

普通高等教育“十一五”规划教材

高职高专计算机网络技术专业系列教材

# 综合布线技术与实训

张文炳 主编

速云中 张 永 副主编

毛锦庚 张 江 编著

HIGHER TECHNICAL  
AND  
VOCATIONAL  
EDUCATION

研究出版社

普通高等教育“十一五”规划教材  
高职高专计算机网络技术专业系列教材

# 综合布线技术与实训

张文炳 主编

速云中 张 永 副主编

毛锦庚 张 江 编著

研 究 出 版 社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

综合布线技术与实训 / 张文炳主编.

—北京: 研究出版社, 2008.4

普通高等教育“十一五”规划教材

高职高专计算机网络技术专业系列教材

ISBN 978-7-80168-375-5

I. 综…

II. 张…

III. 智能建筑—布线—高等学校—教材

IV. TU855

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 050953 号

**出版发行** 研究出版社

地 址: 北京 1746 信箱 (100017)

电 话: 010-63097512 (总编室) 010-64045344 (发行部)

E-mail: yjcsfxb@126.com

**经 销** 新华书店

**印 刷** 广州锦昌印务有限公司

**版 次** 2008 年 6 月第 1 版      2008 年 6 月第 1 次印刷

**规 格** 787 毫米 × 1092 毫米      1/16      15.5 印张

**字 数** 354 千字

**定 价** 30.00 元      ISBN 978-7-80168-375-5

本书销售专线: 010-64045344 64041660

# 前 言

## 一、关于本书

本书是根据普通高等教育“十一五”国家级规划教材的指导精神而编写的。

自 20 世纪 80 年代末在美国提出综合布线系统以来，综合布线系统在全世界得到了广泛的使用和发展。该系统是将所有的弱电信号全部纳入统一的线缆、统一的系统中进行传输，采用统一的拓扑结构。综合布线模块化灵活的结构，除能连接语音、数据、图象设备外，还能用于智能大厦（IB）的楼宇控制与管理低压设备与装置，如、消防、保安、通道控制、流程控制以及模块墙系统等的信息传递服务。现代工业企业及城市建设的计算机网络与通信网络，迫切需要综合布线系统为之服务，综合布线系统有着极其广泛的使用前景。本书不但介绍综合布线系统技术，更介绍其具体应用，注重技术与应用的结合。

## 二、本书结构

本书对计算机网络基础、综合布线系统的概念和设计标准以及相关内容进行了较为详细的介绍。全书分为 10 章和两个附录，具体结构如下：

第 1 章：计算机网络基础。主要介绍了计算机网络的概念、网络协议、网络传输介质、网络互联设备以及防火墙等内容。

第 2 章：综合布线概论。主要介绍了综合布线的概念、综合布线工程设计规范、综合布线系统的发展趋势以及综合布线系统的基本问题等内容。

第 3 章：综合布线工程设计。主要介绍了工作区子系统、配线子系统、垂直干线子系统、设备间子系统、管理子系统、建筑群子系统、进线间子系统以及电气保护等内容。

第 4 章：综合布线工程常用材料。主要介绍了电缆、光纤以及技术性能指标等内容。

第 5 章：电缆传输通道施工。主要介绍了电缆传输通道施工要求、铜缆布线、铜缆连接以及信息插座端接等内容。

第 6 章：光缆传输通道施工。主要介绍了光缆传输通道施工要求、光缆布线、光纤连接、光纤连接技术、光缆的端接施工等内容。

第 7 章：工程测试与文档建立。主要介绍了测试内容和有关标准、电缆传输通道测试、光纤传输信道测试以及建立文档与工程管理等内容。

第 8 章：无线局域网。主要介绍了 WLAN 技术、802.11 的相关技术和协议、无线局域网的安全、WLAN 在实际中的应用以及 WLAN 安全的未来等内容。

第 9 章：案例设计。主要介绍了三个综合布线实例，包括大学校园综合布线案例、企业大楼综合布线案例、智能小区综合布线案例，最后又给出了 6 大子系统的形象表示图。

第 10 章：综合布线工程招投标。主要介绍了工程项目招标分类和方式、工程项目招标的程序、工程项目招标文件编制、工程项目投标、投标决策、投标技巧以及投标文件等内容。

附录 A：实训。给出了 5 个实训，包括认识基本的综合布线设备及材料、综合布线工

程方案的设计、大楼的综合布线工程施工技术、综合布线系统工程的测试技术、综合布线系统工程的验收技术。

附录 B：综合布线参考标准和规范。

### 三、本书特点

本书理论与实践相结合，其实例针对性和实用性强，国际国内标准与规范兼顾。主要具有如下几个方面的特点：

（1）内容较新。

本书依据中华人民共和国最新国家标准 GB50311 - 2007《综合布线系统工程设计规范》和 GB50312 - 2007《综合布线系统工程验收规范》而编写。

（2）针对性强。

本书针对初学者基础差、理解能力弱的特点，从基础知识入手，介绍最基本的计算机知识和最基本的操作以及最需要掌握的计算机职业技能，符合 20%80%法则，介绍计算机的 20% 功能，做 80% 的事。非常符合从事计算机职业教育的学校。

（3）结构清晰，循序渐进。

本书根据初学者的学习习惯和心理，内容结构清晰明了，做到从零开始，循序渐进，对基础较差、理解能力较差的人来说非常合适。

（4）可操作性强。

本书设置了专门的上机实训，不但可供学生自己上机自学，提高自学效果，还可以作为实训课专门的练习内容，不用老师自己设计。而每章后的练习题，更能巩固所学内容的学习效果。

（5）有合适的教学辅助手段。

本书配备了经过精心制作的电子教案，放在网上供读者下载。

### 四、本书适用对象

本书可作为高职高专院校通信、计算机、自动控制、网络工程、信息技术、建筑等相关专业的教材，也可作为从事智能建筑工程项目管理、施工、测试等工作的技术人员的参考书。

由于编写时间仓促，水平有限，书中疏漏和不足之处在所难免，恳请各位读者和专家批评指正，提出宝贵意见和建议，联系方法如下：

电子邮箱：[service@cnbook.net](mailto:service@cnbook.net)

