



计算机网络实用技术人才培养丛书
工作过程系统化课程系列教材
全国职业教育计算机技能大赛推荐教材

企业网络构建与安全管理 项目教程 (下册)

QIYE WANGLUO GOUJIAN YU ANQUAN GUANLI
XIANGMU JIAOCHENG XIACE

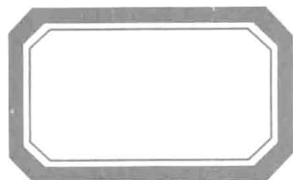
主 编 张选波
副主编 张国清 余运祥
参 编 唐继勇 施吉鸣 宋晓峰
韩新洲 郑东营



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

赠电子课件





“计算机网络应用”项目人才培养丛书

工作过程系统化课程系列教材

全国职业教育计算机技能大赛推荐教材

企业网络构建与安全 管理项目教程 下册

主 编 张选波

副主编 张国清 余运祥

参 编 唐继勇 施吉鸣 宋晓峰

韩新洲 郑东营



机械工业出版社

本书是以工程项目为主体,以职业实践为主线的模块化课程,是针对职业类院校进行课堂教学、综合实训和技能竞赛复习的系列丛书。全书由构建跨城域网的集团企业网络、构建安全的双核心企业网络、构建安全的多出口企业网络和构建跨城域网的安全高可用集团企业网络4个真实的网络工程项目组成。每个项目从“网络场景”切入,介绍网络工程项目的应用场景,了解“用户需求”,并进行用户网络的“需求分析”,通过这个过程让学生了解实际的计算机网络应用场景和环境。在项目开始前,需要通过“知识准备”学习相关的计算机网络知识,然后根据“实施流程”实施。项目实施完成后,需要通过“项目测试”、“项目验收”检验项目实施的情况。在“项目验收”时,需要学生提交“项目实施报告”、“项目测试报告”和“项目验收报告”等相关资料。在最后的“项目总结”中,需要学生总结项目实施过程中存在的问题及解决问题的方法和思路。本书配套的电子教学资源包,读者可以教师身份免费注册并登录机械工业出版社网站(www.cmpedu.com)下载或联系编辑咨询(010-88379194)。

本书可作为职业类院校、本科类院校的教材,也可作为网络工程项目建设的技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

企业网络构建与安全管理项目教程.下册/张选波主编. —北京:
机械工业出版社, 2012.3

(计算机网络实用技术人才培养丛书)

工作过程系统化课程系列教材 全国职业教育计算机技能大赛推荐教材

ISBN 978-7-111-35916-6

I. ①企… II. ①张… III. ①企业—计算机网络—教材 IV. ①TP393.18

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第195507号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:梁伟 责任编辑:蔡岩

责任校对:赵蕊 封面设计:鞠杨

责任印制:乔宇

三河市国英印务有限公司印刷

2012年3月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15.25印张·367千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-35916-6

定价:37.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前言 Preface

近些年来,职业教育工作坚持“以服务为宗旨,以就业为导向”的办学方针,面向社会、面向市场办学,转变以课堂和学校为中心的传统职业教育方式,大力推行工学结合、校企合作、顶岗实习的人才培养模式,注重学生的职业技能培养,职业教育办学质量和效益不断提高。

全国职业院校技能大赛是对近年来职业教育深化改革、加快发展所取得成果的一次大检阅,是我国教育工作的一项重大制度设计与创新。

本书贴近技能大赛的主旨,按照项目式教学的方式,以企业网络构建与安全管理项目为主线,通过“教”、“学”、“做”、“考”4种方式进行讲解,在边教边学、边做边考核的过程中,学生能深入理解计算机网络的基本知识,并将所学综合应用于实际场景,真正提高学生的专业技能和职业技能,增强学生的就业竞争能力。

本丛书分为上、下两册,本书是下册,其内容包括构建跨城域网的集团企业网络、构建安全的双核心企业网络、构建安全的多出口企业网络和构建跨城域网的安全高可用集团企业网络4个计算机网络项目,详细介绍了构建企业网所涉及的操作系统、交换、路由、安全等方面的知识,以及将企业网接入到互联网的相关技术,包括 Windows、Linux、VLAN、STP/RSTP/MSTP、RIP、OSPF、PPP、ACL、WLAN、VPN、帧中继、防火墙、存储、网络出口设计等。通过4个项目将所有的网络知识进行综合应用,并通过需求分析描述网络知识的应用场景,有益于读者的学习和理解。

本书是由计算机网络资深技术专家张选波和具有丰富教学经验的张国清、余运祥、唐继勇、施吉鸣、宋晓峰、郑东营、韩新洲等老师,基于多年的网络工程经验、教学经验及对网络技术的深刻理解联合编写而成的。

本书目标

本书的目标是帮助读者掌握网络基础知识、网络建设相关技术,以及网络设备和服务器的配置调试方法,进行技术上的原始积累,以便在实际工作中恰当地运用这些技术,解决实际网络中遇到的各种问题。本书是通过项目的方式介绍理论知识和技术原理,让读者轻松理解计算机网络技术在网络场景中的实际应用情况,并通过能力考核来检验专业技能和职业技能的提升。

