第 3 章　广域网与 Internet

在第 2 章介绍了局域网络的组成和架构，由于局域网络范围是有限的，资源更是有限的，必须建立不受区域限制的网络，以便信息交流和资源共享，因此，广域网络应运而生。

广域网就是广泛区域的网络，而国际互联网 Internet 则是典型的广域网络。

知识培养目标

- 了解广域网络的拓扑结构；
- 了解中国早期的四大互联网络；
- 了解中国教育与科研计算机网及其成就；
- 了解 IP 地址、域名、子网的概念及其用途；
- 了解 Internet 的接入技术。

能力培养目标

- 具备绘制广域网络拓扑结构的能力；
- 具备 IP 地址分配与管理的能力；
- 具备广域网络设计与建设的能力；
- 具备广域网络故障诊断和简单维护的能力。

课程思政培养目标

课程内容与课程思政培养目标关联表如表 3-1 所示。

表 3-1　课程内容与课程思政培养目标关联表

节	知　识　点	案例及教学内容	思 政 元 素	培养目标及实现方法
3.1	国际互联网络		由于互联网络，拉近了人和人之间的距离，拉近了国家与国家之间的地理位置，使得世界和平又有了进步	培养学生爱祖国、爱和平的理念，“太平世界，环球同此凉热”
3.4.2	中国教育与科研计算机网		了解中国教育与科研计算机网对我国教育事业所取得的巨大成就	培养学生树立教育是强国的根本的意识，立志学好知识和本领，为建设社会主义强国做贡献

3.1　广域网络技术

3.1.1　广域网络的基本概念

如前所述，局域网络是局部区域的网络，一般是一栋大楼、一个大院、一座工厂或一所大学所建立的管理网络，如贵州大学校园网络、清华大学校园网络等。其接入网络的计算机终端数量是有限的，网络覆盖的范围也是有限的。要想扩大网络的规模和地理范围，必须对网络进行扩展，即将不同地区、不同行业、不同单位所拥有的局域网络通过网络连接设备连接起来，使得局域网络与局域网络之间能够相互进行信息交流和资源共享。如何用网络连接设备扩展网络是这一节要介绍的主要内容。通过网络连接设备扩展的网络拓扑结构如图 3-1 所示。

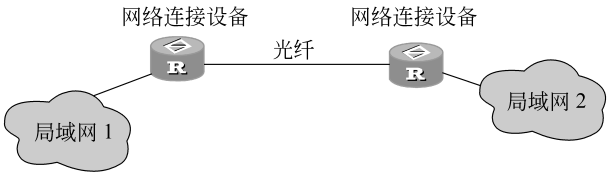

图 3-1　通过网络连接设备扩展的网络拓扑结构图

在现代网络结构中，依据网络的规模和网络覆盖范围分为局域网、广域网、城域网、行业网、国家或地区网、因特网(Internet)等。

(1) 局域网：通过网桥、网关或路由器等网络连接设备进行连接而形成的大型网络。同类型局域网络可用网桥连接，也可用网关或路由器连接；异类型的局域网络则必须用网关或路由器连接。

(2) 广域网：覆盖范围可从几十千米、几百千米到数万千米。根据网络的覆盖范围可分为城域网络、行业网络、国家或地区网络以及 Internet。

(3) 城域网：又称为城市网络，其网络覆盖范围是一个大城市，如北京市城域网、贵阳市城域网。

(4) 行业网：覆盖某行业的广域网络，如面向我国金融系统的金桥网(ChinaGBN)、面向我国教育系统的中国教育与科研计算机网(CERNET)以及面向我国科研系统的中国科技网(CSTNET)等。

