



教育部考试中心

National Computer Rank Examination  
全国计算机等级考试

# 四级教程

## ——网络工程师

(2012年版)

# 全国计算机等级考试四级教程

## ——网络工程师

### (2012年版)

Quanguo Jisuanji Dengji Kaoshi Siji Jiaocheng  
——Wangluo Gongchengshi

教育部考试中心 编 (911) 计算机出版社

作者 王江

编辑 计算机

http://www.jiaozhu.com.cn  
http://www.jiaozhu.com.cn  
http://www.jiaozhu.com.cn

出版发行 计算机出版社  
地址 北京市  
邮编 100000  
电话 010-62221118  
网址 www.jiaozhu.com.cn

2011年11月第1版  
2012年8月第2次印刷  
400-010-0198



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

00-0000-00  
00-0000-00  
00-0000-00

## 内容提要

本书根据教育部考试中心制订的《全国计算机等级考试四级网络工程师考试大纲(2007年版)》编写而成。主要内容包括:网络规划与设计的基本原则、中小型网络系统总体规划与设计方法、局域网组网技术、网络信息系统的建立、网络安全与管理等。本书编写的目标是使通过四级网络工程师的合格考生具有大型网络系统规划与管理的基本知识,掌握中小型网络系统组建、设备调试、系统维护与管理的基本技术。本书在内容选择上贯彻了“培养实际工作技能”的指导思想,在教材编写上体现了“任务驱动”的风格。

本书可供报考全国计算机等级考试四级网络工程师的考生使用,也可作为普通高等院校网络课程的教材或参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

全国计算机等级考试四级教程:2012年版.网络工程师/教育部考试中心编.--北京:高等教育出版社,2011.11(2012.8重印)

ISBN 978-7-04-033894-2

I. ①全… II. ①教… III. ①电子计算机-水平考试-教材②计算机网络-水平考试-教材 IV. ①TP3

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第238642号

策划编辑 何新权 责任编辑 何新权 封面设计 陈方 责任校对 刘春萍

出版发行	高等教育出版社	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
社 址	北京市西城区德外大街4号		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
邮政编码	100120	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
印 刷	保定市中国画美凯印刷有限公司		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
开 本	787mm×1092mm 1/16		
印 张	23.5		
字 数	570千字	版 次	2011年11月第1版
购书热线	010-58581118	印 次	2012年8月第2次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	48.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究  
物料号 33894-00

# 大力推行全国计算机等级考试 为发展知识经济、信息产业和培养计算机专门人才作出贡献

(代序)

中国科学院院士 北京大学信息与工程科学学部主任  
全国计算机等级考试委员会主任委员

杨芙清

当今,人类正在步入一个以智力资源的占有和配置,知识生产、分配和使用为最重要因素的知识经济时代,也就是小平同志提出的“科学技术是第一生产力”的时代。科教是经济发展的基础,知识是人类创新的源泉。基础研究的科学发现、应用研究的原理探索和开发研究的技术发明,三者之间的联系愈来愈紧密,转换周期日趋缩短。世界各国的竞争已成为以经济为基础、以科技(特别是高科技)为先导的综合国力的竞争。

在高科技中,信息科学技术是知识高度密集、学科高度综合,具有科学与技术融合特征的学科。它直接渗透到经济、文化和社会的各个领域,迅速改变着人们的观念、生活和社会的结构,是当代发展知识经济的支柱之一。

在信息科学技术中,微电子是基础,计算机硬件及通信设施是载体,计算机软件是核心。软件是人类知识的固化,是知识经济的基本表征,软件已成为信息时代的新型“物理设施”。人类抽象的经验、知识正逐步由软件予以精确地体现。在信息时代,软件是信息化的核心,国民经济和国防建设、社会发展、人民生活都离不开软件,软件无处不在。软件产业是增长最快的朝阳产业,是具有高额附加值、高投入/高产出、无污染、低能耗的绿色产业。软件产业的发展将推动知识经济的进程,促进从注重量的增长向注重质的提高的方向发展,是典型的知识型产业。软件产业是关系到国家经济安全和文化安全,体现国家综合实力,决定 21 世纪国际竞争地位的战略产业。

为了适应知识经济发展的需要,大力推动信息产业的发展,需要在全民中普及计算机的基本知识,广开渠道,培养和造就一批又一批能熟练运用计算机和软件技术的各行各业的专门人才。

1994 年,原国家教委(现教育部)推出了全国计算机等级考试,它是一种重视应试人员对计算机和软件的实际掌握能力的考试。它不限制报考人员的学历背景,任何年龄段的人员都可以报考。这就为培养各行各业计算机的应用人才开辟了一条广阔的道路。