读者对象

本书可作为职业类院校、本科类院校的教材,也可作为希望学习更多网络工程项目建设的技术人员的参考用书。

阅读方法

本书共分4个项目,每个项目都是以项目需求分析开始,然后进行拓扑构建、网络设



备配置、服务器搭建、网络运营测试，最后通过能力考核，检验对所学知识的理解程度及实际应用能力。

本书特点

本书具有以下鲜明特点：

- ✧ 基于典型工作任务。
- ✧ 基于行业应用。
- ✧ 突出工程特点。
- ✧ 依托技能竞赛。
- ✧ 着力综合运用。
- ✧ 突出案例分析。

本书结构

本书由 4 个项目组成，具体内容如下：

项目 1 构建跨城域网的集团企业网络

本项目主要介绍了集团企业网络构建思路及集团企业网络的建设需求，是当代集团企业网络建设的基本模型。本项目是在上册 4 个项目基础上进行了扩展，将计算机网络技术进行全方位的融合，本章应用服务系统并采用最新的 Windows Server 2008 操作系统，并将其与 Linux 操作系统进行融合，为企业网络提供一个安全可靠的服务器应用系统。

项目 2 构建安全的双核心企业网络

本项目主要介绍了集团企业网络的典型网络组建模型，主要体现了高可靠性与高安全性，侧重于网络安全技术应用。本项目是在上一项目的基础之上将安全技术与计算机网络技术进行充分的融合。本项目应用服务系统采用最新的 Windows Server 2008 操作系统，并将其与 Linux 操作系统进行融合，为企业网络提供一个安全可靠的服务器应用系统。

项目 3 构建安全的多出口企业网络

本项目主要介绍了企业网络多出口网络架构设计与实施，介绍如何使用多出口技术实现企业网数据流量的负载均衡，实现出口链路的备份与负载均衡，充分实现企业网络的高可用和高可靠性，还介绍了基于网络出口的冗余和高可用的应用技术。本项目应用服务系统采用最新的 Windows Server 2008 操作系统，并将其与 Linux 操作系统进行融合，为企业网络提供一个安全可靠的服务器应用系统。

项目 4 构建跨城域网的安全高可用集团企业网络

本项目是将前三个项目进行各方面的融合，将计算机网络技术、网络安全技术、无线网络技术、网络高可用技术和高可靠技术进行融合应用，也将网络技术与应用技术进行了融合。本项目应用服务系统采用最新的 Windows Server 2008 操作系统，并将其与 Linux 操作系统进行融合，为企业网络提供一个安全可靠的服务器应用系统。

