技术上落后，就会被动挨打。”

推进科技进步，一个十分重要的战略问题是发展高科技。特别是从我省来看，在实施科技兴省战略、推进现代化建设过程中，要克服人多地少、资源匮乏等制约因素，要优化产业结构，提高经济效益，要不断提高科技进步水平，缩小同国际先进水平的差距，在激烈的国际竞争中占有一席之地，发展高科技具有特别紧迫的意义。因此，“七五”期间特别是实施科技兴省战略以来，我省围绕推进高科技研究、开发和应用以及用高技术改造传统产业，有计划有重点地进行了部署，并通过实施火炬计划，相继建立南京浦口高新技术外向型开发区和南通高新技术产业开发带、开辟苏锡常火炬带，以及组织高新技术向传统产业的应用扩散等，在全省初步形成了多层次配套技工贸结合的高新技术产业化发展格局，对调整产业结构、提高经济素质已经产生了并将继续产生着深刻的影响。

“南京市域计算机网络”是我省“七五”高技术攻关项目之一。尽管其技术难度较大，但承担项目的各有关单位和科技人员发扬自力更生、艰苦奋斗的精神，协同作战，克服困难，开拓创造，取得了重要进展。现在摆在我们面前的这本论文集，部分地展示了该项目的攻关成果。我对已有的成就表示祝贺，并相信随着这方面工作的进一步深化，必将有力地促进我省乃至全国计算机网络技术的发展与应用，推动我省与欧共体乃至世界各国在开放系统互连（OSI）技术以及计算机网络应用方面的合作。

90年代是世界高科技竞争日趋激烈的时期，也是我国社会主义现代化建设十分关键的时期。任重而道远。我衷心期望承担“市域网”攻关项目的同志们再接再厉，取得圆满成功；期望更多的科技工作者积极投身于向新科技革命进军的行列，团结一致、顽强拼搏，为发展高科技、实现产业化，为推进科技兴省、加速中华民族的伟大复兴，作出应有的贡献。

吴锡军

九九一年十月八日

江苏省“七·五”重点科技攻关项目

“南京市域计算机网络”总体组

组长:	顾冠群	东南大学	教授
成员:			
	严秉樟	江苏省计算技术研究所	高工
	卢庆象	江苏省邮电管理局科技处	高工
	谢蓓莉	江苏省邮电科学研究所	高工
	杨培根	南京大学	副教授
	沈孟涛	南京航空学院	副教授
	冯 雄	南京市电信局	高工
	金 群	南京市电信局	工程师
	唐学勇	江苏省计算技术研究所	高工
	陆培祥	江苏省计算技术研究所	工程师
	是锦春	南京航空学院	高工
	陆乃铭	江苏省软件中心	高工
	刘兴茂	东南大学	副研究员
	龚 俭	东南大学	讲师

前 言

计算机网络技术近年来已成为各种先进技术发展的基础，它不仅是社会向信息化迈进的必要条件，而且已成为衡量一个国家技术发展水平和社会信息化程度的标志之一。

江苏省是一个经济和科学技术较发达的沿海省分，在电子、计算机、通信技术等方面有着良好的基础，这对于发展计算机网络技术和组建地区计算机网络是一个极为有利的条件。通过“六·五”期间的基础技术准备和局部实践，江苏省科学技术委员会确定：“把南京市域 OSI 计算机网络”作为江苏省“七·五”重大科技攻关项目之一。

按照江苏省计算机网络规划，江苏省域计算机网络的研究和组建分成三个阶段。第一阶段（1987~1991 年）重点在于 OSI 网络技术的研究和组建一个南京市域 OSI 计算机实验网络。第二阶段（1992~1996 年）有三项主要工作，一是南京市域 OSI 计算机网络的应用与完善，二是组建江苏省域计算机网络的主干网络，三是开发省域范围的网络应用。第三阶段（1996~2000 年）建成江苏省域计算机网络，并发展和完善计算机网络的应用。

