



教育部—神州数码网络教学改革合作项目成果教材  
神州数码网络认证教材

DCN



神州数码  
Digital China

# 创建高级交换型互联网

全国职业技能大赛推荐参考书

神州数码网络认证指定教材

校企合作新课改教材

程庆梅 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



赠电子教学资源

教育部—神州数码网络教学改革合作项目成果教材

神州数码网络认证教材

# 创建高级交换型互联网

主 编 程庆梅

参 编 徐雪鹏 杜婉琛 岳大安 赵 飞

赵 鹏 郭 薇 张向东 李亚峰

王吉忠 王永才 朱建英 吕 凯



机械工业出版社

本书内容围绕现代网络中二、三层交换技术展开,主要包括虚拟局域网技术、生成树技术、VLAN 间通信、路由及访问控制和病毒防护等,并对交换网络高级技术,如组播技术和虚拟路由冗余技术作了深入浅出的论述。

本书读者对象为本科、职业院校开设相关课程的师生;参加各省市及全国职业技能大赛的师生;考取神州数码网络认证的人士(与工业和信息化部、人力资源和社会保障部联合认证事宜请参考神州数码网络有限公司网站 [www.dcnetworks.com.cn](http://www.dcnetworks.com.cn));从事大中型局域网工程技术工作的人士以及热爱计算机网络技术的各界人士。

本书配套电子资源(电子课件等),方便教师教学,需要者可到机械工业出版社教材服务网[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)下载或联系责任编辑免费索取(010-88379194),也可联系神州数码网络有限公司相关业务人员索取。

## 图书在版编目(CIP)数据

创建高级交换型互联网/程庆梅主编. —北京:机械工业出版社,2010.1

教育部—神州数码网络教学改革合作项目成果教材

神州数码网络认证教材

ISBN 978-7-111-28731-5

I. 创... II. 程... III. 互联网络—教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 234041 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:孔熹峻

责任编辑:梁 伟

封面设计:鞠 杨

责任印制:杨 曦

北京中兴印刷有限公司印刷

2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 13.5 印张 · 2 插页 · 335 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-28731-5

定价:31.00 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

读者服务部:(010)68993821

封面防伪标均为盗版

# 前言



本书根据神州数码多年积累的项目实际应用编写，以信息产业人才需求为基本依据，以提高学生的职业能力和职业素养为宗旨，坚持以能力为本位的课程设计原则，明确计算机网络人才的培养定位。

“创建高级交换型互联网”是一门理论与实践紧密结合的实操类课程。在机械工业出版社联合国内知名计算机网络厂商“神州数码”于 2009 年开发之前，本书的主体内容已在实践教学中得到了很好的应用。为了更好地融合网络最新技术与职业教育最新理念，我们重新编写了本书，以便适应教学改革的需要，更好地为一线教学服务。

本书编写体现了以下特点：

- 以就业为导向，以企业需求为依据。全书按照实际应用特点编写，全部案例来自企业一线，使学生在学校就可以接受岗位训练。
- 更加体现以综合职业素质为基础，以能力为本位。书中内容以由浅入深的方式循序渐进地展开复杂的理论阐述。
- 书中涉及的计算机网络技术先进，设备型号领先，全部设备均为目前国内主流设备且为神州数码主打设备。
- 本书可以作为神州数码网络有限公司 DCNP-MLST 网上认证考试配套教材（相关事宜可登录公司网站 [www.dcnetworks.com.cn](http://www.dcnetworks.com.cn) 查询，与工业和信息化部、人力资源和社会保障部联合认证事宜也可在此网站查询），为学生获得企业资格认证和将来就业创造有利条件。