网址：[www.cnbook.net](http://www.cnbook.net)

本书电子教案及习题参考答案可在该网站下载，此外，该网站还有一些其他相关书籍的介绍，可以方便读者选购参考。

编 者

2008 年 3 月

# 目 录

|                             |                               |    |
|-----------------------------|-------------------------------|----|
| <b>第 1 章 计算机网络基础</b> .....1 | 2.1.2 综合布线的概念                 | 41 |
| 1.1 计算机网络概述                 | 2.1.3 综合布线的组成                 | 41 |
| 1.1.1 计算机网络的组成和分类           | 2.1.4 综合布线的优点                 | 43 |
| 1.1.2 网络的拓扑结构               | 2.2 综合布线工程设计规范                | 44 |
| 1.1.3 ISO/OSI 网络参考模型        | 2.2.1 综合布线系统标准                | 44 |
| 1.2 网络协议                    | 2.2.2 综合布线系统分类                | 45 |
| 1.2.1 以太网 (IEEE 802.3 系列    | 2.3 综合布线系统的发展趋势               | 46 |
| 标准)                         | 2.3.1 集成布线系统                  | 46 |
| 1.2.2 ADSL 技术               | 2.3.2 自动布线系统                  | 47 |
| 1.2.3 TCP/IP 协议             | 2.3.3 智能家居布线系统                | 47 |
| 1.3 网络传输介质                  | 2.4 综合布线系统的基本问题               | 48 |
| 1.3.1 有线介质                  | 小结                            | 51 |
| 1.3.2 无线介质                  | 习题二                           | 52 |
| 1.4 网络互联设备                  | 一、选择题                         | 52 |
| 1.4.1 物理层的互联设备              | 二、填空题                         | 52 |
| 1.4.2 数据链路层的互联设备            | 三、简答题                         | 53 |
| 1.4.3 网络层的互联设备              | 四、思考题                         | 53 |
| 1.4.4 应用层的互联设备              | <b>第 3 章 综合布线工程设计</b> .....54 |    |
| 1.4.5 网卡                    | 3.1 工作区子系统                    | 54 |
| 1.5 防火墙                     | 3.2 配线子系统                     | 55 |
| 1.5.1 防火墙设计思想               | 3.2.1 设计要点                    | 55 |
| 1.5.2 防火墙的组成                | 3.2.2 订购电缆                    | 56 |
| 1.5.3 防火墙的功能                | 3.2.3 电缆间的注意要点                | 56 |
| 1.5.4 防火墙的技术分类              | 3.2.4 配线管理的要点                 | 56 |
| 1.5.5 新一代防火墙的功能             | 3.2.5 线路敷设方案                  | 57 |
| 小结                          | 3.2.6 RJ-45 和信息模块的数量          | 57 |
| 习题一                         | 3.2.7 信息插座的数量和类型              | 57 |
| 一、选择题                       | 3.2.8 RJ-45 插头和信息模块的压线        | 58 |
| 二、填空题                       | 3.2.9 其他规定                    | 58 |
| 三、简答题                       | 3.3 垂直干线子系统                   | 59 |
| 四、思考题                       | 3.3.1 设计要点                    | 59 |
| <b>第 2 章 综合布线概论</b> .....40 | 3.3.2 敷设电缆时要注意的问题             | 60 |
| 2.1 综合布线概述                  | 3.3.3 电缆结合方法                  | 60 |
| 2.1.1 综合布线概念的提出             | 3.3.4 电缆通道敷设方法                | 61 |

|                             |           |                           |            |
|-----------------------------|-----------|---------------------------|------------|
| 3.4 设备间子系统 .....            | 61        | 三、简答题 .....               | 104        |
| 3.4.1 设计要点 .....            | 61        | 四、思考题 .....               | 104        |
| 3.4.2 设备间的大小要求 .....        | 62        | <b>第5章 电缆传输通道施工 .....</b> | <b>105</b> |
| 3.4.3 设备间的环境要求 .....        | 62        | 5.1 电缆传输通道施工要求 .....      | 105        |
| 3.5 管理子系统 .....             | 64        | 5.1.1 施工准备 .....          | 105        |
| 3.6 建筑群子系统 .....            | 64        | 5.1.2 施工注意事项 .....        | 106        |
| 3.6.1 设计步骤 .....            | 64        | 5.1.3 土建工程的配合 .....       | 107        |
| 3.6.2 电缆的布线方法 .....         | 66        | 5.1.4 金属线槽的敷设 .....       | 108        |
| 3.7 进线间子系统 .....            | 66        | 5.1.5 配线设备安装 .....        | 112        |
| 3.8 电气保护 .....              | 67        | 5.2 铜缆布线 .....            | 112        |
| 3.8.1 电磁干扰 .....            | 67        | 5.2.1 布线安全与路由选择技术 .....   | 112        |
| 3.8.2 电磁辐射 .....            | 68        | 5.2.2 线缆的布放与牵引 .....      | 114        |
| 3.8.3 防护措施 .....            | 68        | 5.2.3 建筑物主干线缆布线 .....     | 117        |
| 小结 .....                    | 71        | 5.2.4 建筑群电缆布线 .....       | 118        |
| 习题三 .....                   | 71        | 5.2.5 建筑物内水平布线 .....      | 119        |
| 一、选择题 .....                 | 71        | 5.3 铜缆连接 .....            | 121        |
| 二、填空题 .....                 | 71        | 5.3.1 交叉连接结构 .....        | 121        |
| 三、简答题 .....                 | 71        | 5.3.2 夹接式连接场的安装步骤 .....   | 125        |
| 四、思考题 .....                 | 71        | 5.3.3 接插式连接场的安装步骤 .....   | 128        |
| <b>第4章 综合布线工程常用材料 .....</b> | <b>72</b> | 5.3.4 交叉连接的制作 .....       | 130        |
| 4.1 电缆 .....                | 72        | 5.3.5 模块化配线板的端接 .....     | 131        |
| 4.1.1 同轴电缆 .....            | 72        | 5.4 信息插座端接 .....          | 132        |
| 4.1.2 双绞电缆 .....            | 73        | 5.4.1 信息插座安装要求 .....      | 132        |
| 4.1.3 常用双绞电缆 .....          | 76        | 5.4.2 通用信息插座端接 .....      | 132        |
| 4.2 光纤 .....                | 83        | 5.4.3 模块化信息插座端接 .....     | 133        |
| 4.2.1 光纤的初步认识 .....         | 84        | 5.4.4 配线板端接 .....         | 135        |
| 4.2.2 光纤的分类 .....           | 84        | 小结 .....                  | 136        |
| 4.2.3 光纤传输 .....            | 85        | 习题五 .....                 | 136        |
| 4.2.4 常用光缆 .....            | 86        | 一、选择题 .....               | 136        |
| 4.2.5 吹光纤技术 .....           | 87        | 二、填空题 .....               | 136        |
| 4.3 技术性能指标 .....            | 89        | 三、简答题 .....               | 136        |
| 4.3.1 电缆要求 .....            | 89        | 四、思考题 .....               | 137        |
| 4.3.2 光缆要求 .....            | 96        | <b>第6章 光缆传输通道施工 .....</b> | <b>138</b> |
| 4.3.3 连接硬件要求 .....          | 97        | 6.1 光缆传输通道施工要求 .....      | 138        |
| 小结 .....                    | 103       | 6.1.1 光缆施工基础知识 .....      | 138        |
| 习题四 .....                   | 103       | 6.1.2 施工准备 .....          | 139        |
| 一、选择题 .....                 | 103       | 6.2 光缆布线 .....            | 139        |
| 二、填空题 .....                 | 104       |                           |            |

