

# 清华大学校园网(TUnet)建设

李学农 黎 达 (清华大学)

## 一、引言

清华大学校园网 TUnet(Tsinghua University Campus network) 始建于 1987 年, 1989 年国家计委利用世界银行贷款立项建设中关村地区教育科研示范网——NCFC(National Computing and Networking Facility of China), 先后拨款 602 万资助 TUnet 工程, 从而大大加快了 TUnet 的建设速度, 于 1993 年 1 月通过国家计委组织的工程验收。到目前为止 TUnet 已具有相当规模, 有近 900 台大、中、小、微型计算机入网, 其中包括 160 台家庭计算机。TUnet 于 1991 年 10 月在国内率先启用国际先进的 100 兆位速率的 FDDI 光纤主干网, 互连分布在全校十八个楼内近 70 个以太网。1994 年 5 月 TUnet 正式接入国际上最大的计算机互连网络——Internet 网。

清华大学校园网为教职工和学生提供了一个先进的计算机和网络环境, 将计算机引入学校的教学、科研和管理各个领域, 促进教学质量和管理水平的提高, 使教师、学生熟悉现代的分布网络环境, 掌握先进的教学和研究手段, 以迎接九十年代和二十一世纪对人才素质的需求, 为实现清华大学建校一百周年(2011 年)建成世界一流大学的总目标打下基础。TUnet 是清华大学信息与计算机基础设施建设(TICD)的任务之一。

## 二、清华大学校园网现状

TUnet 可粗略划分为三大部分:

- 通过 100 兆位速率的 FDDI 和各种网络互连设备(如中继器、多用桥、路由器和智能交换式集线器)互连各楼内以太网。楼群之间采用户外型光缆作为介质, 楼内采用的介质为同轴电缆、双绞线和室内光缆。如图 1 中框 I 所示。

- 基于综合服务的线路交换网 PABX, 可连接模拟电话(A)、数字电话(D)、微机(PC)、工作站(WS)、主机(H)和公共交换电话网, 并提供 ISDN 标准接口 2B+D。如图 1 中的框 II 所示。

- 基于 X.25 交换机和 PAD 的分组交换网, 网络设备是我校自行设计和生产的, 主要用于网络终端访问, 构成终端服务子网 TSSN。如图 1 中的框 III 所示。

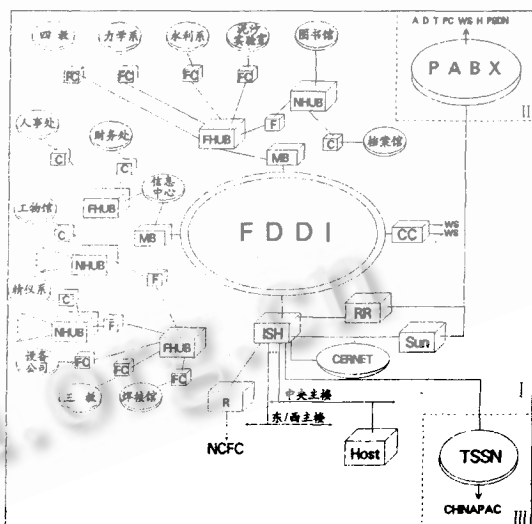


图 1 清华大学校园网局域网网络互连

### 1.FDDI 光纤主干网

FDDI(Fiber Distributed Data Interface)局域网采用光纤作为介质, 提供 100 兆位速率, 可满足大容量通信要求, 有很好的抗干扰性和冗余链路, 进一步提高了局域网的可靠性和安全性。FDDI 技术越来越成熟, 产品也愈加丰富, 价格亦不断下降, 是当前局域网互连的首选方案。

根据清华大学计算机资源和信息资源分布的实际情

况, 优选校机关所在地工字厅的信息中心, 位于中央主楼的校网网控中心和全校的通信中心电话室作为安装 FDDI 节点的单位。从图 2 可以看出, FDDI 光纤主干网由两段 6 芯多模 AT&T 公司的户外加强型光缆和四台 FDDI 互连设备组成。

FDDI 互连设备包括: 多用桥(MB)、FDDI 集中器(CC)和智能交换式集线器 ISH。

(1)多用桥 MB(Multi-Bridge)