1994 年是推出计算机等级考试的第一年,当年参加考试的有 1 万余人;而 2010 年,年报考人数已近 507 万人。截至 2011 年上半年,全国计算机等级考试共开考 33 次,考生人数累计达 4130 万,其中有 1550 万人获得了不同级别的计算机等级证书。

事实说明,鼓励社会各阶层的人士通过各种途径掌握计算机应用技术,并运用等级考试对他们的才干予以认真的、有权威性的认证,是一种人才培养的有效途径,是比较符合我国具体情况的。等级考试也为用人单位录用和考核人员提供了一种测评手段。从有关公司对等级考试所作

的社会抽样调查结果看,不论是管理人员还是应试人员,对该项考试的内容和形式都给予了充分的肯定。

计算机等级考试所取得的良好效果,也同全国各有关单位专家们在等级考试的大纲编写、试题设计、阅卷评分及效果分析等多项工作中所付出的大量心血和辛勤劳动密切相关,他们为这项工作的顺利开展作出了重要的贡献。

计算机与软件技术是一项日新月异的高新技术。计算机等级考试大纲有必要根据计算机与软件技术在近年的新发展,进行适当的修正,从而使等级考试更能反映当前计算机与软件技术的应用实际,使培养计算机应用人才的基础工作更健康地向前发展。

从面临知识经济的机遇与挑战这样一个社会大环境的背景出发,考察全国计算机等级考试,就会看到,这一举措是符合知识经济和信息产业的发展方向的,是值得大力推行的。

我们相信,在 21 世纪知识经济和信息产业加快发展的形势下,在教育部考试中心的精心组织领导下,在全国各有关专家们的大力配合下,全国计算机等级考试一定会以更新的面貌出现,从而为我国培养计算机应用专门人才的宏大事业作出更多的贡献。

2011年10月

## 前言

本书是根据教育部考试中心制订的《全国计算机等级四级网络工程师考试大纲(2007年版)》的考试要求编写而成的。

本书内容包括:网络规划与设计、局域网组网技术、计算机网络信息服务系统的建立及计算机网络安全与管理,共4单元。通过学习,要求考生能够了解大型计算机网络系统规划与管理方法,具备中小型计算机网络系统规划、设计的基本能力,掌握中小型计算机网络系统组建、设备调试的基本技术,掌握企事业单位中小型计算机网络系统维护与管理的基本技术,了解计算机网络技术的发展。

本书在内容选择上贯彻了“培养实际工作技能”的指导思想,在编写上体现了“任务驱动”的风格。

本教材由南开大学吴功宜教授任主编,参加编写的人员包括:北京大学张立云高级工程师、北京大学王竹威高级工程师、北京邮电大学高占春副教授、天津理工大学王劲松副教授。其中,吴功宜编写第1~4章,张立云编写第6~7章,王竹威编写第8章,高占春编写第9章,王劲松编写第5章、第10章与第11章,并由吴功宜负责全书的统稿。

由于教材的很多内容是编者通过总结工作中的实际经验来完成的,涉及的内容十分广泛,编写的时间仓促,同时限于编者学术水平和实践经验,错误之处在所难免,敬请读者提出宝贵意见,以便修改完善。