|                              |            |                          |            |
|------------------------------|------------|--------------------------|------------|
| 6.2.1 施工人员数目 .....           | 139        | 小结 .....                 | 179        |
| 6.2.2 建筑物光缆布线 .....          | 140        | 习题七 .....                | 179        |
| 6.2.3 建筑群光缆布线 .....          | 142        | 一、选择题 .....              | 179        |
| 6.3 光纤连接 .....               | 143        | 二、填空题 .....              | 180        |
| 6.3.1 光纤连接硬件 .....           | 143        | 三、简答题 .....              | 180        |
| 6.3.2 光纤交连场和互连场 .....        | 145        | 四、思考题 .....              | 180        |
| 6.3.3 光纤交连和互连场排列 .....       | 145        |                          |            |
| 6.4 光纤连接技术 .....             | 147        | <b>第 8 章 无线局域网 .....</b> | <b>181</b> |
| 6.4.1 光纤拼接技术 .....           | 147        | 8.1 无线局域网概述 .....        | 181        |
| 6.4.2 光纤端接技术 .....           | 147        | 8.2 802.11 总述 .....      | 183        |
| 6.4.3 光纤接续 .....             | 148        | 8.2.1 协议与技术 .....        | 184        |
| 6.5 光缆的端接施工 .....            | 149        | 8.2.2 802.11b .....      | 184        |
| 6.5.1 光纤连接器结构及制作 .....       | 149        | 8.2.3 802.11a .....      | 185        |
| 6.5.2 组装标准连接器 .....          | 150        | 8.2.4 802.11g .....      | 186        |
| 6.5.3 光纤连接器的现场安装 .....       | 152        | 8.2.5 802.11i .....      | 187        |
| 6.5.4 光纤连接器的互连方法 .....       | 155        | 8.2.6 其他相关协议 .....       | 188        |
| 6.5.5 光纤连接器端接极性 .....        | 156        | 8.3 无线局域网的安全 .....       | 188        |
| 小结 .....                     | 156        | 8.3.1 面临的安全问题 .....      | 188        |
| 习题六 .....                    | 157        | 8.3.2 对无线局域网的各种攻击 .....  | 188        |
| 一、选择题 .....                  | 157        | 8.3.3 无线网络安全机制 .....     | 189        |
| 二、填空题 .....                  | 157        | 8.3.4 WEP .....          | 190        |
| 三、简答题 .....                  | 157        | 8.3.5 WPA .....          | 192        |
| 四、思考题 .....                  | 157        | 8.3.6 IEEE 802.1x .....  | 195        |
| <b>第 7 章 工程测试与文档建立 .....</b> | <b>158</b> | 8.4 WLAN 在实际中的应用 .....   | 198        |
| 7.1 概述 .....                 | 158        | 8.5 WLAN 安全的未来 .....     | 199        |
| 7.1.1 测试内容 .....             | 158        | 小结 .....                 | 200        |
| 7.1.2 与测试有关的标准 .....         | 158        | 习题八 .....                | 200        |
| 7.1.3 超五类、六类线测试 .....        | 159        | 一、选择题 .....              | 200        |
| 7.2 电缆传输通道测试 .....           | 162        | 二、填空题 .....              | 201        |
| 7.2.1 电缆测试设备 .....           | 162        | 三、简答题 .....              | 201        |
| 7.2.2 电缆测试 .....             | 167        | 四、思考题 .....              | 201        |
| 7.3 光纤传输信道测试 .....           | 169        | <b>第 9 章 案例设计 .....</b>  | <b>202</b> |
| 7.3.1 概述 .....               | 169        | 9.1 大学校园综合布线案例 .....     | 202        |
| 7.3.2 光纤测试设备 .....           | 171        | 9.1.1 工程概况 .....         | 202        |
| 7.3.3 光纤测试的四种方法 .....        | 173        | 9.1.2 基本原则和基本要求 .....    | 202        |
| 7.4 建立文档与工程管理 .....          | 174        | 9.1.3 总体设计方案 .....       | 203        |
| 7.4.1 建立文档 .....             | 174        | 9.1.4 详细设计方案 .....       | 204        |
| 7.4.2 工程管理 .....             | 177        | 9.2 企业大楼综合布线案例 .....     | 204        |