多用桥是 AT&T 公司 90 年生产的 FDDI 产品, 其基本功能是多路桥接器。它采用模块化插板式结构, 选用不同的功能模板可构成不同类型的桥接器, 如互连两个 FDDI 网的 FDDI 桥接器、互连多达八个以太网的以太网桥接器及互连一个 FDDI 网和四个以太网的 FDDI/以太网桥接器。TUnet 安装的 MB 配置成 FDDI/以太网桥接器。它包括主板 CCU(Common Control Unit)、FDDI 接口板 FAU(FDDI Access Unit)、FDDI 处理器板 FPU(FDDI Processor Unit)和具有双 AUI 接口的以太网板 EAU(Ethernet Access Unit)各一块, 可桥接两个以太网到 FDDI 光纤主干网。

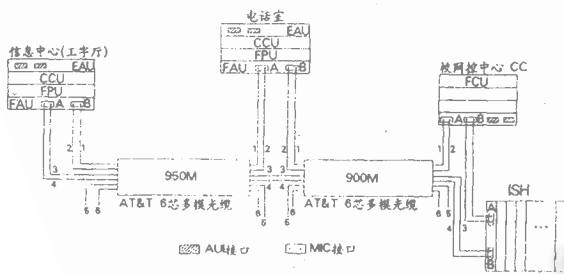


图 2 FDDI 光纤主干网设备互连示意图

(2)FDDI 集中器 CC(Concentrator)

FDDI 集中器 CC 是 AT&T 公司 90 年生产的另一种 FDDI 产品, 其功能是互连多个单连接站 SAS(Single Attached Station)到 FDDI 光纤主干网。TUnet 选用的 CC 由主板 FCU(FDDI Control Unit)和 FA/EU (FDDI Access / Extention Unit)板各一块构成, 可连接两台带有单个光纤收发器 100 兆网卡的工作站入 FDDI 光纤主干网。

(3)智能交换式集线器——ISH(Intelligent Switching Hub)

目前有几家大网络公司可提供智能交换式集线器, 我们选用的是美国 3Com 公司 93 年底推出的 LANplex 6012, 属第三代 LAN 互连产品, 它采用多种网络技术, 如 FDDI、LAN switch 和 ATM 等, 支持多种网络协议和各种网络介质接口, 集桥接器、路由器、LAN 交换于一体。它具有多达 12 个插件槽, 除管理模块必须插在第一个槽位外, 其余十一个槽位可任意插入其网络功能模块, 如以太网交换模块 ESM(Ethernet Switching Module)、FDDI 模块和 ATM 模块。一块以太网交换模块最多具有八个端口, 每个端口均具有 10 兆位速率, 这意味着它可实现多达 88 个以太网互连, 并同时接入 FDDI 光纤主干网。LANplex 6012 底板具有 3.5G 的带宽, 其中 3.2G 供 FDDI 交换和 ATM 模块使用, 待 95 年下半年推出此两类模块后, 将进一步提高 LANplex 6012 的组网能力。

2.主楼局域网

主楼是清华大学校园内最大的建筑群, 分为中央主楼、东主楼和西主楼三部分。楼内集中了八个系系机关和许多国家、校、系级实验室, 如 CAD 中心、图象中心、计算中心、信息网络中心、人工智能实验室和 CIMS / ERC 实验工程研究中心等, 拥有大量的计算机软、硬件资源和专用设备, 其中计算机约 1,200 台, 约占全校的 1/3。建设好主楼局域网具有十分重要的意义。

在建网初期, 由于入网计算机台数不多, 加之受当时技术条件和经费不足等的限制, 主楼内局域网互连采用 Multi-Connect Repeater 方案, 如图 3 所示。按建筑地理条件将主楼局域网划分为三个区域, 区域之间采用 Repeater 互连, 多口 Repeater 还互连其邻近的以太网网段。由于 Repeater 仅延伸介质的物理长度, 不能隔离各网段的信息流量, 随着入网计算机台数的增加, 网络冲突越加严重。至 94 年 8 月主楼局域网已互连楼内 21 个以太网网段, 入网计算机达 400 多台, 因而网络性能大幅度下降, 甚至到了人们无法忍受的程度。

1994 年 9 月在校网控中心安装了一台 LANplex 6012, 在不改造原有各个局域网的情况下, 将有关以太网网段接至 LANplex 6012 的以太网交换模块, 如图 4 所示。网络性能得以极大地提高, 两主机间的文件传送速率可达 450KB/s, 并为今后进一步地扩充主楼局域网

的规模和升级到 ATM 网创造了条件。

主楼局域网所配置的 LANplex 6012 有管理模块和四种以太网交换模块 (10BASE-T、10BASE-5、10BASE-2 和 10BASE-F)。管理模块上的两个 FDDI 接口(A 和 B)接入 FDDI 主干网光纤环路,以太网交换模块上的每个以太网端口设置成交换(Switch)方式,将来可根据需要将指定的端口设置成 Router,以进一步提高网络的安全性。

