

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的大小进行分类,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,计算机网络主要分为局域网、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、终端与外部设备互联成网。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 ~ 100 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 网络简化的结构示意图。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。

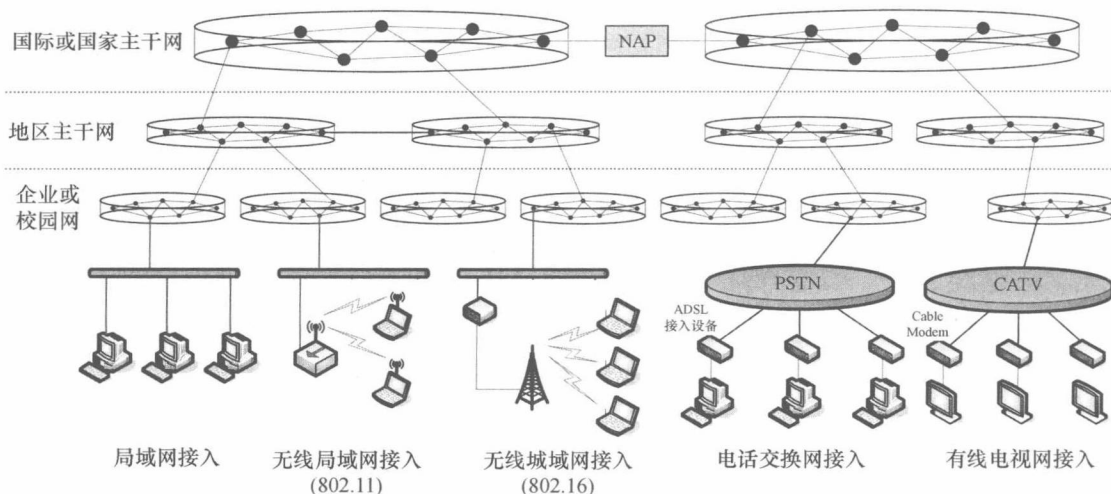


图 1-1 Internet 网络结构示意图

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 是一种基于点一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,该项技术促进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,该项技术促进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,使它得到软件开发商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、移动通信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。

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,使得局域网络容量快速增长。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

提供电子商务,以及网上购物、网上支付等的通信服务。

4. 智能社区服务

通过宽带城域网在商用写字楼、条件较好的居民小区,提供一系列的数字化信息服务,如小区物业管理、社区服务、网上教育、信息广播(天气、航班、车次、股票信息、新闻等)、VOD点播、Internet 访问服务、网上购物等。