国际标准化组织（ISO）提出的“开放系统互连”（OSI）参考模型指出了计算机网络体系结构的发展方向，推动了计算机网络的标准化，同时对于解决异种机互连及异种计算机网络互连的困难也有促进作用。因此，OSI 计算机网络的研究和实现，成为国际计算机网络科技工作者极为关注的问题。基于 OSI 的网络硬件、软件产品可以组建“开放”式网络，这将改变过去那种“闭关”式网络的混乱局面。从 80 年代初，我们国家和江苏省的计算机网络科技工作者就开始进行 OSI 网络技术的研究，并从理论和实践两方面都取得了富有成效的结果。江苏省科学技术委员会提出的“江苏省和南京市域 OSI 计算机网络”的项目，是在国内率先提出的区域 OSI 计算机网络的计划。在江苏省科学技术委员会的主持和组织下，由东南大学、江苏省计算技术研究所、南京航空学院、南京大学、江苏省邮电管理局、南京电信局、江苏省邮电科研所、江苏省科技情报研究所、南京邮电学院等十几个单位的 60 多名科技工作者，经过五年的艰苦努力，攻克 16 个课题的关键技术，组建了南京市域 OSI 计算机实验网络。

本书汇编了这项 OSI 网络研究的主要研究论文（已发表在其它专业期刊上的论文未收录在内）。它包括基础研究、应用研究、工程研究和应用开发等各个层次的成果。论文内容分别属于网络总体设计、协议体系结构、协议工程、网络工程、分组交换技术和关键设备以及 OSI 协议软件设计等方面，具有理论与实践相结合的特点。这本论文集比较完整地反映了标准化计算机网络的研制和设计方法，并且总结了如何自行开发的实践经验，可供同行们参考。

这项研究计划的执行过程，受到了江苏省吴锡军副省长热情关心和支持，江苏省科学技术委员会副主任王永顺、李樟云、姚应才、李中和同志以及计划处、条件处的同

志直接领导和帮助组织课题的确立和实施。五年来，我们得到王能斌、孙钟秀、谢希仁、屈大壮、刘秉琨、周师熊、蔡道法、姚世全、程天德、马如山等教授和专家的指导和帮助。在本论文集的编审工作中，周万珍、刘兴茂、颜凤鸾等同志做了大量工作。在此谨表示衷心感谢。

由于我们水平有限，书中难免有错误和缺点，欢迎同行专家和读者批评指正。

编 者

1991年8月

目 录

第一部分 网络系统结构

1. 南京市域计算机网络的系统结构..... 顾冠群 龚俭 严秉樟 (3)
2. 南京市域网通信子网的研建..... 严秉樟 吴军 (11)
3. 南京市域网中的 OSI 高层协议实现 龚俭 吴国新 (17)

第二部分 用户资源子网

4. JSnet MHS 的实现 吴国新 蔡莹 李维 吴德康(25)
5. OSI FTAM 协议实现的软件设计
..... 方宁生 龚俭 李俊 臧冽 陈意生 (34)
6. JSnet 网的目录服务 丁 伟 (42)
7. 基于 JSnet 网的远程情报检索服务研究 沈其峰 (49)
8. OSI 基本类虚拟终端 VT 的研究与实现
..... 张卓莹 杨映南 沈孟涛 宋之毅 (55)
9. OSI 会话层通信协议的实现 孙 成 缪金宝 刘 乔 曾凡宇 (60)
10. OSI 运输层 0 类运输协议软件的实现 王 铮 吉 逸 吴 青 (66)

第三部分 通 信 子 网

11. 南京市域网通信子网(JSS)网络管理机制的设计与实现
..... 王 健 顾冠群 (79)
12. 南京市域网通信处理机的设计与开发 陈湘中 邵珍宁 (86)
13. 南京市域网通信子网链路层和分组层的设计与实现 谷云红 郭志扬 (94)
14. 通信处理机(CP)板间 DMA 通信..... 蒋建亚 (103)