|                                |            |                                 |            |
|--------------------------------|------------|---------------------------------|------------|
| 9.2.1 工程概况 .....               | 205        | 10.5.1 投标决策含义 .....             | 219        |
| 9.2.2 基本要求 .....               | 205        | 10.5.2 投标类型 .....               | 220        |
| 9.2.3 总体设计方案 .....             | 205        | 10.5.3 投标决策原则 .....             | 220        |
| 9.2.4 详细设计方案 .....             | 206        | 10.6 投标技巧 .....                 | 222        |
| 9.3 智能小区综合布线案例 .....           | 206        | 10.6.1 投标前期和后期工作 .....          | 222        |
| 9.3.1 工程概况 .....               | 206        | 10.6.2 开标前的投标报价技巧 .....         | 223        |
| 9.3.2 基本要求 .....               | 207        | 10.6.3 开标后的投标技巧 .....           | 224        |
| 9.3.3 总体设计方案 .....             | 207        | 10.6.4 确定供货范围和工作内容的<br>技巧 ..... | 224        |
| 9.3.4 详细设计方案 .....             | 207        | 10.6.5 选定技术规格和性能的技巧 .....       | 225        |
| 9.4 工作区子系统、水平子系统等的<br>图示 ..... | 209        | 10.7 投标文件 .....                 | 226        |
| 小结 .....                       | 211        | 10.7.1 投标文件的编制 .....            | 226        |
| 习题九 .....                      | 211        | 10.7.2 投标文件的组成 .....            | 227        |
| 一、选择题 .....                    | 211        | 10.7.3 编制投标文件应注意的问题 .....       | 227        |
| 二、填空题 .....                    | 211        | 10.8 其他 .....                   | 229        |
| 三、简答题 .....                    | 211        | 10.8.1 关于价格评分 .....             | 229        |
| 四、思考题 .....                    | 212        | 10.8.2 关于技术评分和商务评分 .....        | 229        |
| <b>第 10 章 综合布线工程招投标 .....</b>  | <b>213</b> | 10.8.3 关于评标专家 .....             | 231        |
| 10.1 概述 .....                  | 213        | 小结 .....                        | 231        |
| 10.1.1 工程建设项目招投标的<br>概念 .....  | 213        | 习题十 .....                       | 231        |
| 10.1.2 工程项目招标分类 .....          | 213        | 一、选择题 .....                     | 231        |
| 10.1.3 工程项目招标方式 .....          | 213        | 二、填空题 .....                     | 232        |
| 10.2 工程项目招标的程序 .....           | 214        | 三、简答题 .....                     | 232        |
| 10.2.1 建设单位招标条件 .....          | 214        | 四、思考题 .....                     | 232        |
| 10.2.2 建设项目招标条件 .....          | 214        | <b>附录 A 实训 .....</b>            | <b>233</b> |
| 10.2.3 招标采购的基本程序 .....         | 215        | 实训 1 认识基本的综合布线设备及<br>材料 .....   | 233        |
| 10.3 工程项目招标文件编制 .....          | 217        | 实训 2 综合布线工程方案的设计 .....          | 233        |
| 10.3.1 标书的分类 .....             | 217        | 实训 3 大楼的综合布线工程施工技术 .....        | 234        |
| 10.3.2 编制标书的原则 .....           | 217        | 实训 4 综合布线系统工程的测试技术 .....        | 235        |
| 10.3.3 招标书主要内容 .....           | 218        | 实训 5 综合布线系统工程的验收技术 .....        | 235        |
| 10.4 工程项目投标 .....              | 218        | <b>附录 B 综合布线参考标准和规范 .....</b>   | <b>236</b> |
| 10.4.1 投标人及其条件 .....           | 218        | <b>参考文献 .....</b>               | <b>237</b> |
| 10.4.2 投标程序 .....              | 219        | <b>内容简介 .....</b>               | <b>239</b> |
| 10.5 投标决策 .....                | 219        |                                 |            |

# 第 1 章 计算机网络基础

出于对信息共享和信息传输应用的迫切要求, 计算机及其网络的应用日益渗透到各个行业当中。在各种软件的支持下, 人们可以通过网络进行快速地信息交换, 并获得各种服务。随着计算机网络的日益普及, 在综合布线系统中, 对计算机网络进行布线的要求也越来越重要。计算机网络是多台计算机组成的系统, 它的结构、功能、组成以及实现技术远比单机系统要复杂。本章将介绍计算机网络的体系结构, 网络协议的基本内容, 使大家对计算机网络有初步了解, 为进行网络布线打下基础。

## 1.1 计算机网络概述

### 1.1.1 计算机网络的组成和分类

人们目前对计算机网络的定义: 通过通信设备和传输介质将分散独立的多台计算机或者其网络设备连接起来, 根据网络操作系统的要求并按照一定协议进行信息的交换。因此, 总的来说, 计算机网络的组成基本包括计算机、网络操作系统、通信设备、传输介质以及相应的应用软件五个部分。

要理解计算机网络, 首先要理解计算机网络的分类, 而根据不同分类标准, 例如信息交换方式、传输介质、传输带宽、数据通信和数据处理以及网络拓扑结构等, 可以划分为不同类型的计算机网络, 而常用的计算机网络分类是按照计算机网络的覆盖范围进行划分。根据覆盖范围, 从小到大可以分为局域网 (LAN)、城域网 (MAN)、广域网 (WAN) 和互联网 (Internet)。具体参数如表 1-1 所示。

表 1-1 计算机网络的分类

| 计算机网络分类 | 分布范围 | 分布距离    |
|---------|------|---------|
| 局域网     | 房间   | 10 米    |
|         | 建筑物  | 100 米   |
|         | 校园   | 1 公里    |
| 城域网     | 城市   | 10 公里   |
| 广域网     | 国家   | 100 公里  |
| 互联网     | 洲际   | 1000 公里 |