(5) 国家或地区网：其网络覆盖范围是一个国家或一个地区，如中国网(ChinaNet)、中国台湾地区网络等。

(6) 因特网：又称为网间网，其网络覆盖范围是全世界。

3.1.2　局域网与广域网的连接

局域网通过网络连接设备(一般是路由器)和网络通信介质(一般是光纤和微波)连入

广域网。在这里,给出一个基于令牌环 100Mb/s FDDI(光纤分布式接口)局域网络与远程广域网络的连接方案,如图 3-2 所示。

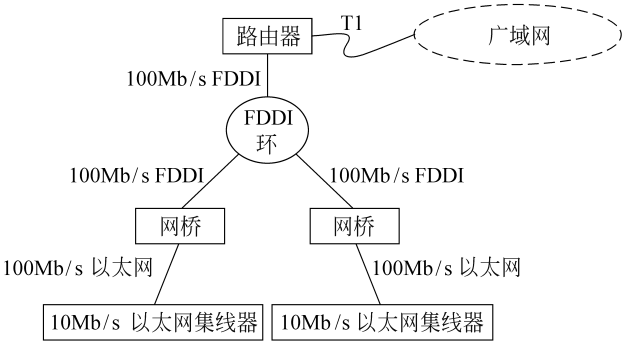

图 3-2 局域网与广域网的连接拓扑结构图

3.1.3 T-*n* 和 DS*n*

DS*n*(*n*=1,2,3,4)是电话公司使用的 T 载波电缆提供的连接通信服务。通常将载波电缆称为 T-1、T-2、T-3 和 T-4。

T 载波电缆,是数字传输线路的美国标准,也是国际标准,通常用以连接广域网络。

T 载波及载波电缆的技术指标如表 3-2 所示。

表 3-2 T 载波及载波电缆的技术指标

服　　务	T　载　波	声 音 通 道	传输速率/(Mb/s)
DS-1	T-1	24	1.544
DS-2	T-2	96	6.312
DS-3	T-3	672	43.836
DS-4	T-4	4032	273.276

注:载波是指能被另一种信号调制的连续波,其目的是屏蔽噪声。

3.1.4 广域网络拓扑结构

1. 对等网络拓扑结构

一个对等网络可以使用专用线路,也可以使用一般的通信介质。广域网络中的对等网络,是用“一条”通信线缆将若干局域网络连接在一起而形成的网络系统,类似于局域网络中的“总线结构”,如图 3-3 所示。

图中的 User Location 指的是“局域网络结点”。

对等网络是连接少量结点(在这里,一个结点指的是一个局域网络)的网络结构,网络

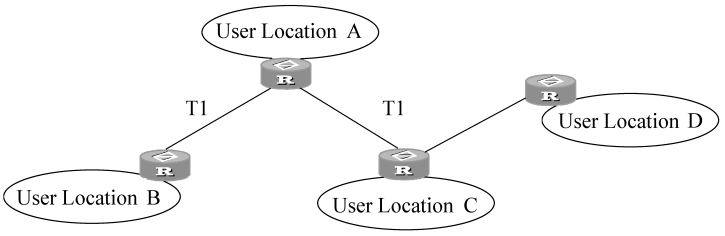

图 3-3　对等网络拓扑结构图

连接设备通常是路由器，路由策略通常采用静态路由。

对等网络有以下两个局限性。

（1）可扩充性差：当在对等网络中间增加新的结点时，在任意两个结点之间的跳数会改变。

（2）部件或设备在任何地方出现问题都会使对等广域网络被分裂（一分为二或更多）。

术语：一跳。通信线缆每经过一个桥接设备（如网桥、网关、路由器）称为一跳。在网络系统设计时，以跳数越少越好。在图 3-3 中，结点 B 到结点 A 的距离为 1 跳，结点 B 到结点 D 的距离为 3 跳。

2. 环状网络拓扑结构

环状结构是在对等网络结构的基础上发展得到的，即在对等网络的两终端的路由器上分别增加一个连接端口，并增加一个传输设备和一条通信线路即可。环状网络结构可以实现动态路由技术，如图 3-4 所示。环状网络拓扑结构的优、缺点如下。