第四部分 系统互连技术

15. 市域异种机互连的研究与实现
..... 刘兴茂 吉逸 曹争 张鹰 许明明 蔡莹 是锦春 张卓莹 (115)
16. 局域网与公用网互连的设计与实现 沈苏彬 顾冠群 (129)
17. 微型计算机与 X.25 通信控制器互连..... 蔡旭东 吴军 颜凤鸾 (139)
18. 局域网互连和局域网与 VAX 机互连研究 杨培根 周建强 徐希豪 (144)

第五部分 协议工程的研究

- 19. OSI FTAM 协议的验证..... 龚俭 顾冠群 (157)
- 20. 基于 Perti 网的 FTAM 协议形式化描述与验证
..... 顾冠群 脱勉 沈苏彬 (164)
- 21. OSI 协议软件一致性测试系统的设计与实现
..... 顾冠群 王铮 曾凡宇 (169)

第一部分

网络系统结构

1. 南京市域计算机网络的系统结构

顾冠群 龚 俭

(东南大学)

严秉樟

(江苏省计算技术研究所)

摘 要

本文介绍南京市域计算机网络的研建计划,从网络的系统结构和组成观点阐述通信子网和资源子网的设计,并以 OSI 基本参考模型为基础讨论该网网络协议体系结构的选择,以达到异种计算机互连的目标。本文还介绍市域网的实现步骤和开发策略。

关键词: 计算机网络, / 开放系统互连, 协议体系结构, 异种机互连,
网络系统结构

JSnet (江苏计算机网络)是按 OSI 七层参考模型研制组建的异机种远程计算机通信实验网络。它的第一期计划作为江苏省“七·五”重点科技攻关项目,从 1987 年开始实施,于 1991 年底完成。共有江苏省内近十所高校和研究所参加。第一期计划的目标是在南京市域内建立一个具有 3 台通信处理机 (CP)、一个网控中心 (NCC)、3~4 台中大型主机,并可扩充的异种计算机实验网络 (称为南京市域计算机网络)。该网络具有独立的通信子网、灵活的资源子网,可向网络终端用户提供多种灵活的人网手段,具有良好的可用性。

这个市域网的最大特点是它完全遵从“开放系统互连”方式,即 OSI 方式。通过对 OSI 各层中一些主要通信协议标准的实现,市域网可经过公用数据网与其它遵从 ISO 所制定的“开放系统互连”标准的计算机网络直接互连。

本文主要介绍市域网的系统结构、重点研究内容和市域网所采用的协议体系结构,并对市域网的实现步骤和开发策略作简要说明。

1.1 系统结构和组成

南京市域网从系统结构上分成通信子网和资源子网两大部份。通信子网在第一期计划中设计具有 3 台通信处理机和一个网控中心,传输线路采用市话专线。它完成数据报文的传输和转接等功能,并向用户提供 X.25 标准接口方式。用户资源子网 (简称为资源子网)负责全网的面向应用的数据处理工作,向用户提供资源共享的手段。它通常是面向特定用户群的,如银行系统、企业集团、政府机构等;所运行的应用系统也是面向特定用户的。网络应用系统所需的远程通信功能一般都具有共性,这就是 OSI 高层协议提供的服务内容。本文所涉及的资源子网内容仅是这些通信功能,它们具有通用性,但只能构成资源子网的基础,只有在加入特定的应用系统之后,才能形成实用的资源子

网。在第一期计划中，资源子网主要包括三台中型计算机：Honeywell DPS8/49, IBM 4341, 和日立 M-240D。

为了实现这些异种计算机系统的连网，在市域网的总体设计中确定了以下七个重点研究内容。

(1) OSI 有关协议的研究与实现

市域网中所选用的 OSI 协议标准将在下一节作具体介绍。协议的实现通常按形式化描述——系统及数据结构设计——编程与测试等三个步骤进行，其中 4~7 层的协议在资源子网的各主机上同时实现。在进行协议实现的同时，还开展对协议的研究。按照协议工程学的方法，选择协议进行验证，并进行一致性测试的研究，把这些研究工作与协议的描述与实现有机地结合起来。