在此要说明的一点是这里对覆盖范围划分是一个定性的概念, 只是说明这几种网络类型之间的大小关系, 而不是实际的地理范围。

#### 1. 局域网 (Local Area Network, LAN)

局域网是最常见的一种网络分类, 在网吧、大学校园以及单位内部都是使用这种网络进行连接。因此, 所谓局域网可以理解为在局部区域内 (房间内、建筑物内或它们之间), 并且拥有较高传输速度的计算机网络。一个局域网主要由网络服务器, 用户计算机或网络工作站, 网络适配器和传输介质等组成。这类网络区别于其他类型网络的主要特点是:

- (1) 连接范围小。正如前面所说局域网的计算机都分布在几公里范围之内。
- (2) 数据传输速度快。目前传输速率已经能达到 10Gb/s, 据最新研究表明在今后两

年内会达到每秒 40Gb。

此外,局域网通常是位于建筑物内或单位内,所以它的网络实现比较简单,容易进行网络的配置。局域网的实现技术有很多种,包括以太网(Ethernet)、令牌环网(Token Ring)、光纤分布式接口网络(FDDI)以及无线局域网(WLAN)等,为此 IEEE(Insititute of Electrical and Electronics Engineers,电子与电气工程师协会)的 802 标准委员会也对各种局域网类型进行了规范,在下面的 1.2 节网络协议中会有详细介绍。

## 2. 城域网(Metropolitan Area Network, MAN)

城域网主要的应用范围是多个单位之间或在城市内,为接入网络的用户提供高速的数据传输服务。通俗地讲,就是将一个城市内所有的计算机连接起来,它的规模介于局域网和广域网之间。城域网的组成主要包括:

(1)城域网间的骨干网:连接不同的城域网的网络。目前我国有 9 个骨干网,它们分别是中国公用计算机互联网(CHINANET)、中国金桥信息网(CHINAGBN)、中国联通计算机互联网(UNINET)、中国网通公用互联网(CNCNET)、中国移动互联网(CMNET)、中国教育和科研计算机网(CERNET)、中国科技网(CSTNET)、中国长城网(CGWNET)、中国国际经济贸易互联网(CIETNET)。

(2)核心网:组成城域网所用的实现技术,目前主要有 ATM 技术和 IP 技术。

(3)宽带接入网:即用户接入网络的方式,通常也用最后一公里的连接来说明接入网的重要。目前使用得较多的是 ADSL 技术。

(4)网络汇聚层:它负责连接接入层交换机和核心层,以及汇聚分散的接入点,进行数据交换,提供流量控制和用户管理功能,起到控制中心的作用。

(5)数据中心:对数据进行存储和操作。

## 3. 广域网(Wide Area Network, WAN)

广域网主要用于远距离的数据通讯,由于它的传输距离通常都在 100 公里以上,在城市之间进行数据交换,信息在传输过程中的衰减严重,因此,它对传输介质有很高的要求,同时它的传输率也比较低,通常在 9.6Kb/s ~ 45Mb/s 之间。广域网的分布范围很广,所以要采用合适的拓扑结构来保证网络能顺利运行,通常使用分布式结构(又称为网状结构)。

### 1.1.2 网络的拓扑结构

#### 1. 总线结构

总线结构(如图 1-1 所示)中只有一条双向的通路,它是一种共享数据传输通路的物理结构。使用这种结构有利于广播式发送信息,常用于局域网的连接,总线一般采用同轴电缆或双绞线。

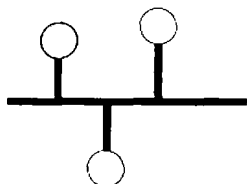


图 1-1 总线拓扑结构

总线拓扑结构的优点是：实现起来比较简单，节点的增删以及其位置的改变很容易，而且变动不需停止网络的正常工作，拥有良好的扩充性能；节点的故障不会殃及系统；共享通路，信道的利用率高。但总线结构也存在缺点：由于信道共享，连接的节点不宜过多，否则会导致线路的利用率降低。因为只有一条总线，所以当它发生故障时会导致整个系统崩溃。

## 2. 星形结构

星形结构（如图 1-2 所示）是以中央节点为中心，向外围的节点以放射状的形式进行连接。这种结构也在局域网的连接中经常使用，连接的介质跟总线结构一样，一般是采用同轴电缆或双绞线。

星形拓扑结构的特点是：维护管理容易，费用低，配置灵活，外围节点的故障隔离容易，同时也有较好的网络速度。同时它的缺点也是明显的，即对中央节点负荷重，因此中央节点的正常运行对这种结构来说是至关重要的。

## 3. 环形结构

环形结构（如图 1-3 所示）是将网络节点连接成闭合结构。信号顺着从一个方向从一节点传到另一节点，最后各节点首尾相连。

环形结构的特点是：信息的流向固定；查找故障线路容易；节点间的路径控制简单，只有一条线路。环形网络的弱点是环路封闭，进行扩充困难。当网络中的节点过多时会降低传输速率，而且当一个节点发生故障时，整个网络就不能正常工作。

## 4. 树形结构

树形结构（如图 1-4 所示）是总线结构的扩充形式，与总线拓扑结构相比，主要区别在于总线拓扑结构中没有“根”。

树形拓扑结构的特点：优点是容易扩展、非根节点故障也容易分离处理；缺点是与星形结构类似，整个网络对根的依赖性很大，一旦根发生故障，整个系统就不能正常工作。

## 5. 分布式结构

分布式结构又可以称为网状结构（如图 1-5 所示），节点间可以有多个线路相连。其特点为：拥有很高的可靠性，当任一条通路出现问题时，都不会使整个系统不能工作，同时也有较快的网络响应时间。由于节点之间存在多个线路，硬件成本也会相应地提高，而且网络管理软件复杂，还要进行报文分组交换、路径选择、流向控制复杂等工作，因此它主要用于广域网的组建。