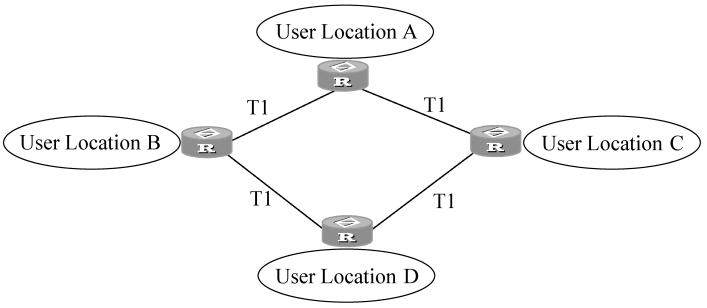

图 3-4　环状网络拓扑结构图

优点：系统可使用动态路由功能，增加了系统的可靠性并提高了系统的效率。

缺点：增加结点即要增加跳数；而且，不宜多用户连入网络，因此，环状结构网络只适用于主干网络的建设。

3. 星状网络拓扑结构

对等网络结构的另一个变形是星状结构，这种网络拓扑结构几乎可以用任何传输设

备建成。星状网络拓扑结构如图 3-5 所示,其优、缺点如下。

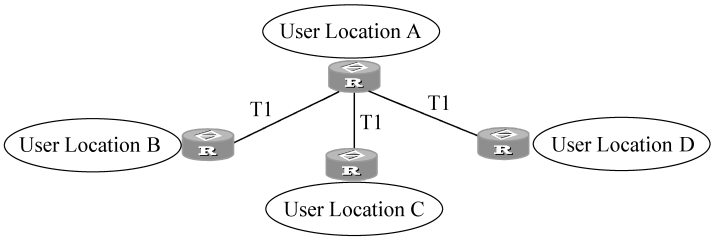

图 3-5 星状网络拓扑结构图

优点:扩展性好;任何两个结点之间最多只有“两跳”的距离;星状结构实现所需设备比环状结构要少。

缺点:从图 3-5 可以看出,结点 A 是整个系统的“主结点”,若结点 A 上的路由器发生故障,将导致整个网络系统瘫痪。所以,在结点 A 上的路由器一定要选用高性能的路由器。

4. 半网状网络拓扑结构

半网状结构是一种非常灵活的网络拓扑结构,可以有各种不同的配置,这种网络结构的特点就是路由器比其他几种基本结构要连接得更紧密一些,但又不像全网状结构那样全连接。

半网状结构可以减少广域网结点之间的“跳数”(hops),减少建立和维护的费用开支,其费用容易被用户接受,而且与全网状结构相比,其可扩展性更好。

半网状结构的网络是在星状网络结构的基础上增加少量的结点连线而形成的网络系统,其网络拓扑结构如图 3-6 所示。

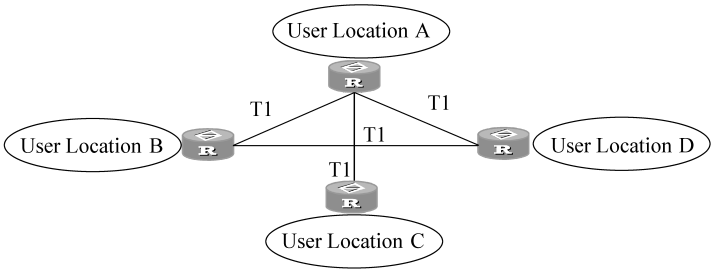

图 3-6 半网状网络拓扑结构图

5. 全网状网络拓扑结构

将任意两个结点都用线缆进行互连而形成的网络系统称为全网状结构,如图 3-7 所示。全网状网络拓扑结构的优、缺点如下。

优点:把任意两个结点之间的“跳数”减少到最少,即“一跳”,使系统的可靠性和稳定性达到最高。

缺点:系统的扩展性差、线缆耗量太大,系统造价太高。

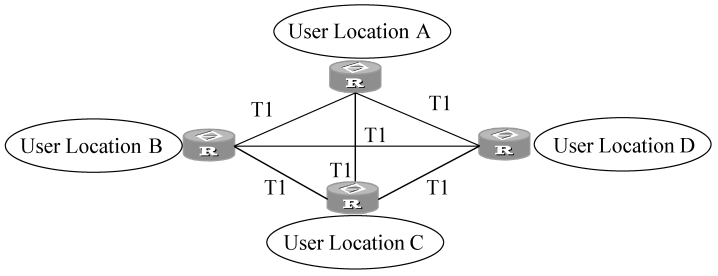

图 3-7　全网状网络拓扑结构图

由于全网状结构的成本太高，而且扩展性极差，因此，全网状结构只是一个理想的网络结构，实际上应用得极少。

6. 双层网络拓扑结构

双层网络拓扑结构是星状拓扑结构的一种变形结构，如图 3-8 所示。它使用两个或多个路由器（作为中心路由器）与其他结点相连接（图 3-8 中使用了两个中心路由器），而不像星状结构那样只使用一个中心路由器。所以，双层网络结构纠正了星状结构的脆弱性的同时，又不影响其效率和扩展性。双层网络拓扑结构的优、缺点如下。