(2) 通信处理机

通信处理机是通信子网中的主要设备，其功能类似于 ARPA 网中的 IMP，它向用户 DTE 设备提供 X.25 标准接口，CP 与 CP 之间，CP 与 NCC 之间均按 1984 年 CCITT X.25 建议第三版本实现互连。CP 向用户提供虚电路和永久虚电路两种基本服务，同时还将实现部分 X.25 标准规定的用户可选补充业务供用户选用。

(3) 网络控制中心

NCC 负责通信子网的用户管理和账户管理，并管理整个通信子网的运行。它进行通信子网的系统初始化和重新启动，实现差错的检测、恢复和报告，并在 CP 容量允许的条件下对网络的扩充和重新配置等进行监视和维护。NCC 的设计能力为可管理 10 个 CP、50 台主机和 250 个 DTE 入网用户。

(4) 用户入网方式

a) 通过提供一些网络命令来使各台入网主机的终端具备访问网络资源的能力。

b) 开发符合 CCITT X.3, X.28 和 X.29 标准的不带交换功能的报文分组/组装设备 (PAD 机) 来增加用户终端入网的手段。同一 PAD 机所附接的终端之间的通信由该 PAD 机所附接的 CP 来转接完成。

c) 利用 X.25 通信控制器，开发一种使普通微机可经过市话交换网接入市域网的方法。该种通信控制器可提供 OSI 下三层的功能。对于高层协议，则根据入网微机的处理能力，使用终端仿真程序，或采用 OSI 的高层协议。

(5) 信关

考虑到目前南京市域计算机资源的具体情况和未来 JSnet 网的发展需要，在 JSnet 项目中进行了三种类型信关的开发工作：

a) 以太网与市域网之间的信关；

b) 市域网与公用数据网之间的信关；

c) 以太网与 Ominet 网以及 VAX 8000 系列计算机之间的信关。

(6) 应用系统接口开发

目前首先试验开发的是远程信息检索方式，以便将来向社会提供远程科技情报检索服务。

(7) 图文传视 (Videotex) 的传输试验。

1.2 协议体系结构

1.2.1 基本原则

确定协议体系结构对计算机网络的研建是十分重要的。考虑到当前计算机网络技术的发展趋向与我们目前现有的条件和基础,市域网的协议体系结构遵从了 OSI 的基本参考模型,并在层次结构上作适当的简化。网络内的各种通信协议都遵从现有的有关 ISO 标准或 CCITT 建议。由于当时有不少 OSI 协议标准的制订工作仍在进行之中,所以我们:

- (1) 尽量采用 OSI 标准的最新版本;
- (2) 在协议实现时考虑未来的发展,使实现具有较好的可扩充性和可修改性;
- (3) 在遵从协议标准的同时,允许根据具体实现环境,在协议验证的基础上,对协议作必要的改动和补充。

市域网的协议体系结构见图 1-1 所示。

1.2.2 通信子网的服务和协议

市域网通信子网的组建采用类似于公用数据网的方式实现,即主要以 CCITT/X.25 建议为所提供服务 and 协议的标准。市域网的低层服务和协议系统结构如图 1-2 所示。

在通信处理机的主机通信板中,将按 ISO 8878, ISO 8348 开发协议软件,其中与主机的交互以网络层服务定义为标准,通过异步串行口用网络层服务原语直接与主机中的运输层通信以传送数据 (NSDU)。为使 CP 主机处理统一,并使网络管理一致,在主机通信板内部将符合 ISO 8348 定义的网络层服务原语通过 ISO 8878 (利用 X.25 分组提供连接方式的 OSI 网络服务) 细化成为 X.25 的分组,然后由 CP 对这些分组进行交换、检测和管理等操作。