编者



## 第一单元 网络规划与设计

<b>第1章 网络系统结构与设计的基本原则</b> .....	(3)	2.2.3 实训任务三:网络关键设备选型	...	(37)
1.1 基础知识 .....	(3)	2.2.4 实训任务四:网络服务器选型	.....	(41)
1.1.1 计算机网络的分类 .....	(3)	2.2.5 实训任务五:网络系统安全		
1.1.2 计算机网络结构的特点 .....	(4)	设计的基本方法 .....		(47)
1.1.3 广域网技术的发展 .....	(5)	习题 .....		(52)
1.1.4 局域网技术的发展 .....	(6)	<b>第3章 IP地址规划设计技术</b> .....		(54)
1.1.5 城域网技术的发展 .....	(7)	3.1 基础知识 .....		(54)
1.2 实训任务 .....	(9)	3.1.1 IP地址的概念与划分地址		
1.2.1 实训任务一:宽带城域网的结构	.....	新技术的研究 .....		(54)
1.2.2 实训任务二:宽带城域网组建		3.1.2 标准分类的IP地址 .....		(56)
基本原则 .....	(11)	3.1.3 划分子网的三级地址结构	.....	(58)
1.2.3 实训任务三:管理和运营宽带		3.1.4 无类域间路由(CIDR)技术	.....	(60)
城域网的关键技术 .....	(13)	3.1.5 专用IP地址与内部网络地址		
1.2.4 实训任务四:构建宽带城域网的		规划方法 .....		(61)
基本技术与方案 .....	(14)	3.2 实训任务 .....		(63)
1.2.5 实训任务五:网络接入技术与		3.2.1 实训任务一:IP地址规划方法	.....	(63)
方法 .....	(17)	3.2.2 实训任务二:子网地址规划方法	.....	(65)
习题 .....	(27)	3.2.3 实训任务三:可变长度子网掩码		
<b>第2章 中小型网络系统总体规划与</b>		(VLSM)地址规划方法 .....		(66)
<b>设计方法</b> .....	(28)	3.2.4 实训任务四:CIDR地址规划方法	.....	(67)
2.1 基础知识 .....	(28)	3.2.5 实训任务五:内部网络专用IP地址规		
2.1.1 基于网络的信息系统基本结构	.....	划与网络地址转换 NAT方法 .....		(69)
2.1.2 网络系统组建工程的阶段划分	.....	3.2.6 实训任务六:IPv6地址规划基本		
2.1.3 网络需求调研与系统设计的基本		方法 .....		(75)
原则 .....	(30)	习题 .....		(76)
2.2 实训任务 .....	(31)	<b>第4章 路由设计基础</b> .....		(78)
2.2.1 实训任务一:网络用户调查与		4.1 基础知识 .....		(78)
网络工程需求分析 .....	(31)	4.1.1 分组转发的基本概念	.....	(78)
2.2.2 实训任务二:网络总体设计基		4.1.2 路由选择的基本概念	.....	(79)
本方法 .....	(34)	4.2 实训任务 .....		(83)

4.2.1 实训任务一:自治系统与 Internet 的路由选择协议 .....	(83)	协议 OSPF .....	(86)
4.2.2 实训任务二:内部网关协议 IGP ..	(84)	4.2.4 实训任务四:外部网关 协议 BGP .....	(88)
4.2.3 实训任务三:最短路径优先		习题 .....	(90)

## 第二单元 局域网组网技术

<b>第5章 局域网技术</b> .....	(95)	7.1.3 路由器的结构 .....	(160)
5.1 基础知识 .....	(95)	7.1.4 路由器的工作模式 .....	(161)
5.1.1 局域网组网的基础知识 .....	(95)	7.2 实训任务 .....	(163)
5.1.2 综合布线的概念 .....	(96)	7.2.1 实训任务一:路由器的基本 操作与配置方法 .....	(163)
5.2 实训任务 .....	(100)	7.2.2 实训任务二:路由器的基本 配置及公用命令 .....	(166)
5.2.1 实训任务一:以太网组网的 基本方法 .....	(100)	7.2.3 实训任务三:路由器的接口 配置 .....	(171)
5.2.2 实训任务二:局域网互联 设备类型 .....	(104)	7.2.4 实训任务四:路由器的静态 路由配置 .....	(176)
5.2.3 实训任务三:综合布线系统 网络结构设计 .....	(108)	7.2.5 实训任务五:动态路由协议的 配置 .....	(178)
5.2.4 实训任务四:综合布线系统子 系统设计 .....	(110)	7.3 高级实训任务 .....	(184)
习题 .....	(114)	7.3.1 高级实训任务一:路由器的 DHCP 功能及其配置 .....	(184)
<b>第6章 交换机及其配置</b> .....	(116)	7.3.2 高级实训任务二:路由器 IP 访问 控制列表的功能及其配置 .....	(189)
6.1 基础知识 .....	(116)	习题 .....	(198)
6.1.1 局域网交换机的基本功能 .....	(116)	<b>第8章 无线局域网设备安装与调试</b> .....	(201)
6.1.2 局域网交换机的工作原理 .....	(117)	8.1 基础知识 .....	(201)
6.1.3 交换表内容的建立和维护 .....	(117)	8.1.1 蓝牙技术与标准 .....	(201)
6.1.4 交换机的交换结构 .....	(120)	8.1.2 HiperLAN 技术与标准 .....	(203)
6.1.5 交换机的交换模式 .....	(121)	8.1.3 IEEE 802.11 标准 .....	(204)
6.1.6 交换机的分类 .....	(122)	8.2 实训任务 .....	(208)
6.1.7 虚拟局域网 VLAN 技术 .....	(124)	8.2.1 实训任务一:无线局域网的 设计 .....	(208)
6.1.8 生成树协议 STP .....	(127)	8.2.2 实训任务二:常用的无线 局域网设备 .....	(211)
6.2 实训任务 .....	(128)	8.2.3 实训任务三:无线接入点的 安装与调试 .....	(211)
6.2.1 实训任务一:交换机的配置 ..	(128)	8.2.4 实训任务四:无线网卡的 安装与调试 .....	(214)
6.2.2 实训任务二:交换机 VLAN 的 配置 .....	(142)	习题 .....	(215)
6.2.3 实训任务三:交换机 STP 的 配置 .....	(146)		
习题 .....	(151)		
<b>第7章 路由器及其配置</b> .....	(153)		
7.1 基础知识 .....	(153)		
7.1.1 路由器概述 .....	(153)		
7.1.2 路由器工作原理 .....	(154)		