优点：提高了系统的可靠性和系统的容错性，系统的可扩展性也得到充分的保证。

缺点：系统的费用较高，用户难以接受。

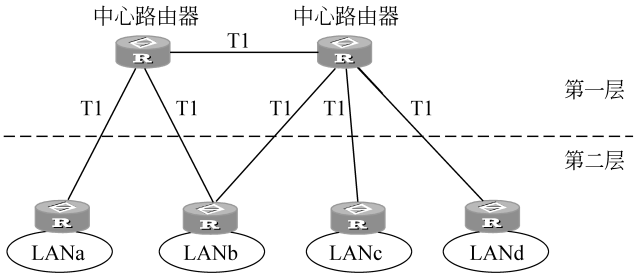

图 3-8　双层网络拓扑结构图

7. 三层网络拓扑结构

在三层网络拓扑结构网络中，以一个高性能的路由器作为主路由器，由主路由器接出有限个路由器作为中心路由器，用户结点路由器与一个或多个中心路由器相连，如图 3-9 所示。三层网络拓扑结构的优、缺点如下。

优点：三层结构比两层结构的容错性更强，扩充性好。

缺点：三层结构网络的建设、维护都相当昂贵，因此，它仅应用于主干网络。

8. 混合网络拓扑结构

一个有效的混合网络拓扑应该是一个多层广域网，它的主干结点间是全网状结构，这样

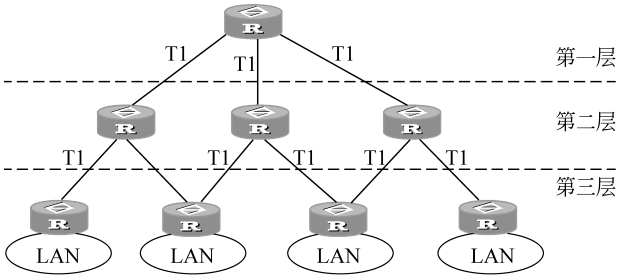

图 3-9　三层网络拓扑结构图

做的目的是主干网络具有容错性,具有全网状结构的最小跳数,有效地避免了全网状结构在可扩展性上的局限性。混合网络拓扑结构如图 3-10 所示。混合拓扑结构的优、缺点如下。

优点:系统的稳定性和可靠性高,可扩展性好。骨干层用 T3 线缆连接,保证了骨干网络的高效性。

缺点:线缆耗量大,系统建设和维护费用太高。

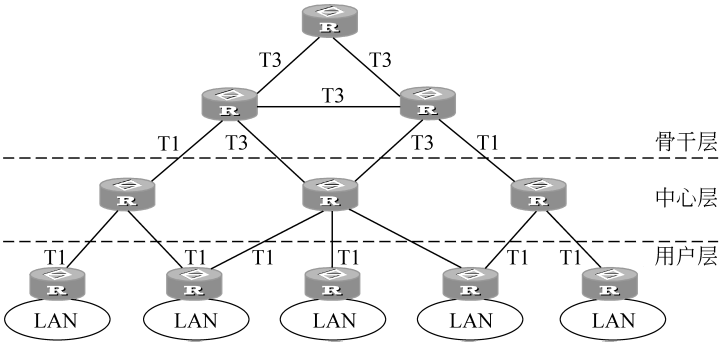

图 3-10　混合网络拓扑结构图

3.2　Internet 概述

3.2.1　Internet 的定义

Internet 是国际互联网络,又称为因特网,是广域网络的进一步扩展。如前所述,因特网是将世界上各个国家和地区成千上万的同类型和异类型网络互联在一起而形成的一个全球性大型网络系统。Internet 的前身是美国国防部在 20 世纪 60 年代研制的 ARPAnet。该网络最初是为国防应用设计的,后来高等院校及应用商的介入,使之逐步转向民用,最终成为国际网络标准。

