

“互联网 + 教育”新形态一体化系列教材

计算机网络技术基础

主 编 陈文明 刘冠男 李群嘉
副主编 韩 森 方全文 胡佑锋
刘 丹 吴碧霞 唐 迪
李林原 安丽丽 杨 兵
戴玉倩

 长江出版传媒  湖北科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络技术基础 / 陈文明, 刘冠男, 李群嘉
主编. — 武汉: 湖北科学技术出版社, 2023. 8
ISBN 978-7-5706-2398-3

I. ①计… II. ①陈… ②刘… ③李…
III. ①计算机网络 IV. ①TP393

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2023) 第 009677 号

责任编辑: 兰季平

责任校对: 王璐 李子皓

封面设计: 曾雅明

出版发行: 湖北科学技术出版社

地 址: 武汉市雄楚大街 268 号 (湖北出版文化城 B 座 13—14 层)

电 话: 027-87679468

邮 编: 430070

印 刷: 廊坊市广阳区九洲印刷厂

邮 编: 065005

787×1092 1/16

12 印张 310 千字

2023 年 8 月第 1 版

2023 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 48.00 元

(本书如有印装问题, 可找本社市场部更换)



本书的编写遵循中小企业网络管理员岗位相关专业人才职业素养养成和专业技能积累的规律，将职业能力、职业素养和工匠精神融入教材的设计思路，采用基于工作过程的职业教育理论，以工作任务分析为出发点，从工作过程中获得教材结构，根据工作任务的特点组织教材实施，凸显其职业性、技术性和应用性。本着理论知识适度、够用的原则，在着重培养操作能力的思想指导下，全书内容共划分为7个项目。教学中，在强调实现知识目标、能力目标和素质目标，以及突出职业能力培养的同时，希望通过理论教学和实践教学环节，培养学生科学严谨、团队合作、勇于探索、敢于创新、勤于思考的优良作风和工匠精神。

本书与其他计算机网络技术基础教材相比，具有以下几个方面的特色。

1. 以实践操作为主，注重职业能力的培养

本书摒弃枯燥、抽象的理论讲解，采用理论与实践相结合的编写方法。从网络管理员和网络工程师岗位的实际工作需求出发，构建出独立的工作项目，并以工作任务为驱动、工作过程为基础，把理论知识融入实际的工作实践当中，让读者通过完成项目任务获得知识和能力。

2. 构建了基于工作过程的教学内容体系

本书按照实际工作过程及认知过程，将传统的章节知识体系打散并重组，建立了基于工作过程的教学内容体系。这种教材内容组织形式将计算机网络基础知识分解并融入工作任务当中，让读者零距离体验实际的工作情境。

3. 紧跟网络技术发展潮流

本书的内容和难度参照华为网络系统建设与运维(中级)“1+X”职业技能等级证书要求，基于Windows 10、Windows Server 2022平台和华为eNSP网络仿真平台，以网络工程项目为依托，从行业需求出发组织全部内容；坚持集先进性、科学性和实用性为一体，尽可能覆盖最新和最实用的网络技术，为尽快适应未来的工作岗位奠定坚实的基础；理论知识讲解简单、精炼，项目实践任务叙述清楚，操作过程描述详尽。



由于编者水平有限，书中难免存在不当之处，恳请广大读者批评指正。本教材提供电子课件、实训任务书等教学资源。

编者
2022年9月



第1章 认识计算机网络1

学习目标	2
项目描述	2
项目分析	2
知识准备	3
1.1 计算机网络概述	3
1.1.1 资源共享	3
1.1.2 通信	3
1.2 计算机网络的发展过程	4
1.2.1 第一阶段：计算机终端网络	4
1.2.2 第二阶段：主机互连网络	4
1.2.3 第三阶段：开放式标准化的计算机 网络	4
1.2.4 第四阶段：因特网阶段	5
1.3 计算机网络的组成	5
1.3.1 计算机系统	6
1.3.2 数据通信系统	6
1.3.3 网络软件	6
1.4 计算机网络的分类	8
1.4.1 按照网络覆盖的地理范围 分类	8
1.4.2 按传输技术分类	8
1.4.3 按使用的传输介质分类	9
1.5 计算机网络的拓扑结构	9
1.5.1 总线型拓扑结构	9
1.5.2 星型拓扑结构	10
1.5.3 环型拓扑结构	10
1.5.4 树型拓扑结构	11
1.5.5 网状型拓扑结构	11
1.6 数据通信技术基础	11
1.6.1 数据通信基本概念	12

1.6.2 数据传输方式	13
1.6.3 多路复用技术	14
1.6.4 数据交换方式	15
1.7 计算机网络发展新技术	17
1.7.1 物联网	17
1.7.2 5G技术	18
1.7.3 云计算	20
1.7.4 大数据	21
1.8 华为企业网络仿真平台 eNSP 简介	22
1.8.1 图形化操作	22
1.8.2 高仿真度	22
1.8.3 可与真实设备对接	22
1.8.4 分布式部署	22
项目实训	23
项目小结	29
思考与练习	30

第2章 认识IP地址和网络协议31

学习目标	32
项目描述	32
项目分析	32
知识准备	33
2.1 计算机网络协议与标准组织	33
2.1.1 协议的基本概念	33
2.1.2 网络分层次的体系结构	33
2.1.3 体系结构中分层的原则	33
2.1.4 层次结构方法的优点	34
2.1.5 计算机网络协议标准的制定 机构	34
2.2 OSI参考模型	35



2.2.1 物理层	35	3.1.2 局域网参考模型	59
2.2.2 数据链路层	36	3.1.3 局域网标准	60
2.2.3 网络层	36	3.2 以太网	61
2.2.4 传输层	36	3.2.1 以太网的标准	61
2.2.5 会话层	36	3.2.2 以太网拓扑结构	63
2.2.6 表示层	36	3.3 传输介质	63
2.2.7 应用层	36	3.3.1 有线传输介质	64
2.3 TCP/IP参考模型	37	3.3.2 无线传输介质	66
2.3.1 网络接口层	37	3.4 认识交换机	67
2.3.2 网络层	38	3.4.1 MAC地址	67
2.3.3 传输层	38	3.4.2 交换机	68
2.3.4 应用层	38	3.5 VLAN技术	72
2.4 IP地址规划与划分	38	3.5.1 什么是VLAN	72
2.4.1 IP地址的组成及表示方法	39	3.5.2 VLAN的优点	73
2.4.2 IP地址的类别	39	3.5.3 VLAN的划分方法	73
2.4.3 特殊的IP地址	41	3.5.4 交换机端口的分类	74
2.4.4 公有地址和私有地址	41	3.6 无线局域网	74
2.4.5 子网掩码	42	3.6.1 无线局域网基本特点	74
2.4.6 子网划分	43	3.6.2 无线局域网标准	75
2.5 IPv6简介	45	3.6.3 常见的无线网络设备	76
2.5.1 IPv6的优点	45	3.6.4 无线局域网的典型组网模式	77
2.5.2 IPv6地址的表示方法	46	3.7 光纤接入技术	78
2.5.3 IPv6地址组成	47	3.7.1 光纤接入的定义及特点	78
2.6 Wireshark网络协议分析工具简介	47	3.7.2 光纤接入的分类	78
2.6.1 Wireshark主要应用	47	3.7.3 光纤接入的方式	79
2.6.2 Wireshark主要特性	47	3.7.4 光纤到户	79
2.6.3 Wireshark窗口	48	项目实训	80
项目实训	48	项目小结	93
项目小结	54	思考与练习	93
思考与练习	54	第4章 网络互连	95
第3章 组建小型办公网络	57	学习目标	96
学习目标	58	项目描述	96
项目描述	58	项目分析	96
项目分析	58	知识准备	97
知识准备	59	4.1 认识路由器	97
3.1 局域网的模型与标准	59	4.1.1 网络互连的基本概念	97
3.1.1 局域网的特点	59	4.1.2 网络互连的层次与设备	98



4.1.3 路由器的功能	99	5.4.3 连通性故障的基本排除 方法	124
4.1.4 路由器的类型	100	5.4.4 故障排除案例	125
4.1.5 路由器的工作原理	101	5.5 网络协议及配置故障原因及排除 方法	125
4.2 静态路由和动态路由	101	5.5.1 协议及配置故障的表现 形式	125
4.2.1 直连路由	102	5.5.2 协议及配置故障产生的主要 原因	125
4.2.2 静态路由	102	5.5.3 协议及配置故障的基本排除 方法	126
4.2.3 动态路由	103	5.5.4 故障排除案例	126
4.2.4 路由优先级	103	项目实训	126
4.3 VLAN间路由	104	项目小结	127
4.3.1 VLAN间二层通信的局限性	104	思考与练习	128
4.3.2 实现VLAN间路由的方法	104	第5章 常见网络故障的排除	113
项目实训	106	学习目标	114
项目小结	111	项目描述	114
思考与练习	112	项目分析	114
第5章 常见网络故障的排除	113	知识准备	115
学习目标	114	5.1 产生网络故障的主要原因	115
项目描述	114	5.1.1 网络连接故障	115
项目分析	114	5.1.2 软件属性设置故障	115
知识准备	115	5.1.3 网络协议故障	115
5.1 产生网络故障的主要原因	115	5.2 常见故障排查过程	116
5.1.1 网络连接故障	115	5.2.1 识别故障的现象	116
5.1.2 软件属性设置故障	115	5.2.2 故障现象的描述	116
5.1.3 网络协议故障	115	5.2.3 列举可能出现故障的原因	116
5.2 常见故障排查过程	116	5.2.4 缩小搜索范围	117
5.2.1 识别故障的现象	116	5.2.5 排除故障	117
5.2.2 故障现象的描述	116	5.2.6 故障分析	117
5.2.3 列举可能出现故障的原因	116	5.3 网络故障检测工具	117
5.2.4 缩小搜索范围	117	5.3.1 网络故障检测的硬件工具	117
5.2.5 排除故障	117	5.3.2 网络故障检测的软件工具	118
5.2.6 故障分析	117	5.4 网络连通性故障原因及排除方法	124
5.3 网络故障检测工具	117	5.4.1 连通性故障的表现形式	124
5.3.1 网络故障检测的硬件工具	117	5.4.2 连通性故障产生的主要 原因	124
5.3.2 网络故障检测的软件工具	118	5.4.3 连通性故障的基本排除 方法	124
5.4 网络连通性故障原因及排除方法	124	5.4.4 故障排除案例	125
5.4.1 连通性故障的表现形式	124	5.5 网络协议及配置故障原因及排除 方法	125
5.4.2 连通性故障产生的主要 原因	124	5.5.1 协议及配置故障的表现 形式	125
5.4.3 连通性故障的基本排除 方法	124	5.5.2 协议及配置故障产生的主要 原因	125
5.4.4 故障排除案例	125	5.5.3 协议及配置故障的基本排除 方法	126
5.5 网络协议及配置故障原因及排除 方法	125	5.5.4 故障排除案例	126
5.5.1 协议及配置故障的表现 形式	125	项目实训	126
5.5.2 协议及配置故障产生的主要 原因	125	项目小结	127
5.5.3 协议及配置故障的基本排除 方法	126	思考与练习	128
5.5.4 故障排除案例	126	第6章 搭建网络服务器	129
项目实训	126	学习目标	130
项目小结	127	项目描述	130
思考与练习	128	项目分析	130
第6章 搭建网络服务器	129	知识准备	131
学习目标	130	6.1 网络操作系统概述	131
项目描述	130	6.1.1 常见的网络操作系统	131
项目分析	130	6.1.2 Windows Server 2022 简介	132
知识准备	131	6.2 WWW服务	132
6.1 网络操作系统概述	131	6.2.1 WWW简介	132
6.1.1 常见的网络操作系统	131	6.2.2 WWW服务器	133
6.1.2 Windows Server 2022 简介	132	6.2.3 WWW客户机	133
6.2 WWW服务	132	6.2.4 URL	133
6.2.1 WWW简介	132	6.2.5 服务端口号	133
6.2.2 WWW服务器	133	6.2.6 Web的工作原理	134
6.2.3 WWW客户机	133	6.3 FTP服务	134
6.2.4 URL	133	6.3.1 FTP的基本概念	134
6.2.5 服务端口号	133	6.3.2 FTP服务器	135
6.2.6 Web的工作原理	134	6.3.3 FTP的工作原理	135
6.3 FTP服务	134	6.4 DNS服务	135
6.3.1 FTP的基本概念	134	6.4.1 DNS的基本概念	135
6.3.2 FTP服务器	135		
6.3.3 FTP的工作原理	135		
6.4 DNS服务	135		
6.4.1 DNS的基本概念	135		