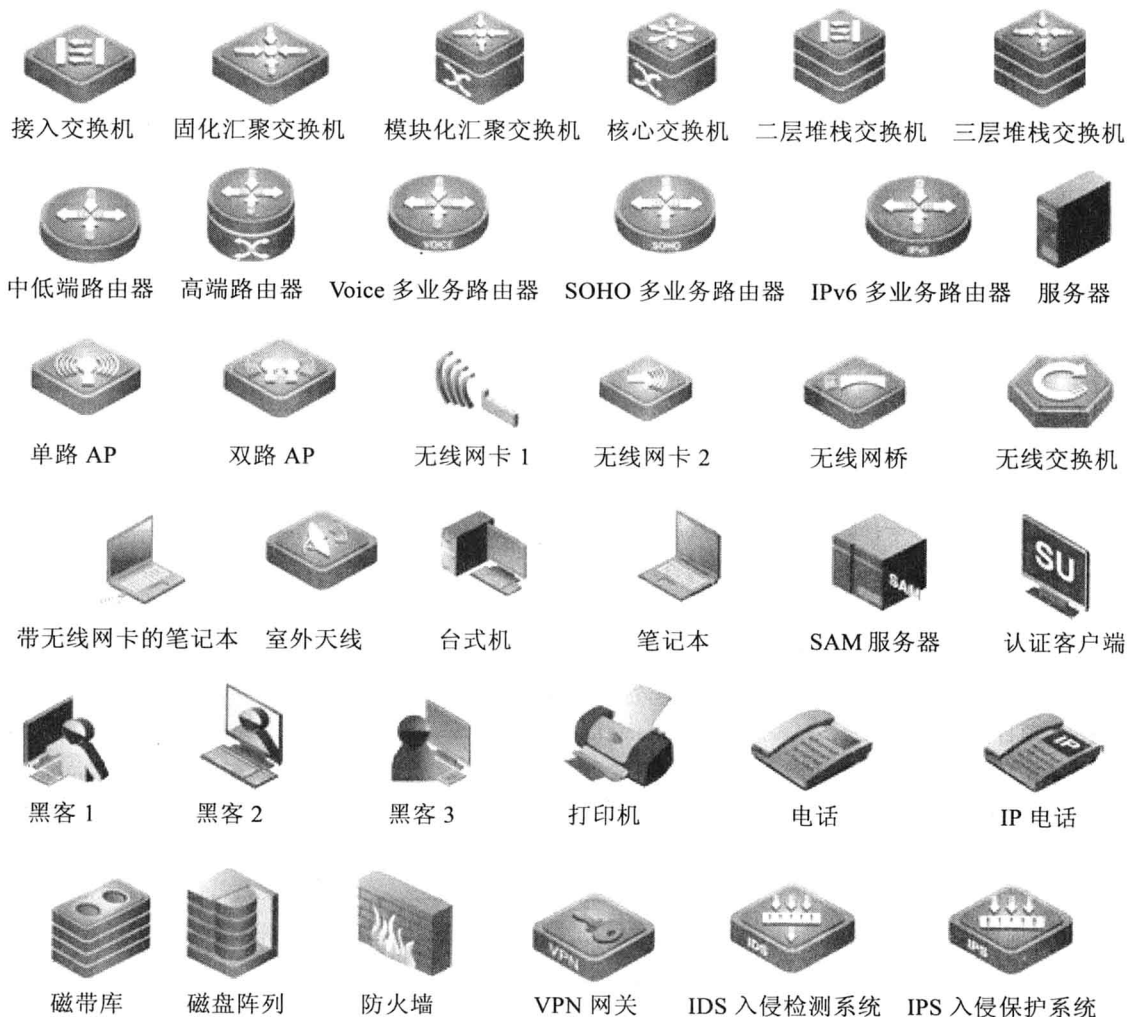
本书约定

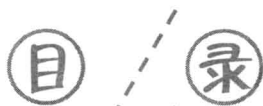
为方便读者阅读，本书中使用的命令语法规则与产品命令参考手册中的命令语法相同。

- 竖线 “|”：表示分隔符，用于分开可选择的选项。
- 星号 “*”：表示可以同时选择多个选项。
- 方括号 “[]”：表示可选项。
- 大括号 “{ }”：表示必选项。
- **粗体字**：表示按照显示的文字输入的命令和关键字。在配置的示例和输出中，粗体字表示需要用户手工输入的命令（如 **show** 命令）。
- *斜体字*：表示需要用户输入的具体值。

本书使用的图标

本书中使用的图标示例如下所示。





前言

项目 1 构建跨城域网的集团企业网络	1
1.1 网络场景	1
1.2 用户需求	2
1.3 需求分析	2
1.4 培养目标	3
1.5 知识准备	4
1.5.1 帧中继	4
1.5.2 常用拓扑	8
1.5.3 逆向 ARP	9
1.5.4 帧中继子接口	11
1.5.5 配置帧中继	13
1.5.6 Windows Server 2008 版本	18
1.6 项目实施	18
1.6.1 实施流程	18
1.6.2 实施设备	19
1.6.3 项目任务一：完成企业网络底层架构的构建	20
1.6.4 项目任务二：安装与配置活动目录服务器	30
1.6.5 项目任务三：配置 Web 服务器	43
1.6.6 项目任务四：安装与配置 DHCP 服务器	47
1.6.7 项目任务五：安装与配置 FTP 服务器	54
1.7 项目测试	60
1.7.1 项目任务六：企业网络底层架构测试	60
1.7.2 项目任务七：应用服务器测试	60
1.8 项目验收	63
1.9 项目总结	63
1.10 项目练习	63
1.11 项目报告	65
项目 2 构建安全的双核心企业网络	67
2.1 网络场景	67
2.2 用户需求	68
2.3 需求分析	68



2.4 培养目标	70
2.5 知识准备	71
2.6 项目实施	96
2.6.1 实施流程	96
2.6.2 实施设备	96
2.6.3 项目任务一：完成企业网络底层架构的构建	97
2.6.4 项目任务二：安装与配置活动目录服务器	108
2.6.5 项目任务三：安装与配置 Web 服务器	115
2.6.6 项目任务四：安装与配置备份 DNS 服务器	122
2.6.7 项目任务五：安装与配置 FTP 服务器	127
2.6.8 项目任务六：安装与配置 DHCP 服务器	129
2.6.9 项目任务七：安装与配置 Mail 服务器	133
2.6.10 项目任务八：安装与配置 NFS 服务器	135
2.6.11 项目任务九：安装与配置 SAMBA 服务器	137
2.7 项目测试	140
2.7.1 项目任务十：企业网络底层架构测试	140
2.7.2 项目任务十一：应用服务器测试	141
2.8 项目验收	141
2.9 项目总结	141
2.10 项目练习	141
2.11 项目报告	143
项目 3 构建安全的多出口企业网络	144
3.1 网络场景	144
3.2 用户需求	145
3.3 需求分析	145
3.4 培养目标	147
3.5 知识准备	148
网络负载均衡技术	148
3.6 项目实施	150
3.6.1 实施流程	150
3.6.2 实施设备	151
3.6.3 项目任务一：完成企业网络底层架构的构建	151
3.6.4 项目任务二：安装与配置活动目录服务器	159
3.6.5 项目任务三：安装与配置备份 DNS 服务器	161
3.6.6 项目任务四：安装与配置 NFS 服务器	165
3.6.7 项目任务五：安装与配置 Web 服务器	168
3.6.8 项目任务六：安装与配置 DHCP 服务器	173
3.6.9 项目任务七：安装与配置 Mail 服务器	176



