

★ 服务热线: 400-615-1233
★ 配套精品教学资料包
★ www.huatengedu.com.cn



计算机网络技术 基础与实训 (第3版)

JISUANJI WANGLUO JISHU JICHU YU SHIXUN

高等职业教育计算机系列创新教材

计算机网络技术基础与实训 (第3版)
主编 董明 谢娜娜 罗少甫

北京邮电大学出版社



X-A

ISBN 978-7-5635-6578-8



9 787563 565788 >

定价: 49.90元

策划编辑: 高 锐
责任编辑: 边丽新
封面设计: 刘文东

高等职业教育计算机系列创新教材

计算机网络技术 基础与实训 (第3版)

主编 董明 谢娜娜 罗少甫



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



高等职业教育计算机系列创新教材

计算机网络技术

基础与实训 (第3版)

主 编 董 明 谢娜娜 罗少甫
副主编 龙 颖 尹浩博



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书共分10个模块,全面介绍了网络基础概论、计算机网络体系结构、局域网技术、小型局域网方案设计、小型企业网方案设计、网络操作系统基本配置与管理、网络服务器配置与管理、网络安全、网络故障诊断与排除、Internet的应用等知识。

本书适合高等职业教育计算机及相关专业学生使用,也可以作为相关人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络技术基础与实训 / 董明, 谢娜娜, 罗少甫主编. -- 3版. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2021. 11(2024. 6重印)

ISBN 978-7-5635-6578-8

I. ①计… II. ①董… ②谢… ③罗… III. ①计算机网络—高等职业教育—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2021)第 255880 号

策划编辑: 高 锐 责任编辑: 边丽新 封面设计: 刘文东

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号

邮政编码: 100876

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 17 插页 1

字 数: 352 千字

版 次: 2021 年 11 月第 3 版

印 次: 2024 年 6 月第 4 次印刷

ISBN 978-7-5635-6578-8

定 价: 49.90 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

服务电话:400-615-1233

第3版前言

P R E F A C E

计算机网络技术是计算机技术、通信技术以及电子信息技术等多个学科交叉的信息科学技术,随着通信技术的飞速发展,计算机网络技术也得到了更加广泛的应用。

本书第1版于2013年1月出版,之后多次重印,受到了众多院校师生的欢迎。本书第2版于2018年6月出版,被国内多所院校使用,取得了较好的社会效果。随着计算机和网络技术的飞速发展,编者结合近几年课程教学改革的实践和广大读者的反馈意见,在保留原书特色的基础上对教材进行了全面修订,修订的主要工作如下。

(1)修改与完善了计算机网络技术基础的理论部分,如增加了IPv6、5G网络等内容。

(2)更新了常用的Internet接入方式。

(3)将网络图绘制工具的版本升级为Visio 2016。

(4)将网络操作系统的版本升级为Windows Server 2019。

(5)修改并新增了部分实训题目。

(6)对本书前两版存在的一些问题加以校正。

(7)设置“思政园地”栏目,将课程思政的要点有机融入专业知识点中,引导学生学会思考、学习做人,以实现教材的价值引领和育人功能。

全书坚持实用知识和技术实践相结合的原则,侧重理论联系实际,结合高等职业教育教学的特点,注重职业能力的培养。

本书具有如下一些特色。

(1)本书按照“什么是网络”—“如何组建网络”—“如何管理网络”—“如何应用网络”的顺序编排内容,符合人们的逻辑思维习惯和认知规律,能够帮助读者更好地理解 and 运用所学知识。

(2)本书按照“必备知识”—“扩展知识”—“实训”—“思考与练习”的结构组织框架,兼顾理论讲解与实践操作,实现理实结合。

(3)本书注重新知识、新技术的讲解,吸收了具有丰富实践经验的企业技术人员参与教材的编写,与企业行业密切联系,保证教材内容紧跟行业

技术发展动态。

(4) 本书配备有丰富的教学资源,可供教师教学和学生使用。

本书推荐学时安排见下表。

模 块	内 容	学时安排
1	网络基础概论	4
2	计算机网络体系结构	4
3	局域网技术	6
4	小型局域网方案设计	8
5	小型企业网方案设计	8
6	网络操作系统基本配置与管理	8
7	网络服务器配置与管理	8
8	网络安全	6
9	网络故障诊断与排除	4
10	Internet 的应用	4
总计		60