6.4.2 DNS的工作原理.....	136	7.3 网络安全的关键技术.....	164
6.5 DHCP服务.....	137	7.3.1 数据加密技术.....	164
6.5.1 DHCP的基本概念.....	137	7.3.2 信息确认技术.....	165
6.5.2 DHCP的工作原理.....	137	7.3.3 防火墙技术.....	165
项目实训.....	138	7.3.4 网络安全扫描技术.....	166
项目小结.....	158	7.3.5 网络入侵检测技术.....	166
思考与练习.....	158	7.3.6 黑客诱骗技术.....	166
第7章 网络安全及管理.....	159	7.4 防火墙技术.....	167
学习目标.....	160	7.4.1 防火墙的定义.....	167
项目描述.....	160	7.4.2 防火墙的分类.....	167
项目分析.....	160	7.4.3 防火墙的特性.....	168
知识准备.....	161	7.4.4 防火墙的局限性.....	168
7.1 网络面临的安全威胁.....	161	7.4.5 常用的防火墙实现策略.....	169
7.1.1 网络安全的概念.....	161	7.5 网络防病毒技术.....	169
7.1.2 网络安全威胁.....	162	7.5.1 防毒技术的分类.....	169
7.2 计算机网络安全的内容.....	163	7.5.2 网络防病毒的基本方法.....	170
7.2.1 物理安全.....	163	7.5.3 杀毒软件介绍.....	171
7.2.2 逻辑安全.....	163	项目实训.....	172
7.2.3 操作系统安全.....	164	项目小结.....	182
7.2.4 网络传输安全.....	164	思考与练习.....	182
		参考文献.....	183

第1章

认识计算机网络





学习目标

知识目标

- (1) 掌握计算机网络的定义、组成、拓扑结构和分类。
- (2) 了解计算机网络的形成与发展、应用及发展趋势。
- (3) 了解数据通信技术基础知识。

能力目标

- (1) 能够准确描述网络的拓扑结构并使用 Visio 绘制。
- (2) 能够使用 eNSP 搭建基础网络。

素质目标

- (1) 培养按操作规范进行操作的习惯。
- (2) 培养对计算机网络的认知及分析问题的思维方式。
- (3) 激发学生的爱国主义情怀，增强学好网络技术的信心。



项目描述

假若你是M公司新入职的网络管理员，上班的第一天，部门主管想让你先了解一下公司网络的基本架构以及使用情况，于是带领你参观了公司的网络中心。参观完后，你把了解到的公司网络拓扑结构图绘制了出来，以方便日后开展网络管理与维护工作。



项目分析

作为一名公司计算机网络管理技术人员，首先必须要了解计算机网络的基础知识(包括概念、组成、功能、分类及发展等)，能够描述计算机网络的拓扑结构，并了解一些数据通信的基础知识，然后才能够正确地理解公司网络的基本架构，并能够熟练绘制出公司的网络拓扑结构图，为日常的网络管理与维护工作打好坚实的基础。



1.1

计算机网络概述

自 20 世纪以来，计算机网络是带给人类文明影响最深远的科技发明之一。随处可见的二维码、人手一台的智能手机、推陈出新的社交平台、物美价廉的购物网站、街头热议的公众事件、耳熟能详的娱乐节目，哪一样都与网络息息相关。互联网已不再是 20 世纪 70 年代仅仅用于科研领域的古板平台，也不再是 20 世纪 90 年代商业化之初应用匮乏的新奇技术，甚至也不再是 21 世纪初以传输文字和照片信息为主的通信媒介。针对互联网的绝大多数预言，在很多年之后都会成为人们的笑谈，反倒是那些以当年的观点看来明显高估了互联网发展趋势的预言，有时能够一语成真。

计算机网络是利用通信设备和线路，将分布在不同地点且功能独立的多个计算机互连起来，通过功能完善的网络软件，实现网络资源共享和信息传递的系统。简单来说，计算机网络就是由通信线路互相连接的许多自主工作的计算机构成的集合体。

计算机网络具有丰富的资源和多种功能，其主要功能是资源共享和通信。

1.1.1 资源共享

所谓资源共享，就是共享网络中的硬件资源、软件资源和信息资源。

1. 硬件资源

链接在网络中的用户可以共享使用网络中各种不同类型的硬件设备。例如，可以进行复杂运算的巨型计算机、海量存储器、高速激光打印机、大型绘图仪和一些特殊的外设等。通过网络共享硬件资源，既可解决部分资源贫乏的问题，也可有效地利用现有资源，充分发挥资源的潜能，提高资源的利用率。

2. 软件资源

用户可以通过使用各种类型的网络应用软件，共享远程服务器上的软件资源；也可以通过一些网络应用程序，将共享软件下载到本机使用。

3. 信息资源

信息是一种非常重要和宝贵的资源。Internet 就是一个巨大的信息资源宝库，其信息资源涉及各个领域，内容极为丰富，接入 Internet 的用户可以经授权共享这些信息资源。

1.1.2 通信

计算机网络中的计算机与计算机之间或计算机与终端之间，可以快速、可靠地相互传递各



种信息，如程序、文件、图形、图像、声音、视频流等。利用网络的通信功能，人们可以进行各种远程通信，实现各种网络上的应用，如收发电子邮件、视频点播、视频会议、远程教学、远程医疗、发布各种消息、进行各种讨论等。

1.2

计算机网络的发展过程

计算机网络随着计算机和通信技术的发展而不断发展，其发展速度异常迅猛。从 20 世纪 60 年代开始发展至今，其已形成从小型的办公室局域网到全球性的大型广域网的规模，对现代人类的生产、生活、经济等各个方面都产生了巨大的影响。计算机应用范围的扩大、通信技术的发展和人们对计算机应用需求的增长，共同促进了计算机网络的快速发展，其发展过程大致可划分为以下几个阶段。

1.2.1 第一阶段：计算机终端网络

计算机网络产生于 1954 年，最初是以单台计算机为中心的联机终端系统，即主机—终端模式，如图 1-1 所示。计算机终端网络为数据通信技术的研究和应用，以及计算机网络的产生做好了技术准备。

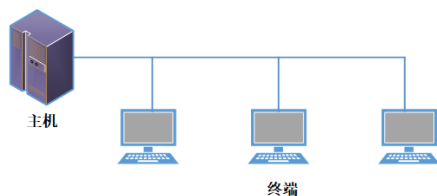


图 1-1 计算机终端网络

1.2.2 第二阶段：主机互连网络

20 世纪 60 年代中期进入计算机网络的形成阶段。随着计算机硬件价格的不断下降和计算机应用的飞速发展，在一个大的部门或者一个大的公司里已经能够拥有多台主机系统。这些主机系统可能分布在不同的地区，它们之间经常需要交换一些信息，如子公司的主机系统需将信息汇总后传送给总公司的主机系统，供查阅和审批。这种利用通信线路将多台计算机连接起来的系统引入了计算机到计算机的通信，它是计算机网络的低级形式，如图 1-2 所示。这种网络中的计算机既彼此独立又相互连接，它们之间没有主从关系。

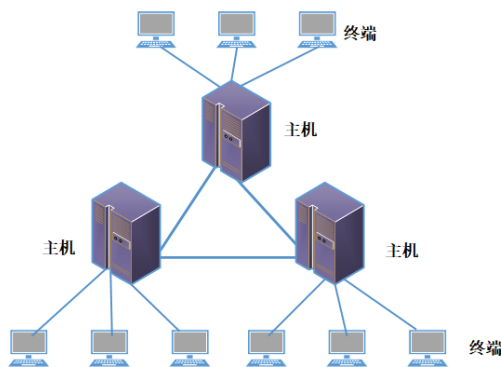


图 1-2 主机互连网络

1.2.3 第三阶段：开放式标准化的计算机网络

20 世纪 70 年代中期，各个厂家生产的计算机产品和网络产品无论是在技术上还是在结构上都有很大的差异，从而造成不同厂家生产的计算机产品、网络产品很难实现互联。这种局面



严重阻碍了计算机网络的发展，给广大用户带来了极大的不便。因此，建立开放式网络，实现网络标准化，已成为历史发展的必然趋势。

1977年，国际标准化组织(international organization for standardization, ISO)为适应网络标准化发展的需要，成立了TC97(计算机与信息处理标准化委员会)下属的SC16(开放系统互连分技术委员会)。其在研究、吸收各计算机制造厂家的网络体系结构标准化经验的基础上，开始着手制定开放系统互连的一系列标准，旨在方便异种计算机互连。该委员会制定了开放系统互连参考模型(open system interconnection reference model, OSIRM)，简称OSI参考模型。作为国际标准，OSI参考模型规定了可以互连的计算机系统之间的通信协议，遵从OSI参考模型的网络通信产品都是所谓的开放系统，符合OSI参考模型的网络也被称为第三代计算机网络。目前，几乎所有的网络产品厂商都在生产符合国际标准的产品。这种统一的、标准化的产品互相争夺市场，给网络技术的发展带来了更大的繁荣。

20世纪80年代，个人计算机(personal computer, PC)有了极大的发展。这种更适合办公室环境和家庭使用的计算机，对社会生活的各个方面都产生了深刻的影响。PC机的广泛使用，有力促进了局域网技术的发展，1980年2月，IEEE 802局域网标准发布。局域网的发展道路不同于广域网，局域网厂商从一开始就按照标准化、互相兼容的方式展开竞争，它们大多进入了专业化的成熟时期。按照国际标准实现网络互连，其结构如图1-3所示。

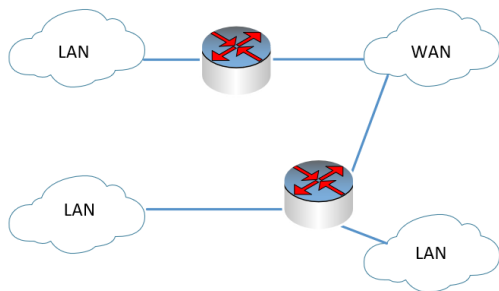


图 1-3 开放式标准化的计算机网络

1.2.4 第四阶段：因特网阶段

随着计算机网络的发展，全球建立了不计其数的局域网和广域网，为了扩大网络规模以实现更大范围的资源共享，人们又提出了将这些网络互连在一起的迫切需要，因特网(internet)应运而生。如图1-4所示。1994年以后，Internet开始进入商业化阶段，政府部门、商业企业及个人都广泛使用Internet，全世界绝大部分国家纷纷接入Internet。到目前为止，Internet正逐渐走向成熟。

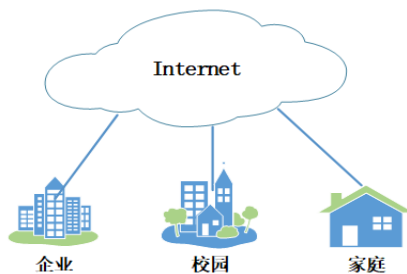


图 1-4 因特网阶段



1.3 计算机网络的组成

根据计算机网络的定义，一个典型的计算机网络主要由计算机系统、数据通信系统、网络



软件三大部分组成。计算机系统是网络的基本模块,为网络内的其他计算机提供共享资源;数据通信系统是连接网络基本模块的桥梁,它提供各种连接技术和信息交换技术;网络软件是网络的组织者和管理者,在网络协议的支持下,为网络用户提供各种服务。