3.6.10 项目任务八：安装与配置 FTP 服务器.....	178
3.6.11 项目任务九：安装与配置只读域控制器服务器.....	179
3.7 项目测试.....	182
3.7.1 项目任务十：企业网络底层架构测试.....	182
3.7.2 项目任务十一：应用服务器测试.....	182
3.8 项目验收.....	183
3.9 项目总结.....	183
3.10 项目练习.....	183
3.11 项目报告.....	184
项目 4 构建跨城域网的安全高可用集团企业网络.....	185
4.1 网络场景.....	185
4.2 用户需求.....	186
4.3 需求分析.....	186
4.4 培养目标.....	189
4.5 知识准备.....	189
4.5.1 磁盘阵列（RAID）技术.....	189
4.5.2 群集技术.....	193
4.6 项目实施.....	194
4.6.1 实施流程.....	194
4.6.2 实施设备.....	195
4.6.3 项目任务一：完成企业网络底层架构的构建.....	196
4.6.4 项目任务二：安装与配置活动目录服务器.....	207
4.6.5 项目任务三：安装与配置存储服务器.....	208
4.6.6 项目任务四：安装与配置 Web 服务器.....	213
4.6.7 项目任务五：安装与配置 DHCP 服务器.....	220
4.6.8 项目任务六：安装与配置 NFS 服务器.....	220
4.6.9 项目任务七：安装与配置 Mail 服务器.....	220
4.6.10 项目任务八：安装与配置 FTP 服务器.....	221
4.6.11 项目任务九：安装与配置 RODC 服务器.....	227
4.6.12 项目任务十：安装与配置 BDNS 服务器.....	228
4.7 项目测试.....	229
4.7.1 项目任务十一：企业网络底层架构测试.....	229
4.7.2 项目任务十二：应用服务器测试.....	229
4.8 项目验收.....	229
4.9 项目总结.....	230
4.10 项目练习.....	230
4.11 项目报告.....	235

项目 1

构建跨城域网的集团企业网络

1.1 网络场景

新江科技集团公司是一家从事互联网业务的科技公司，其总公司设在北京，上海和天津分别成立两家分公司，为了公司业务发展的需求，方便信息的传递，需要将总公司与分公司通过网络连接在一起，而且又需要保证总公司和分公司内部的员工可以访问互联，并要求保证总公司与分公司业务流量的保密性。

公司需要构建一个跨城域网的集团企业网络，总公司与各个分公司都申请了两条链路，一条用来访问互联网，另一条为传递保密数据的专用链路。为了节省公司网络运营的成本，所用的专用链路申请了 ISP 的帧中继链路。

总公司与各个分公司的网络出口设备采用的是锐捷路由器 RSR20-04，总公司和天津分公司的网络核心采用的网络设备是锐捷三层交换机 RG-S3760E，而上海分公司的网络则采用了无线网络，无线访问接入点采用锐捷 RG-AP220E。

总公司应用系统平台是为公司的业务服务的，所以需要构建 Web 服务器、FTP 服务器和 DNS 服务器。为了保障内部网络安全，需要对内部员工登录网络的身份进行审核，所以其部署了 Windows 域环境。详细的网络拓扑结构如图 1-1 所示。

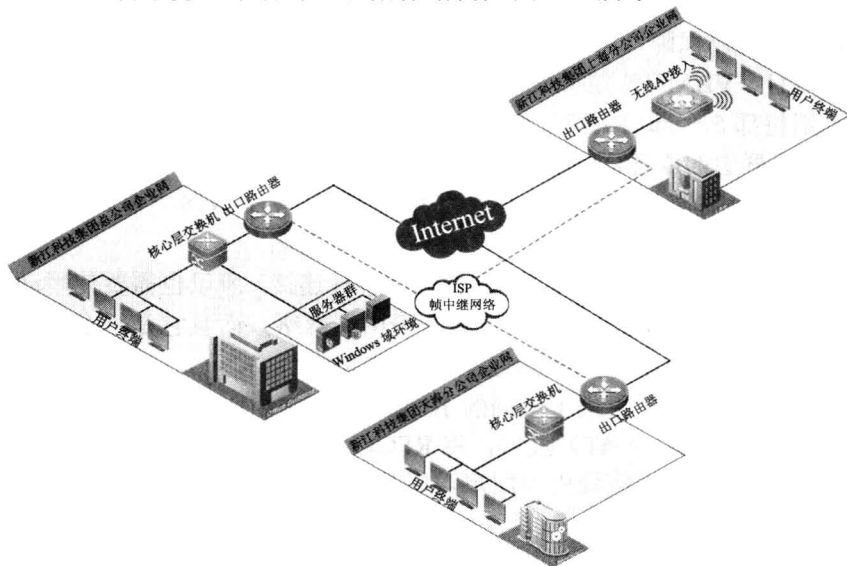


图 1-1 跨城域网的集团企业网络



1.2 用户需求

根据公司业务的需求, 该公司具体有如下需求:

- 1) 要求按照层次型网络结构进行网络设计和网络实施。
- 2) 总公司内部有产品部、市场部、服务部、行政部、销售部 5 个部门。天津分公司有天津销售一部和天津销售二部。上海分公司有上海销售三部。分别根据部门业务的不同进行区别划分。
- 3) 总公司与各个分公司的内部用户需要使用运营商提供的地址段访问互联网。
- 4) 总公司与各个分公司的内部用户只能在上班的时间才能访问互联网。
- 5) 为了保障网络安全, 需要每个交换接口只允许接入一台主机。
- 6) 总公司与各个分公司的内部用户登录时, 都需要由总公司的域控制器进行统一身份验证。
- 7) 公司需要将业务服务内容以门户网站的方式发布到互联网, 达到宣传的目的。
- 8) 构建一个安全、畅通的企业网络。