Internet 是世界上最大、流行最广的计算机互联网络,它连接了上千万个局域网络和数亿个用户。除去设备规模、统计数字、使用方式、发展方向上的明显优势外,Internet 正

以一种令人难以置信的速度发展。

从表 3-3 可以看出 Internet 惊人的发展速度。

表 3-3　Internet 发展统计表

时　间	入网网络数	入网计算机数	时　间	入网网络数	入网计算机数
1988 年	305	56 000	1994 年	41 520	4 000 000
1989 年	837	159 000	2000 年	1 000 000	100 000 000
1990 年	2063	313 000	2014 年	30 000 000	3 000 000 000
1992 年	7354	1 136 000	2020 年	3 500 000 000	4 540 000 000

从网络通信技术的角度看，Internet 是一个以 TCP/IP 网络协议连接各个国家、各个地区以及各个机构的计算机网络的数据通信网。从信息资源的角度看，Internet 是一个集各个部门、各个领域的各种信息资源为一体，供网上用户共享的信息资源网。今天的 Internet 已远远超过了网络的含义，它是一个社会。虽然至今还没有一个准确的定义概括 Internet，但是这个定义应从通信协议、物理连接、资源共享、相互联系、相互通信的角度综合考虑。因此，Internet 的定义应包含下面 3 个方面的内容。

（1）Internet 是一个基于 TCP/IP 协议族的网络；

（2）Internet 是一个网络用户的集团，网络使用者在使用网络资源的同时，也为网络的发展壮大贡献自身的力量；

（3）Internet 是所有可被访问和利用的信息资源的集合。

3.2.2　Internet 的特点

Internet 的特点如下。

（1）支持资源共享；

（2）采用分布式控制技术；

（3）采用分组交换技术；

（4）使用通信控制处理机；

（5）采用分层的网络通信协议。

3.3　Internet 的历史和发展

3.3.1　Internet 的历史

Internet 最早来源于美国国防部高级研究计划局（Defense Advanced Research Projects Agency，DARPA）的前身 ARPA 建立的 ARPAnet，该网于 1969 年投入使用。从 1960 年开

始,ARPA 就开始向美国国内大学的计算机系和一些私人有限公司提供经费,以促进基于分组交换技术的计算机网络的研究。1968 年,ARPA 为 ARPAnet 项目立项,这个项目基于这样一种主导思想:网络必须能够经受住故障的考验而维持正常工作,一旦发生战争,当网络的某一部分因遭受攻击而失去工作能力时,网络的其他部分应当能够维持正常工作和通信。

1972 年,ARPAnet 在首届计算机后台通信国际会议上首次与公众见面,并验证了分组交换技术的可行性,由此,ARPAnet 成为现代计算机网络诞生的标志。

ARPAnet 在技术上的另一个重大贡献是 TCP/IP 协议族的开发和应用。1980 年,ARPA 投资把 TCP/IP 加进 UNIX(即 BSD 3.2 版本)的内核中,在 BSD 3.3 版本以后,TCP/IP 协议即成为 UNIX 操作系统的标准通信模块。1982 年,Internet 由 ARPAnet 和 MILNET 等几个计算机网络合并而成,作为 Internet 的早期骨干网,ARPAnet 试验并奠定了 Internet 存在和发展的基础,较好地解决了异种计算机网络互联的一系列理论和技术问题。

1983 年,ARPAnet 分裂为两部分:ARPAnet 和纯军事用的 MILNET。同年 1 月,ARPA 把 TCP/IP 协议作为 ARPAnet 的标准协议。后来,人们把以 ARPAnet 为主干网的网际互联网称为 Internet。

目前,Internet 正朝着 IPv6、云计算方向发展。

3.3.2 Internet 的未来

从目前的情况来看,Internet 市场具有巨大的发展潜力,未来其应用将涵盖从办公室共享信息到市场营销、服务等广泛领域。另外,Internet 带来的电子贸易正改变着现代商业活动的传统模式,其提供的方便而广泛的互联必将对未来社会生活的各个方面带来影响。