1.3.1 计算机系统

计算机系统主要完成数据信息的收集、存储、处理和输出,提供各种网络资源。计算机系统根据在网络中的用途可分为两类:主计算机和终端。

1. 主计算机

主计算机又称主机(host),负责数据处理和网络控制,是构成网络的主要资源。主机主要由大型机、中小型机和高档微机组成,网络软件和网络的应用服务程序主要安装在主机中。在局域网中,主机称为服务器(server)。

2. 终端

终端(terminal)是网络中数量大、分布广的设备,是用户进行网络操作、实现人机对话的工具。一台典型的终端看起来很像一台PC,有显示器、键盘和串行接口。与PC不同的是,终端没有CPU和主存储器。在局域网中,PC代替了终端,既能作为终端使用,又能作为独立的计算机使用,被称为工作站(workstation)。

1.3.2 数据通信系统

数据通信系统主要由通信控制处理机、传输介质和网络连接设备组成。

1. 通信控制处理机

通信控制处理机又称通信控制器或前端处理机,是计算机网络中完成通信控制的专用计算机,一般由小型机或微机充当,或者是带有CPU的专用设备。在广域网中,常采用专门的计算机充当通信控制处理机。在局域网中,通信控制功能比较简单,所以一般没有专门的通信控制处理机,而采用网络适配器(也称网卡)完成通信控制功能。

2. 传输介质

传输介质是传输数据信号的物理通道,通过它可以将网络中各种设备连接起来。根据网络使用的传输介质,可以把计算机网络分为有线网络和无线网络。有线网络包括以双绞线为传输介质的双绞线网、以光纤为传输介质的光纤网、以同轴电缆为传输介质的同轴电缆网等;无线网络包括以无线电波为传输介质的无线网和通过卫星进行数据通信的卫星数据通信网等。

3. 网络连接设备

网络连接设备用来实现网络中各计算机之间的连接、网与网之间的互连、数据信号的变换及路由选择等功能,主要包括中继器(repeater)、集线器(hub)、调制解调器(modem)、网桥(bridge)、路由器(router)、网关(gateway)和交换机(switch)等。

1.3.3 网络软件

网络软件一方面授权用户对网络资源的访问,帮助用户方便、安全地使用网络,另一方面



管理和调度网络资源，提供网络通信和用户所需的各种网络服务。网络软件一般包括网络操作系统、网络协议、网络管理软件和网络应用软件等。

1. 网络操作系统

任何一个网络在完成了硬件连接之后，都需要继续安装网络操作系统(network operating system, NOS)，才能形成一个可以运行的网络系统。网络操作系统是网络系统管理和通信控制软件的集合，它负责整个网络的软、硬件资源的管理及网络通信和任务的调度，并提供用户与网络之间的接口。

2. 网络协议

网络协议是实现计算机之间、网络之间相互识别，并正确进行通信的一组标准和规则。它是计算机网络工作的基础。

在Internet上传送的每个消息至少通过3层协议：网络协议(network protocol)，它负责将消息从一个地方传送到另一个地方；传输协议(transport protocol)，它管理被传送内容的完整性；应用程序协议(application protocol)，作为对通过网络应用程序发出的一个请求的应答，将被传送内容转换成人类能识别的消息。

网络协议主要由语法、语义、同步3部分组成：语法指数据与控制信息的结构或格式；语义指需要发出何种控制信息，完成何种动作及做出何种应答；同步指事件实现顺序的详细说明。

3. 网络管理软件和网络应用软件

任何一个网络都需要多种网络管理软件和网络应用软件。网络管理软件是用来对网络资源进行管理及对网络进行维护的软件；而网络应用软件为用户提供了丰富和简便的应用服务，是网络用户在网络中解决实际问题的软件。

综上所述，我们可以将计算机网络的组成按逻辑功能划分为负责数据处理的计算机与终端、负责数据通信的通信控制处理机与通信线路两部分。因此，一个典型的计算机网络可以分为资源子网和通信子网两部分，如图1-5所示。

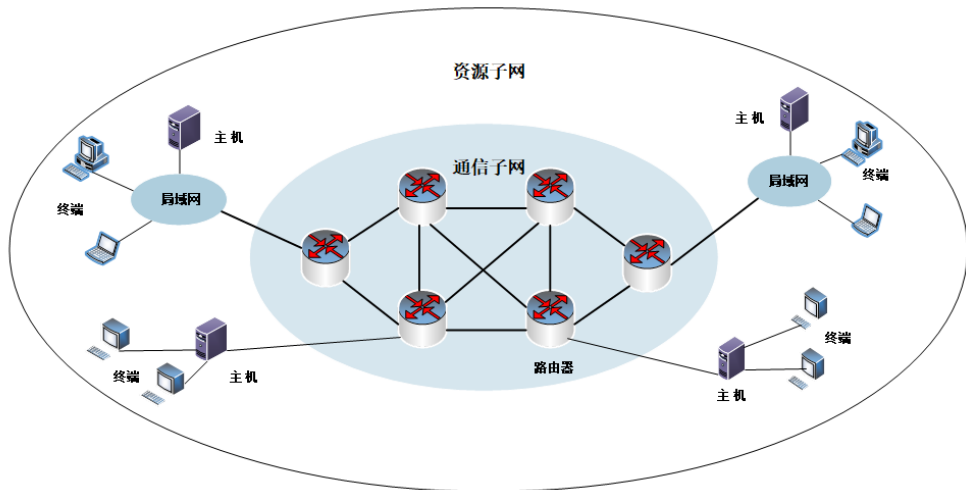


图 1-5 计算机网络的逻辑组成



资源子网提供访问网络、数据处理和分配共享资源的功能,为用户提供访问网络的操作平台和共享资源及信息。资源子网由计算机系统、存储系统、终端服务器、终端或其他数据终端设备组成,由此构成整个网络的外层。通信子网提供网络的通信功能,专门负责计算机之间的通信控制与处理,为资源子网提供信息传输服务。通信子网由通信控制处理机或通信控制器、通信线路和通信设备等组成。



1.4 计算机网络的分类

根据不同的分类标准,可对计算机网络做出不同的分类。常用的网络分类标准包括网络覆盖的地理范围、传输技术、使用的传输介质等。

1.4.1 按照网络覆盖的地理范围分类

按照网络覆盖的地理范围,可以将计算机网络分为局域网、城域网、广域网3种。

1. 局域网

局域网(local area network, LAN)是一种在小范围内实现的计算机网络,一般应用于一个建筑物、一个工厂、一个单位内部。局域网覆盖的范围一般在几十米到几十千米,网络传输速率高,从10Mbit/s到100Mbit/s,甚至可以达到10Gbit/s。局域网通常归属于一个单一的组织管理。

2. 城域网

城域网(metropolitan area network, MAN)局限于一个城市的范围内,覆盖的地理范围可从几十千米到上百千米,是一种中等范围的网络。城域网的设计目标是满足几十千米范围内的大量企业、机关等多个局域网互连的需求,以实现用户之间的文件、语音、图形与视频等多种信息的传输功能。目前,城域网的发展越来越接近局域网,通常采用局域网和广域网技术构成宽带城域网。

3. 广域网

广域网(wide area network, WAN)覆盖的地理范围从数百千米至数千千米,甚至上万千米,可以覆盖一个地区或一个国家,甚至世界上的几大洲,故又称远程网。广域网信道传输速率较低,结构比较复杂。广域网的作用是实现远距离计算机之间的数据传输和资源共享。

1.4.2 按传输技术分类

1. 广播网络

在广播网络(broadcast network)中,仅有一条通信信道,网络中的所有计算机都共享这一条公共通信信道。当一台计算机在信道上发送某个分组或数据包(分组和数据包实质上就是一种短的消息,按照特定的数据结构组织而成)时,网络中的每台计算机都会接收到这个分组,



并且将自己的地址与分组中的目的地址进行比较, 如果相同, 则处理该分组, 否则将它丢弃。

在广播网络中, 若某个分组被发出以后, 网络中的每一台计算机都接收并处理它, 则称这种方式为广播 (broadcasting); 若分组是发送给网络中的某些计算机, 则称为多点播送或组播 (multicasting); 若分组只发送给网络中的某一台计算机, 则称为单播。

2. 点对点网络

与广播网络相反, 在点对点 (point to point) 网络中, 每条物理线路连接 2 台计算机。假如 2 台计算机之间没有直接连接的线路, 那么它们之间的分组传输就要通过一个或多个中间节点的接收、存储、转发, 才能将分组从信源发送到目的地。由于连接多台计算机的线路结构可能更复杂, 因此从源节点到目的节点可能存在多条路由。决定分组从通信子网的源节点到达目的节点的路由需要由路由选择算法实现, 因此, 在点对点的网络中如何选择最佳路径显得特别重要。采用分组存储转发与路由选择机制是点对点网络与广播网络的重要区别。

14.3 按使用的传输介质分类

传输介质是指数据传输系统中发送装置和接收装置间的物理介质, 按其物理形态可以划分为有线和无线两大类。

传输介质采用有线介质的网络称为有线网, 常用的有线传输介质有双绞线和光纤。

无线局域网使用的是无线传输介质, 常用的无线传输介质有无线电、微波、红外线、激光等。



15 计算机网络的拓扑结构

计算机网络拓扑 (computer network topology) 是指由计算机组成的网络设备之间的分布情况以及连接状态, 画在图上就成了拓扑图。一般在图上要标明设备所处的位置、设备的名称类型, 以及设备间的连接介质类型。常见的拓扑结构有总线型、星型、环型、树型和网状型 5 种。

15.1 总线型拓扑结构

总线型拓扑结构是将网络中的所有设备通过相应的硬件接口直接连接到公共总线上, 连接的所有端用户共享物理媒介资源。可将每台设备称为一个网络节点, 节点之间按广播方式通信, 一个节点发出的信息, 总线上的其他节点均可“收听”到。这种结构多在局域网中被采用, 总线型拓扑结构示意图如图 1-6 所示。

总线型拓扑结构的优点是信道利用率较高, 结构简单, 价格相对便宜。其缺点是同一时刻只能有两个网络节点相互通信, 网络延伸距离有限,

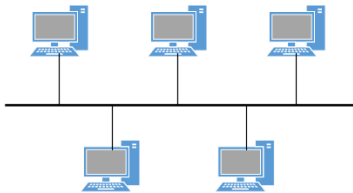


图 1-6 总线型拓扑结构



网络容纳节点数有限；在总线上只要有一个节点出现连接问题，会影响整个网络的正常运行。

1.5.2 星型拓扑结构

星型拓扑结构是以中央节点为中心与各节点连接而组成的，各个节点间不能直接通信，而是经过中央节点进行通信。这种结构适用于局域网，通常以交换机作为中央节点，以双绞线作为连接线路，其维护和管理容易，星型拓扑结构示意图如图 1-7 所示。

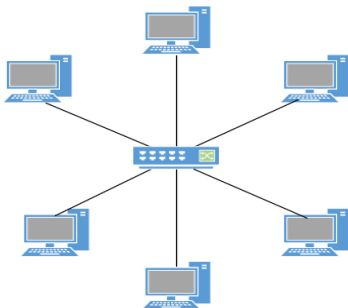


图 1-7 星型拓扑结构

星型结构便于集中控制，因为端用户之间的通信必须经过中心站。这一特点使其具备了易于维护和安全等优点，端用户设备因为故障而停机时不会影响其他端用户间的通信。但中心系统必须具有极高的可靠性，因为它一旦损坏，整个系统便趋于瘫痪。

1.5.3 环型拓扑结构

环型拓扑结构中各节点通过环路接口连在一条首尾相连的闭合环型通信线路中，环路上任何节点均可以请求发送信息。请求一旦被批准，便可以向环路发送信息。一个节点发出的信息必须穿越环中所有的环路接口，信息流中目的地址与环上某节点地址相符时，即被该节点的环路接口所接收，而后信息继续流向下一环路接口，一直流回到发送该信息的环路接口节点为止。这种结构特别适用于实时控制的局域网系统，环型拓扑结构示意图如图 1-8 所示。