1.3 需求分析

1) 由于总公司和各个分公司的网络规模都比较小, 所以采用二层的网络架构, 将核心层、汇聚层和接入层合为一层, 既保障业务数据流的畅通, 又可以实现层次型网络架构。

根据公司用户的数量和业务需求, 总公司的核心交换机采用 RG-S3760E 三层交换机, 出口路由器采用 RSR20-04; 天津分公司的核心交换机采用 RG-S3760E 三层交换机, 出口路由器采用 RSR20-04; 上海分公司出口路由器采用 RSR20-04, 无线 AP 采用 RG-AP220E。

天津分公司为了节省网络成本, 采用单臂路由技术实现 VLAN 间路由功能。

2) 总公司采用 VLAN 技术, 将 5 个部门的用户主机划分到不同的 VLAN 中, 既可以实现统一管理, 又可以保障网络的安全性。

创建 VLAN11、VLAN12、VLAN13、VLAN14、VLAN15, 将产品部、市场部、服务部、行政部、销售部 5 个部门用户主机划分为 VLAN11、VLAN12、VLAN13、VLAN14、VLAN15。服务器群中的服务器主机划分到 VLAN16。天津销售一部、天津销售二部、上海销售三部 3 个分公司部分用户主机划分为 VLAN17、VLAN18、VLAN19。为了便于网络管理, 为每个 VLAN 按照部门的名称汉语拼音为其命名。

3) 虽然各个公司规模较小, 但其通过城域网进行连接, 所以也需要使用动态路由协议实现网络的可达性。由于 OSPF 路由协议适合于中型网络, 而且它是一个无环路的路由协议, 并且收敛速度快, 所以在此网络中采用 OSPF 路由协议。

4) 服务提供商为总公司提供了全局的 IP 地址段为 181.1.1.1~181.1.1.8, 网络掩码为 28 位, 使用网络地址转换 (NAT) 技术, 将 RFC1918 的私有地址转换为合法的全局 IP 地址; 使用动态端口 NAT 技术实现内部用户访问互联网资源, 使用静态 NAT 技术, 将 Web 服务器发布到互联网。

服务提供商为天津分公司提供的全局 IP 地址段为 181.1.1.10~181.1.1.11, 网络掩码为

28 位，内部用户用此 IP 地址段访问互联网。

服务提供商为天津分公司提供的全局 IP 地址段为 181.1.1.12/28，同样内部用户用此 IP 地址段访问互联网。

5) 在网络安全方面使用基于时间的访问控制列表，满足总公司和各分公司内部用户只能在上班的时间访问互联网；为保障接入层安全，在每个接入接口使用端口安全技术，实现交换机接口只允许接入一台主机。

公司的上班时间为每星期的星期一至星期五，每天的 9:00~17:00，使用端口安全技术限制主机的连接数为 1，如果有违规的用户则关闭交换机接口。

6) 搭建活动目录服务器，在网络中部署 Windows 域环境，其申请的合法域名为 xinjiangkeji.com.cn，在服务器群安装 Windows Server 2008 R2 操作系统，并将此服务配置为 DNS 服务器，将所有的客户机和服务器都加入到域环境中，使用活动目录对内部用户进行身份验证。

公司有 240 名工，每个部门都有 30 位员工，每个部门有一个部门经理，而公司的总经理主抓市场部工作。

根据公司行政架构创建相应的组，创建的组的名称采用其部门名称的拼音；创建的用户账号名称采用员工姓名的拼音字母+部门名称拼音的首字母，为保障用户账户的安全，创建用户时需要用户登录时重新修改口令，将所有用户加入至相应的组中。

7) 搭建 Web 服务器，创建公司的门户网站，网站需要支持 ASP.NET，为保障 Web 服务器的安全性，只允许用户使用域名来访问 Web 站点，需要使用的操作系统为 Windows Server 2008 R2。

8) 搭建 DHCP 服务器，为总公司用户主机动态分配 IP 地址，需要使用的操作系统为 Windows Server 2008 R2。天津分公司需要在核心交换机上启用 DHCP 服务，为内部用户主机动态分配 IP 地址。上海分公司需要在无线 AP 上启用 DHCP 服务，为内部用户主机动态分配 IP 地址。

9) 搭建 FTP 服务器，为保障服务器安全性，需要使用 Linux 操作系统平台下的 VSFTPD 软件构建 FTP 服务，域内用户可以上传下载数据，域用户登录的主目录为 /var/ftp，并且要求使用 chroot 功能，将用户锁定在根目录下，要求用户传输速率限制在 1Mbit/s。

1.4 培养目标

学习目标

- 1) 熟练掌握交换机工作及 VLAN 技术原理及应用。
- 2) 熟练掌握网络地址转换 (NAT) 技术原理及应用。
- 3) 熟练掌握基于时间的访问控制列表技术原理及应用。
- 4) 学习并掌握 Windows Server 2008 操作系统安装与配置。
- 5) 学习并掌握在 Windows Server 2008 操作系统平台下的活动目录服务、Web 服务的安装与配置。
- 6) 熟练掌握动态 OSPF 路由协议原理及配置。