本书的编写力求达到以下目标：

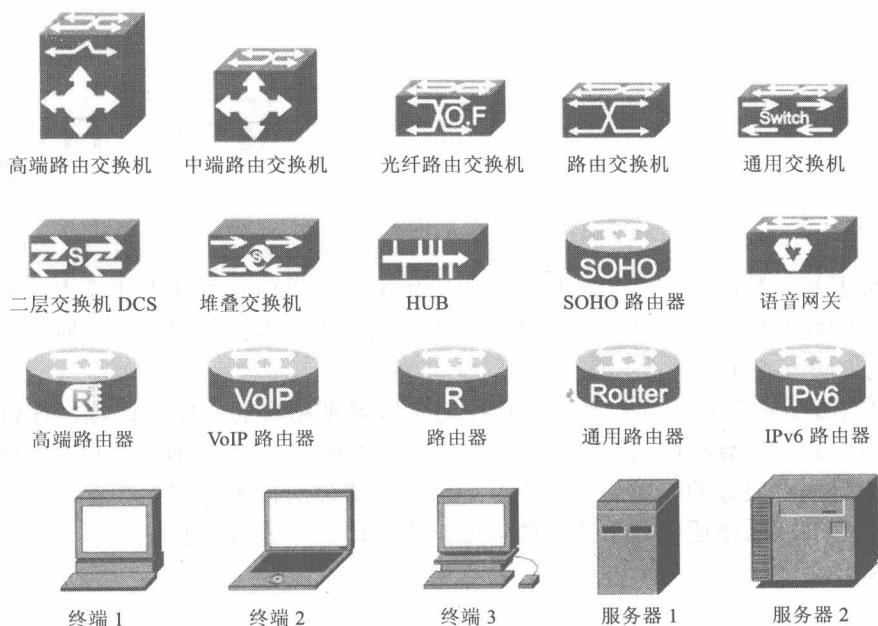
- 体现“授之以渔”的方法论理念。考虑到网络工程项目与传统行业项目的技术含量差异，本书在编写过程中增加了关键原理和常识的讨论和介绍，力求在了解和掌握配置方法的同时“知其然，更知其所以然”。
- 集中、专业的交换技术讲解。与以往的网络教材不同，本书集中讨论交换技术，而没有将路由器中可以实现的其他技术全部放在教材中加以讨论，重点突出，目标鲜明。
- 配套详尽细致的实训手册。实训手册中设计的实训内容，不仅包含实现目标的具体步骤，更进一步讨论为什么要这样做，以及常见的问题解决方法和思路，并且在必要的时候增加 debug 信息的解释，对网络协议过程作了尽可能充分的讲解。

如何使用本书：

## 1. 关于图标

本书图标采用神州数码图标库标准图标，除真实设备外，所有逻辑示意均使用如下

图标。



## 2. 关于课程组织

- 本书为学生用书，可在课堂上用于理解教师授课使用。
- 本书配套的实训手册，作为学生完成理论学习后实验过程的指导用书。
- 建议理论与实践结合，本书适合在实训室完成教学过程。

## 3. 关于配套设备

本书配套实训设备的购置可参考神州数码网站，或联系神州数码网络有限公司相关业务人员进行办理。

## 4. 关于小贴士

本书使用 4 种贴士，如下所示：

-  **小学堂：** 一般为非正式的知识讲解。
-  **提醒：** 实际项目中容易出现问题和理解偏差的过程。
-  **小常识：** 非正式的常识，需要了解但不是重点。
-  **提问：** 帮助深入思考的，通常结合上下文可自行解决；包含认证考试中的一些问题。

本书由程庆梅主编，参与编写的主要人员有：神州数码网络大学教材编委会成员——徐雪鹏、杜婉琛、岳大安、赵飞、赵鹏、郭薇、张向东、李亚峰、王吉忠、王永才、朱建英、吕凯。

同时，在编写和审校的过程中，也得到了许多来自合作伙伴院校一线老师的意见和建议。他们是北京市供销学校赵鹏老师、北京市金驼技术学校葛久平老师、天津中华职专阴海涛老师、贵州电子信息职业技术学院曹炯清老师、福建信息职业技术学院李宏达、詹可强老师、漳州职业技术学院章忠宪、郑东升老师、广州市番禺区工贸职业技术学校赵宏胜老师等。

在此特向参与编审的各界人士提供的大力支持表示衷心的感谢！

虽本书主体内容已经在实践中使用多次，但由于编者水平所限，疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。编者邮箱：dcnu\_2007@163.com。