5. 网上教育与远程医疗服务

通过宽带城域网中 IP 视频系统,实行在线教育和职业培训,共享优秀师资和教学资源;为市民提供在线挂号、问药、医疗专家咨询和专家会诊等。

6. 带宽与管道出租服务

城域网运营商可以出租宽带城域网的地下管道资源或光缆资源,提供带宽租赁或专线服务业务。

1.2 实训任务

1.2.1 实训任务一:宽带城域网的结构

一、宽带城域网的逻辑结构

设计一个宽带城域网将涉及“三个平台与一个出口”,即网络平台、业务平台、管理平台与城市宽带出口等问题。宽带城域网的总体结构如图 1-2 所示。

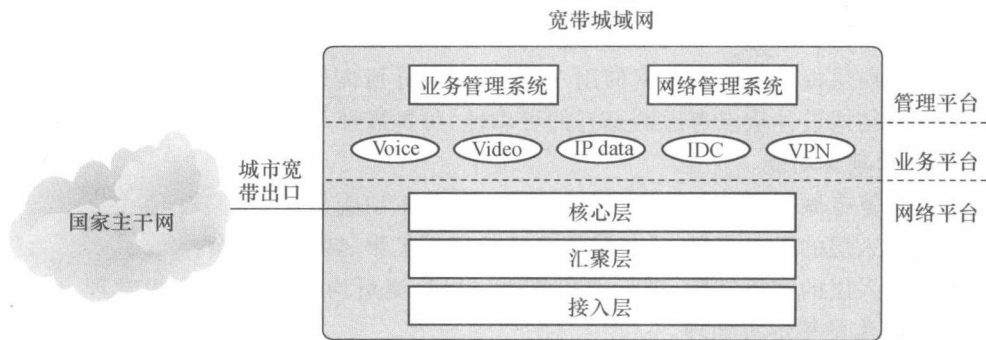


图 1-2 宽带城域网的总体结构

二、网络平台的层次结构

从逻辑上来说,宽带城域网的网络平台的层次结构又可以进一步分为:核心交换层、边缘汇聚层与用户接入层。核心交换层也称为核心层,边缘汇聚层也称为汇聚层,用户接入层也称为接入层。

核心层主要承担高速数据交换的功能,汇聚层主要承担路由与流量汇聚的功能,接入层主要承担用户接入与本地流量控制的功能。

采用层次结构的优点:结构清晰,各层功能实体之间的定位清楚,接口开放,标准规范,便于

组建和管理。

图 1-3 给出了典型的宽带城域网的网络平台层次结构示意图。

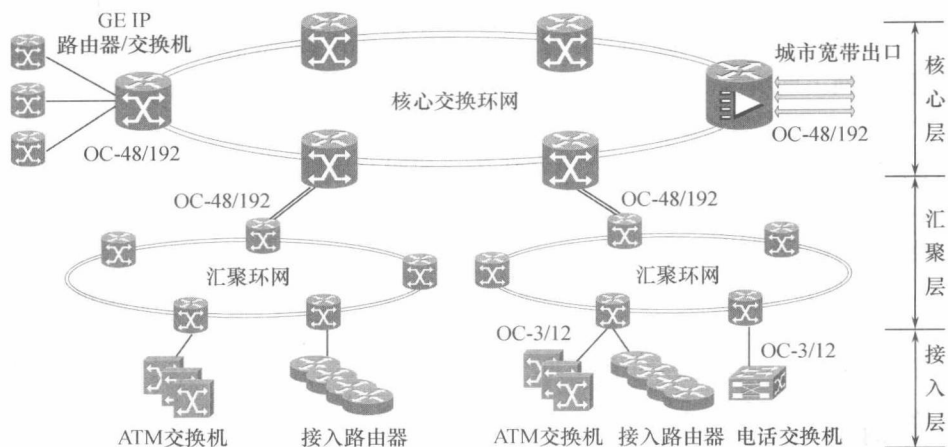


图 1-3 宽带城域网的层次结构

三、核心交换层、边缘汇聚层与用户接入层的主要功能

1. 核心交换层的基本功能

宽带城域网的核心交换层主要有以下几个基本功能：

(1) 核心交换层将多个汇聚层连接起来，为汇聚层的网络提供高速分组转发，为整个城域网提供一个高速、安全与具有 QoS 保障能力的数据传输环境。

(2) 核心交换层实现与主干网络的互联，提供城市的宽带 IP 数据出口。

(3) 核心交换层提供宽带城域网的用户访问 Internet 所需要的路由服务。

核心交换层结构设计重点考虑的是它的可靠性、可扩展性与开放性。

2. 汇聚层的基本功能

汇聚层处于宽带城域网核心交换层的边缘，它的基本功能是：

(1) 汇接接入层的用户流量，进行数据分组传输的汇聚、转发与交换。

(2) 根据接入层的用户流量，进行本地路由、过滤、流量均衡、QoS 优先级管理，以及安全控制、IP 地址转换、流量整形等处理。

(3) 根据处理结果把用户流量转发到核心交换层或在本地进行路由处理。

3. 接入层的基本功能

接入层解决的是“最后一公里”问题。它是通过各种接入技术，连接最终用户，为它所覆盖范围内的用户提供访问 Internet 以及其他的信息服务。

需要注意的是，宽带城域网的核心层、汇聚层与接入层的三个层次是一个全集。而在实际应用中，可以根据某个城市的覆盖范围、网络规模、用户数量与承载的业务来确定是否使用它的子集。例如，在设计一个覆盖大型城市的宽带城域网时，通常要采用完整的核心层、汇聚层与接入层的三层结构。而在设计一个覆盖中小城市的宽带城域网时，可能初期阶段只需要采用核心层与汇聚层结构的两层结构，而将汇聚层与接入层合并起来考虑，当然也可能有的城市可以将核心