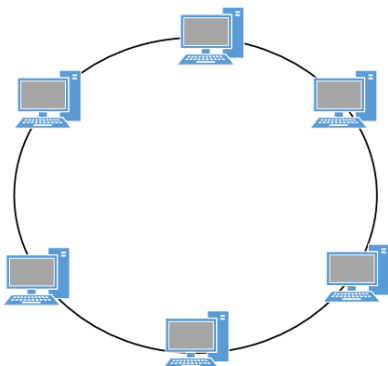


图 1-8 环型拓扑结构

环型拓扑结构的优点是安装容易，费用较低，电缆故障容易查找和排除；缺点是节点过多时传输效率低，故扩充不方便。



1.5.4 树型拓扑结构

树型拓扑结构是网络节点呈树状排列，整体看来就像一棵朝下的树，因而得名。树型拓扑结构实际上是星型拓扑的发展和补充，为分层结构，具有根节点和各分支节点，根节点以下带分支，每个分支还可再带子分支，如图 1-9 所示。

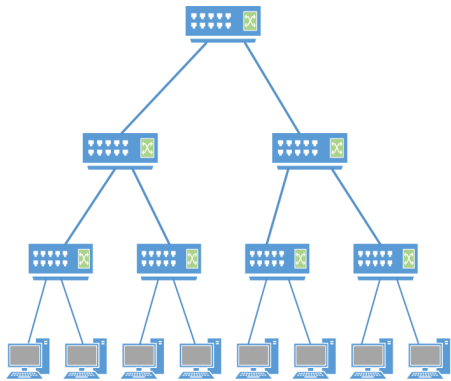


图 1-9 树型拓扑结构

树型拓扑结构具有易于扩展、故障隔离较容易等优点。其与星型拓扑类似，若根节点出现故障，也会引起全网不能正常工作，各个节点对根的依赖性太大。

1.5.5 网状型拓扑结构

在计算机网络拓扑结构中，网状型结构是最复杂的网络形式，它是指网络中任何一个节点都会连接着 2 条或者 2 条以上线路，从而保持跟 2 个或者更多的节点相连。网状型拓扑结构各个节点跟许多条线路连接着，其可靠性和稳定性都比较强，比较适用于广域网。同时由于其结构和联网比较复杂，构建此网络所花费的成本也是比较大的。网状型拓扑结构如图 1-10 所示。

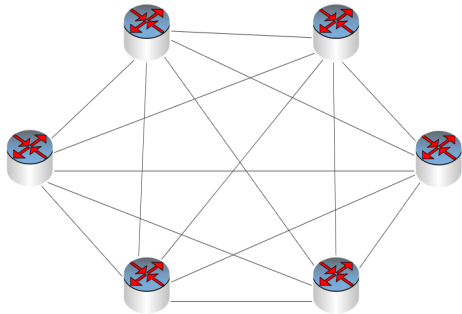


图 1-10 网状型拓扑结构



16 数据通信技术基础

数据通信是网络技术发展的基础，学习数据通信可以帮助读者理解网络中数据传输的原理



和实现方法。

数据通信是通信技术和计算机技术相结合而产生的一种新的通信方式。要在两地间传输信息就必须有传输信道，根据传输媒体的不同，有有线数据通信与无线数据通信之分。但它们都是通过传输信道将数据终端与计算机联结起来，而使不同地点的数据终端实现软、硬件和信息资源的共享。图 1-11 所示为简单的通信模型。



图 1-11 简单的通信模型

1.6.1 数据通信基本概念

1. 信息、数据与信号

信息 (information) 是对客观事物特征和运动状态的描述，其形式有数字、文字、声音、图形、图像等。数据 (data) 是传递信息的实体。通信的目的是传送信息，传送之前必须先将信息用数据表示出来。信号 (signal) 是数据的物理表现，如电气信号或电磁信号。

根据信号中代表消息的参数的取值方式不同，信号可以分为模拟信号和数字信号两大类。模拟信号是一种连续变化的信号，如图 1-12(a) 所示；数字信号是一种离散信号，最常见且最简单的数字信号是二进制信号，用数字“1”和数字“0”表示，其波是一种不连续方波，如图 1-12(b) 所示。

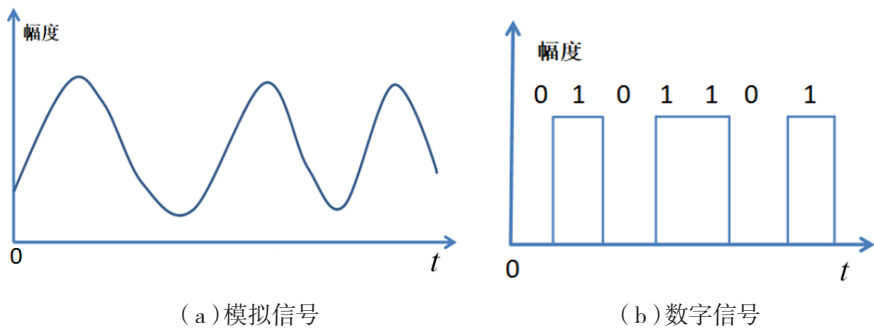


图 1-12 模拟信号和数字信号

2. 频率

物理学中的频率 (frequency) 是单位时间内完成振动的次数，是描述振动物体往复运动频繁程度的量。信号通信中的频率往往是对周期性循环信号在单位时间内所出现的脉冲数量多少的计量，单位为赫兹 (Hz)。常用单位换算：1kHz=1000Hz，1MHz=1000kHz，1GHz=1000MHz。

3. 信号带宽

信号带宽 (signal bandwidth) 即信号频谱的宽度，它是指信号中包含的频率范围，取值为信号的最高频率与最低频率之差。例如，对绞铜线为传统的模拟电话提供 300~3400Hz 的频带，即电话信号带宽为 3400Hz-300Hz=3100Hz。



4. 信道与信道带宽

信道(channel)是指通信系统中传输信号的通道,信道包括通信线路和传输设备。根据信道使用的传输介质可将其分为有线信道和无线信道,根据适合传输的信号类型可将其分为模拟信道和数字信道。

信道带宽(channel bandwidth)是指信道上允许传输电磁波的有效频率范围。模拟信道的带宽等于信道可以传输的信号频率上限与下限之差,单位是Hz。数字信道的带宽一般用信道容量表示,信道容量是信道允许的最大数据传输速率,单位是比特/秒(bit/s),单位换算:1kbit/s=1000bit/s, 1Mbit/s=1000kbit/s。

1.6.2 数据传输方式

数据传输方式是数据在信道上发送所采取的方式。若按数据传输的顺序可以分为并行传输和串行传输,若按数据传输的同步方式可分为同步传输和异步传输,若按数据传输的流向和时间关系可以分为单工、半双工和全双工数据传输。

1. 并行传输与串行传输

并行传输是将数据以成组的方式在两条以上的并行信道上同时传输,如图1-13所示。例如,采用8单位代码字符可以用8条信道并行传输,一条信道一次传送一个字符。因此不需采用另外的措施就实现了收发双方的字符同步。其缺点是传输信道多,设备复杂,成本较高,故实际应用中较少采用此方式。

串行传输是数据流以串行方式在一条信道上传输,如图1-14所示。该方法易于实现。其缺点是要解决收发双方码组或字符的同步问题,需外加同步措施。实际应用中较多采用此方式。

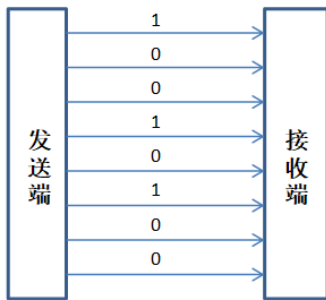


图 1-13 并行传输

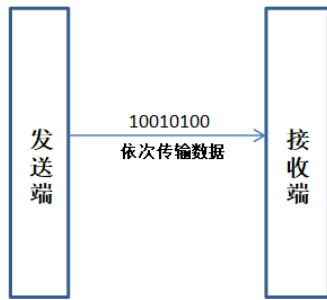


图 1-14 串行传输

2. 同步传输与异步传输

在网络通信过程中,通信双方交换数据时需要高度的协同工作。为了正确解释信号,接收端必须确切地知道信号应当何时接收和何时结束,因此定时是至关重要的。在数据通信中,定时的因素称为同步。同步是要接收端按照发送端发送的每个位的起止时刻和速率来接收数据,否则,收发之间就会产生很小的误差。随着时间推移的逐步累积,就会使传输的数据出错。

通常使用的同步技术有两种:异步方式和同步方式。

在异步方式中,每传送一个字符(7位或8位)都要在每个字符代码前加一个起始位,以表示字符代码的开始;在字符代码校验码后加一或两个停止位,以表示字符代码的结束。接收



方根据起始位和停止位来判断一个新字符的开始和结束,从而起到通信双方的同步作用。异步方式实现比较容易,但每传输一个字符都需要多使用 2 或 3 位,所以较适用于低速通信。

通常,同步方式的信息格式是一组字符或一个二进制位组成的数据块(也称为帧)。对这些数据,不需要附加起始位或停止位,而是在发送一组字符或数据块之前先发送一个同步字符 SYN(以 01101000 表示)或一个同步字节(01111110),用于接收端进行同步检测,从而使收发双方进入同步状态。在同步字符或字节之后,可以连续发送任意多个字符或数据块,发送数据完毕后,再使用同步字符或字节来标识整个发送过程的结束。在同步传送时,发送端和接收端将整个字符组作为一个单位传送,且附加位非常少,从而提高了数据传输的效率。这种方法一般用于高速传输数据的系统中,如计算机之间的数据通信。

3. 单工、半双工和全双工数据传输

单工数据传输是两数据站之间只能沿一个指定的方向进行数据传输。即一端的数据终端设备(data terminal equipment, DTE)固定为数据源,另一端的 DTE 固定为数据宿。

半双工数据传输是两数据站之间可以在两个方向上进行数据传输,但不能同时进行。即每一端的 DTE 既可作数据源,也可作数据宿,但不能同时作为数据源与数据宿。

全双工数据传输是在两数据站之间可以在两个方向上同时进行传输。即每一端的 DTE 均可同时作为数据源与数据宿。通常四线线路实现全双工数据传输,二线线路实现单工或半双工数据传输。在采用频率复用、时分复用或回波抵消等技术时,二线线路也可实现全双工数据传输。

1.6.3 多路复用技术

多路复用技术就是把许多个单个信号在一个信道上同时传输的技术。频分多路复用 FDM 和时分多路复用 TDM 是两种最常用的多路复用技术。

1. 频分多路复用 FDM 技术原理

在物理信道的可用带宽超过单个原始信号所需带宽的情况下,可将该物理信道的总带宽分割成若干个与传输单个信号带宽相同(略宽)的子信道,每个子信道传输一路信号,这就是频分多路复用。

多路原始信号在频分复用前,先要通过频谱搬移技术将各路信号的频谱搬移到物理信道频谱的不同段上,使各信号的带宽不相互重叠,然后用不同的频率调制每一个子信号,每个子信号可以并行传送一路信号。为了防止互相干扰,使用保护带来隔离每一个通道。

2. 时分多路复用 TDM 技术原理

媒体能达到的位传输速率超过传输数据所需的数据传输速率时,可采用时分多路复用 TDM 技术,即将一条物理信道按时间分成若干个时间片,轮流地分配给多个信号使用。每一时间片由复用的一个信号占用,这样,利用每个信号在时间上的交叉就可以在一条物理信道上传输多个数字信号。