本书由重庆航天职业技术学院董明、谢娜娜和罗少甫任主编,重庆航天职业技术学院龙颖、尹浩博任副主编。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

第1版前言

P R E F A C E

计算机网络的飞速发展,使得我们对计算机网络相关知识的学习需求越来越紧迫。已出版的高职高专计算机网络(基础)教材大部分是按照计算机网络体系结构(或简化版的计算机网络体系结构)编写的,偏重于理论,对于实际的技能操作仅仅是在每章最后部分添加一些实训指导而已,不符合高职高专人才培养目标,不能满足职业教育的需要。

本书共分10个模块。全面介绍了网络基础概论、计算机网络体系结构、局域网技术、小型局域网方案设计、小型企业网方案设计、网络操作系统基本配置与管理、网络服务器配置与管理、网络安全、网络故障诊断与排除、Internet的应用等知识。

本书主要特色如下。

(1)按照“什么是网络”—“如何组建网络”—“如何管理网络”—“如何应用网络”的方式编写,符合人类的逻辑思维习惯,能够更好地被读者理解和接受。

(2)将计算机网络的知识融入10个模块中,每个模块都通过问题引导的方式来让读者加深对网络的了解。

(3)为了扩展读者的视野,每个模块增加了扩展知识。

(4)书中每个模块都有针对性地设置了实训版块,使读者摆脱枯燥的纯理论学习,适应教学发展需要,锻炼读者的实际操作能力。

(5)书中提供了丰富的习题,供学生课后练习使用,以达到巩固所学知识的目的。

本书由刘自昆和董明任主编,由罗少甫、王军川、舒蕾任副主编。全书由刘自昆统稿。本书在编写过程中,得到了重庆航天职业技术学院诸多同仁的大力支持和帮助,得到了信息中心黄诚主任和实训中心杨光老师的鼎力帮助,编者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请读者指正。