层与汇聚层合并起来考虑。运营商完全可以根据自己的网络规模、用户数量、业务分布和发展阶段等因素,考虑宽带城域网的结构与层次。

城域网设计的一个重要出发点是:在降低网络造价的前提下,系统能够满足当前的数据交换量、接入的用户数与业务类型的要求,并具有可扩展的能力。

1.2.2 实训任务二:宽带城域网组建的基本原则

城域网介于广域网与局域网之间,成为城市范围内大量用户接入 Internet 的汇接点。因此,城域网的结构、服务要比广域网、局域网更为复杂。由于城市用户的 70% 语音服务可能是在城域网内部进行,其他的服务(如电子政务、网络电视的视频点播业务等)也可以用“同城信息,本地交换”的思路来解决,因此城域网的数据交换量与流量可能要比广域网大。

同时,城域网的接口技术比较复杂。在城域网中既可能有标准的电信 SDH 业务,也可能有准同步数字序列(Plesiochronous Digital Hierarchy, PDH)业务以及视频业务与数字业务。而数字业务又涉及多种基于 Internet 的服务,以及 IP 路由器、交换机与 Ethernet 设备标准等。从世界各国城域网组建和运营的经验来看,制约宽带城域网的关键在于各类结点的带宽管理与业务调度能力。

因此,要组建与成功运营一个宽带城域网需要遵循的基本原则是:必须能够保证网络的可运营性、可管理性、可盈利性和可扩展性。

1. 宽带城域网的可运营性

组建的宽带城域网一定是可运营的。因为它是一个出售全新电信服务的系统,它必须保证系统能够提供 7×24 的服务,并且要保证服务质量。宽带城域网的核心与关键设备一定是电信级的。

这与传统计算机网络领域的局域网建设是大不相同的,与最初设计和组建一个开放的 Internet 也是不同的。因为它是一种城市的基础设施,是一个实际运营的系统。要组建可运营的宽带城域网,首先要解决技术选择与设备选型问题。宽带城域网采用的技术不一定是最先进的,而应该是最适合的。

因此宽带城域网设计的关键,是如何组建一个电信级或准电信级的网络系统。如果一位长期从事计算机网络研究、组建与管理的技术人员,要主持宽带城域网的建设,那么他首先需要在这个问题上改变传统的观念和工作方式。

2. 宽带城域网的可管理性

组建的宽带城域网一定是可管理的。作为一个实际运营的宽带城域网,它不同于向公众提供宽带业务的局域网,而需要有足够的网络管理能力。这种能力表现在电信级的接入管理、业务管理、网络安全、计费能力、IP 地址分配、QoS 保证等方面。

(1) 宽带城域网的电信级接入管理包括对用户的开户、销户和用户权限的保护。宽带城域网设备必须支持对用户的身份认证、使用权限认证和计费功能。业务管理要支持多 ISP、基于 IP 的虚拟专网 VPN 等各种增值业务。网络安全要保证系统、设备安全与用户安全。

(2) 宽带城域网必须提供根据使用时间、流量、业务等多种方式的计费手段,支持对固定用户和流动用户的计费。宽带城域网必须具备 IP 地址分配能力,能够支持动态和静态地址分配,支持网络地址转换 NAT 功能。



(3) 宽带城域网必须能够为用户提供带宽保证,实现流量工程,提供个性化用户策略的 QoS 保证。因此,宽带城域网一定要能够提供设备管理和网络管理,可以向用户提供基于业务的管理,如虚拟专网 VPN 管理,最终实现分级别、分权限和分区域的网络管理。

3. 宽带城域网的可盈利性

组建的宽带城域网一定是可盈利的,这是每一个运营商首先考虑的问题。因此,组建宽带城域网必须定位在可以开展的业务上。

(1) 首先要确定如何能够开展 Internet 接入业务、数据专线业务、话音业务、视频与多媒体业务、内容提供业务等。根据自身优势确定重点发展的主营业务,同时兼顾其他业务。建设可盈利的宽带城域网要求能正确地定位客户群,发现盈利点,培育和构建产业和服务链。