- 7) 熟练掌握基于 Linux 操作系统平台下的 FTP 服务器构建。
- 8) 学习层次型网络结构的规划与设计。



能力目标

- 1) 考察文档编写能力。
- 2) 考察呈现能力。
- 3) 考察项目管理能力。
- 4) 考察岗位职能能力。

1.5 知识准备

1.5.1 帧中继

1.5.1.1 帧中继概述

最初的帧中继标准化建议是由国际电报电话咨询委员会 (CCITT) 于 1984 年提出的。由于缺乏互操作性和尚未完全标准化, 帧中继并没有在 20 世纪 80 年代末期得到广泛部署。

帧中继在历史上的一个重大发展发生在 1990 年。这一年 Cisco、数字设备公司 (DEC)、北方电信和 StrataCom 形成了一个专注于帧中继技术发展的联盟。该联盟开发了一个符合基本帧中继协议 (当时 CCITT 正在讨论它) 的规范, 但是它可以为复杂的网络互联环境提供附加的性能, 从而扩展了该协议。这些帧中继扩展总体上被称为本地管理接口 (LMI)。

自从该联盟的规范被开发和公布之后, 很多厂商声明了他们对这个扩展的帧中继定义的支持。ANSI 和 CCITT 也相继对他们自己的有关最初 LMI 规范的变体进行了标准化, 并且目前这些经过标准化的规范比最初的版本更加通用。

在国际上, 帧中继由国际电信联盟电信标准组进行了标准化。而在美国, 帧中继是一个美国国家标准化组织 (ANSI) 标准。

帧中继是一种用于连接计算机系统的面向分组的通信方法。它主要用在公共或专用网上的局域网互联以及广域网连接。大多数公共电信局都提供帧中继服务, 把它作为建立高性能的虚拟广域连接的一种途径。帧中继是进入带宽范围从 56Kbit/s 到 1.544Mbit/s 的广域分组交换网的用户接口。

帧中继可以看做是 X.25 协议的简化版本, 它省略了 X.25 协议所具有的一些强健功能, 例如, 窗口技术和丢失数据重发技术等。这主要是因为目前帧中继技术所使用的广域网环境比起 20 世纪 70、80 年代 X.25 协议普及时所存在的网络基础设施, 无论在服务的稳定性还是质量方面都有了很大的提高和改进。此外, 帧中继与 X.25 不同, 是一种严格意义上的第二层协议, 所以可以把一些复杂的控制和管理功能交由上层协议完成。这样就大大提高了帧中继的性能和传输速度, 使其更加适合广域网环境下的各种应用。

帧中继网络环境下的设备可以分为两大类, 即数据终端设备 (DTE) 和数据电路终端

设备 (DCE)。DTE 可以被理解成是网络的末端设备, 通常被放置在用户区域, 直接由用户所有和控制。DTE 设备包括网络终端、个人计算机、路由器和网桥等。

DCE 是运营商所有的网络互联设备, 主要用来提供网络的时钟和交换服务, 可以通过广域网对数据进行传输。通常, DCE 设备主要是指包交换机。

DTE 和 DCE 设备之间的连接由物理层组件和数据链路层组件两部分组成。其中, 物理层组件定义设备连接的机械、电气、功能和程序规范; 而数据链路层组件则主要定义设备之间的连接协议。

帧中继网络环境下, DTE 和 DCE 设备之间的关系如图 1-2 所示。

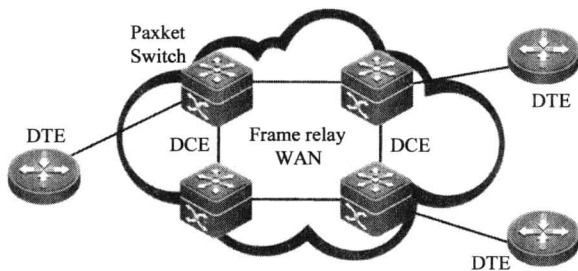


图 1-2 帧中继网络中的 DTE 与 DCE 关系图

1.5.1.2 虚电路和 DLCI

1. 虚电路

为了任何两个帧中继站点之间的通信, ISP 必须在这个帧中继网络中为这两个站点建立一条虚拟电路, 所以帧中继网络中两台 DTE 设备之间的连接为逻辑连接或虚电路 (VC), 通过向网络发送信令消息动态地建立虚电路。虚电路有两种, 一种是永久型虚电路 (PVC), 一种是交换型虚电路 (SVC)。

永久型虚电路 (PVC) 是一种提前定义好的虚电路, 基本上不需要建立任何时间的端点站点间的连接, 一般是在 DTE 设备之间通过帧中继网络进行频繁而持续的数据传输。

交换型虚电路 (SVC) 是端点站点之间的一种临时性连接。这些连接只持续所需的时间, 并且当会话结束时就取消这种连接, 仅用于 DTE 设备之间通过帧中继网络进行零星的数据传输。

帧中继网络和 X.25 网络都支持永久虚电路 (PVC) 和交换虚电路 (SVC)。PVC 是帧中继虚电路最普遍的类型。

在帧中继网络中, PVC 和 SVC 的每一端都要分配一个数据链路连接标识符 (DLCI) 来区分不同的虚电路。DLCI 存储于每个所传输的数据帧的地址字段中, DLCI 仅具有本地意义, 虚电路每一端的 DLCI 值可能不同。