编 者



# 目 录

## 序

## 前言

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 第 1 部分 传统交换网络常用技术 .....     | 1  |
| 第 1 章 交换网络的演进 .....         | 2  |
| 1.1 传统以太网 .....             | 2  |
| 1.1.1 概念回顾 .....            | 2  |
| 1.1.2 传统以太网的局限性 .....       | 2  |
| 1.1.3 以太网的四大应用 .....        | 5  |
| 1.2 交换网络的现状 .....           | 6  |
| 1.2.1 局域网的数据流量发展 .....      | 6  |
| 1.2.2 交换网络 VLAN 技术的发展 ..... | 7  |
| 1.2.3 交换与路由技术的结合 .....      | 8  |
| 1.3 交换网络的发展趋势 .....         | 10 |
| 1.3.1 端到端 QoS 成为发展的方向 ..... | 11 |
| 1.3.2 组播技术发展成熟 .....        | 11 |
| 习题 .....                    | 12 |
| 第 2 章 交换网络技术实现 .....        | 13 |
| 2.1 交换网络设计原则 .....          | 13 |
| 2.1.1 高可靠、高稳定 .....         | 13 |
| 2.1.2 高带宽、高性能 .....         | 13 |
| 2.1.3 基于应用层的 QoS 保证 .....   | 13 |
| 2.1.4 安全性 .....             | 14 |
| 2.1.5 先进性 .....             | 14 |
| 2.1.6 易管理、易维护 .....         | 14 |
| 2.1.7 互操作性 .....            | 14 |
| 2.1.8 可扩展性 .....            | 14 |
| 2.2 交换网络设计分层模型 .....        | 14 |
| 2.2.1 接入层 .....             | 15 |
| 2.2.2 汇聚层 .....             | 16 |