编者

目 录

C O N T E N T S

模块 1 网络基础概论 1

本模块学习前的思考点	1
1.1 必备知识	1
1.2 扩展知识	11
1.3 实训	27
1.4 思考与练习	32

模块 2 计算机网络体系结构 33

本模块学习前的思考点	33
2.1 必备知识	33
2.2 扩展知识	43
2.3 实训	52
2.4 思考与练习	58

模块3 局域网技术 59

本模块学习前的思考点	59
3.1 必备知识	59
3.2 扩展知识	68
3.3 实训	72
3.4 思考与练习	75

模块4 小型局域网方案设计 77

本模块学习前的思考点	77
4.1 必备知识	77
4.2 扩展知识	87
4.3 实训	92
4.4 思考与练习	95

模块5 小型企业网方案设计 97

本模块学习前的思考点	97
5.1 必备知识	97
5.2 扩展知识	107
5.3 实训	118
5.4 思考与练习	120

模块6 网络操作系统基本配置与管理 122

本模块学习前的思考点	122
6.1 必备知识	122
6.2 扩展知识	139
6.3 实训	144
6.4 思考与练习	145

模块7 网络服务器配置与管理 146

本模块学习前的思考点	146
7.1 必备知识	146
7.2 扩展知识	188
7.3 实训	193
7.4 思考与练习	201

模块8 网络安全 203

本模块学习前的思考点	203
8.1 必备知识	203
8.2 扩展知识	211
8.3 实训	216
8.4 思考与练习	223

模块 9 网络故障诊断与排除 225

本模块学习前的思考点	225
9.1 必备知识	225
9.2 扩展知识	236
9.3 实训	238
9.4 思考与练习	240

模块 10 Internet 的应用 241

本模块学习前的思考点	241
10.1 必备知识	241
10.2 扩展知识	252
10.3 实训	257
10.4 思考与练习	261

参考文献 263

模块 1

网络基础概论

本模块学习前的思考点

- 什么是计算机网络？
- 计算机网络是如何产生的？
- 计算机网络由哪些部分组成？
- 如何通过软件来画网络拓扑图？
- 网络新的发展方向有哪些？

1.1

必备知识

1.1.1 认知计算机网络

计算机网络是现代通信技术与计算机技术相结合的产物。它的发展不仅促进了人类社会的信息化和全球经济一体化,也改变了人们的生活习惯。

随着计算机网络本身的发展,人们对计算机网络这个概念的理解和定义提出了各种不同的观点。

对计算机网络最简单的定义:一些相互连接的、以共享资源为目的的、自治的计算机的集合。

另外,从逻辑功能来看,计算机网络是以传输信息为基础目的的,用通信线路将多个计

计算机连接起来的计算机系统的集合。一个计算机网络组成包括传输介质和通信设备。

从用户角度来看,计算机网络的定义为:存在一个能为用户自动管理的网络操作系统,由它调用用户需要的资源,而整个网络像一个大的计算机系统一样,对用户是透明的。

综上所述,计算机网络的定义为:把分布在不同地理区域的计算机与专门的外部设备用通信线路互连成一个规模大、功能强的系统,从而使众多的计算机可以方便地互相传递信息,共享硬件、软件、数据信息等资源。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。

从定义中可以看出计算机网络包含如下几个核心问题。

- (1)至少有两台计算机互连。
- (2)通信设备与线路介质。
- (3)网络软件、通信协议和网络操作系统。

1.1.2 了解计算机网络的发展过程

为了更好地理解网络的概念,这里首先了解计算机网络的发展过程。计算机网络是现代通信技术与计算机技术相结合的产物,一直以来它们紧密结合,相互促进,相互影响,共同推进计算机网络的发展。图 1-1 所示为计算机网络发展演进图。

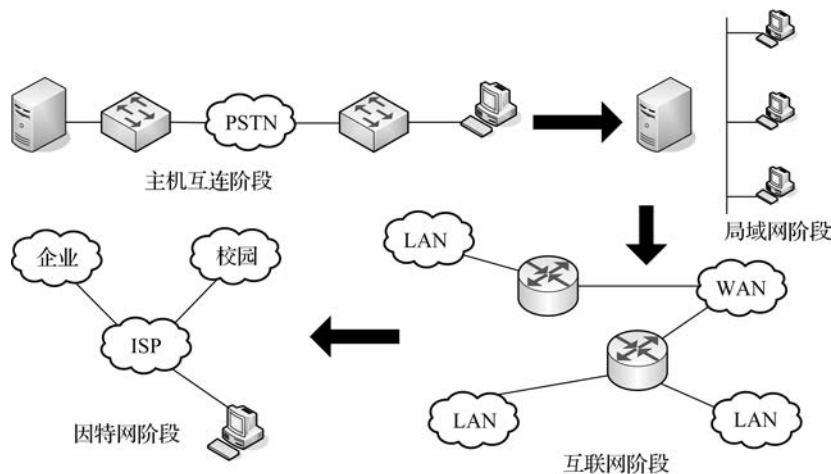


图 1-1 计算机网络发展演进图

1. 主机互连阶段

这种产生于 20 世纪 60 年代初期,基于主机之间的低速串行连接的联机系统是计算机网络的雏形。在这种早期的网络中,终端借助电话线路访问计算机,由于计算机发送/接收的为数字信号,电话线传输的是模拟信号,这就要求在终端和主机间加入调制解调器(modem,俗称“猫”),进行数/模间的转换。

在这种连接中,计算机是网络的中心,同时是控制者。这是一种非常原始的计算机网络。它的主要任务是通过远程终端与计算机的连接,提供应用程序执行、远程打印和数据服务等功能。

2. 局域网阶段

20世纪70年代,随着计算机体积减小、价格下降,出现了以个人计算机为主的商业计算模式。商业计算的复杂性要求大量终端设备的资源共享和协同操作,促进了对本地大量计算机设备进行网络化连接的需求,局域网由此产生。

局域网技术——以太网就是在此时期产生的。1973年,Xerox(施乐)公司的 Robert Metcalfe 博士(以太网之父)提出并实现了最初的以太网。后来,DEC、Intel 和 Xerox 合作制定了一个产品标准,该标准最初以这三家公司名称的首字母命名,称为 DIX 以太网。另外还有一些流行的 LAN 技术,如 IBM 的令牌环技术等。