## 第三单元 计算机网络信息服务系统的建立

第9章 计算机网络信息服务系统的 安装与配置 .....	(219)	9.2.1 实训任务一:安装、配置 DNS 服务器 .....	(224)
9.1 基础知识 .....	(219)	9.2.2 实训任务二:安装、配置 DHCP 服务器 .....	(234)
9.1.1 DNS 的基本概念与工作原理 ..	(220)	9.2.3 实训任务三:安装、配置 WWW 服务器 .....	(241)
9.1.2 DHCP 的基本概念与工作 原理 .....	(221)	9.2.4 实训任务四:安装、配置 FTP 服务器 .....	(251)
9.1.3 WWW 的基本概念与工作 原理 .....	(222)	9.2.5 实训任务五:安装、配置 E-mail 服务器 .....	(263)
9.1.4 FTP 的基本概念与工作原理 ..	(222)	习题 .....	(272)
9.1.5 E-mail 基本概念与基本工作 原理 .....	(223)		
9.2 实训任务 .....	(224)		

## 第四单元 计算机网络安全与管理

第10章 网络安全技术 .....	(277)	11.1 基础知识 .....	(317)
10.1 基础知识 .....	(277)	11.1.1 网络管理的基本知识 .....	(317)
10.1.1 网络安全的基本概念 .....	(277)	11.1.2 网络管理模型 .....	(319)
10.1.2 数据备份方法 .....	(281)	11.1.3 互联网控制报文协议 ICMP ..	(324)
10.1.3 加密技术 .....	(283)	11.1.4 Windows 2003 网络管理 .....	(325)
10.1.4 防病毒技术 .....	(287)	11.1.5 常见网络故障及其处理 .....	(330)
10.1.5 防火墙技术 .....	(290)	11.1.6 漏洞扫描 .....	(331)
10.1.6 入侵检测技术 .....	(296)	11.2 实训任务 .....	(333)
10.1.7 网络安全评估 .....	(302)	11.2.1 实训任务一:常用网络管理 软件的安装与配置 .....	(333)
10.2 实训任务 .....	(303)	11.2.2 实训任务二:管理与维护用户 账户 .....	(337)
10.2.1 实训任务一:数据备份设备 与软件安装和配置 .....	(303)	11.2.3 实训任务三:利用工具监控和 管理网络 .....	(340)
10.2.2 实训任务二:防病毒软件 安装与配置 .....	(308)	11.2.4 实训任务四:查找和排除 故障的基本方法 .....	(343)
10.2.3 实训任务三:防火墙的 安装与配置 .....	(310)	11.2.5 实训任务五:网络攻击与 漏洞查找的基本方法 .....	(345)
10.2.4 实训任务四:网络入侵检测 系统的部署 .....	(313)	习题 .....	(349)
习题 .....	(315)		
第11章 网络管理技术 .....	(317)		
附录一 全国计算机等级考试四级网络工程师考试大纲(2007年版) .....	(351)		
附录二 2011年3月全国计算机等级考试四级笔试题及参考答案——网络工程师 .....	(353)		
附录三 习题参考答案 .....	(364)		

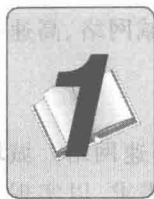
# **第一单元**

---

## **网络规划与设计**



# 第



# 章

## 网络系统结构与设计的基本原则

### 学习目的:

- ▶ 掌握广域网、城域网与局域网的主要技术特点
- ▶ 了解大型网络系统的结构特点
- ▶ 了解大型网络系统设计的基本知识
- ▶ 掌握宽带城域网特点、结构与主要技术特征
- ▶ 了解宽带城域网主要技术方案与设备选型的基本知识

### 1.1 基础知识

#### 1.1.1 计算机网络的分类

计算机网络按照其覆盖的地理范围进行分类,可以很好地反映不同类型网络的技术特征。由于网络覆盖的地理范围不同,它们所采用的传输技术也不同,因此形成不同的网络技术特点与网络服务功能。