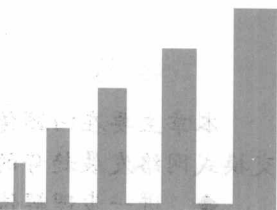
|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 2.2.3 核心层 .....                  | 16 |
| 2.3 交换网络设计实例 .....               | 16 |
| 2.3.1 上海市儿童医学中心网络系统改造 .....      | 16 |
| 2.3.2 浙江省交通系统市-县级交通局网络互联工程 ..... | 20 |
| 习题 .....                         | 24 |
| 第3章 交换网络二层技术 .....               | 25 |
| 3.1 VLAN 技术及其应用 .....            | 25 |
| 3.1.1 PVID 与 VID .....           | 25 |
| 3.1.2 帧标记法 (IEEE 802.1Q) .....   | 26 |
| 3.1.3 TRUNK 端口与 ACCESS 端口 .....  | 27 |
| 3.1.4 SVL 与 IVL .....            | 28 |
| 3.1.5 VLAN 数据转发过程分析 .....        | 29 |
| 3.2 生成树技术 .....                  | 30 |
| 3.2.1 生成树协议数据单元 .....            | 31 |
| 3.2.2 生成树形成过程 .....              | 32 |
| 3.2.3 生成树状态 .....                | 34 |
| 3.2.4 生成树的收敛 .....               | 35 |
| 3.3 快速生成树协议 (802.1w) .....       | 37 |
| 3.3.1 端口作用 .....                 | 37 |
| 3.3.2 端口状态 .....                 | 38 |
| 3.3.3 新的 BPDU 格式 .....           | 38 |
| 3.3.4 新的 BPDU 处理方式 .....         | 39 |
| 3.3.5 快速生成树的收敛过程 .....           | 40 |
| 3.3.6 生成树协议与虚拟局域网 .....          | 46 |
| 3.4 链路聚合 .....                   | 51 |
| 3.4.1 链路聚合概述 .....               | 51 |
| 3.4.2 链路聚合的实现 .....              | 52 |
| 3.4.3 聚合类型 .....                 | 53 |
| 3.5 端口 MAC 绑定 .....              | 55 |
| 3.5.1 MAC 地址绑定 .....             | 55 |
| 3.5.2 AM .....                   | 55 |
| 习题 .....                         | 57 |
| 第2部分 多层交换原理和实现 .....             | 59 |
| 第4章 多层交换原理 .....                 | 60 |
| 4.1 第三层技术的定义 .....               | 60 |
| 4.2 第三层交换简介 .....                | 61 |
| 4.2.1 报文到报文处理方法 .....            | 63 |
| 4.2.2 流交换方法 .....                | 65 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 4.2.3 第三层交换机的定位 .....         | 67  |
| 4.2.4 第三层交换数据转发过程 .....       | 67  |
| 4.2.5 功能特征总结 .....            | 72  |
| 习题 .....                      | 72  |
| 第 5 章 多层交换设备实现 .....          | 73  |
| 5.1 多层交换设备的分类 .....           | 73  |
| 5.2 二层交换设备的交换原理 .....         | 73  |
| 5.2.1 二层交换设备的硬件结构 .....       | 73  |
| 5.2.2 二层交换设备的软件结构 .....       | 74  |
| 5.2.3 二层交换设备的关键表项 .....       | 75  |
| 5.2.4 二层数据的处理流程 .....         | 76  |
| 5.3 多层交换设备的交换原理 .....         | 78  |
| 5.3.1 多层交换设备的硬件结构 .....       | 78  |
| 5.3.2 多层交换设备的软件结构 .....       | 83  |
| 5.3.3 多层交换设备的相关表项 .....       | 84  |
| 5.3.4 多层交换设备的数据处理流程 .....     | 87  |
| 习题 .....                      | 91  |
| 第 6 章 多层交换设备路由协议实现 .....      | 92  |
| 6.1 路由表构成 .....               | 92  |
| 6.2 多层交换设备的直连网段 .....         | 94  |
| 6.2.1 相同接入层设备相同 VLAN 访问 ..... | 96  |
| 6.2.2 相同接入层设备不同 VLAN 访问 ..... | 96  |
| 6.2.3 不同接入层设备相同 VLAN 访问 ..... | 97  |
| 6.2.4 不同接入层设备不同 VLAN 访问 ..... | 97  |
| 6.3 多层交换设备的静态路由 .....         | 98  |
| 6.4 多层交换设备的动态路由 .....         | 102 |
| 习题 .....                      | 106 |
| 第 3 部分 多层交换应用 .....           | 107 |
| 第 7 章 多层交换组播技术 .....          | 108 |
| 7.1 流式传输基础 .....              | 108 |
| 7.1.1 流式传输的基础 .....           | 108 |
| 7.1.2 流媒体技术原理 .....           | 109 |
| 7.1.3 流媒体播放方式 .....           | 110 |
| 7.1.4 流媒体文件格式 .....           | 111 |
| 7.2 组播技术的应用场合 .....           | 113 |
| 7.2.1 组播发展简史 .....            | 114 |
| 7.2.2 组播实现 .....              | 115 |
| 7.3 组播技术协议及规范 .....           | 116 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 7.3.1 组播地址 .....            | 116 |
| 7.3.2 组播转发 .....            | 117 |
| 7.3.3 组成员管理协议 .....         | 119 |
| 7.3.4 组播路由协议基础 .....        | 123 |
| 7.4 组播路由协议 .....            | 127 |
| 7.4.1 DVMRP .....           | 127 |
| 7.4.2 MOSPF .....           | 127 |
| 7.4.3 PIM-DM .....          | 130 |
| 7.4.4 CBT .....             | 131 |
| 7.4.5 PIM-SM .....          | 131 |
| 7.4.6 其他组播路由协议 .....        | 133 |
| 习题 .....                    | 136 |
| 第8章 虚拟路由冗余协议 .....          | 137 |
| 8.1 虚拟路由的应用 .....           | 137 |
| 8.1.1 单点故障问题 .....          | 137 |
| 8.1.2 VRRP 的特点 .....        | 138 |
| 8.2 虚拟路由冗余协议概述 .....        | 139 |
| 8.2.1 VRRP 术语介绍 .....       | 139 |
| 8.2.2 协议概述 .....            | 140 |
| 8.2.3 协议报文结构 .....          | 141 |
| 8.2.4 协议状态及其转换 .....        | 142 |
| 习题 .....                    | 146 |
| 第9章 ACL 列表及其实现 .....        | 147 |
| 9.1 访问控制列表的工作原理 .....       | 147 |
| 9.2 访问控制列表的分类和语法格式 .....    | 148 |
| 9.2.1 标准访问列表 .....          | 148 |
| 9.2.2 扩展访问列表 .....          | 150 |
| 9.3 实现访问控制 .....            | 152 |
| 9.3.1 标准 IP 访问表 .....       | 152 |
| 9.3.2 扩展的 IP 访问控制列表 .....   | 154 |
| 习题 .....                    | 156 |
| 第10章 多层交换网络安全技术 .....       | 157 |
| 10.1 安全隐患的存在 .....          | 157 |
| 10.1.1 MAC 攻击 .....         | 157 |
| 10.1.2 生成树攻击 .....          | 157 |
| 10.1.3 路由协议攻击 .....         | 158 |
| 10.1.4 蠕虫病毒攻击网络设备 .....     | 158 |
| 10.2 安全技术综述 .....           | 159 |
| 10.3 利用多层交换机加强局域网安全设置 ..... | 161 |