(1) 随着世界各国信息高速公路计划的实施,Internet 主干网的通信速度将大幅度提高;

(2) 有线、无线等多种通信方式将更加广泛、有效地融为一体;

(3) Internet 的商业化应用将大量增加,商业应用的范围将不断扩大;

(4) Internet 的覆盖范围、用户入网数以令人难以置信的速度发展;

(5) Internet 的管理与技术将进一步规范化;

(6) 网络技术不断发展,用户对话框更加友好;

(7) 各种令人耳目一新的使用方法不断推出,最新的发展包括实时图像和话音的传输。

3.4 Internet 在中国

3.4.1 Internet 在中国的发展

在我国,回顾 Internet 发展的历史,可以粗略地划分为以下两个阶段。

第一阶段：1987—1993 年，我国的一些科研部门开展了和 Internet 联网的科研课题和科技合作，通过拨号上网实现了和 Internet 电子函件转发系统的连接，并在小范围内为国内的一些重点院校、研究所提供了国际 Internet 电子函件的服务。

第二阶段：从 1994 年开始至今，实现了和 Internet 基于 TCP/IP 的连接，从而开通了 Internet 的全功能服务。

我国于 1994 年 4 月正式连入 Internet，中国的网络建设进入了大规模发展阶段，为了规范发展，1996 年 2 月，国务院令第 195 号《中华人民共和国计算机信息联网国家管理暂行规定》中明确规定，只允许 4 家互联网络拥有国际出口：中国教育与科研计算机网（CERNET）、中国科技网（CSTNET）、中国公用计算机互联网（又称为中国邮电网，ChinaNet）、中国金桥信息网（ChinaGBN）。前两个网络主要面向教育和科研机构，属于非营利性网络，后两个网络是以经营为目的，属于商业性的 Internet。同时由 4 家单位管理 Internet 的国际出口，它们分别是国家教育委员会、中国科学院、原中华人民共和国邮电部、中国吉通网络通讯有限公司。在这里，国际出口指的是中国四大因特网络与国际 Internet 连接的端口及通信线路。同时规定，这四大网络在北京通过中国互联网络交换中心（CNNIC，其网址为 www.cnnic.net.cn）进行连接，如图 3-11 所示。

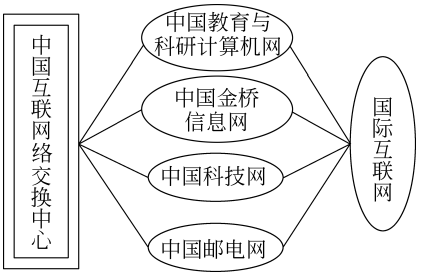

图 3-11　中国互联网络交换中心

3.4.2　中国四大互联网络简介

1. 中国科技网

中国科学院主管的 CSTNET 早期有两个国际网络出口，一个是为高能物理所所内科研服务，不对外经营；另一个是 1994 年 5 月与 Internet 连接的中国国家计算机与网络设施（National Computing and networking Facility of China，NCFC）。NCFC 经历了几个不同的工程发展阶段，即 NCFC、CASNET 和 CSTNET。

始建于 1990 年的中国国家计算机与网络设施（NCFC）是由世界银行贷款的“重点学科发展项目”中的一个高技术信息基础设施项目，由国家计划委员会、国家科学技术委员会、中国科学院、国家自然科学基金委员会、国家教育委员会配套投资和支持建设。该项目由中国科学院主持，联合北京大学、清华大学共同实施。1991 年 6 月，中国科学院高能物理所取得了 Decnet 的授权，直接连入了美国斯坦福大学的斯坦福线性加速器中心；1994 年 4 月正式开通与 Internet 的专线连接；1994 年 5 月 21 日完成我国最高域名“.cn”的注册和主服务器的设置，实现与 Internet 的 TCP/IP 连接，从而可向 NCFC 的各成员组织提供 Internet 的全功能服务。

CASNET 是中国科学院的全国性网络建设工程，分为两大部分：一部分为分院区域网络工程；另一部分为广域网工程。随着 NCFC 的成功建设，中国科学院系统全国联网