时分多路复用 TDM 技术不仅局限于传输数字信号,也可同时交叉传输模拟信号。



1.6.4 数据交换方式

在数据通信中，数据交换方式主要包括电路交换和存储交换 2 类，其中存储交换又分为报文交换和分组交换 2 种，如图 1-15 所示。

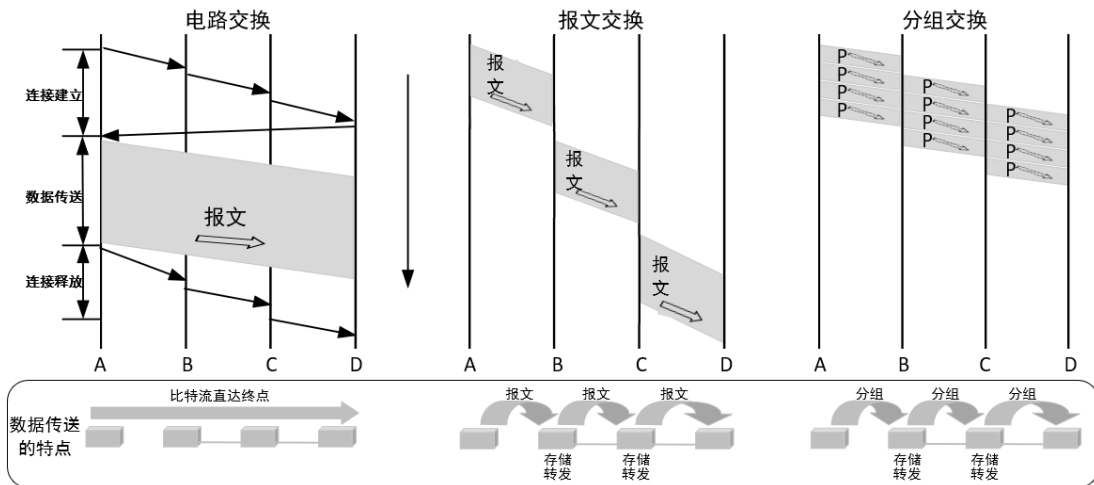


图 1-15 数据通信的交换方式

1. 电路交换

电路交换又称线路交换，它是面向连接的。电路交换是在源节点和目的节点之间建立一条专用物理通路用于数据传输。电路交换可分为电路建立、数据传输、电路拆除 3 个阶段。

例如，老电影中会看到这样的场面：首长（主叫用户）拿起话筒来一阵猛摇，一端是一排插满线头的机器，戴着耳机的话务员接到连接要求后，把线头插在相应的出口，为两个用户端建立起连接，直到通话结束。这个过程就是通过人工方式建立起来的电路交换。电路交换方式建立电路连接过程如图 1-16 所示。

电路交换方式具有数据传输迅速可靠、数据不会丢失并保持原有序列、传输过程保证服务质量等优点，主要适用于传送语音业务。电路交换方式的缺点是线路利用率低，资源浪费严重。

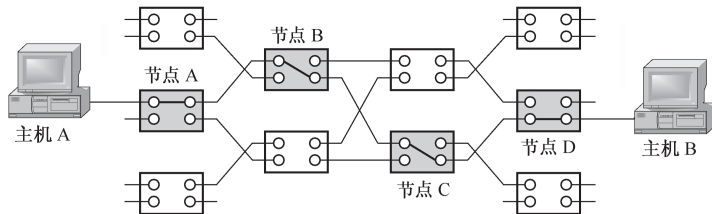


图 1-16 2 台主机之间建立电路连接

2. 报文交换

报文交换是针对数据通信业务的特点而提出的一种交换方式。

报文交换方式的数据传输单位是报文，报文就是站点一次性要发送的数据块，其长度不限且可变。在交换过程中，交换设备将接收到的报文先存储，待信道空闲时再转发给下一个节



点，一级一级中转，直到目的地，如图 1-17 所示。这种数据传输方式也称为“存储—转发”方式。报文传输之前不需要建立端到端的连接，仅在相邻节点传输报文时建立节点间的连接。这种方式称为“无连接”方式。

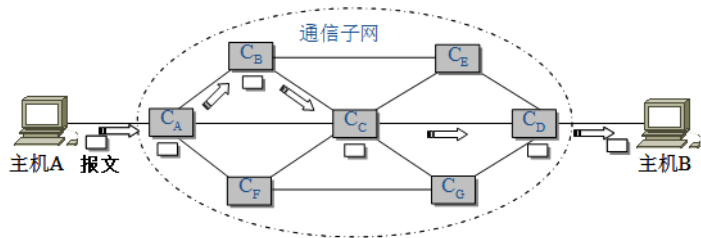


图 1-17 报文交换方式工作原理

报文交换方式具有报文交换过程不独占信道、可以采用多路复用技术、信道利用率高、可以将一个报文发送到多个目的地等优点。报文交换方式的缺点包括报文经过网络的延迟时间长且不确定；不能满足实时要求，即要求交换机具有较高的处理能力和较大的存储控件；节点报文过多不能及时转发时，会丢弃报文；报文未必按原有序列到达目的地等。

在实际应用中，报文交换主要用于传输报文较短、实时性要求较低的通信业务，如公用电报网。

3. 分组交换

分组交换又称包交换。为了更好地利用信道容量，弱化节点中数据量的突发性，应将报文交换改进为分组交换。分组交换将报文分成若干个分组，每个分组的长度有一个上限，有限长度的分组使得每个节点所需的存储能力降低了。分组可以存储到内存中，从而减小传输时延，提高交换速度。

分组交换与报文交换一样，采用“存储—转发”方式，加速了数据在网络中的传输。这些分组是逐个传输的，可以使后一个分组的存储操作与前一个分组的转发操作并行，正是这种流水线式的传输方式减少了分组的传输时间。此外，传输一个分组所需的缓冲区比传输一份报文所需的缓冲区小得多，这样因缓冲区不足而等待发送的概率及等待的时间也必然会少得多。分组交换方式的工作原理如图 1-18 所示。

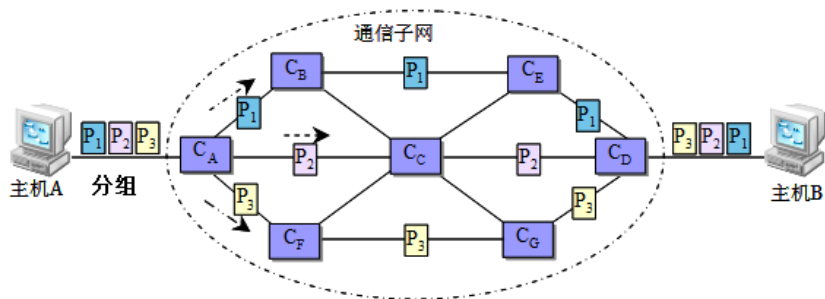


图 1-18 分组交换方式工作原理

分组交换简化了存储管理。因为分组的长度固定，相应的缓冲区的大小也固定，所以在交



换节点中存储器的管理通常被简化为对缓冲区的管理, 相对比较容易。因为分组较短, 其出错概率必然减小, 重发的数据量也就大大减少了, 这样不仅提高了可靠性, 还减少了传输时延。

由于分组短小, 更适用于采用优先级策略, 便于及时传送一些紧急数据。对于计算机之间突发式的数据通信, 分组交换显然更为合适。



计算机网络发展新技术

伴随着科学技术的飞速发展, 计算机网络通信技术的作用越发重要, 也呈现出多元快速发展的局面。通过加强对新的通信技术的研发, 可以有效提高计算机网络的通信状况, 提高其运营效率和安全性, 大大降低发生技术故障的概率。本节将对网络关键技术及其新发展进行概述。

1.7.1 物联网

1. 物联网的提出

物联网 (internet of things, IoT) 的概念是在 1999 年提出的, 当时不称为物联网而称为传感网。中国科学院在 1999 年就启动了传感网的研究和开发。2009 年 8 月, 物联网被正式列为国家五大新兴战略性产业之一, 并写入政府工作报告, 物联网在我国受到了全社会极大的关注。物联网是新一代信息技术的重要组成部分, 也是“信息”时代的重要发展阶段。顾名思义, 物联网就是物物相连的互联网。物联网包含 2 层意思: 其一, 物联网的核心和基础仍然是互联网, 是在互联网基础上延伸和扩展的网络; 其二, 其用户端延伸和扩展到了物品与物品之间, 使物与物能进行信息交换和通信, 也就是物物相连。

美国、欧盟等都在投入巨资深入研究、探索物联网。我国也高度关注、重视物联网的研究, 工业和信息化部会同有关部门, 在新一代信息技术方面正在开展研究, 以形成支持新一代信息技术发展的政策措施。

物联网通过智能感知、识别技术与普适计算等通信感知技术, 广泛应用于网络的融合中, 也因此被称为继计算机、互联网之后世界信息产业发 展的“第三次浪潮”。

2. 物联网的概念

目前, 物联网的精确定义并未统一。关于物联网比较准确的定义如下: 物联网是通过各种信息传感设备及系统 (传感器、射频识别系统、红外感应器、激光扫描器等)、条码与二维码、全球定位系统, 按约定的通信协议, 将物与物、人与物、人与人连接起来, 通过各种接入网、互联网进行信息交换, 以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种信息网络。这个定义的核心是, 物联网的主要特征是每一个物件都可以寻址, 每一个物件都可以控制, 每一个物件都可以通信。

3. 物联网的特点

和传统的互联网相比, 物联网有着鲜明的特征。首先, 它是各种感知技术的广泛应用。物



联网中部署了海量的多种类型传感器,每个传感器都是一个信息源,不同类别的传感器所捕获的信息内容和信息格式不同。传感器获得的数据具有实时性,可按一定的频率周期性采集环境信息,不断更新数据。其次,它是一种建立在互联网上的泛在网络。物联网技术的重要基础和核心仍旧是互联网,通过各种有线和无线网络与互联网融合,将物体的信息实时准确地传递出去。物联网中的传感器定时采集的信息需要通过网络传输,由于其数量极其庞大,形成了海量信息,在传输过程中,为了保障数据的正确性和及时性,必须适应各种异构网络和协议。最后,物联网不仅提供了传感器的连接,其本身也具有智能处理的能力,能够对物体实施智能控制。物联网将传感器和智能处理相结合,利用云计算、模式识别等各种智能技术,扩充其应用领域;从传感器获得的海量信息中分析、加工和处理出有意义的信息,以适应不同用户的不同需求,发现新的应用领域和应用模式。

物联网中的“物”要满足以下条件才能够被纳入“物联网”的范围:要有数据传输通路;要有一定的存储功能;要有CPU;要有操作系统;要有专门的应用程序;要遵循物联网的通信协议;要在网络中有可被识别的唯一编号。

4. 物联网的分类

物联网可分为私有物联网(private IoT)、公有物联网(public IoT)、社区物联网(community IoT)和混合物联网(hybrid IoT)4种。私有物联网一般面向单一机构内部提供服务。公有物联网基于互联网向公众或大型用户群体提供服务。社区物联网向一个关联的“社区”或机构群体(如一个城市政府下属的各委办局——公安局、交通局、环保局、城管局等)提供服务。混合物联网是上述两种或两种以上的物联网的组合,但后台有统一运维实体。

5. 物联网的主要应用领域

物联网的应用领域非常广阔,从日常的家庭个人应用,到工业自动化应用,以至军事反恐、城建交通。当物联网与互联网、移动通信网相连时,人们的生活方式将从“感觉”跨入“感知”,从“感知”到“控制”。目前,物联网已经在智能交通、智能安防、智能物流、公共安全等领域得到实际应用。物联网比较典型的应用包括水电行业无线远程自动抄表系统、数字城市系统、智能交通系统、危险源和家居监控系统、产品质量监管系统等。

17.2 5G技术

1. 5G的简介

我们正迎来一个万物互联的时代,万物互联的时代对移动通信技术有着非常高的要求。物联网的发展和大规模应用以及自动驾驶的逐步投入使得如今的4G系统无法满足越来越高的技术要求。因此,第五代移动通信系统(5G)应运而生。5G是4G的升级,它是新一代移动通信系统,它不是单一的无线接入技术,也不都是全新的无线接入技术,而是新的无线接入技术和现有无线技术的高度融合,旨在解决高速率、低时延通信、海量互联、智慧城市建设等方面的技术问题。2019年6月6日,工业和信息化部向中国电信、中国移动、中国联通、中国广电发放5G商用牌照。我国正式步入5G商用元年。