|        |                                     |     |
|--------|-------------------------------------|-----|
| 10.3.1 | MAC 地址端口验证 .....                    | 161 |
| 10.3.2 | 防止 DoS (Denial of Service) 攻击 ..... | 162 |
| 10.3.3 | 防范 Smurf 攻击 .....                   | 162 |
| 10.3.4 | 防范 TCP SYN 攻击 .....                 | 163 |
|        | 习题 .....                            | 164 |
| 第 11 章 | 多层交换网络服务质量保证 .....                  | 165 |
| 11.1   | 服务质量保证概述 .....                      | 165 |
| 11.1.1 | 分类 .....                            | 165 |
| 11.1.2 | 标注 .....                            | 166 |
| 11.1.3 | 优先级设置 .....                         | 166 |
| 11.2   | QoS 术语 .....                        | 168 |
| 11.3   | 交换机中 QoS 实现 .....                   | 170 |
| 11.4   | QoS 配置 .....                        | 173 |
|        | 习题 .....                            | 177 |
| 第 4 部分 | 交换网络的未来—IPv6 .....                  | 179 |
| 第 12 章 | 网络的未来—IPv6 .....                    | 180 |
| 12.1   | IPv6 的历史 .....                      | 180 |
| 12.2   | IPv6 技术原理 .....                     | 182 |
| 12.2.1 | IPv6 报头格式 .....                     | 184 |
| 12.2.2 | IPv6 地址 .....                       | 185 |
| 12.3   | IPv6 在交换网络中的实施 .....                | 197 |
| 12.4   | IPv6 的未来 .....                      | 200 |
| 12.5   | IPv6 的标准化 .....                     | 202 |
|        | 习题 .....                            | 206 |

## 传统交换网络常用技术



# 第1章 交换网络的演进



## 内容提要

本章主要在回顾传统网络技术的基础上对交换式网络进行整体性分析，并由此引发对交换式网络发展趋势的讨论，本章主要目标为：

- ◆ 进一步理解传统以太网和交换式以太网技术要点。
- ◆ 了解交换网络的现状。
- ◆ 了解交换网络的发展趋势。

## 1.1 传统以太网

### 1.1.1 概念回顾

#### 1. 冲突域

一个冲突域由所有能够看到同一个冲突或者被该冲突涉及到的设备组成。使用集线器或中继器作为中心节点连接网络中的多个节点时，集线器和中继器的所有端口在同一个冲突域中。交换机和网桥是隔离冲突的数据链路层设备。

集线器为网络设备互连提供了中心连接点。

中继器可拓展物理媒介的长度。

#### 2. 广播域

一个广播域由所有能够看到一个广播数据包的设备组成。一个路由器，构成一个广播域的边界。网桥能够延伸到的最大范围就是一个广播域。默认的情况下，一个网桥或交换机的所有端口在同一个广播域中。一般情况下，一个广播域代表一个逻辑网段。

路由器工作在网络层，通常比中继器、网桥和交换机都要复杂。路由器是对数据包操作而不是对帧操作的。具有第三层交换功能的设备是一个带有第三层路由功能的第二层交换机，它是二者的有机结合，并不是把路由器设备的硬件及软件简单地叠加在局域网交换机上。

### 1.1.2 传统以太网的局限性

早期的局域网一般工作在共享方式下。在使用共享式以太网时，会有这样的感觉：有

时候网络快得如行云流水，有时候却慢似蜗牛爬行。

## 工作机制

共享式以太网(即使用集线器或共用一条总线的以太网)采用了载波检测多路侦听(Carries Sense Multiple Access with Collision Detection, 简称 CSMA/CD) 机制来进行传输控制。