(2) 定位客户群首先要区分高价值用户和普通用户。

宽带城域网用户包括商业用户和个人用户。商业用户包括大企业、中小企业、高档写字楼、宾馆、政府机构、学校等。个人用户可进一步分类为家庭用户、管理人员、商务人员、技术人员、工人、学生等。在细分客户群的基础上,需要对特色业务进行分类。例如,可以将宽带城域网中开展的 Internet 接入业务,进一步分为普通家庭低速上网(浏览、IP 电话、游戏)业务,以及新建小区高速上网业务、网吧业务、网上办公、网上购物、网上支付等。不同业务对设备的要求不同,客户群的数量也不同。

(3) 建设可盈利宽带城域网的另一重要方面是培育和构建合理的宽带价值链。

运营者要有计划地、逐步地建设起一个基于 Internet 的下一代运营网络环境,形成信息电子产品制造商(products vendor)、应用服务提供商(ASP)、网络服务提供商(NSP)、ISP 与增值零售商(value added reseller)到最终用户的良性循环的业务模式和完整的价值链。

4. 宽带城域网的可扩展性

在设计建设宽带城域网时必须高度重视网络的可扩展性,需要考虑:

(1) 组建的宽带城域网一定是可扩展的。

(2) 必须注意宽带城域网组网的灵活性,对新业务与网络规模、用户规模扩展的适应性。

(3) 宽带网络技术的发展具有很大的不确定性,难以准确预测网络服务产品的更新发展,尤其是难于预测一种新的应用的出现。因此在方案与设备的选择上必须十分慎重,以降低运营商的投资风险。

(4) 宽带城域网的组建是要受到技术发展与投资规模的限制的,一步到位的想法是不现实的。

对于新的运营商来说,要组建可扩展的宽带城域网必须制定统一的规划,分阶段、分步骤地逐步实施,减少一次性投资的风险。根据业务的开展,逐步调整建设步骤和规模。

研究宽带城域网是有重大应用价值的。目前宽带城域网已逐渐成为覆盖一个城市和地区的城市信息基础设施,要能够提供 7×24 的电信级的服务。这一点对长期从事局域网研究、设计与组建的计算机网络工程技术人员来说,要注意局域网和城域网之间的区别。尽管局域网的设计与组建也有相应的技术指标,但是一个在设计目标中就将自己定位为造价低廉、应用广泛,且主要用于办公自动化环境的局域网,它不可能做到“电信级”服务,也没有这种必要。而组建一个城域网则必须考虑到,它是一个为城市和本地区提供有偿服务的网络与信息服务系统,它在今后的角色与提供电力供应的供电公司同等重要的。作为城市信息基础设施的宽带城域网必须提供 7×24 的电信级服务。这正是传统从事计算机网络技术和应用的工程技术人员,在专业训练上



可能存在欠缺的地方。技术交叉的结果就要求计算机网络工程技术人员改变传统的思维方式,接受电信行业成熟的技术、概念与方法。

1.2.3 实训任务三:管理和运营宽带城域网的关键技术

宽带城域网位于广域网与接入网的交汇处,各种业务和各种协议都在此汇聚、分流和进出骨干网,直接面对终端用户,应用环境复杂。宽带城域网内部又会是多种交换技术和多种业务网络的并存。因此,在讨论宽带城域网设计与组建技术时,必须同时关注支持网络成功组建和运营的关键技术。

管理和运营宽带城域网的关键技术主要是:带宽管理、服务质量 QoS、网络管理、用户管理、多业务接入、统计与计费、IP 地址的分配与地址转换、网络安全等。

1. 带宽管理

宽带城域网拥有比过去传统网络更高的带宽。过去的宽带接入速率大多是 56 kbps、64 kbps、128 kbps,而现在宽带接入则多使用 1 Mbps、10 Mbps、100 Mbps。过去在主干网上大多使用 155 Mbps 或 622 Mbps,而现在则多使用 1 Gbps、10 Gbps 或更高的带宽。带宽的增加会激发新型业务的出现,而新型业务的应用也会带动对带宽需求的增长,带宽与业务呈良性的互动和增长。