(2)抗干扰能力强。光纤介质传输的是光信号,既可避免电磁对其干扰,也可避免雷电对网络的破坏,这一点对于雷电区域的网络设计更具有意义。

(3)可满足网络更高带宽的需求,便于网络升级。一般光纤的带宽为几个吉(G)位,不仅满足以太网 10 兆位的速率,也可适应 FDDI 网(100 兆)和 ATM 网(155 兆位)的速率需求。

TUnet 各楼间的介质均采用多模 4 芯光纤(一芯用于光接收,一芯用于光发送,二芯备用),共 11 条,除 3 条是 ATT 光缆外,其余均为国产光缆。

TUnet 光纤以太网由多模光缆、光纤集中器 (FHUB) 和光电转换器 FA(Fiber Adapter)构成。FHUB 共 2 个,分别安装在电话室和校网网控中心,每个可提供 6 对光纤接口,可连接 6 对光纤,还配有以太网接口,以便与 MB 的以太网接口相连;分布在每个楼内的 FA,实现每个楼内的以太网与光纤以太网互连,这样分布在 11 个楼内的以太网通过两个 FHUB 与 FDDI 网相接,实现了全校局域网的互连。如图 1 中的框 I 所示。

除主楼外,目前各楼内入网计算机台数还不多,光纤以太网还能满足网络用户的需求,随着网络用户的增加,网络信息流量会不断上升,一旦 10 兆位不能适应时,只要更换光纤两边网络互连设备,即可升级到 FDDI 或 ATM。

### 4.综合业务程控交换网(IS-PABX)网

IS-PABX 网是 TUnet 的重要组成部分,它以电路交换方式向用户提供话音及非话业务信息的通路,实现全校范围广泛、优质的电话通信和灵活、可靠的数据通信,这里仅叙述后者。

IS-PABX 以荷兰 PHILIPS 公司的 SOPHO-S2500 数字式程控交换机为核心,利用其中的模拟用户线接口电路(ALC)、数字用户线接口电路(DLC)和连接计算机的调制解调器(MODEM)、线路适配器(LAM)、数字电话机实现计算机联网和数据通信,参见图 5。从图中不难看出,DLC 和 LAM、数字话机之间提供的是 ISDN 基本接口 2B+D 通路,其传输速率每个端口为 300~64Kbps; ALC 连接的是 MODEM,提供的是模拟信号通路,其传输速率为 1200~19.2Kbps。数字电话

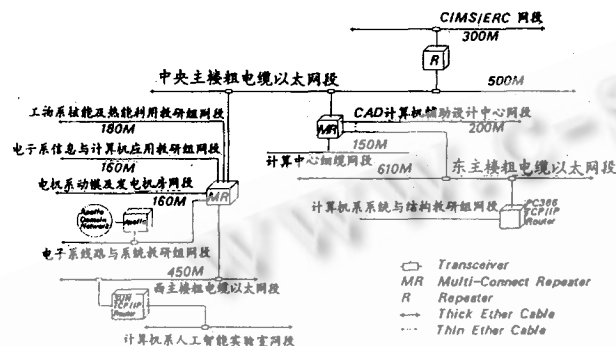


图 3 早期主楼局域网互连示意图

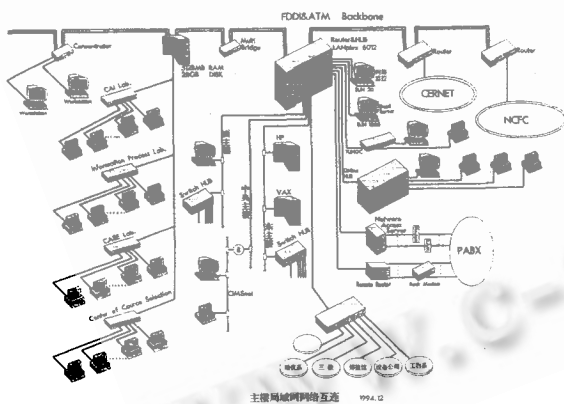


图 4 主楼局域网互连示意图

### 3.光纤以太网

光纤以太网以光缆为传输介质,网络底层协议为 Ethernet,传输速率为每秒 10 兆位,它具有以下特点:(1)网络复盖的范围比其它有线介质大得多。单模 I 型光缆两节点间的标准距离为 10~15 公里,单模 II 型为 40 公里;多模光缆两节点间的标准距离为 2 公里,实际距离可达 4 公里,而一般粗同轴的标准距离为 500 米,双绞线为 100 米。