DCE 板是为用户 DTE 入网而提供的符合 X.25 标准的 DCE 接口,它事实上与公用数据网的用户接口完全兼容。所选用的 X.25 标准以 1984 年 CCITT 红皮书为兰本,除了实现所有基本规程外,还将提供流量级别、传输延迟等十几个用户可选业务。PAD 机入网和局域网的信关也将通过该接口。

干线板也采用类 X.25 标准实现。市域网的通信子网除外部接口采用面向连接形式的虚电路服务外,内部 CP 机之间,即子网内部协议交互也按虚电路方式实现,所以用于 CP 之间和 CP 与 NCC 之间互连的干线板中实现的主要也是 X.25 三层通信规程,只是在交互方式和分组格式上做了一些便于网控中心统一管理的变更和扩展。

DCE 板和干线板与 CP 主机之间仍以分组格式相互通信,因此在有三块不同通信功能板的情况下,CP 仍能以同一方式对各类分组进行不同的处理。

1.2.3 资源子网中的协议

在资源子网中,最重要、最常用的网络服务是文件传送,因此要求在资源子网的各台主机上都要实现 FTAM 协议,采用的标准是 ISO 8571。另一常用的网络服务是电子邮件,选用的标准是 MHS (CCITT/X.400),它也是在各台主机上同时实现。选择在 IBM 4341 主机和 DPS8 主机上进行基本类虚终端服务的实现,但在第一期计划中只作