因此,城域网的建设必须兼顾现有的带宽管理能力与未来的扩充能力。能不能在宽带城域网中提供无阻塞、高质量的传输能力,已经成为宽带城域网运营商竞争的重要指标之一。

2. 服务质量 QoS

在宽带城域网业务中有多媒体业务、数据业务与普通的语音业务。各种业务对网络服务质量的要求是不同的。网络服务质量表现在延时、抖动、吞吐量和包丢失率等几个方面。在有限的网络资源下,应该对用户享受服务与使用资源的不同,来划分不同的等级,并按照使用业务等级制定对应的付费标准。同时,宽带城域网运营商也必须对不同的服务制定不同的服务质量 QoS 要求。

目前宽带城域网保证服务质量 QoS 要求的技术主要有:资源预留(RSVP)、区分服务(Diff-Serv)与多协议标记交换 MPLS。

3. 网络管理

能够提供电信级运营的宽带城域网必须有严格的网络管理能力。管理宽带城域网有 3 种基本方案:带内网络管理、带外网络管理、同时使用带内和带外网络管理。

所谓“带内”与“带外”网络管理是以传统的电信网络为基准的。利用传统的电信网络进行网络管理称为“带内”,而利用 IP 网络及协议进行网络管理的则称为“带外”。

带内网络管理是指利用数据通信网(DCN)或公共交换电话网(PSTN)拨号,对网络设备进行数据配置。带外网络管理是指利用网络管理协议(SNMP)建立网络管理系统,实时采集网络数据,产生告警信息,显示网络拓扑,分析各类通信数据,供网络管理人员了解、维护网络设备与系统运行状态。对汇聚层及其以上设备采取带外管理,而对汇聚层以下采用带内管理。

宽带城域网根据其结构,一般采取设立一个网络管理中心,以保证系统稳定、安全、可靠运行。

4. 用户管理

宽带城域网的用户管理应该包括:用户认证与接入管理、计费管理等。



用户管理可以采用静态配置的 IP 地址或通过 DHCP 自动获得的 IP 地址,与用户设备的 MAC 地址、基于端口的 VLAN ID 捆绑,用户开机后就自动接入网络,不需要对用户身份进行认证。这种方法可以用于包月制的用户。对于利用以太网方式接入的用户,通常根据接入的交换机端口号,来划分 VLAN 的方法来解决用户接入的安全问题。

5. 多业务接入

宽带城域网的一个重要的特点是允许多业务接入。接入的业务可以使用低速专线、帧中继、局域网接入、企业 VPN、IP 电话、视频点播等。宽带城域网必须能够快速、方便地为用户接入提供服务,并且具有接入新的应用和服务的能力。

6. 统计与计费

良好的统计与计费能力是保证宽带城域网正常运行的基础。统计与计费可以在不同的层次上实现,最简单的是利用网络管理协议(SNMP)的管理信息库(MIB)来实现。计费可以是包月方式或计时方式,也可以按流量计费。统计与计费方式应该支持灵活的市场营销策略。

7. IP 地址的分配与地址转换

IP 地址资源一直是困扰宽带城域网的难题。随着宽带城域网的建设,这个问题可能会变得更加严重。要彻底地解决这个问题,需要过渡到下一代 IPv6 网络。

因为宽带接入的用户可能是一直在线,特别是在包月制的情况下,所以在宽带城域网中,除了建设初期用户 IP 地址可以采用公用 IP 地址之外,一般都采用内部专用 IP 地址。IP 地址资源是非常有限的,随着网络规模的不断扩大与用户数的急剧增长,很快会出现地址耗尽问题。目前的基本方案是使用公用 IP 地址和内部专用 IP 地址这两类地址与网络地址转换 NAT 技术来解决。只为宽带城域网的关键设备与特殊用户分配固定的公用 IP 地址。