按覆盖的地理范围划分,计算机网络可以分为局域网、城域网与广域网等3种类型。

##### 一、局域网(Local Area Network, LAN)

局域网用于将有限范围内(例如一个实验室、大楼或校园)的各种计算机、终端与外部设备互连成网。按照采用的技术、应用范围和协议标准的不同,局域网可以分为共享局域网与交换局域网。局域网技术发展非常迅速,并且应用日益广泛,是计算机网络中最为活跃的领域之一。

从局域网应用的角度来看,局域网的技术特点主要表现在:

- ① 局域网覆盖有限的地理范围,它适用于机关、校园、工厂等有限范围内的计算机、终端与各类信息处理设备联网的需求;
- ② 局域网提供高数据传输速率(10 Mbps ~ 10 Gbps)、低误码率的高质量数据传输环境;
- ③ 局域网一般属于一个单位所有,易于建立、维护与扩展。

从介质访问控制方法的角度来看,局域网可以分为共享介质式局域网与交换式局域网;而从

使用的传输介质类型的角度来看,局域网又可以分为使用有线介质的有线局域网与使用无线通信信道的无线局域网。

局域网可以用于个人计算机局域网、大型计算设备群的后端网络与存储区域网络、高速办公室网络、企业与学校的主干局域网。

## 二、城域网(Metropolitan Area Network, MAN)

城市区域网络简称为城域网。城域网是介于广域网与局域网之间的一种高速网络。城域网设计目标是满足几十公里范围内的大量企业、机关、公司的多个局域网的互联需求,以实现大量用户之间的数据、语音、图形与视频等多种信息的传输。

## 三、广域网(Wide Area Network, WAN)

广域网又称为远程网,所覆盖的地理范围从几十公里到几千公里。广域网可以覆盖几个国家或地区,甚至横跨几个洲,形成国际性的远程计算机网络。广域网的通信子网可以利用公用分组交换网、卫星通信网和无线分组交换网,将分布在不同地区的计算机系统互联起来,以达到资源共享的目的。

### 1.1.2 计算机网络结构的特点

早期的计算机网络主要是广域网。广域网在结构上分成两个部分:负责数据处理的主计算机与终端;负责数据通信处理的通信控制处理设备与通信线路。从计算机网络组成的角度来看,典型的计算机网络从逻辑功能上可以分为两部分:资源子网和通信子网。资源子网由主计算机系统、终端、终端控制器、联网外部设备、各种软件资源与信息资源等组成。资源子网负责全网的数据处理业务,负责向网络用户提供各种网络资源与网络服务。早期的主机(host)主要是大型机、中型机、小型机,目前大量使用的是个人计算机。主机包括用户终端设备(包括个人计算机、数字设备)与服务器,是资源子网的主要组成单元,它们通过高速通信线路与通信子网的通信控制处理机相连接。普通用户终端通过主机连入网络。主机要为本地用户访问网络其他主机设备与资源提供服务,同时要为网络中远程用户共享本地资源提供服务。终端是用户访问网络的界面。

通信子网由通信控制处理机、通信线路与其他通信设备组成,完成网络数据传输、转发等通信处理任务。通信控制处理机在网络拓扑结构中被称为网络结点。一方面,它作为与资源子网的主机、终端的连接接口,将主机和终端连入网络;另一方面,它作为通信子网中的分组存储转发结点,完成分组的接收、校验、存储、转发等功能,实现将源主机报文准确发送到目的主机的作用。在早期的 ARPANET 中承担通信控制处理机功能的设备是接口报文处理机(Interface Message Processor, IMP)。IMP 是路由器的雏形。通信线路为通信控制处理机与通信控制处理机、通信控制处理机与主机之间提供通信信道。计算机网络采用多种通信线路,例如电话线、双绞线、同轴电缆、光纤、无线通信信道、微波与卫星通信信道等。

随着微型计算机和局域网的广泛应用,使用大型机与中型机的主机—终端系统的用户减少,当前的网络结构已经发生变化。随着微型计算机的广泛应用,大量的微型计算机是通过局域网连入城域网,局域网与城域网、城域网与广域网、广域网与广域网的互联都通过路由器来实现。

用户计算机可以通过局域网方式接入,也可以选择电话交换网(PSTN)、有线电视网(CATV)、无线城域网(WMAN)或无线局域网(WLAN)方式接入到作为地区级主干网的城域网。城域网又通过路由器与光纤接入到作为国家级或区域主干网的广域网。多个广域网互联形成覆