### 1. 带宽共享

在以太网局域网中，数据都是以“帧”的形式传输的。共享式以太网是基于广播的方式来发送数据的，因为集线器不能识别帧，所以它就不知道一个端口收到的帧应该转发到哪个端口，它只好把帧发送到除源端口以外的所有端口，这样网络上所有的主机都可以收到这些帧。这就造成了只要网络上有一台主机在发送帧，网络上所有其他的主机都只能处于接收状态，无法发送数据。也就是说，在任何时刻，所有的带宽只分配给了正在传送数据的那台主机。举例来说，虽然一台 100Mbit/s 的集线器连接了 20 台主机，表面上看起来这 20 台主机平均分配 5Mbit/s 带宽。但是实际上在任何时刻只能有一台主机在发送数据，所以带宽都分配给它了，其他主机只能处于等待状态。之所以说每台主机平均分配有 5Mbit/s 带宽，是指较长一段时间内的各主机获得的平均带宽，而不是任何时刻主机都有 5Mbit/s 带宽。

### 2. 带宽竞争

在共享式以太网中，带宽是如何分配的呢？共享式以太网是一种基于“竞争”的网络技术，也就是说网络中的主机将会“尽其所能”地“占用”网络发送数据。因为同时只能有一台主机发送数据，所以相互之间就产生了“竞争”。这就好像千军万马过独木桥一样，谁能抢占先机，谁就能过去，否则就只能等待了。

### 3. 冲突检测/避免机制

在基于竞争的以太网中，只要网络空闲，任何主机均可发送数据。当两个主机发现网络空闲而同时发送数据，那么就会产生“碰撞”(Collision)，也称为“冲突”。这时两个传送操作都遭到破坏，此时 CSMA/CD 机制将会让其中的一台主机发出一个“通道拥挤”信号，这个信号将使冲突时间延长至该局域网上所有主机均检测到此碰撞。然后，两台发生冲突的主机都将随机等待一段时间后再次尝试发送数据，避免再次发生数据碰撞的情况。

共享式以太网这种“带宽竞争”的机制使得冲突(或碰撞)几乎不可避免。而且网络中的主机越多，碰撞的机率越大。

虽然任何一台主机在任何时刻都可以访问网络，但是在发送数据前，主机都要侦听网络是否堵塞。假如共享式以太网上有一台主机想要传输数据，但是它检测到网上已经有数据了，那么它必须等一段时间，只有检测到网络空闲时，主机才能发送数据。

## 存在的问题

1) 共享式以太网虽然具有搭建方法简单、实施成本低(适合用于小型网络)的优点，但它的缺点是明显的：如果网络中的用户较多时，碰撞的几率将会大大增加。据经验，当网络的 10 分钟平均利用率超过 37% 以上，整个网络的性能将会急剧下降。因此，依据实

际的工程经验,采用 100Mbit/s 集线器的站点不宜超过 40 台,否则很可能会导致网络速度非常缓慢。而 10Mbit/s 共享式以太网目前已不能满足网络通信的需求,因此很少使用了。

所以,当网络规模较大时,只有通过采用交换机才能保证每台主机分配足够的网络带宽。

2) 在网络设计中,网络设备的选型具有决定性的意义。如果选型不当,很可能会导致网络性能达不到要求,或者造成网络设备的浪费。由于共享式以太网采用 CSMA/CD 机制,使得网络没有 QoS(服务质量)保障。“QoS”的意思是网络可以给每台主机分配指定的带宽,或者至少要达到某一带宽要求。现在网络交换机的价格越来越低,与相同级别的集线器的价格相差不大,而性能上的差异却非常大,因此应尽可能地选购带宽独享的交换机,使用交换式以太网,以提高网络性能。

交换型以太网的特点是使用交换机代替 Hub,交换机可以使多个用户同时使用此网络。这样一来,如果使用的是 10Mbit/s 交换型以太网,则每个用户就可以独自享用 10Mbit/s 的传输速率而不用去考虑其他用户的使用情况,网络的实际带宽将得到大幅度提高,可以实现高速的数据传输。如果选用的是快速交换型以太网或者千兆交换型以太网,那么一个用户就可以独享 100Mbit/s 甚至是 1000Mbit/s 的数据传输率,任何应用都不会为带宽而担忧了。当然,以太网交换机的价格比 Hub 自然要贵得多。