8. 网络安全

对于任何一个宽带城域网来说,网络安全策略不健全会给网络造成灾难性的后果。宽带城域网的网络安全问题涉及技术和管理两个层面。技术方面需要解决物理安全、网络安全和信息安全三方面的问题。管理方面涉及安全管理规范的制订、执行与监督。

宽带城域网在组建方案中,一定要按照电信级运营的要求,考虑设备冗余、线路冗余、路由冗余,系统故障的快速诊断与自动恢复。同时,宽带城域网必须充分地考虑网络防攻击问题。

1.2.4 实训任务四:构建宽带城域网的基本技术与方案

用于构建宽带城域网的基本技术与方案主要有三类:基于 SDH 的城域网方案、基于 10GE 的城域网方案与基于 ATM 的城域网方案。

宽带城域网建设最大的风险是基本技术方案的选择,因为它决定了主要的资金投向和风险。到底哪种方案比较适合,不同的城市、不同的基础与不同应用领域的运营商会有不同的选择。

一、基于 SDH 技术的城域网

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。随着技术的发展,基于下一代 SONET/SDH 技术的多业务传输平台(Multi-Service Transport Platform, MSTP)将取代功能单一的分插复用器(Add-Drop Multiplexer, ADM)和数字交叉系统(Digital Cross-connect System, DCS),使 IP over SONET/SDH 方案更为可行。同时,在大多数运营商的网络中存在大量的 SONET/SDH 网络,仅美国投入运营的就至少有 10 万个 SONET 环,世界其他地区的总和更多。



电信运营商因经济的因素也不会完全放弃大量既存的、成熟可靠的 SONET/SDH 技术。

传统的电信业务涉及固定电话、移动电话以及数据传输等。相应的就有用于固定电话通信的电话交换网(PSTN)、移动电话网以及 ATM 网、SDH 网。它们各自有传统的业务范围和管理机制,使用各自的技术、设备和网络。数据业务将成为未来电信业务的主体,传统的多层独立的、重叠的业务网的结构,已不能满足宽带城域网应用的要求,以 SDH 为基础的多业务平台成为电信运营商组建宽带城域网的一个基本的选择。该方案的出发点是充分利用技术成熟、已经有多年运营基础的 SDH 技术。为了适应数据业务的发展需要,SDH 的发展趋势是支持 IP 和 Ethernet 业务的接入,并不断融合 ATM 和路由交换功能,构成以 SDH 为基础的多业务网络平台,这就是所谓的“One box”解决方案。

在已有 SDH 网络的基础上集成 IP、Ethernet、ATM 与帧中继业务,SDH 的多业务结点负责完成各种协议之间的转换。多业务结点将 ATM 边缘交换机、IP 边缘路由器、终端复用器 TM、ADM、DXC 设备和 WDM 设备结合在一个物理实体中,统一控制与管理。

二、基于 10G Ethernet 技术的宽带城域网

传统的以太网技术并不适合在宽带城域网中使用。在宽带城域网中占有统治地位的是 SONET/SDH 技术,它是为传送 TDM 语音业务而设计的。为了传送 IP 分组的数据,先后开发了多种 IP over SDH 的技术与协议,但相对来说都存在着带宽利用率不高、管理困难等问题。

如果说宽带城域网选择网络方案的三大驱动因素是成本、可扩展性和易用性的话,那么选择 10G Ethernet 技术作为构建宽带城域网的主要技术是比较恰当的。因为以太网技术成熟,造价低,目前世界上已经拥有上亿的用户。以太网具有良好的扩展性,能够容易地实现从 10 Mbps 到 10 Gbps 的平滑升级,并且能够覆盖从几十米到 100 km 的范围。目前流行的操作系统和应用程序都能够在以太网环境中运行。回顾以太网技术的发展过程,在以太网技术从速率 10 Mbps 到 100 Mbps 的发展过程中,它的物理层始终是以双绞线为主、光纤为辅,结构以共享介质结构和半双工方式为主;从 1 Gbps、10 Gbps 到将来的 100 Gbps,它在物理层只定义了光纤接口标准,支持全双工和点对点连接方式。显然 10GE 技术的发展,是为了顺应宽带城域网与宽带广域网发展的需要而设计的。