3. 互联网阶段

由于单一的局域网无法满足对网络的多样性需求,20世纪70年代后期,广域网技术逐渐发展起来,以便将分布在不同地域的局域网互相连接起来。1983年,ARPANET 采用传输控制协议(transmission control protocol,TCP)和因特网协议(Internet protocol,IP)作为其主要的协议簇,使大范围的网络互连成为可能。

4. 因特网阶段

20世纪80年代到90年代是网络互连发展时期。在这一时期,ARPANET 网络的规模不断扩大,将全球无数公司、校园、因特网服务提供商(Internet service provider,ISP)和个人用户联系起来,最终演变成今天的几乎延伸到全球每一个角落的 Internet。1990年,ARPANET 正式被 Internet 取代,退出了历史舞台。越来越多的机构、个人参与到 Internet 中来,使得 Internet 获得了高速发展。

《世界互联网发展报告 2020》显示:2020年全球互联网用户数约为 45.4 亿,普及率达 59%,比 2019 年增长了近 3 亿。网络已经成为名副其实的世界上信息资源最丰富的信息资源库。网络被认为是未来全球信息高速公路的雏形。

1.1.3 认识计算机网络的组成

由于网络是计算机技术和通信技术相互结合而成的,网络组成与通信技术和计算机技术都有联系。除此之外,网络的组成还必须匹配相应的网络软件系统。

1. 典型计算机网络的组成

典型的计算机网络由计算机系统、数据通信系统、网络软件及协议三大部分组成。

(1)计算机系统。计算机系统是网络的基本模块,它作为网络中的一个节点,为网络内的其他计算机提供共享资源。在网络中,按照用途计算机系统可分为服务器(server)和客户机(client)。

①服务器。服务器是网络环境中的高性能计算机,它侦听网络上的其他计算机(客户机)提交的服务请求,并提供相应的服务。为此,服务器必须具有承担服务并保障服务的能力。相对于普通 PC 来说,服务器在稳定性、安全性、性能等方面都有更高的要求,因此服务器的 CPU、芯片组、内存、磁盘系统、网络等硬件和普通 PC 有所不同。

②客户机。简单来说,客户机就是用户使用的计算机,它在网络中数量大、分布广。

在网络中对服务器和客户机没有特别的区分,对于一台计算机来说,如果作为信息的提供者,那它就是服务器;如果作为信息的使用者,就它就是客户机。

(2)数据通信系统。在计算机网络中,数据通信系统的任务是把数据源计算机所产生的数据迅速、可靠、准确地传输到目的计算机或专用外设。

从计算机网络技术的组成来看,一个完整的数据通信系统一般由数据终端设备、通信控制器、通信信道和网络互连设备几部分组成。

①数据终端设备。数据的生成者和使用者,它根据协议控制通信的功能。最常用的数据终端设备就是网络中的计算机。当然随着网络的发展,数据终端设备还可以是网络中的手机、PDA 等。

②通信控制器。它除能进行通信状态的连接、监控和拆除等操作外,还可接收来自多个数据终端设备的信息,并转换信息格式。例如,最常见的网卡就是通信控制器。

③通信信道。通信信道是信息在信号变换器之间传输的通道。例如,电话线路等模拟通信信道、专用数字通信信道、宽带电缆和光纤等。

④网络互连设备。网络互连设备就是一种在物理上把两种网络连接起来,实现一种网络与另一种网络互访与通信,解决它们之间协议方面的差别,处理速率与带宽的差别,处理数据信号的变换等功能的设备,主要包括中继器、网桥、路由器、桥由器、网关、集线器、交换机和调制解调器。

(3)网络软件及协议。网络软件及协议指在计算机网络环境中用于支持数据通信和各种网络活动的软件。通常根据系统本身的特点、能力和服务对象为连入计算机网络的系统配置不同的网络应用系统。软件及协议是为了本机用户共享网络中其他系统的资源,或是为了把本机系统的功能和资源提供给网络中其他用户使用。为此,每个计算机网络都制定了一套全网共同遵守的网络协议,并要求网络中每个主机系统配置相应的协议软件,以确保网络中不同系统之间能够可靠、有效地相互通信和合作。