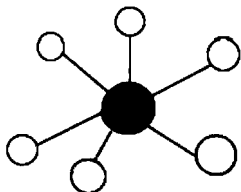


图 1-2 星形结构

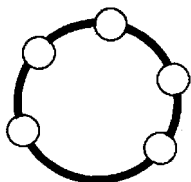


图 1-3 环形结构

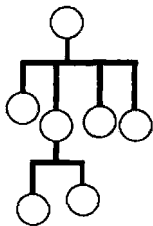


图 1-4 树形结构

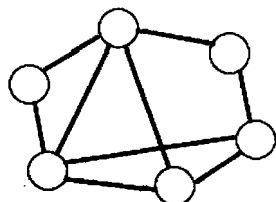


图 1-5 分布式结构

### 1.1.3 ISO/OSI 网络参考模型

在计算机网络应用的初期，由于计算机所使用的硬件以及组网的技术各不相同，造成

不同网络间的通信困难。为了协调这种情况，使各种不同的计算机能够进行流畅的通信，国际标准化组织（International Standard Organization, ISO）在 1977 年成立一个分委员会，专门研究网络通信的体系结构问题。

随后于 1984 年，ISO 发布了著名的 ISO/IEC7498 标准，又称为 X.200 建议，该标准提出了开放系统互连参考模型 OSI（Open System Interconnect Reference Model），它定义了不同种类计算机连接标准的框架结构。开放系统互连 OSI 中的“开放”是指只要遵循 OSI 标准，一个系统就可以和世界上任何地方的、也遵循这同一标准的其他任何系统进行通信。OSI 标准制定过程中所采用的分层的体系结构方法，将整个庞大而复杂的问题划分为若干个容易处理的小问题。在 OSI 中，采用了三级抽象，即体系结构、服务定义（Service Definition）和协议规格说明（Protocol Specification）。

OSI 参考模型定义了开放系统的层次结构、层次之间的相互关系及各层所包括的可能的服务。它为各层协议的制定起到指导的作用，也是对网络结构的精确概括。

而服务定义则详细地说明了各层提供的服务。某一层的服务就是该层及其以下各层的一种能力，它通过接口提供给更高一层。上层无需了解这些服务是如何实现的，即下层对上层是透明的。同时在服务定义中还定义了层与层之间的接口和各层所使用的原语，但不涉及接口是怎样实现的。

OSI 标准中的各种协议精确地定义了什么时候应该发送什么样的控制信息，以及使用哪些过程来解释这个控制信息。协议的规程说明具有最严格的约束。

OSI 参考模型并没有提供一个可以实现的方法。OSI 参考模型只是描述了一些概念，用于指导通信标准的制定。也就是说，OSI 参考模型并不是一个标准，而只是一个在制定标准时所使用的框架。

### 1. ISO/OSI 参考模型

ISO/OSI 的参考模型又可以表示为 OSI/RM，共有 7 层，如图 1-6 所示，从高到低排列分别为应用层、表示层、会话层、传输层、网络层、数据链路层和物理层。

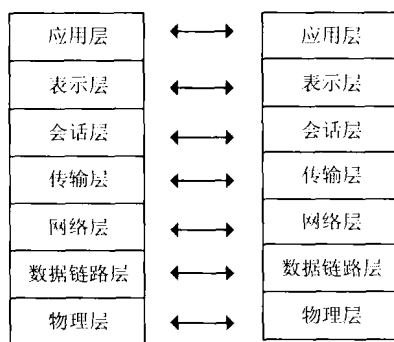


图 1-6 ISO/OSI 参考模型

它的划分层次的原则如下：

- （1）网络中不同的节点都有相同的层次。
- （2）不同节点的同等层具有相同的功能。
- （3）同一节点内相邻之间通过接口通信。
- （4）每一层通过接口使用下层提供的服务，并向其上层提供服务。

(5) 每层完成各自的功能, 修改本层的功能不会影响其他层。

(6) 不同结点的同等层按照协议实现对等层之间的通信。

而 OSI 七层模型的每一层都有清晰的特征。在 OSI/RM 中第一至第三层处理网络设备间的通信。第四至第七层维护处理数据之间的端到端通信, 而在这里传输层起到关键的作用, 因为传输层为服务提供者和用户之间进行可靠的数据传输服务架起了一座“桥梁”。每一层的具体作用如下:

(1) 第七层: 应用层 (Application Layer)。

应用层是 OSI 参考模型中的最高层, 它定义了用于在网络中进行通信和数据传输的接口。应用层不仅要提供应用进程所需要的信息交换和远程操作, 而且还要作为应用进程的用户代理 (User Agent), 来完成进行信息交换所必需的功能。它包括文件传送访问和管理 FTAM、虚拟终端 VT、事务处理 TP、远程数据库访问 RDA 等协议。

(2) 第六层: 表示层 (Presentation Layer)。

表示层主要用于掩盖不同系统间的数据格式, 处理在两个通信系统中交换信息的表示方式, 包括数据格式变换、数据加密与解密、数据压缩与恢复等功能。

(3) 第五层: 会话层 (Session Layer)。

会话层主要是组织两个会话进程之间的通信, 控制用户间逻辑连接的建立和挂断, 并管理用户会话。

(4) 第四层: 传输层 (Transport Layer)。

传输层的主要任务是向用户提供可靠的端到端 (End-to-End) 服务, 透明地传送报文。它管理网络中端到端的信息传送, 并向高层屏蔽了下层数据通信的细节, 因而是 OSI/RM 模型中最关键的一层。

(5) 第三层: 网络层 (Network Layer)。

网络层主要任务是定义网络设备间如何传输数据, 提供流和拥塞控制以防止网络资源的损耗。因此网络层要实现路由器选择、拥塞控制与网络互连等功能。

(6) 第二层: 数据链路层 (Data Link Layer)。

在数据链路层中封装数据包为数据帧, 并监测和纠正数据包传输错误。在物理层提供比特流传输服务的基础上, 在通信的实体之间建立数据链路连接, 传送以帧为单位的数据, 采用差错控制、流量控制方法, 使有差错的物理线路变成无差错的数据链路。