传统网络的主要问题是可用性和性能。这两个问题受网络中带宽总和的影响。在一个碰撞域中,由于数据帧对该局域网上所有设备都是可见的,因此也就易于发生碰撞。多端口网桥将一个局域网分段成隔离的碰撞域,且只将第二层数据帧转发到含有其目的地址的网段。因为网桥端口将局域网分隔成不同的物理网段,所以网桥也可以解决以太网的距离限制问题。然而,网桥必须将广播、组播和未知的单点传送数据帧转发到其所有的端口。

因为网桥工作在 OSI 的第二层,只能看到数据帧中所含的媒质访问控制(MAC)地址,所以含有 MAC 地址的数据帧仍会扩散到整个网络。而且,单个网络设备可能出现故障,并可能用莫名其妙的超长数据帧淹没整个网络,导致整个网络不可用。由于路由器运行于网络层,所以它们能够对进出子网的流和信息种类进行智能化判定。

能提出广播请求的数据流,比如 ARP 请求、NetBIOS 的名字请求、网间包交换协议(IPX)的寻找最近的服务器(GNS)请求。这些类型的广播都会扩散到整个网络和子网,并要求目标设备直接应答广播请求。

广播数据流量随着网络的增长而不断增长。过多的广播会减少最终用户的可用带宽。在最坏的情况下,广播风暴甚至可能导致网络瘫痪,因为广播数据流霸占了所有可用的带宽。在一个只由网桥构成的网络中,所有连在网上的工作站和服务器都不得不对广播数据帧进行处理。该过程会造成 CPU 中断并降低应用性能。

对于大型的交换型局域网站点,目前有两种可选的抑制广播的方法。

第一种方法是使用路由器来生成子网,逻辑上隔开数据流,因为局域网广播数据帧不能通过路由器。尽管该方法可以过滤广播,但因为传统的路由器要对每一个数据包进行处理,而且每秒只能处理几十万个数据包,而第二层交换每秒可以处理数百万个数据包,因此就有可能在交换机和路由器之间形成瓶颈。

第二种方法是在交换型的园区网上实施虚拟局域网(VLAN)技术。传统单个 VLAN 被认为是一个广播域。一个 VLAN 由位于多个物理网段或交换机上的一组末端设备组成,它们之间通信要通过第三层的路由器。同一 VLAN 的不同设备可以位于不同的物理位置,

这样就突破了物理位置上的限制。

传统的以太网在实现了网络中数据的连通和共享的同时采用的仍然是一种尽力而为的网络机制。它强调的是用户接入的方便性,实现的是网络资源和信息的共享,不提供带宽控制能力和支持实时业务的服务质量(QoS)保证,也不能提供故障定位与多用户共享节点和网络的统计计费。随着以太网应用大规模进入现代企业网络,以及它在政府、教育、商业楼宇等领域的不断扩展,传统以太网不能适应当前网络要求的特性凸显出来。用户关注的是网络的可管理性、用户的可监控性、业务的可经营性,政府、教育、商业楼宇等领域也关注网络的管理以及运营的特性。传统以太网逐渐向符合现代多技术要求的新型以太网发展。

### 1.1.3 以太网的四大应用

#### 1. 企业中的吉位以太网

复杂的应用程序以及更强大的 PC 持续推动网络流量达到新高,并造成关键连接带宽不足。为了提高性能,服务器已配备吉位以太网。在桌面领域,不断下降的价格也在加快吉位以太网的采用,特别是在工作环境趋向于互相协调时,通常需要共享大量文件以及有集中应用和多任务的地方更是如此。目前的趋势是 10/100/1000Mbit/s 以太网正不断取代 10/100Mbit/s 以太网(当 10/100Mbit/s 自适应以太网连接成本接近传统以太网时,更加剧了这种趋势)。

#### 2. 无线网络

无线以太网连接是以太网的逻辑扩展,有助于实现大范围的“虚拟”企业。以前,无线局域网只受到 IT 产业本身的关注。但在最近几年,无线网络的效益得到了广泛认可,在更大范围内被公认为移动用户的理想解决方案,成为广大企业用户的“即时基础设施”。分析家认为,随着市场的快速发展,它将进入“全盛时期”。