2. DLCI

DLCI (数据链路连接标识符): 帧中继交换机将两端的 DLCI 关联起来, 它是帧中继帧格式中的字段的一个重要部分之一, 这是个 6 位标识, 表示正在进行的客户和服务商之间的连接, 用于 RFCOMM 层。帧中继使用 DLCI 来标识 DTE 和服务商交换机之间的虚电

路。DLCI 字段的长度一般为 10 bit，但也可扩展为 16 bit，前者用二字节地址字段，后者是三字节地址字段。23 bit 用四字节地址字段。DLCI 值用于标识永久虚电路（PVC）、呼叫控制或管理信息。DLCI 只具有本地意义。标识用户端设备（CPE）和帧中继交换机之间的 PVC，只在本地有效。帧中继网络用户接口最多可支持 1024 条虚电路，DLCI 号码 0~15 和 DLCI 号码 1008~1023 是保留做特殊用途的，电信分配给用户的 DLCI 一般在 16~1007 的逻辑数字。

下面介绍帧中继网络常用的术语。

1) NNI（网络到网络接口）：两台交换机间通信标准，帧中继和 ATM 均使用 NNI，ATM 称为网络结点接口（Network Node Interface）。

2) 本地访问速率：与帧中继服务提供商相连链路的时钟速率或称接口速率。可以工作在 T1、T3 或者 HSSI 下。

3) Bc（承诺突发量）：以 CIR 为基础的允许接收和发送的最大数据量，以 bit/s 为单位。

4) CIR（承诺信息速率）：服务提供商承诺要提供的有保证的速率，单位 bit/s。

5) Be（过量突发）：在承诺速率之外，帧中继交换试图发送的未承诺的最大额数据量，以 bit/s 为单位。

6) MaxR（最大速率）：单位为 bit/s，计算公式： $\text{MaxR} = \text{CIR} \times ((\text{Bc} + \text{Be}) / \text{Bc})$ 。

帧中继的标准可以为帧中继网络中可配置和管理的永久虚拟电路（PVC）进行编址，帧中继永久虚拟电路由数据链路连接标识符（DLCI）来标识，如图 1-3 所示。帧中继的 DLCI 具有本地意义，也就是说，DLCI 的值在整个帧中继广域网上并不是唯一的，由虚电路连接的两台数据终端设备可能使用不同的 DLCI 值来指定同一个连接。DLCI 的特征如图 1-4 所示。

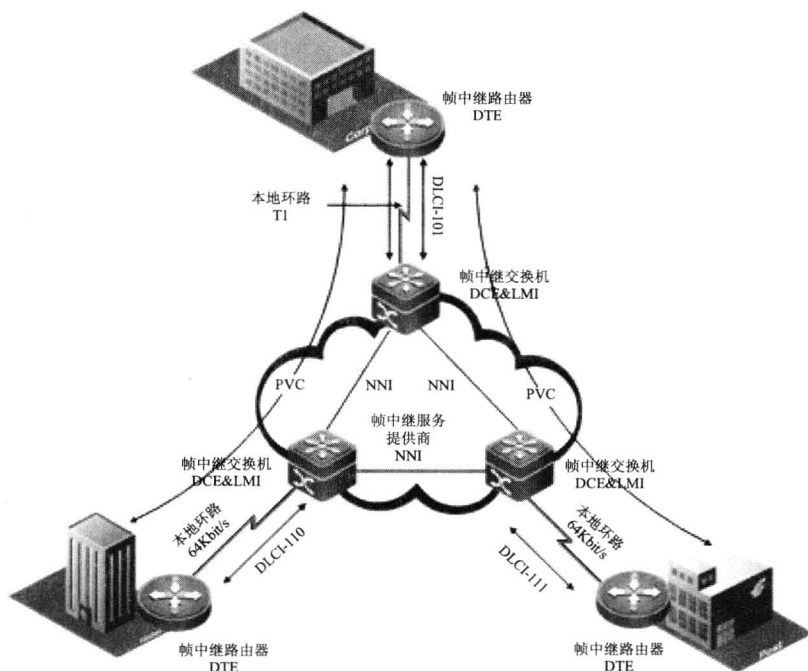


图 1-3 DLCI 值

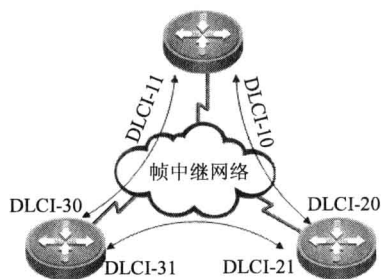


图 1-4 DLCI 的特征

3. 寻址方式

当帧中继为多个逻辑数据会话提供多路复用时，ISP 的交换设备首先要建立一个表，该表用来将不同的 DLCI 值映射到出站端口，其次，当接收到一个数据帧时，交换设备分析其连接标识符并将该数据帧发送到相应的端口。最后，在第一个数据帧发送之前，将建立一条通往目的地的完全路径，如图 1-5 所示。