2. 5G网络的基本特征

5G适用于智慧园区、智慧交通、智慧家居、无人驾驶等场景,具有以下基本特征。



(1) 高速率。为满足未来网络的各种业务,如超高清、VR业务的用户体验,5G系统需要更快的网络速度。ITU-R于2015年6月确认并统一5G的峰值速率为10Gbit/s,用户体验速率为100Mbit/s,相较4G系统有数量级上的提升。

(2) 低功耗。5G网络支持万物互联,这带来了对功耗的要求。大部分物联网设备可能一周或是一个月才会充一次电,因此5G系统只有满足低功耗的要求才能提供更好的用户体验。

(3) 泛在网。所谓泛在是指在未来移动网络将覆盖社会生活的各个方面,包括深海、高山、高空、地下等场景。5G系统的覆盖范围将会更广,以此来为气象监测、地质检测等业务提供服务。

(4) 低时延。5G的一个新场景是无人驾驶、工业自动化的高可靠连接。人与人之间进行信息交流,140ms的时延是可以接受的,但是这个时延用于无人驾驶、工业自动化会很难满足要求。5G对于时延的最低要求是1ms,甚至更低。

(5) 海量物联。传统通信中,终端是非常有限的,固定电话时代,电话是以人群定义的。手机时代,终端数量有了巨大爆发,手机是按个人应用来定义的。而到了5G时代,终端不是按人来定义,因为每人可能拥有数个终端,每个家庭可能拥有数十个终端。

3. 我国5G技术发展现状及对世界的贡献

中国互联网络信息中心(CNNIC)2022年发布的第50次《中国互联网络发展状况统计报告》显示,中国5G商用发展已实现规模、标准数量和应用创新三大领先。截至2022年6月,我国千兆光网具备覆盖超过4亿户家庭的能力,已累计建成开通5G基站185.4万个,实现“县县通5G、村村通宽带”。三家基础电信企业的固定互联网宽带接入用户总数达5.63亿户;其中100Mbit/s及以上接入速率的固定互联网宽带接入用户达5.27亿户,占总用户数的93.7%。三家基础电信企业发展蜂窝物联网终端用户16.39亿户。

在标准数量上,中国5G标准必要专利数量占比超过38%,居全球首位。与以往注重产品制造不同,中国正在更多参与上游标准制定和生态培育,5G标准支撑能力持续增强。近年来,《5G移动通信网核心网总体技术要求》等447项行业标准陆续发布,为5G融合应用创新发展提供了重要的技术规范保障。

在应用创新上,中国5G应用案例已超过1万个,覆盖了钢铁、电力、矿山等22个国民经济的重要行业和有关领域,形成了一大批丰富多彩的应用场景。5G正快速融入各行各业、呈现千姿百态,已形成系统领先优势,成为引领高质量发展的新引擎。

根据工信部等十部门联合发布的《5G应用“扬帆”行动计划(2021—2023)》显示,到2023年,中国5G个人用户普及率将超过40%;在垂直行业领域,大型工业企业的5G应用渗透率超过35%;在社会民生领域,打造一批“5G+智慧教育”“5G+智慧医疗”“5G+文化旅游”样板项目,“5G+智慧城市”建设水平进一步提升。

北京冬奥会受益于5G的普及和应用,满足了北京城区、延庆和张家口三地办会、高效协同和管理的需求,实现智慧观赛、超高清直播、运动科技、安全办赛等应用,推动冰雪竞技项目成绩跨越式发展。

当前,全球范围内正在掀起5G增强技术研发和产业布局的新热潮。中国秉持开放合作、互利共赢的理念,以更加开放的态度、更加务实的举措,依托中国在5G技术应用和产业方面的基础,进一步加强5G技术演进的国际合作,探索5G垂直行业应用的二次开发技术体系。开



展 5G 增强技术标准、设备研发、试验攻关，提升 5G 垂直行业应用的适应能力，解决 5G 频率扩展、覆盖增强等发展问题。

1.7.3 云计算

1. 云计算的由来

云计算 (cloud computing) 是 IT 产业发展到一定阶段的必然产物。在云计算概念诞生之前，很多公司就可以通过互联网发送诸多服务，如订票、地图、搜索以及硬件租赁业务。随着服务内容和用户规模的不断增加，市场对于服务的可靠性、可用性的要求急剧增加。这种需求变化通过集群等方式很难满足，于是各地纷纷建设数据中心。对于一些互联网大公司，有能力建设分散于全球各地的数据中心来满足各自业务发展的需求，并且有富余的可用资源，于是这些公司就可以将自己的基础设施作为服务提供给相关的用户，这就是云计算的由来。

云计算是一种新兴的商业计算模型。它将计算任务分布在大量计算机构成的资源池中，使各种应用系统能够根据需要获取计算能力、存储空间和各种软件服务。之所以称为“云”，是因为它在某些方面具有现实中云的特征，如规模较大、可以动态伸缩、边界模糊等。人们无法也无须确定云的具体位置，但它确实存在于某处。

2. 云计算的概念

云计算以公开的标准和服务为基础，以互联网为中心，提供安全、快速、便捷的数据存储和网络计算服务，让云成为每一个网民的数据中心和计算中心。

通俗地理解，云计算的“云”就是存在于互联网中的服务器集群上的资源，它包括硬件资源（如服务器、存储器、CPU 等）和软件资源（如应用软件、集成开发环境等），本地计算机只需要通过互联网发送一个需求信息，远端就会有成千上万的计算机提供需要的资源并将结果返回到本地计算机。这样，本地计算机几乎不需要做什么，所有的处理都由云计算提供商所提供的计算机群来完成。

3. 云计算的特点

云计算是将计算分布在大量的分布式计算机上，而非本地计算机或远程服务器中，企业数据中心的运行将与互联网更相似。这使得企业能够将资源切换到需要的应用上，根据需求访问计算机和存储系统。从研究现状上看，云计算具有以下特点。

(1) 便捷性强。用户可以使用任意一种云终端设备，在地球上任意一处获取相应的云服务。用户所请求的所有资源并不是有形的、固定不变的实体，而是来自庞大的“云”。用户不需要担心，更不用了解应用服务在“云”中的具体位置，而仅仅需要使用“云终端”，如计算机或手机，就可以通过网络服务来满足需要。

(2) 可靠性高。“云”是一个特别庞大的资源集合体。云服务可按需购买，就像在日常生活中购买煤气、水、电一样。“云”本身使用了多种措施来保障提供服务的高可靠性，如数据多副本容错、计算节点同构可互换等，使用户使用云计算比使用本地计算机更加可靠、高效。

(3) 成本低。用户仅需要花费很少的时间和金钱就能完成以前需要大量时间和金钱才能完成的任务。这正是“云”采用廉价的节点来施行特殊容错措施所带来的巨大好处。因此，提供云服务的企业不必再为“云”的自动化、集中式管理负担过高的管理数据的费用了。



(4)潜在的危險性。因为用户在使用云服务时都会涉及一些“数据”，所以用户选择云计算服务时必须要保持高度警惕，避免让这些提供云服务的私有机构以“数据”的重要性挟制用户。与此同时，要考虑到商业机构在使用云服务时，商业机密的泄露风险、数据的安全等因素。这些都是“云”领域中需要改善的地方。

17.4 大数据

1. 大数据的定义

大数据是一个较为抽象的概念，正如信息学领域大多数新兴的概念一样，大数据至今尚无统一的定义。关于大数据的定义是指利用常用软件工具来获取、管理和处理数据所耗时超过可容忍时间的数据集。这并不是一个精确的定义，因为无法确定常用软件工具的范围，可容忍时间也是概略的描述。互联网数据中心对大数据的定义如下：大数据一般会涉及2种或2种以上的数据形式。它要收集超过100TB的数据，并且是高速、实时数据流；或者是从小数据开始，但数据每年会增长60%以上。这个定义给出了量化标准，但只强调数据量大、种类多、增长快等数据本身的特征。研究机构Gartner给出了这样的定义：大数据是需要新处理模式才能具有更强的决策力、洞察发现力和流程优化能力的海量、高增长率和多样化的信息资产。这也是一个描述性的定义，在对数据描述的基础上加入了处理此类数据的一些特征，用这些特征来描述大数据。

2. 大数据的特征

(1)规模性(volume)指的是大数据巨大的数据量以及其规模的完整性。目前，数据的存储级别已从TB扩大到ZB。这与数据存储和网络技术的发展密切相关。数据加工处理技术的提高、网络宽带的成倍增加以及社交网络技术的迅速发展，使得数据产生量和存储量成倍增长。实质上，从某种程度上来说，数据数量级的大小并不重要，重要的是数据具有完整性。数据规模性的应用有以下的体现，如对每天12TB的社交网站数据进行分析，了解人们的心理状态，可以用于情感产品的研究和开发；基于社交平台上成千上万条信息的分析，可以帮助人们处理现实中朋友圈的利益关系。

(2)高速性(velocity)主要表现为数据流和大数据的移动性。现实中则体现在对数据的实时性需求上。随着移动网络的发展，人们对数据的实时应用需求更加普遍，如通过手持终端设备关注天气、交通、物流等信息。高速性要求具有时间敏感性和决策性的分析，即能在第一时间抓住重要事件发生的信息。例如，有大量数据输入时，需要排除一些无用的数据或者需要马上做出决定的情况。

(3)多样性(diversity)指大数据有多种途径来源的关系型和非关系型数据。这也意味着要在海量、种类繁多的数据间发现其内在关联。互联网时代，各种设备通过网络连成了一个整体。进入以互动为特征的“Web 2.0时代”，个人计算机用户不仅可以通过网络获取信息，还成了信息的制造者和传播者。在这个阶段，不仅数据量开始了爆炸式增长，数据种类也开始变得繁多。除了简单的文本分析外，还可以对传感器数据、音频、视频、日志文件、点击流以及其他任何可用的信息进行分析。例如，在客户数据库中不仅要关注名称和地址，还要关注客户所从事的职业、兴趣爱好、社会关系等。利用大数据多样性的原理就是保留一切需要并有用的信



息, 舍弃那些不需要的信息; 发现那些有关联的数据, 加以收集、分析、加工, 使其变为可用的信息。

(4) 价值性 (value) 体现出的是大数据运用的真实意义所在。其价值具有稀缺性、不确定性和多样性。“互联网女皇”玛丽·米克尔在 2012 年互联网发展趋势中, 用两幅生动的图像来描述了大数据。一幅是整整齐齐的稻草堆, 另一幅是稻草中缝衣针的特写。寓意通过大数据技术, 可以在稻草堆中找到自己所需要的东西, 哪怕是一枚小小的缝衣针。这两幅图提示了大数据技术一个很重要的特点, 即价值的稀疏性。



1.8 华为企业网络仿真平台 eNSP 简介

eNSP (enterprise network simulation platform) 是一款由华为提供的、可扩展的、图形化操作的网络仿真工具平台, 主要对企业网络路由器、交换机进行软件仿真, 完美呈现真实设备实景, 支持大型网络模拟, 让广大用户有机会在没有真实设备的情况下模拟演练, 学习网络技术。

华为 eNSP 是一个非常理想的软件实验平台, 可以完成各种规模的校园网和企业网的设计、配置和调试过程。与 Wireshark 结合, 可以基于具体网络环境分析各种协议运行过程中网络设备之间交换的报文类型和报文格式。华为 eNSP 提供了和实际实验环境几乎一样的仿真环境。作为辅助教学工具和软件实验平台, 华为 eNSP 具有以下特点。