促使无线网络从垂直市场向主流应用市场发展的原因有两个:第一是标准的改善。IEEE 802.11 标准自 1999 年发布以来已成为无线局域网的主要标准。802.11b 高速标准目前已被绝大多数无线设备厂商采用,其数据速率达 11Mbit/s。早期部署的无线局域网大多选择这一技术,随着无线技术的发展,出现了 IEEE 802.11a 标准,它能提供更快的数据速率、更远的覆盖距离以及更高的安全性。第二是移动设备扩展。多种新型无线设备能够接入企业网和广域网,包括配置无线网卡的便携式电脑和台式机,带有内置无线设备的 PDA 和掌上电脑,互联网接入应用和 VoIP 电话等也扩大了无线以太网解决方案的应用范围。

#### 3. 网络存储

快速增长的电子邮件和电子商务导致 IP 网络数据传输量剧增,这促使数据存储脱离了传统的 DAS(直接连接存储)模式,演变为网络的一种基础设施,即所谓的 SAN(存储区域网络)和 NAS(网络连接存储)。根据 IDC 预计, SAN 和 NAS 在今后几年有望出现快速增长,并占领全球存储系统市场 26% 的份额。

一种基于以太网并称为 iSCSI,即互联网 SCSI(小型计算机系统接口)或 SCSI over IP 的新兴技术将为网站、服务提供商、企业和其他组织提供高速、低成本、远程存储的解决方案。iSCSI 标准使得构建基于 IP 的 SAN 成为可能,传统的 SCSI 命令和数据传输在 TCP/IP

层之上的一层执行，而 iSCSI 数据块流量可以通过以太网协议传输。吉位 iSCSI 由于结合了 SCSI 以太网和 TCP/IP 等所有目前被广泛采用的技术，所以可最大程度地减少互操作性问题。

#### 4. 城域网中的以太网

Gbit 以太网向桌面的移植助长了服务器和企业干线对 10Gbit 以太网的需求。10Gbit 以太网拥有多种高速网络需求的关键特征，如更低的成本、灵活性以及与现有以太网的互操作性，所以成为了城域网的最佳选择。在城域网中实施以太网，可以将以太网的速度和成本优势与光网络的传输距离和可靠性完美结合起来，凭借成本优势、互操作性和向更高性能水平轻松移植的能力，10Gbit 以太网融入城域网是很自然而然的。

## 1.2 交换网络的现状

### 1.2.1 局域网的数据流量发展

#### 1. 80/20 规则

将有共同兴趣或网络应用方式的最终用户放在同一个逻辑子网中，并且将它们经常访问的服务器也放在这同一个子网中，这是网络设计的理想情况。出于对逻辑子网的定义，这些工作组中的大多数流量被限制在这个本地网段。这一简单的任务可减少对其他主机的影响和减轻网络主干的负载。在这样的划分方式下，传统园区网中的数据流遵循 80/20 规则。80/20 规则指的是：用户流量的 80% 发生在本地网段，只有 20% 的流量通过路由器进入到其他网段。采用 80/20 规则的网络，用户的网络资源都在同一个网段内，这些网络资源包括网络服务器、打印机、公共文件。如果超过 20% 的流量流经子网，则会引发网络拥塞。

在这种情况下，网络管理员不需要添加交换机或者对集线器进行升级，可以通过下面几种方式改善网络性能。

- 1) 将资源比如应用、软件程序和文件从一台服务器转移到另一台，将流量限制在工作组本地。

- 2) 如果不是物理地转移用户，就逻辑地转移用户，以使工作组能更准确地反映实际的流量模式。

- 3) 添加服务器以使用户可以在本地进行访问而不必通过网络主干。

#### 2. 20/80 规则

随着企业内网 (Intranet) 和企业外网 (Internet) 应用的兴起，使得传统的 80/20 规则流量模式发生了变化。网络中的大部分 (80%) 要流出本地网络，而企业内部网络的流量已经不是很大 (20%)。这里有两个主要因素导致了流量模式的转变。

- 1) 通过网络的实时计算，比如联网银行业务结算、电子交易等。本地和远程的交互应用，使得许多流量要穿越本地子网的边界，所需的服务无处不在、无时不有。

- 2) 企业服务器集群的整合。集中式的服务器集群的应用，降低了成本、提高了安全性和可管理性。这样所有从客户子网到这些服务器的数据流都必须通过园区网主干。

流量模式的这种转化意味着大部分流量 (80%) 要通过路由器，而路由器是 CPU 密集