2. 计算机网络的逻辑组成

从计算机系统功能上看,网络主要完成网络通信与资源共享。通常,人们把负责网络通信的部分称为通信子网,把负责实现资源共享的部分称为资源子网。因此,可以把网络看成由通信子网与资源子网组成,如图 1-2 所示。

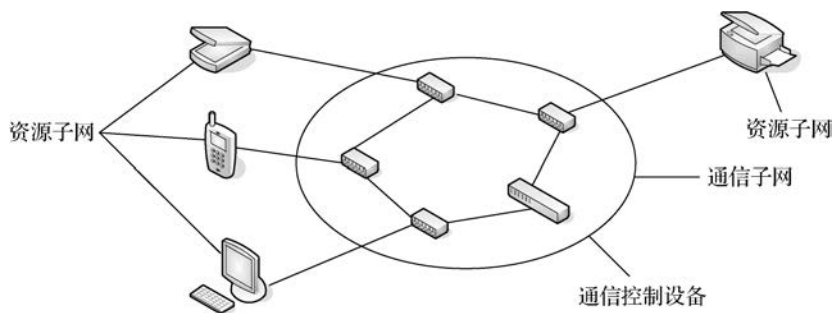


图 1-2 计算机网络的资源子网和通信子网

(1)资源子网。资源子网主要由服务器、工作站、共享设备(打印机、网络硬盘)、各种软件资源与信息资源组成。资源子网负责全网的数据处理,向网络用户提供各种网络资源与网络服务。

(2)通信子网。通信子网主要由网络适配器(网卡)、集线器、交换机、路由器、传输介质及相关软件组成,主要完成网络数据传输、转发等通信处理任务。

若用户只访问本地计算机,则只在资源子网内部进行,无需通过通信子网。若用户要访问异地计算机资源,则必须通过通信子网。

1.1.4 了解计算机网络的结构

网络拓扑结构是指用传输媒体互连各种设备的物理布局。将参与网络工作的各种设备用媒体互连在一起有多种方法,但实际上只有几种方式能适合网络的工作。

如果一个网络只连接几台设备,最简单的方法是将它们直接连在一起,这种连接称为点对点连接。用这种方式形成的网络称为全互连网络,如图 1-3 所示。

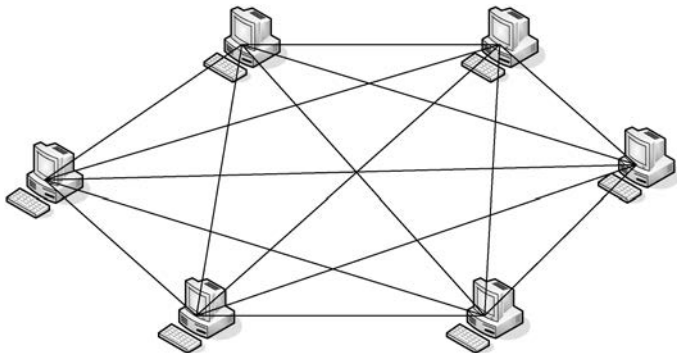


图 1-3 全互连网络拓扑图

图中有 6 个设备,在全互连情况下,需要 15 条传输线路。如果要连接的设备有 n 个,则所需线路将达到 $n(n-1)/2$ 条。显而易见,这种方式只有在涉及地理范围不大、设备数很少的条件下才有使用的可能,在其他情况下使用则会花费大量人力和物力。常见的拓扑结构是当需要通过互连设备(如路由器)互连多个网络时,将有可能遇到的互连技术。目前,大多数网络使用的拓扑结构有星型拓扑结构、环型拓扑结构和总线型拓扑结构。

1. 星型拓扑结构

星型拓扑结构是最古老的一种连接方式,人们每天都使用的电话就属于这种结构,如图 1-4 所示。其中,图 1-4(a)所示为电话网的星型结构,图 1-4(b)所示为目前使用最普遍的以太网(Ethernet)星型结构,处于中心位置的网络设备称为集线器,英文名称为 Hub。