机除可通话外还可连接一台计算机,二者可同时工作,一般安装在通话和上机互不影响线路的场合,如校级领导的住宅。LAM 有两个连接计算机的串行口,可同时连接两台 PC 机或主机上的两个终端接口。

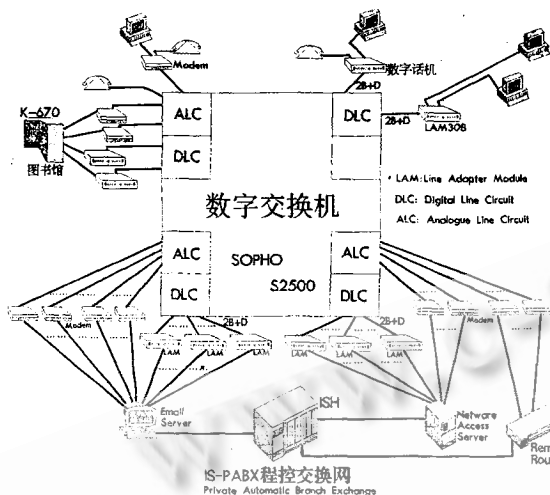


图 5 IS-PABX程控交换网

到 94 年底,通过 IS-PABX 联网的计算机约 260 台,其中 160 台安装在校、系、处级领导和部分教授的住宅,100 台安装在局域网暂时复盖不到的办公室、实验室,提供全校公共服务的计算机和互连设备四台:电子邮件服务器 (Email-Server), NOVELL 访问服务器 (Netware Access Server)、图书馆主机 K670 和远程路由器 RR(Remote Router)。

### 5.网络体系结构

在校园网技术中,最重要的是建立一个开放的网络计算机环境。这个环境应是开放、异构、可移植和能互操作的,同时还应是灵活、综合、可扩展和易管理的。清华大学现有的计算机环境是一种多机种、多厂商、多操作系统的环境,接入校园网的计算机有 30 多种,10 多种操作系统,来自近 30 个厂家。校园网要为这些计算机用户提供各种应用服务,并便于用户共享 Internet 网上的信息资源。

TCP/IP 协议是由美国国防部 DOD 为资源共享的计算机网络而建立的互连网络协议集,是当前流行的、事实上的国际工业标准。

TUnet 选用 TCP/IP 作为校园网的主要通信协议,同时允许在楼内的部处级、系级或实验室局域网内部采

用不同的特定厂家的网络协议,如 NOVELL 的 SPX/IPX 等,构成一个以 TCP/IP 为主同时容纳多种通信协议的校园网体系结构。

### 6.TUnet 与 Internet 网的连接

NCFC 主干光纤网络通过桥和路由器互连清华大学校园网 TUnet、北大校园网 PUnet、中科院院网 CASnet 和 NCFC 网控中心局域网,如图 6 所示。NCFC 网络目前仅提供一条 64K 卫星专用信道与 Internet 网相连,三家院、校网络中近 2500 台上网计算机共享此信道,随着用户的不断增加,已愈感到急需增加专用信道以缓解信道的堵塞。

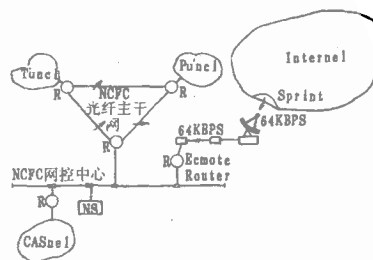


图 6 NCFC 光纤主干网及其与 Internet 网连接

## 三、TUnet 网络应用和服务

TUnet 建设主要包括网络基础建设和网络应用建设两大部分,前者提供“车与道”,后者提供“货和店”,两者缺一不可。清华大学自校网规划设计开始,一直十分重视并抓紧落实网络应用和服务的建设,如今基本建成一个高水平、综合应用的校园网,提供的各种网络应用和服务主要包括:

### 1.电子邮件 E-mail

目前 TUnet 所使用的中西文 E mail 是在引进的基础上,经过两年多的二次开发而研制成的,于 93 年 10 月起开始试运行,94 年 5 月正式投入运行,如今校内已基本取消了纸面通知,有关校级会议通知均通过电子邮件。E mail 采用两种国际流行的标准: X.400 和 SMTP,前者用于校内电子邮件,后者用于国际电子邮件。开发工作主要包括移植、汉化、菜单方式的人机接口以及远程用户代理的设计等。E mail 系统安装在 TUnet 上的若干台 UNIX 主机上,既可基于 TCP/IP 局域网,也可基于 TTXP 异步串行通信网。通过中国公