(7) 第一层: 物理层 (Physical Layer)。

物理层处于 OSI 参考模型的最底层。它定义了通过网络设备发送数据的物理方式, 作为网络媒介和设备间的接口, 定义光学、电气以及机械特性。同时也为数据链路层提供物理连接, 以便透明地传送比特流。

## 2. 参考模型的数据传输方式

通过 OSI/RM, 信息可以从一台计算机的软件应用程序传输到另一台的应用程序上。例如, 计算机 A 上的应用程序要将信息发送到计算机 B 的应用程序, 则计算机 A 中的应用程序需要将信息先发送到其应用层 (第七层), 然后此层将信息发送到表示层 (第六层), 如此继续, 直至物理层 (第一层)。在物理层, 数据通过传输介质被发送至计算机 B。计算机 B 的物理层接收来自物理媒介的数据, 然后将信息向上发送至数据链路层 (第二层),

数据链路层再转送给网络层，依次继续直到信息到达计算机 B 的应用层。最后，计算机 B 的应用层再将信息传送给应用程序接收端，从而完成通信过程。如图 1-7 所示说明了这一过程。

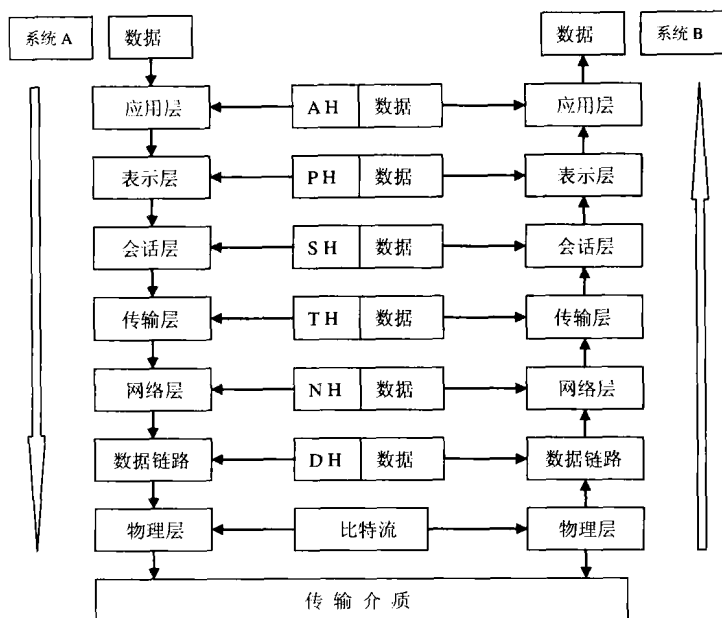


图 1-7 参考模型的数据传输方式

在 OSI 模型中，对于从上一层传送下来的数据，附加在前面的控制信息称为头，附加在后面的控制信息称为尾。当数据在各层间传送时，每一层都要在数据上增加头和尾，而这些数据已经包含了上一层增加的头和尾。协议头包含了有关层与层间的通信信息。头、尾以及数据是相关联的概念，它们取决于分析信息单元的协议层。例如，会话层头包含了只有会话层可以看到的的信息，而会话层下面的其他层只将此头作为数据的一部分传递。换句话说，对给定的某一 OSI 层，信息单元的数据部分包含来自于所有上层的头 and 尾以及数据，这称之为封装。

而在接受数据端则进行相反操作，例如，计算机 B 中的物理层收到信息并将其传送至数据链路层，然后 B 中的数据链路层读取计算机 A 的数据链路层添加的协议头中的控制信息，去除协议头和协议尾，剩余部分被传送至网络层。每一层执行相同的动作，去除协议头和尾，读取数据。当应用层执行完这些动作后，数据就被传送至计算机 B 中的应用程序，这些数据和计算机 A 的应用程序所发送的完全相同。

## 1.2 网络协议

在前面一节中，ISO/OSI 的参考模型为网络通信的结构提供了一个大概的框架。而计算机要进行通信还需要实际而且相同的通信语言规范，这些语言规范在计算机网络中称为协议。协议的作用是保证数据的正常发送和接收。为此在协议中详细规定了通信时的数据格式、传送的时序以及控制信息和应答信号的格式等内容。下面会对其中常见的协议进行介绍。

### 1.2.1 以太网 (IEEE 802.3 系列标准)

以太网是目前应用得最广泛的一种局域网技术,最早是由 Xerox (施乐) 公司创建的,在 1980 年由 DEC、Intel 和 Xerox 三家公司联合开发为一个标准。它是基于带冲突检测的载波监听多路访问协议 (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, CSMA/CD) 的访问控制方法,它包括标准以太网 (10Mb/s)、快速以太网 (100Mb/s)、千兆以太网 (1000 Mb/s) 和 10G 以太网,它们都符合 IEEE 802.3 系列标准规范。

#### 1. 标准以太网 (IEEE 802.3 标准)

一开始以太网的速度只有 10Mb/s,通常把这种早期的以太网称为标准以太网。用于这种以太网的传输介质有 3 种,分别是同轴电缆、双绞线以及光纤,目前使用得较多的是同轴电缆和双绞线这两种。所有的以太网都要符合 IEEE 802.3 标准。表 1-2 列出的是 IEEE 802.3 的关于标准以太网络的标准,在这些标准中前面的数字表示传输速度,单位是“Mb/s”,最后的数字或字母表示物理介质类型,Base 表示“基带”的意思, Broad 代表“宽带”。

表 1-2 IEEE 802.3 的标准以太网络的标准

| 特性<br>IEEE802.0 | 速率 (Mb/s) | 信号传输方式 | 最大网络长度 (m) | 传输介质 |
|-----------------|-----------|--------|------------|------|
| 10Base5         | 10        | 基带     | 500        | 同轴粗缆 |
| 10Base2         | 10        | 基带     | 185        | 同轴细缆 |
| 10BaseT         | 10        | 基带     | 100        | 双绞线  |
| 10Broad36       | 10        | 宽带     | 3600       | 同轴电缆 |
| 10BaseFL        | 10        | 基带     | 2000       | 光纤   |
| 1Base5          | 1         | 基带     | 500        | 双绞线  |