1.8.1 图形化操作

eNSP 提供便捷的图形化操作界面, 让复杂的组网操作变得更简单, 可以直观感受设备形态, 并且支持一键获取帮助和在华为网站查询设备资料。

1.8.2 高仿真度

按照真实设备支持特性情况进行模拟, 模拟的设备形态多, 支持功能全面, 模拟程度高。

1.8.3 可与真实设备对接

支持与真实网卡的绑定, 实现模拟设备与真实设备的对接, 组网更灵活。

1.8.4 分布式部署

eNSP 不仅支持单机部署, 同时还支持 Server 端分布式部署在多台服务器上。分布式部署环境下能够支持更多设备组成复杂的大型网络。

eNSP 不仅解决在网络教学中的资源缺少问题, 而且能构建易用的、可扩展的图形化网络仿真, 使学生能够很方便地学习网络知识、模拟组建网络、熟悉华为数通产品。

华为 eNSP 启动后的初始界面如图 1-19 所示。

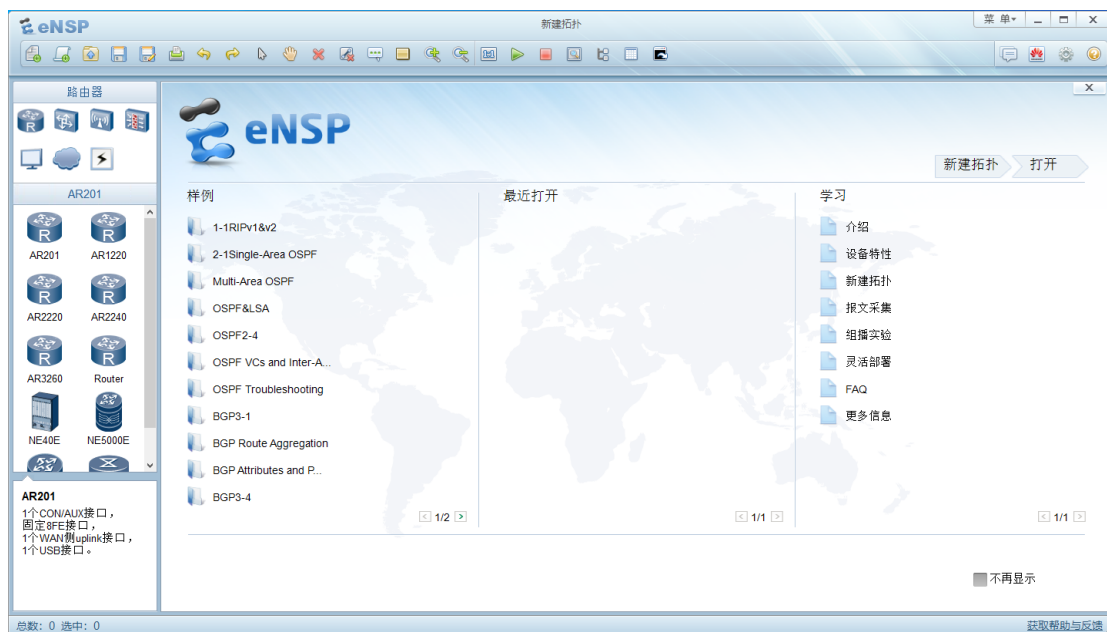


图 1-19 华为 eNSP 启动后的初始界面



实训任务 1.1 参观学校网络中心或网络实训室

【实训目标】

1. 了解并熟悉局域网的组成情况及运行状况。
2. 初步认识二层交换机、三层交换机、路由器和防火墙等网络设备。

【实训内容】

在老师或网络管理人员的带领下，实地参观和考察学校网络中心或网络实训室，了解并熟悉公司网络的组成情况、使用状态、建设和维护成本，以及网络管理员的主要工作职责等。

通过实地考察和技术人员的介绍，了解学校网络中心或网络实训室的网络结构及设备运行状况，认识主要设备及其功能。

将实地参观和考察过程中了解到的上述内容记载下来，供后续学习使用。

实训任务 1.2 使用 Visio 2021 绘制网络拓扑图

【实训目标】

1. 了解简单网络拓扑结构图的设计和规划。
2. 掌握 Visio 的基本操作。
3. 掌握用 Visio 绘制网络拓扑结构图的方法。



【实训环境】

1. 硬件环境：每人 1 台计算机，能够接入 Internet 的局域网。
2. 软件环境：Visio 2021。

【实训内容】

某个小型公司有 3 个重要部门，分别是财务部、销售部和生产部。每个部门都有一个接入层交换机，用于连接各自部门的计算机。所有接入层交换机都统一连接到汇聚层交换机，再经由主干路由器和防火墙连接到 Internet。用 Visio 2021 将该公司的网络拓扑结构图绘制出来。

【实训步骤】

步骤 1 启动 Visio 2021，在进入的界面中选择左侧的“新建”按钮，在模板类别中选择“基本网络图”，然后单击“创建”按钮，如图 1-20 所示。

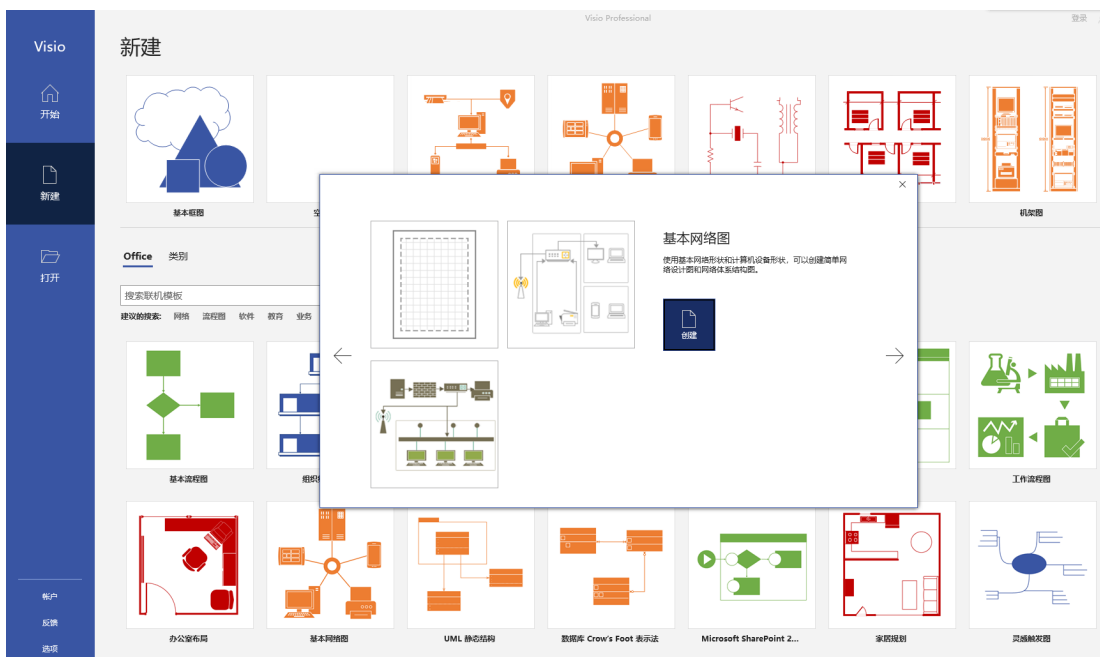


图 1-20 创建“基本网络图”

步骤 2 进入绘图操作界面，在左侧“形状”列表里可以看到绘制基本网络图所需的基本形状。选择“更多形状”，在打开列表中选择“网络”，依次单击“网络位置-3D”“网络和外设-3D”“计算机和显示器-3D”。我们可以看到这 3 个类别的形状出现在了形状列表中。用同样的方法，还可以打开其他类别的形状。

步骤 3 在左侧的“形状”窗格中将需要在网络拓扑结构图中使用的设备图形拖到绘图区中，如“计算机和显示器-3D”中的“PC”，“网络和外设-3D”中的“交换机”“路由器”“防火墙”，“网络位置-3D”中的“云”等。适当调整形状的大小和位置，如图 1-21 所示。

步骤 4 在“开始”选项卡“工具”组的“图形”下拉列表中选择“线条”选项，如图 1-22 所示，使用线条连接对应的设备图形。

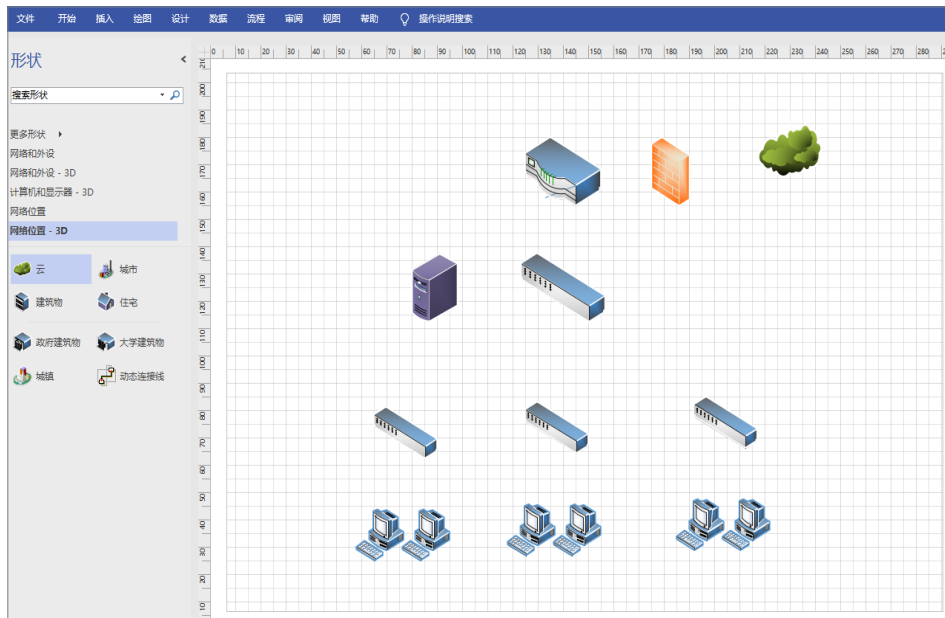


图 1-21 网络设备图形布局

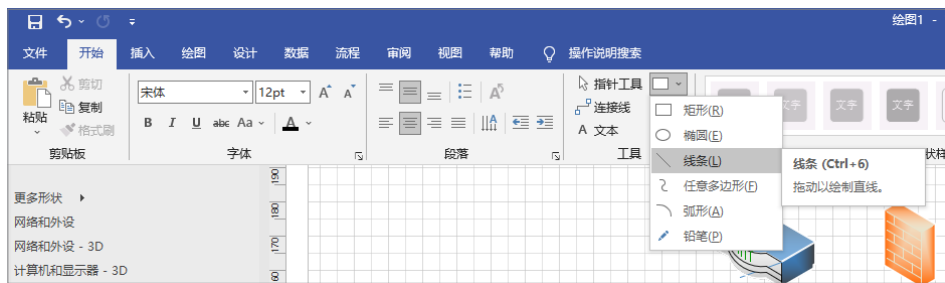


图 1-22 选择“线条”工具

步骤 5 在“开始”选项卡“工具”组中选择“文本”工具，在设备图形对应的位置添加文字说明，如图 1-23 所示。

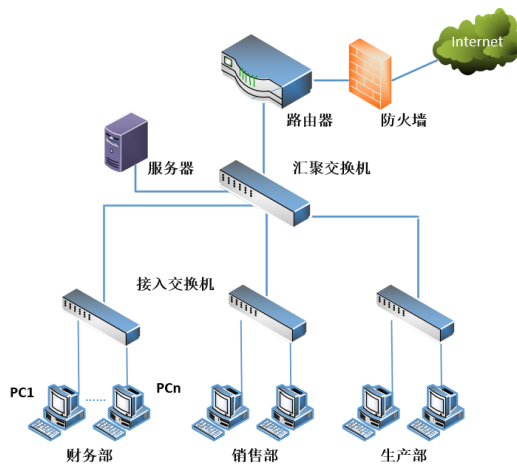


图 1-23 添加文字说明



步骤 6 绘制完成后，单击“文件”选项卡中的“保存”按钮，将文件保存为“.vsdx”格式。也可以单击“文件”选项卡中的“另存为”按钮，将文件保存为图片格式。

实训任务 1.3 使用 eNSP 搭建基础网络

【实训目标】

1. 掌握 eNSP 仿真软件的基本操作方法。
2. 掌握使用 eNSP 仿真软件搭建简单的端到端网络的方法。


【实训环境】

1. 硬件环境：每人 1 台配置网卡的计算机。
2. 软件环境：华为 eNSP 仿真软件。

【实训内容】

使用 eNSP 仿真软件，搭建一个简单的端到端网络，给网络中的终端 PC 配置 TCP/IP 参数，并进行网络连通性测试。这里只是初步了解网络设备、网络协议、组网及配置方法，为后续进一步学习打基础。