盖全世界的 Internet 系统。Internet 网络系统结构太复杂了,并且在不断地变化,图 1-1 给出了 Internet 网络理想的结构示意图。构成现代网络系统的基本单元是互联的广域网、城域网与局域网。

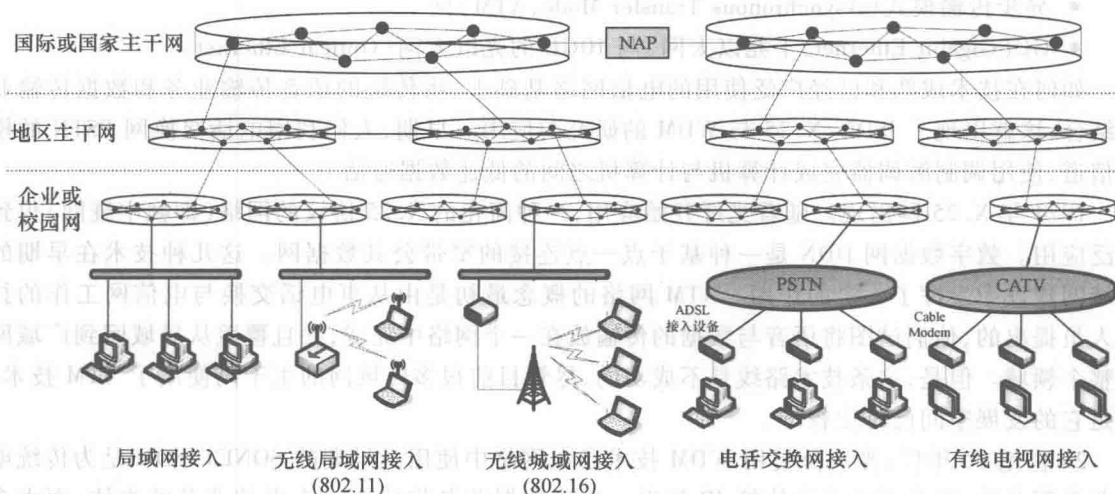


图 1-1 Internet 网络结构示意图

### 1.1.3 广域网技术的发展

#### 一、广域网是一种公共数据网络

局域网一般属于一个单位所有,组建的成本低,易于建立、维护,一般是自建自管自用。而广域网建设投资很大,管理困难,一般是由电信运营商负责组建与维护。由电信运营商组建广域网,提供接入广域网的服务与技术,为用户提供高质量的数据传输服务,因此它是一种公共数据网络(Public Data Network, PDN)。用户可以在公共数据网络 PDN 上开发各种网络服务系统。用户要使用广域网服务,必须向广域网运营商购买服务。当然,有特殊需要的国家部门与大型企业也可以根据需要组建自己使用和管理的专用广域网。

#### 二、广域网技术研究的重点是宽带核心交换技术

早期的广域网主要用于大型计算机系统的互联,人们通过终端实现对远程计算机资源的访问,因此人们提出了资源子网与通信子网的两级结构概念,而当时的通信子网就是指广域网的传输网部分。广域网核心技术主要是指电信运营商负责的通信网络中使用的技术,其范围遍及全球,传输技术涉及光纤传输、无线传输与卫星传输。在 Internet 大规模接入的初期,广域网与城域网界限还比较模糊。随着接入网技术的成熟,将核心交换技术与接入技术分开,由城域网来承担用户接入的任务已经形成共识,广域网技术主要研究的是远距离、宽带、高服务质量的核心交换技术。

在广域网的发展过程中,可以用于构成广域网的典型网络类型和技术主要包括:

- 公共电话交换网 PSTN
- 综合业务数字网 ISDN

- 数字数据网 DDN
- X.25 分组交换网
- 帧中继(Frame Relay, FR)网
- 异步传输模式(Asynchronous Transfer Mode, ATM)网
- GE(Gigabit Ethernet, 千兆以太网)与 10GE 的光以太网(Optical Ethernet)

如何在技术成熟和已经广泛使用的电信网络基础上,将传统的语音传输业务和数据传输业务结合,这就出现了 ISDN、X.25 与 WDM 的研究与应用。早期,人们利用电话交换网 PSTN 的模拟信道,使用调制解调器完成计算机与计算机之间的低速数据通信。

1974 年 X.25 网出现。随着光纤开始应用,一种简化的 X.25 协议的网络(即帧中继网)得到广泛应用。数字数据网 DDN 是一种基于点对点连接的窄带公共数据网。这几种技术在早期的广域网建设中发挥了一定的作用。ATM 网络的概念最初是由从事电话交换与电信网工作的技术人员提出的,他们试图将语音与数据的传输放在一个网络中完成,并且覆盖从局域网到广域网的整个领域。但是,这条技术路线是不成功的,尽管目前很多广域网的主干网使用了 ATM 技术,但是它的发展空间已经比较小。