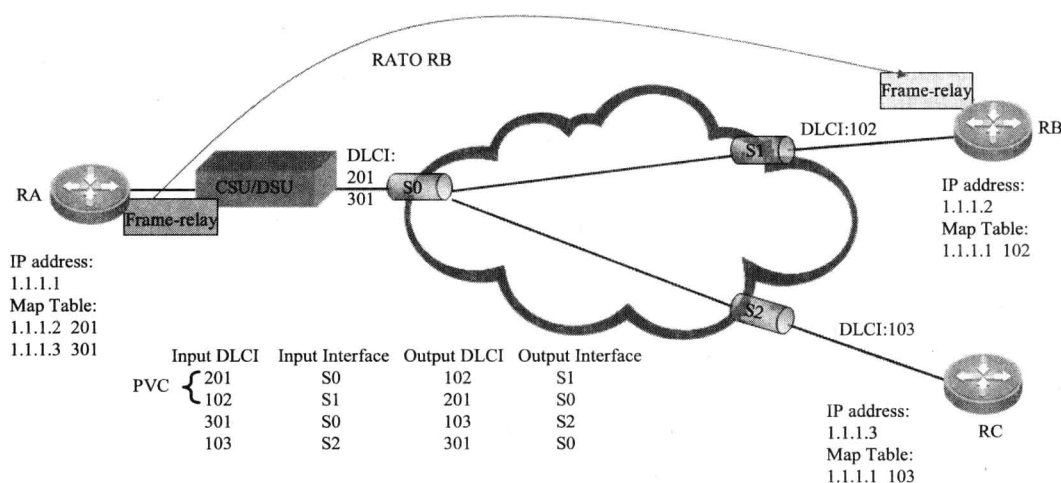


图 1-5 帧中继映射表

4. 帧结构

在帧中继接口中，数据链路层传输的帧由 4 种字段组成：标志字段 F、地址字段 A、信息字段 I 和帧校验序列字段 FCS，如图 1-6 所示。

1byte	2byte	可变值	2byte	1byte
F	A	I	FCS	F

图 1-6 帧中继帧格式

1) 标志字段 F：批示帧中继数据帧的开始和结束。

2) 地址字段 A：指示地址字段的长度。尽管帧中继的地址实际上有 2 字节，但也包括了为将来地址长度扩充而预留的地址比特，地址字段中每字节的第 8 bit 被用来指示地址，地址字段中包括以下信息：



① DLCI 值：包含地址字段的前 10 bit。

② 拥塞控制：地址字段的最后 3 bit，用来实现帧中继的拥塞通知机制。

3) 信息字段 I：包含的是用户数据，可以是任意的比特序列，它的长度必须是整数字节，帧中继信息字节最大默认长度为 262 字节，网络应能支持协商的信息字段的最大字节数至少为 1600，用来支持例如 LAN 互联之类的应用，以尽量减少用户设备分段和重装用户数据的需要。

4) 帧校验序列字段 FCS：用来保证传输数据的完整性。

1.5.1.3 本地管理接口 (LMI)

本地管理接口 (LMI) 是对于基本的帧中继规范的一系列增强。LMI 是由 Cisco、StrataCom、Northern Telecom 和数字设备公司于 1990 年开发出来的。它提供了管理复杂互联网络的很多特性 (称为扩展)。关键的帧中继 LMI 扩展包括全局寻址、虚拟电路状态消息和多播 (multicasting)。

LMI 的全局寻址扩展提供了全局而非本地意义的帧中继数据链路连接标识符 (DLCI) 值。DLCI 值成为在帧中继 WAN 中唯一的 DTE 地址。全局寻址扩展为帧中继互联网络增加了功能特性和可管理性。例如，可以利用标准的地址解析和发现技术来标识单独的网络接口和连接在其上的终端结点。另外，整个帧中继网络似乎是一个路由器在其外围的典型 LAN。

LMI 的虚拟电路状态消息在帧中继 DTE 和 DCE 设备之间提供了通信和同步。这些消息用于定期报告 PVC 的状态，从而防止数据被发送入黑洞 (也即 PVC 不再存在)。

LMI 的多播扩展允许分配多播组。多播通过只允许路由选择更新和地址解析消息被发送到一组特定的路由器而节省带宽。该扩展还可以在更新消息中传送多播组状态的报告。

LMI 是路由器与帧中继交换机之间使用的信令标准，交换机使用 LMI 确定已定义的 DLCI 及其状态。支持 10 s 间隔的 keepalive 机制，用来检核数据链路的连通性。RGOS 系统支持三种帧中继的本地管理接口类型。

1) CISCO: Cisco、Digital 和 Northern Telecom 定义自动协商失败后默认的 LMI 类型，状态信息通过 DLCI 0 传送。

2) ANSI: ANSI 标准 T1.617 定义，最常用的 LMI 类型，通过 DLCI 1023 传送。

3) Q933A: 定义为 ITU-T Q.933 的 LMI 类型，状态信息通过 DLCI 0 传送。

1.5.2 常用拓扑

在帧中继网络中，远程场点以各种不同的方式互联起来，如图 1-7 所示的常见帧中继拓扑包括以下几种：

1) 星形 (Star/hub-and-spoke)：最常见的帧中继网络拓扑，代价最小。

2) 全互联 (Full-mesh)：冗余，但是代价大。在这样的环境中计算 VC 的数量。使用