为试验。由于市域网在第一期计划中只是原型系统，所以提供的服务不必太多，以减少实现的复杂性，尽快形成一个基本的开放系统。

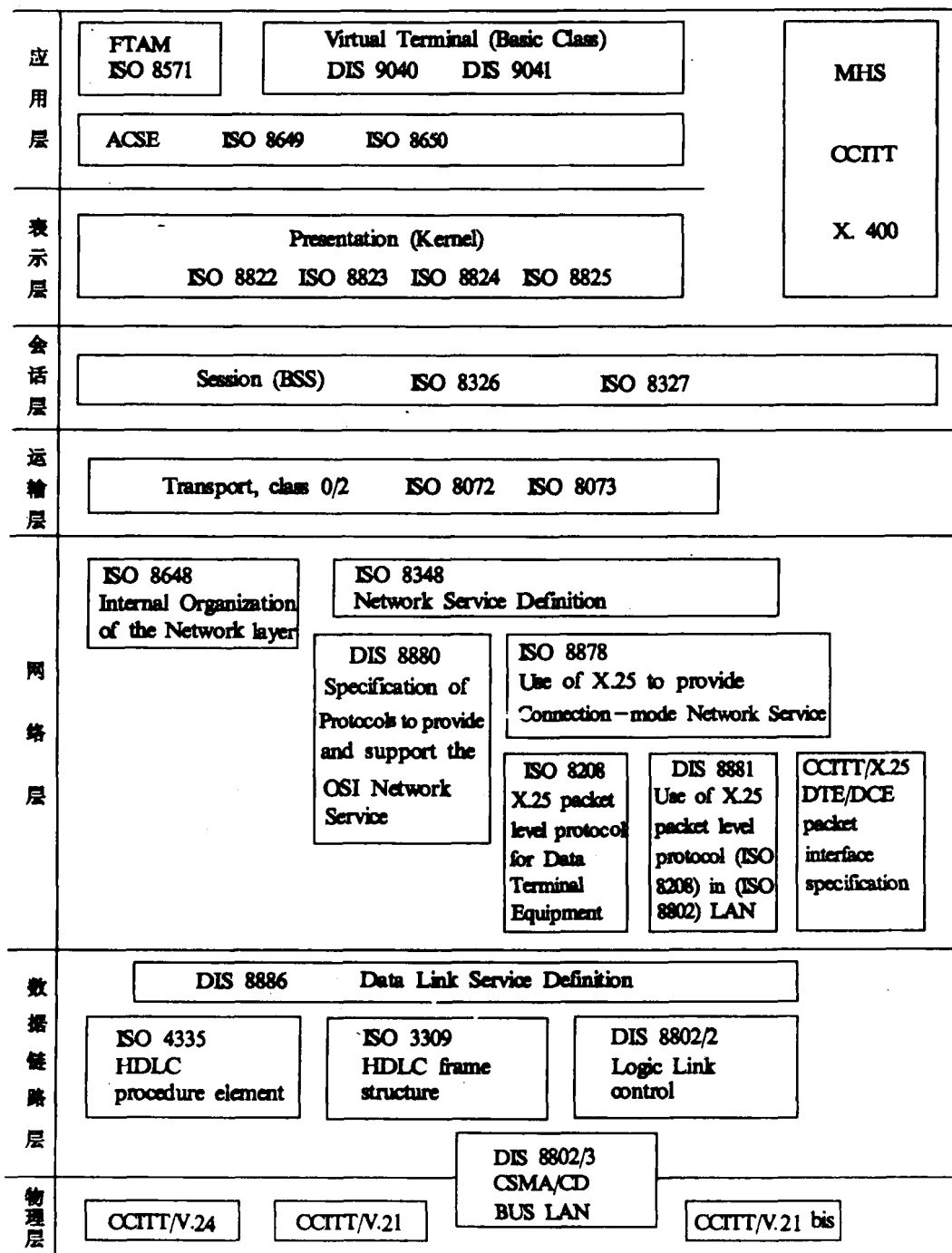


图 1-1 市域网的协议体系结构

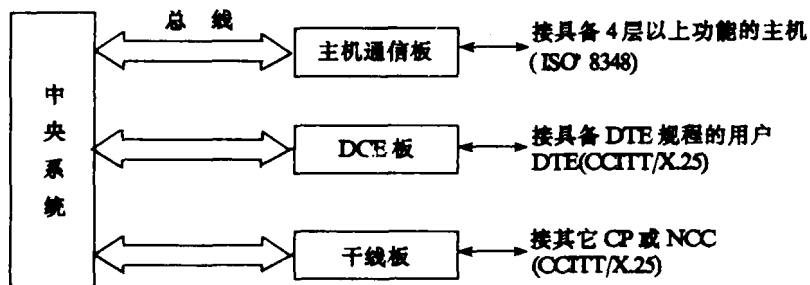


图 1-2 市域网的低层协议和服务系统结构

基于应用层的要求和尽量简化的原则，在应用层还选择了 ACSE 协议，在表示层选择了核心功能单元，这些都是为了满足 FTA 和 VT 的需要。综合 MHS 和 FTAM 等的要求，会话层实现的是基本同步子集 (BSS)。由于通信子网可提供可靠的网络服务，所以在运输层选择了 0 类和 2 类运输协议。资源子网中的主机通过运输层与网络层的接口，与通信子网相连接。

1.3 市域网的实现

南京市域网的研建是一个投资大、难度高的工作，需要分阶段进行。为了能同步地开发通信子网和资源子网，市域网的研建分为两个阶段。

第一阶段从 1987~1989 年。在进行主机直接互连的基础上构造市域网的资源子网，并在其上开发高层协议软件和应用系统接口；同时进行建立通信子网所需的通信处理机及其相应软件的开发。具体的做法是首先利用 HDLC 通信控制器将三台主机 (DPS8、IBM4341、M-240D) 进行直接互连，为高层协议的开发提供环境。这个直接互连也分两步进行，先把各个主机与 IBM/PC 利用 HDLC 通信控制器实现互连。这个工作可在本地实现，在取得经验后，再过渡到主机的互连。这样做不仅可以分散互连中的难点，还可以减轻对通信线路的压力。在此同时，开展对 CP 和 NCC 的研制工作。第一阶段的网络拓扑如图 1-3 所示。

第二阶段从 1990 年到 1991 年。在第一阶段工作的基础上建立市域网独立的通信子网，使资源子网中各主机由直接互连转为通过通信子网进行连接。同时完善资源子网的开发，形成资源子网的原型系统。第二阶段的网络结构见图 1-4。