用分组数据网 CHINA PAC、美国 Internet 网与国际上 130 多个国家、地区往来电子邮件。

## 2. 图书管理和服

图书馆是学校学术信息中心, 拥有约 250 万册图书、期刊和资料, 通过校园网可向校内、外广大网络用户提供两种服务:

①图书、期刊的目录和馆藏与流动状况的查询服务, 目前可供用户查阅的中西文图书、期刊已达 20 万种 100 多万册。

②英文文献光盘检索服务, 用户可查阅并索取下面六大类文摘和索引库中的内容。

- ABI 美国商情索引库 • CC 新刊库(每周更新)
- DA 大学学位论文库 • EI 美国工程索引库(88-94 年)
- INSPEC 英国物理文摘库(91-94 年) • SCI 科学文摘库(94 年 1-12 月)

## 3. 计算机辅助教学 CAI

用户通过 TUnet 可应用各种 CAI 资源。CAI 的资源主要配置在 CAI 中心、计算中心和电子教室, CAI 中心已配有十几门课程的近百个 CAI 课件, 其中英语计算机辅助教学系统先在小巨型机 UNIX 系统开发、运行, 之后移植到 Netware 网络操作系统环境, 可供任何入网的个人计算机用户使用。

## 4. 计算机选课系统

为配合学校全面推行学分制, 促进教学的深化改革, 在校教务处的组织下于 94 年初开始研制计算机选课系统, 94 年 5 月投入运行, 现已完成三个学期的选课。每个学期接纳近万名本科生约 2,000 门课程的选课。

计算机选课系统采用 Client / Server 结构, 服务器选用 AST486(16MBRAM, 1GBDisk), 数据库管理系统为 ORACLE V7.0, 目前仅运行于选课中心局域网, 不久将移植到 UNIX 主机和校网环境, 这样, 学生可在各系的选课点同时选课, 并允许教师、教学管理人员和学生随时查询学生的选课情况。

## 5. 校行政管理信息系统和校机关办公信息系统

一流的大学要有一流的管理水平, 在现代化行政管理和办公方面, 信息及时、准确、快速地传送和共享是必不可缺的。校行政管理信息系统和校机关办公信息系统将进一步促进我校行政管理及办公水平的提高。

校行政管理信息系统包括本科生和研究生的学籍管

理、科研项目的管理、财务管理、人事管理及设备管理等, 目前这些子系统分别在各部处局域网内运行, 不久将逐步过渡到面向全校的网络用户提供服务。

校机关办公信息系统已于 94 年 10 月正式在 TUnet 上运行, 其主要功能包括:

- 管理学校的各种动态信息和简报, 实现学校各级领导、有关工作人员和授权网络用户查阅学校的主要活动情况;
- 管理学校重要办公文件和校领导个人的办公文件;
- 综合信息查询, 包括教职工、本科生和研究生的基本信息查询、清华大学统计资料和清华大学简介(中英文)的查询。

## 6. 校网络资源共享

网络资源共享是各种网络提供的最基本的服务。分布在 TUnet 上有众多可共享的网络资源, 包括计算、存贮、外围设备、软件库和数据库等。它们可支持很多课程的科学计算, 可通过教学模型进行物理现象的仿真和图形显示, 可作为计算机辅助设计工具等应用。许多拥有丰富网络资源的重点实验室已连入 TUnet, 如校计算中心、CAI 中心、CAD 中心、图像处理实验室、信号处理与模式识别实验室、国家人工智能实验室和 CIMS / ERC 实验室等。

## 7. Internet 网络服务

Internet 网目前复盖 137 个国家和地区, 连接近 2 万个网络, 拥有 2500 多万用户, 是目前世界上最大的信息网络。TUnet 是 Internet 网络中的一员, 可为网络用户提供 Internet 网上的五种网络资源工具: Gopher、WWW(World-Wide Web)、WAIS(Wide Area Information Server)、Archie 和 WHOIS。按功能划分, Gopher 和 WWW 使用 Client / Server 模式, 分别采用文本和超文本技术探查和索取网络资源; WAIS 是一个分布式的正文文件检索系统, 主要用来检索和搜索文件数据库中的文件或数据, Archie 和 WHOIS 主要是网络资源的查找, 前者主要用于寻找 Internet 网上所需要的文件的位置, 有规则地访问 FTP Server 中的文件, 并组成查阅获得文件的数据库, 后者向网络用户提供目录服务, 该服务可提供一种查找 E mail 地址、邮政地址和电话号码的方法。