【实训步骤】

步骤 1 启动 eNSP。开启 eNSP 后，将看到如图 1-24 所示界面。左侧面板中的图标代表 eNSP 所支持的各种产品及设备。中间面板则包含多种网络场景的样例。单击工具栏左侧的“新建拓扑”按钮，可以创建一个新的实验场景。在弹出的空白界面上搭建网络拓扑图，练习组网，分析网络行为。

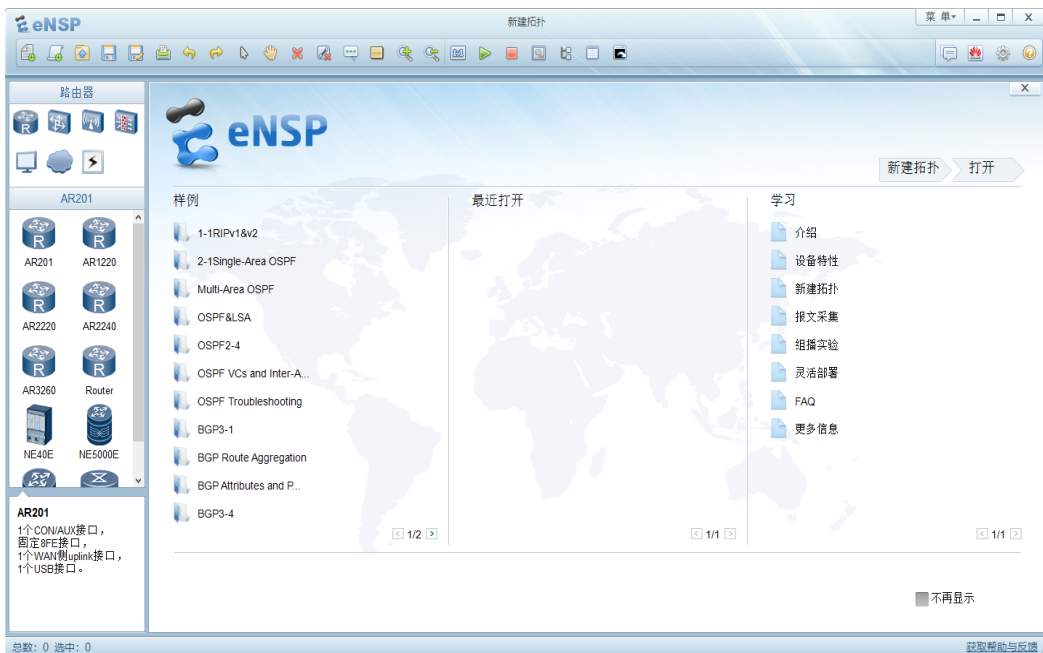





图 1-24 eNSP 初始界面

步骤 2 建立拓扑。

- (1) 单击工具栏左侧的“新建拓扑”按钮，进入新建拓扑界面。
- (2) 添加 PC：在左侧面板顶部，单击“”图标。在显示的终端设备中，选中“”图标，



把图标拖动到界面右侧的空白处。使用相同方法，另外再拖动2个PC图标到空白处。在设备标识处双击，给设备分别改名为“PCA”“PCB”“PCC”。

(3) 添加交换机：在左侧面板顶部，单击“”图标。在显示的交换机中，选中S3700图标，把图标拖动到界面右侧的空白处。操作完成后如图1-25所示。

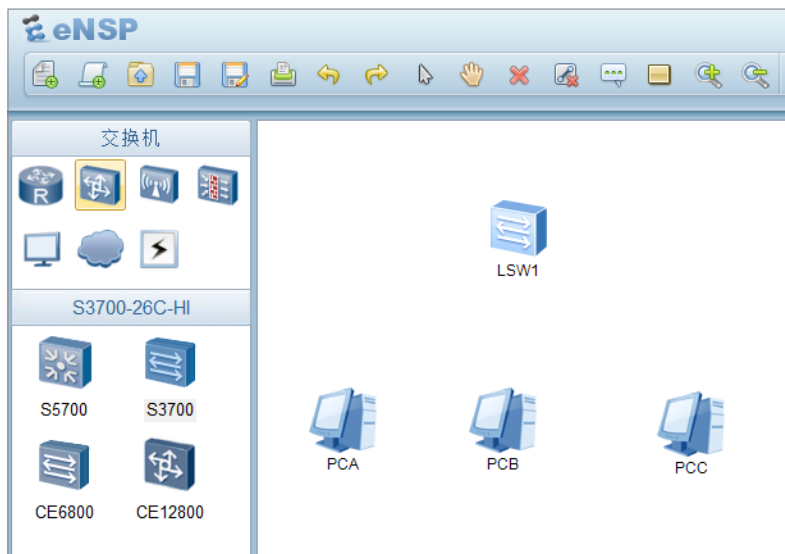


图 1-25 添加设备





步骤 3 建立物理连接。在左侧面板顶部，单击“”图标。在显示的连接类别中，选中“”图标，单击设备选择端口完成连接。设备端口连接关系见表1-1。其中Ethernet表示以太网端口。


表 1-1 设备连接端口对应表

PC 端口	交换机端口
PCA Ethernet0/0/1	LSW1 Ethernet0/0/1
PCB Ethernet0/0/1	LSW1 Ethernet0/0/2
PCC Ethernet0/0/1	LSW1 Ethernet0/0/3

可以观察到，在已建立的网络中，连线的两端显示的是2个红点，表示该连线连接的2个端口都处于Down状态（没有开启）。选择设备或连线操作中，注意鼠标状态，单击工具栏上的“”按钮恢复鼠标。

步骤 4 启动终端及网络设备。可以使用以下2种方法启动设备：

(1) 右键单击一台设备，在弹出的菜单中，选择“启动”命令或工具栏上的“”按钮，启动该设备。如图1-26(a)所示。

(2) 拖动光标选中多台设备，通过右击显示菜单，选择“启动”选项或菜单中“”按钮，启动选中的所有设备。如图1-26(b)所示。

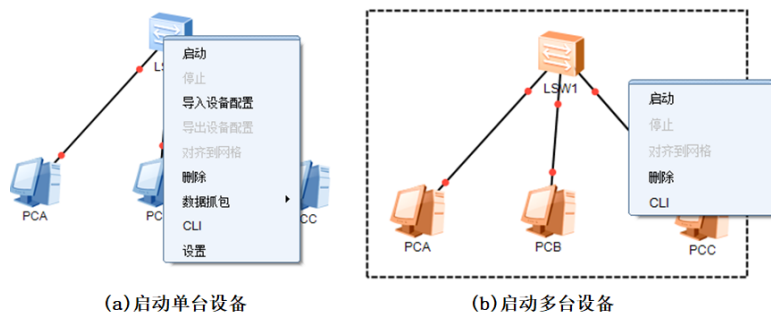


图 1-26 启动设备

设备启动后，线缆上的红点将变为绿色，表示该连接为 Up (开启) 状态。

步骤 5 配置终端设备。右键单击终端 (PCA、PCB、PCC) 设备，在弹出的属性菜单中选择“设置”选项，查看该设备系统配置信息。弹出的设置属性窗口包含“基础配置”“命令行”“组播”“UDP 发包工具”“串口”5 个标签页，分别用于不同需求的配置，如图 1-27 所示。



图 1-27 PC 配置窗口

选择“基础配置”标签页，在“主机名”文本框中输入主机名称 (如 PCA)。在“IPv4 配置”区域，单击“静态”选项按钮。在“IP 地址”文本框中输入 IP 地址和子网掩码。按图 1-28 所示完成 PCA、PCB、PCC 的基础参数配置。配置完成后，单击窗口右下角的“应用”按钮，再关闭该窗口。



基础配置	命令行	组播	UDP发包	基础配置	命令行	组播	UDP发包	基础配置	命令行	组播	UDP发包
主机名: PCA				主机名: PCB				主机名: PCC			
MAC 地址: 54-89-98-7D-60-42				MAC 地址: 54-89-98-C2-66-05				MAC 地址: 54-89-98-3F-2B-52			
IPv4 配置				IPv4 配置				IPv4 配置			
<input checked="" type="radio"/> 静态 <input type="radio"/> DHCP				<input checked="" type="radio"/> 静态 <input type="radio"/> DHCP				<input checked="" type="radio"/> 静态 <input type="radio"/> DHCP			
IP 地址: 192.168.1.1				IP 地址: 192.168.1.2				IP 地址: 192.168.1.3			
子网掩码: 255.255.255.0				子网掩码: 255.255.255.0				子网掩码: 255.255.255.0			
网关: 0.0.0.0				网关: 0.0.0.0				网关: 0.0.0.0			

图 1-28 PC 基础参数配置

步骤 6 网络连通性测试。在 PC “设置” 选项的 “命令行” 窗口，使用 ping <ip address> 命令，其中 <ip address> 为对端设备的 IP 地址。例如，测试 PCA 和 PCB 的连通性，在 PCA 的 “命令行” 窗口输入 ping 192.168.1.2，如图 1-29 所示，测试结果显示 PCA 和 PCB 已经连通。使用同样的方法测试 3 台终端 PC 之间是否连通。

```

PCA
基础配置  命令行  组播  UDP发包工具  串口
Welcome to use PC Simulator!

PCA>ping 192.168.1.2

Ping 192.168.1.2: 32 data bytes, Press Ctrl_C to break
From 192.168.1.2: bytes=32 seq=1 ttl=128 time=47 ms
From 192.168.1.2: bytes=32 seq=2 ttl=128 time=32 ms
From 192.168.1.2: bytes=32 seq=3 ttl=128 time=32 ms
From 192.168.1.2: bytes=32 seq=4 ttl=128 time=47 ms
From 192.168.1.2: bytes=32 seq=5 ttl=128 time=47 ms

--- 192.168.1.2 ping statistics ---
 5 packet(s) transmitted
 5 packet(s) received
 0.00% packet loss
 round-trip min/avg/max = 32/41/47 ms

PCA>
  
```

图 1-29 使用 ping 命令进行连通性测试

步骤 7 保存拓扑。网络搭建并完成配置后，单击工具栏上的 “保存” 按钮，保存拓扑文档。



在本项目，我们主要学习了以下知识：什么是计算机网络以及计算机网络的主要功能；通过对计算机网络发展历程进行的叙述，我们知道到目前为止，Internet 正逐渐走向成熟；一个典



型的计算机网络可以分为资源子网和通信子网两部分，主要由计算机系统、数据通信系统、网络软件三大部分组成；按照网络覆盖的地理范围，可以将计算机网络分为局域网、城域网、广域网3种；计算机网络的3种传播技术，即广播、组播和单播；计算机常见的5种拓扑结构，包括总线型、星型、环型、树型和网状型；数据通信技术基础知识。在计算机网络发展新技术小节，我们对物联网、5G技术、云计算、大数据这4个近些年来十分热门的技术分别进行了简要的介绍。特别是通过5G技术的介绍，我们了解了我国5G技术发展现状及对世界的贡献。

通过项目实训，我们初步认识了二层交换机、三层交换机、路由器和防火墙等网络设备；学会了使用Visio 2021绘制网络拓扑图；通过使用eNSP搭建基础网络，基本掌握了eNSP仿真平台的使用方法。



一、填空题

1. 按照覆盖的地理范围，计算机网络可以分为_____、_____和_____。
2. 建立计算机网络的主要目的是_____。
3. 计算机网络系统的逻辑结构包括_____和_____两部分。
4. 常见的传输介质有_____和_____两大类。

二、简答题

1. 什么是计算机网络？
2. 什么是网络拓扑结构？计算机网络有哪些拓扑结构，各有什么优缺点？
3. 计算机网络的发展经过了哪几个阶段？
4. 简单说明数据通信中的单工、半双工、全双工通信的区别。
5. 计算机网络可以应用于哪些领域？请举例说明。