20 世纪 80 年代,光波分复用 WDM 技术已在网络中使用。早期的 SONET/SDH 是为传统电信业务服务的,它并不适合于传输 IP 分组。由于数据业务将成为未来电信业务的主体,而大多数运营商的传输网是 SONET/SDH 网络,出于经济的原因,他们不会放弃大量既存的、成熟可靠的 SONET/SDH 技术。为了适应数据业务发展的需要,SDH 的发展趋势是支持 IP 和以太网业务的接入,并不断融合 ATM 和路由交换功能,构成以 SDH 为基础的广域网平台。广域网发展的一个重要趋势是 IP over SONET/SDH。

计算机网络研究人员把研究的重点放在物理层接口标准、数据链路层协议与网络层 IP 协议上。当局域网的以太网技术日趋成熟和广泛应用时,他们调整了高速局域网的设计思路,在速率为 1 Gbps 的 GE 与 10 Gbps 的 10GE 物理层设计中,考虑利用光纤作为远距离传输介质,发展光以太网技术,将以太网技术从局域网扩大到城域网和广域网。目前看来,这条技术发展路线是十分成功的。

#### 1.1.4 局域网技术的发展

应用是推动局域网技术发展的真正动力。局域网技术的发展十分迅速,目前已在企业、机关、学校的信息管理与服务领域得到广泛的应用。

1980 年左右,以太网(Ethernet)与令牌环(Token Ring)网络、令牌总线(Token Bus)网络三足鼎立。1990 年 IEEE 802.3 标准中的物理层标准 10Base-T 的推出,使普通双绞线可以作为 10 Mbps 以太网传输介质。在使用普通双绞线以后,以太网组网的造价降低,性能价格比大大提高,这就使以太网在与其他局域网竞争中占据了明显优势。同年以太网交换机产品面世,标志着交换式以太网的出现。

以太网技术的发展有三个方向:

(1) 提高以太网的数据传输速率,从 10 Mbps 提高到 100 Mbps,甚至提高到 1 Gbps 或 10 Gbps,甚至是 100 Gbps,但是它们的以太网帧结构都基本不变。在局域网工程领域中,人们经常将快速以太网(Fast Ethernet)、千兆以太网与 10 Gbps 的以太网简称为 FE、GE 与 10GE,而把

10 Mbps的以太网简称为传统以太网。由于 GE 与 10GE 的物理层使用两种不同的协议,因此它既可以应用于局域网,又可以应用于广域网与城域网中。

(2) 将一个大型局域网划分成多个用网桥或路由器互联的网络,这就导致了局域网互联技术的发展。网桥与路由器可以分隔网络之间的广播通信量与冲突域,使每个网络作为一个独立的小型局域网。通过减少每个网络内部结点数的方法,使每个网络的网络性能得到改善,而每个子网的介质访问控制仍采用 CSMA/CD 方法。

(3) 将共享介质方式改为交换方式,这就导致了交换式局域网技术的发展。交换局域网的核心设备是局域网交换机,它可以在多个端口之间同时建立多个并发连接。这就导致出现了两类局域网:共享式局域网(Shared LAN)和交换式局域网(Switched LAN)。在交换式局域网的基础上,出现了虚拟局域网(Virtual LAN, VLAN)。

开放的以太网技术与标准,使它得到软件开发与硬件制造商的广泛支持。网络操作系统 NetWare、Windows NT Server、IBM LAN Server 及 UNIX 操作系统的应用,使得以太网技术进入了成熟阶段,并得到广泛应用。

## 1.1.5 城域网技术的发展

### 一、城域网概念的演变

Internet 的广泛应用推动了计算机网络与电信网络技术的迅猛发展,引起了电信业从语音业务为主,向基于 IP 网络、数据业务的综合数字业务类型的演变。

各国信息高速公路的建设促进了电信产业的结构调整,出现了大规模的企业重组和业务转型。在这样一个社会需求的驱动下,电信运营商纷纷把竞争的重点和大量的资金,从广域网骨干网的建设,转移到高效、经济、支持大量用户接入和支持多种业务的城域网的建设之中,导致了世界性的信息高速公路建设的高潮,为信息产业的高速发展打下了坚实的基础。

20 世纪 80 年代后期,人们在计算机网络类型划分中,以网络覆盖的地理范围为依据,提出了城域网 MAN 的概念,同时将城域网的业务定位在城市地区范围内大量局域网系统的互联上。