从构造电信级的宽带城域网的角度来看,以太网技术还存在很多的不足。例如,以太网不能提供端一端的包延时和包丢失率控制,不支持优先级服务,不能保证 QoS;不能分离网管信息和用户信息;不具备对用户的认证能力,按时间和流量计费困难。其实这是非常容易理解的,因为初期设计以太网时,只是考虑它如何在局域网环境中工作。

从 2000 年下半年以来,一些电信设备公司提出了光以太网的概念。光以太网的出现,能够很好地解决上述问题。这种解决方案的核心是:利用光纤的巨大带宽资源,以及成熟和广泛应用的以太网技术,为运营商建造新一代的宽带城域网提供技术支持。光以太网的出现从根本上改变了宽带城域网的规划、建设、管理思想。用于宽带城域网的光以太网可以有多种实现形式,其中最为重要的有两种:基于 10GE 技术与弹性分组环技术。

可运营光以太网的设备和线路必须符合电信网络 99.999% 的高运行可靠性。它要克服传统以太网的不足,具备以下特征:

- ① 能够根据终端用户的实际应用需求分配带宽,保证带宽资源充分、合理地应用;
- ② 具有认证与授权功能,用户访问网络资源必须经过认证和授权,确保用户和网络资源的



安全及合法使用;

③ 提供计费功能,能及时获得用户的上网时间记录和流量记录,支持按上网时间、用户流量,或包月计费方式,支持实时计费;

④ 支持 VPN 和防火墙,可以有效地保证网络安全;

⑤ 支持 MPLS,具有一定的服务质量保证,提供分等级的 QoS 网络服务;

⑥ 能够方便、快速、灵活地适应用户和业务的扩展。

因此,研究可运营的光以太网已经不是单一技术的研究,而是要提出一个解决方案。由于以太网是以太网与 DWDM 技术相结合的产物,因此它在宽带城域网的运用中具有明显的优势。

10 Gbps 光以太网的技术优势主要表现在以下几个方面:

① 以太网与 DWDM 技术都十分成熟,并且已经广泛应用。经过估算,组建一个同样规模的宽带城域网,光以太网的造价是 SONET 的 1/5,是 ATM 的 1/10。

② IEEE 已经对速率从 10 Mbps、100 Mbps、1 Gbps 到 10 Gbps 的以太网技术标准化了,100 Gbps 的以太网技术标准正在研究之中。它能够覆盖从宽带城域网的核心层、汇聚层到接入层的各种需求,因此以太网技术在宽带城域网中提供端一端的多种方案中具有潜在的优势。

③ 如果一个宽带城域网的各个层次能够使用同一种技术,那么这种网络在设计、组建、运行、管理和人员培训都很方便、有效。

三、基于弹性分组环 RPR 技术的城域网

弹性分组环 (Resilient Packet Ring, RPR) 是一种用于直接在光纤上高效传输 IP 分组的传输技术,它的工作基础是 Cisco 公司提出的动态分组传送 (Dynamic Packet Transport, DPT) 技术。研究弹性分组环 RPR 标准的 IEEE 802.17 工作组于 2001 年 1 月成立,目标是致力于研究为基于 IP 和其他分组交换网络提供高速、可生存的环形网络技术。

2001 年 1 月 802.17 工作组提出了第一个标准草案,2003 年制定了弹性分组环 RPR 标准 (<http://www.rpralliance.org/articles/timeline.pdf>)。Cisco、Nortel、Luminous、Fujitsu、Sun 等大公司均支持该标准。为了支持城域光网络的标准化和加快进入市场的步伐,很多大的公司联合成立了 RPR 联盟,以“促进 RPR 技术的标准化,并将其作为一种关键技术在各种计算、数据和电信设施中推广应用。”