90 年代，将进行江苏计算机网络的第二期计划开发，把南京市域的网络范围向江苏省内其它城市扩展，形成江苏省域的计算机网络。

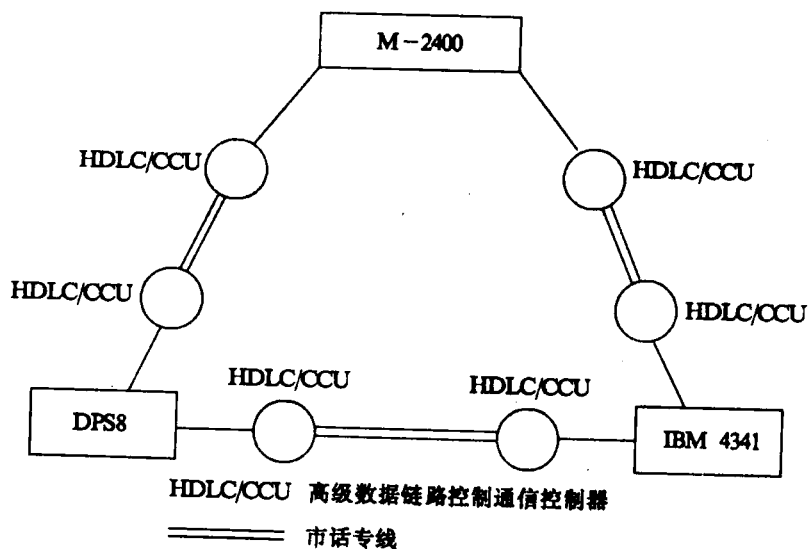


图 1-3 市域网第一阶段的网络拓扑

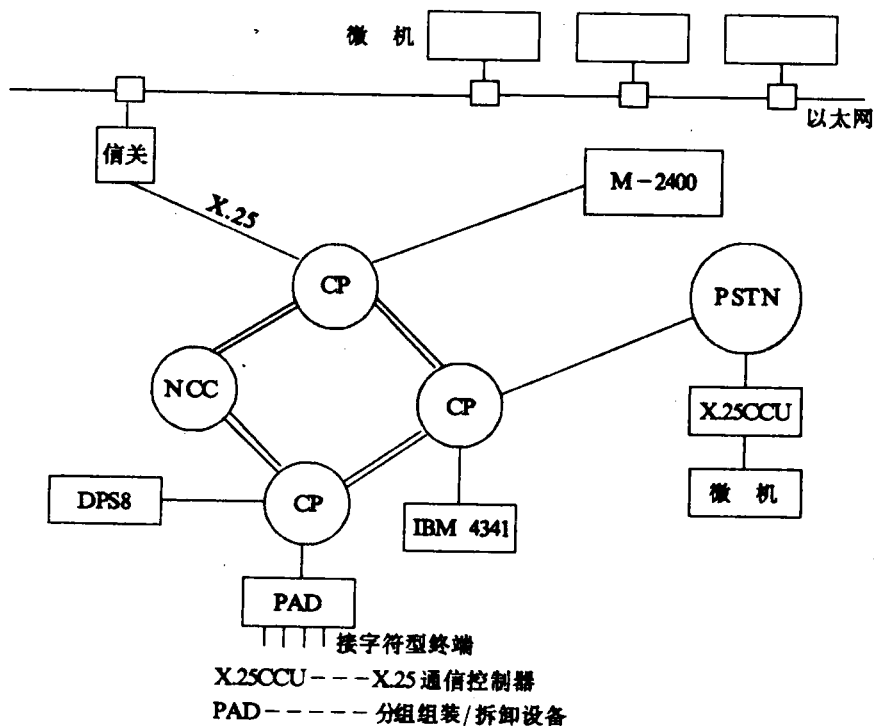


图 1-4 市域网第二阶段的网络拓扑