根据 IEEE 802 委员会的最初表述,城域网是以光纤为传输介质,能够提供 45 Mbps 到 150 Mbps 高传输速率,支持数据、语音、图形与视频综合业务数据传输,可以覆盖跨度在 50 km 到 100 km 的城市范围,实现高速宽带传输的数据通信网络。早期城域网的首选技术是光纤环网,其典型产品是光纤分布式数据接口 FDDI。设计 FDDI 的目的是为了实现高速、高可靠性和大范围局域网连接。FDDI 采用光纤作为传输介质,传输速率为 100 Mbps,可以用于 100 km 范围内的局域网互联。FDDI 支持双环结构,具备快速环自愈能力的 FDDI 与局域网的 IEEE 802.5 令牌环网络在基本技术上有很多相同之处。FDDI 在 MAC 子层使用了 802.5 单令牌环网络介质访问控制 MAC 协议,在 LLC 子层使用 IEEE 802.2 协议,能够适应城域网主干网建设的需要。

IEEE 802 委员会对城域网的定义是在总结 FDDI 技术特点的基础上提出的,它是相对于广域网与局域网而产生的。计算机网络按覆盖范围来划分,城域网是指能够覆盖一个城市范围的计算机网络,主要用于局域网的互联。但是随着 Internet 的应用和新的服务的不断出现以及三网融合的发展,城域网的业务扩展到几乎能够覆盖所有的信息服务领域,城域网的概念也相应发生了变化。

从现在的城域网技术与应用的现状看,城域网的概念泛指:网络运营商在城市范围内提供各



种信息服务业务的所有网络,它是以宽带光传输网络为开放平台,以 TCP/IP 协议为基础,通过各种网络互联设备,实现语音、数据、图像、多媒体视频、IP 电话、IP 接入和各种增值服务业务与智能业务,并与广域计算机网络、广播电视网、电话交换网互联互通的本地综合业务网络。满足了语音、数据、图像、多媒体应用的需求。

现实意义上的城域网一定是能够提供高传输速率和保证服务质量(QoS)的网络系统,因此人们已经非常自然地将传统意义上的城域网扩展为宽带城域网。

网络应用的需求与技术的发展总是相互促进、协调发展的。Internet 应用的快速增长,要求通信网络要满足用户新的需求;而新的技术出现又促进了新的 IP 网络应用的产生与发展。这一点在宽带城域网的建设与应用中表现得更为突出。由于低成本的 GE、10GE 技术的应用,使得局域网容量快速增长。同时,密集波分复用(DWDM)技术的推广,又导致了广域网主干线路带宽的大大扩展。宽带城域网的设计人员恰恰可以利用这些新技术,在广域网与局域网之间建立起互联的桥梁。这些技术既支持传统的语音业务,也支持对 QoS 需求明确的、基于 IP 的新型应用和业务。

## 二、宽带城域网建设对传输网络和服务业务的影响

宽带城域网的建设给整个世界电信业的传输网络和服务业务都带来了重大的影响。宽带城域网的出现,使得传统的通信网络在概念、技术与应用上都发生了很大的变化。这些变化主要表现在:

- (1) 局域网、城域网与广域网在技术上的界限变得越来越模糊了;
- (2) 电信传输网技术与计算机网络技术的界限变得越来越模糊了;
- (3) 电信服务业务与 Internet 应用的界限变得越来越模糊了;
- (4) 电信传输网、计算机网络与广播电视网之间的界限变得越来越模糊了。

宽带城域网的建设与应用引起世界范围内大规模的产业结构的调整和企业重组,宽带城域网已经成为现代化城市建设的重要基础设施之一。应用是推动城域网技术发展的真正动力,将一个城市范围内的大量局域网互联起来的需求推动了城域网技术的发展。

## 三、城域网发展的主要业务

推动城域网发展的应用和业务主要有:

- 大规模 Internet 接入的需求与交互式应用
- 远程办公、视频会议、网上教育等新的办公与生活方式
- 数字电视、视频点播以及由此引起的新的服务
- 家庭网络的应用

### 1. 高速上网服务

当前宽带城域网最主要的增值业务仍然是适应城市与周边地区的大规模 Internet 接入服务。

### 2. 网络互联服务

通过宽带城域网平台,将城市范围内大量的教育、科技、商务、金融信息网络互联起来,实现网络间的“同城信息,本地交换”功能。

### 3. 电子政务与电子商务服务

宽带城域网是实行电子政务、电子商务的基础设施。政府网站通过城域网开展内部公文流转,向外界发布信息,为企业和市民提供各种信息到户的服务。宽带城域网也为大量的中小企业