环形结构是目前城域网的主要的拓扑构型。在典型的核心交换层有 3~10 个结点的城域网中,使用环形结构可以简化光纤的配置,并解决网络保护机制与带宽共享等问题。与多个点一点结构相比,环形结构将使接入点/汇聚点 (Point Of Presence, POP) 具有更好的可扩展性。与网状结构相比,环形结构将更容易提供点到多点的业务。

弹性分组环 RPR 采用双环结构,这一点与 FDDI 结构相同。在 RPR 环中,两个 RPR 结点之间的裸光纤的最大长度可以达到 100 km。RPR 将沿顺时针传输的光纤环叫做外环,将沿逆时针传输的光纤环叫做内环。弹性分组环 RPR 的内环和外环都可以用统计时分多路复用的方法传输 IP 分组,同时可以实现“自愈环”的功能。RPR 的内环和外环都可以传输数据分组与控制分组。每一个结点都可以使用两个方向的光纤与相邻结点通信。这样做的目的除了高效地利用光纤带宽之外,还有一个目的是加速控制分组传输,提高环的可靠性,实行“环自愈”功能,保证城

域网的系统可靠性与服务质量。图 1-4 给出了 RPR 环结构示意图。

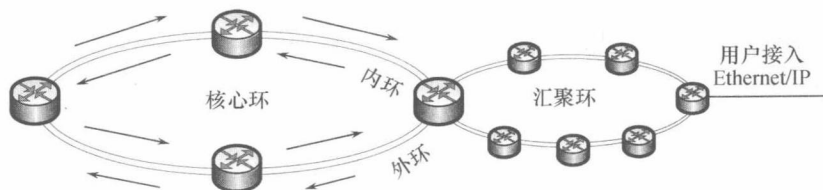


图 1-4 RPR 环结构示意图

RPR 技术主要具有以下几个特点：

1. 带宽的利用率高

传统的 SDH 网络中,有 50% 的环带宽是冗余的;RPR 采用双环结构传输数据分组和控制分组。传统的 FDDI 环网中,当源结点向目的结点成功地发送一个数据帧之后,这个数据帧要由源结点从环中收回;而 RPR 环限制数据帧只在源结点与目的结点之间的光纤段上传输,当源结点成功地发送一个数据帧之后,这个数据帧要由目的结点从环中收回。这样,该数据帧将不再占用下游段的环带宽,提高了环带宽的利用率。

2. 公平性好

公平性是网络运营商必须提供的一项重要保证。当两个数据帧具有相同的优先级时,RPR 环可以向它们提供相同的环通道的访问能力。RPR 环中每一个结点都执行 SRP 公平算法,使得结点之间能够获得平等的带宽,防止个别结点因流量大而造成环拥塞。同时,RPR 环还支持加权公平法则和入口、出口峰值速率限制,用以保证根据用户购买的带宽提供相应的服务。

3. 快速保护和恢复能力强

RPR 环的快速保护和恢复能力使得它已经成为了一项电信级的技术。RPR 采用自愈环的设计思想,能够在 50 ms 的时间内,隔离出现故障的结点和光纤段,提供 SDH 级的快速保护和恢复,同时不需要像 SDH 那样必须有专用的带宽,因此又进一步提高了环带宽的利用率。

4. 保证服务质量

为了保证网络的服务质量(QoS),RPR 环对不同的业务数据分配不同的优先级,以保证高优先级信息的可靠传输。

1.2.5 实训任务五:网络接入技术与方法

一、接入网技术发展的背景

未来的计算机网络将覆盖所有的企业、学校、科研部门、政府机关和家庭,其覆盖范围会超过现有的电话通信网。如果将国家级大型主干网比作是国家级公路,各个城市和地区的高速城域网比作是地区级公路,那么接入网就相当于最终把家庭、机关、企业用户接到地区级公路的道路。国家需要设计和建设覆盖全国的国家级高速主干网,各个城市、地区需要设计与建设覆盖一个城市和地区的主干网。但是,最后人们还是需要解决用户计算机的接入问题。

对于 Internet 来说,任何一个家庭、机关、企业的计算机都必须首先连接到本地区的主干网中,才能通过地区主干网、国家级主干网与 Internet 连接。就像一个大学需要将校内道路就近与