#### 2. 快速以太网 (IEEE 802.3u 标准)

随着网络的快速发展,10Mb/s 的网络速率已难以满足日益增长的网络数据流量速度需求。在 1993 年 10 月以前,只有光纤分布式数据接口 (FDDI) 能够提供 10Mb/s 以上流量的数据传输服务,但它是基于光缆的一种局域网技术,所以价格非常昂贵难以推广应用。1993 年 10 月,Grand Junction 公司推出了世界上第一台快速以太网集线器 FastSwitch10/100 和网络接口卡 FastNIC100,快速以太网技术正式得以应用。随后 Intel、3COM 等公司也相继推出自己的快速以太网装置。与此同时,IEEE 802 工程组也对 100Mb/s 以太网的各种标准进行了研究,1995 年 3 月 IEEE 宣布了 IEEE 802.3u 100Base-T 快速以太网标准,随后网络开始了快速以太网的时代。与 FDDI 相比,快速以太网具有许多优点,最主要体现在经济上,快速以太网技术能有效地保障用户在布线基础设施上的投资,它支持三类、四类和五类双绞线以及光纤的连接,能有效利用现有的设施。

100Base-T 快速以太网标准又可以分为:100Base-TX、100Base-FX、100Base-T4 三个子类。

(1) 100Base-TX: 是一种使用五类非屏蔽双绞线 (UTP), 或一类, 二类屏蔽双绞线 (STP) 的快速以太网技术。它使用两对双绞线, 一对用于发送, 一对用于接收数据。在传输中使用 4B/5B 编码方式, 信号频率为 125MHz。它的最大网段长度为 100 米, 而且最多只能有两个中继器。它支持全双工的数据传输。

(2) 100Base-FX: 是一种使用光缆的快速以太网技术, 可使用单模和多模光纤, 多

模光纤连接的最大距离为 550 米。单模光纤连接的最大距离为 3000 米。在传输中也使用 4B/5B 编码方式, 信号频率为 125MHz。它使用 MIC/FDDI 连接器、ST 连接器或 SC 连接器。它的最大网段长度为 150m、412m、2000m 或更长至 10 公里, 因此它特别适合于较大距离连接。它也支持全双工的数据传输。

(3) 100Base-T4: 使用 4 对三、四或五类线缆的 100 Mb/s。100Base-T4 运行在 4 对线缆上, 其中的三对用于在 33MHz 的频率上传输数据, 每一对均工作于半双工模式。第四对用于 CSMA/CD 冲突检测。为了达到时钟/数据恢复 (CDR) 的目的, 100Base-T4 在传输中使用 8B/6T 编码方式, 信号频率为 25MHz。

### 3. 千兆以太网 (IEEE 802.3z 标准)

随着以太网技术的深入应用和发展, 企业用户对网络连接速度的要求越来越高, 于是 IEEE802.3 工作组成立了 802.3z 工作委员会。IEEE802.3z 委员会的目的是建立千兆位以太网标准, 包括在 1000Mb/s 通信速率的情况下的全双工和半双工操作、802.3 以太网帧格式、载波侦听多路访问和冲突检测 (CSMA/CD) 技术、10Base-T 和 100Base-T 向下兼容技术使 1000Mb/s 以太网具有以太网的易移植、易管理特性。千兆以太网在处理新应用和新数据类型方面具有灵活性, 它是在 10Mb/s 和 100Mb/s IEEE802.3 以太网标准的基础上进行了延伸, 提供了 1000Mb/s 的数据带宽。这使得千兆位以太网成为高速、宽带网络应用的选择。

1000Mb/s 千兆以太网目前主要有以下标准: 1000Base-SX、1000Base-LX 和 1000Base-T 标准。1000Base-SX 标准是单光纤 1000Mb/s 基带传输系统, 采用低成本短波的 CD (Compact Disc, 光盘激光器) 或者 VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser, 垂直腔体表面发光激光器) 发送器; 1000Base-LX 标准则使用相对昂贵的长波激光器; 1000Base-T 标准则是基于非屏蔽双绞线, 链路工作模式为半双工。

## 1.2.2 ADSL 技术

数字用户线 (Digital Subscriber Line, xDSL) 是美国贝尔通信研究所于 1989 年为推动视频点播 (Video On Demand, VOD) 业务开发出的用户线高速传输技术, 后因 VOD 业务受挫而被搁置了很长一段时间。近年来 Internet 迅速发展, 多媒体应用需求日益高涨, 基于双绞铜线的 xDSL 技术因其以低成本实现用户线高速化而重新崛起, 打破了高速通信由光纤独揽的局面。

xDSL 技术按上行和下行的速率是否相同可分为速率对称型和速率非对称型两种。速率对称型的 xDSL 有 HDSL (High bit rate DSL) 高速数字用户环路、SDSL (Single pair DSL) 单对线数字用户环路等多种形式, HDSL 采用两对双绞铜线实现双向速率对称通信。SDSL 的功能与 HDSL 相同, 但仅用一对铜线即可提供速率对称型通信。IDSL (ISDN DSL) 提供 128Kbit/s 双向速率对称型通信业务。非对称型的 xDSL 有 ADSL (Asymmetric DSL) 不对称数字用户环路和 VDSL (Very high bit rate DSL) 超高速数字用户环路等。

ADSL 作为 xDSL 的一种, 它的主要特点是: 它的速率可以达到上行 1M/下行 8M, 并且它把线路分成语音, 上行和下行 3 个信道, 语音和数据可以共用一对线。这样为经常使用 Internet 下载 VOD 以及多媒体音频资料的用户提供了高速的服务。而且它充分利用了现有的铜线资源, 用户只要在现有的电话线上加装 ADSL 设备, 而运营商不需要进行线缆铺