动画
星型拓扑结构

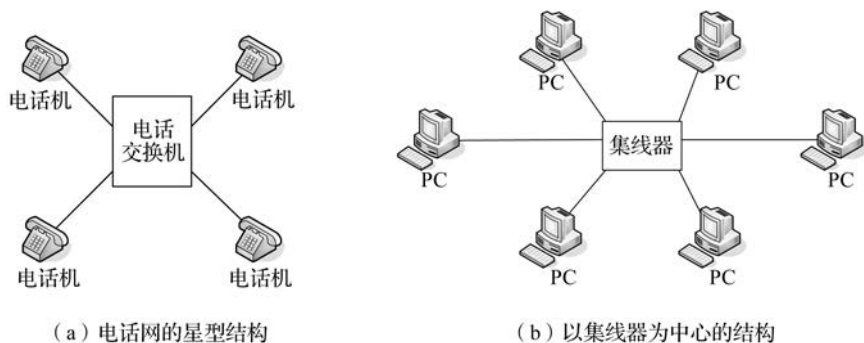


图 1-4 星型拓扑结构

这种结构是由中央节点和通过点到点通信链路连接到中央节点的各个站点组成的，中央节点控制全网的通信，其中任何两个节点之间的通信都必须通过中央节点。星型结构的中央节点一般是交换机或集线器。中央节点执行集中式通信控制策略，因此，中央节点相当复杂，而各个站点的通信负担都比较小。

(1) 星型拓扑结构的优点。

①控制简单。任何一个站点只和中央节点相连，因此介质访问控制很简单，访问协议也非常简单。

②故障诊断和隔离容易。中央节点可以对线路逐一隔离进行故障检测和定位，单个连接点故障不影响整个网络。

③配置方便。中央节点可以方便地为各个站点提供服务，或者重新配置网络。

(2) 星型拓扑结构的缺点。

①电缆长度和安装费用高。因为每个站点直接连接到中央节点，所以这种拓扑结构需要大量电缆。电缆维护、安装等会产生高额费用。

②扩展困难。如果要增加新的站点，就要增加到中央节点的连接。

③过于依赖中央节点。若中央节点产生故障，则全网不能工作，因此对中央节点设备的可靠性和冗余度要求非常高。

2. 环型拓扑结构

环型拓扑结构在网络中使用较多。这种结构中的传输媒体从一个站点到另一个站点，直到将所有站点连成环型，如图 1-5 所示。这种结构显然消除了站点通信时对中心系统的依赖性。

环型拓扑结构的优点如下。

(1) 电缆长度短。因为所有的站点都连接到一个公共数据通路，所以只需要很短的电缆，减少了安装费用，易于布线和维护。

(2) 可用光纤。光纤的传输速度快，环形拓扑是单方向传输，光纤传输介质十分适用。

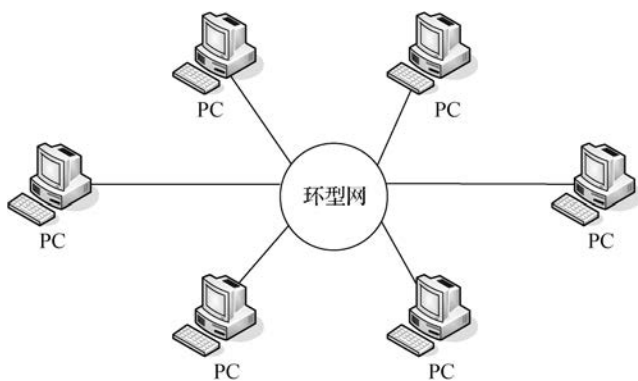


图 1-5 环型拓扑结构

3. 总线型拓扑结构

总线型拓扑结构是使用同一媒体或电缆连接所有站点的一种方式,也就是说,连接站点的物理媒体由所有设备共享,如图 1-6 所示。使用这种结构必须解决的一个问题是确保站点使用媒体发送数据时不能出现冲突。在点到点链路配置时,这是相当简单的。如果这条链路是半双工操作,只需使用很简单的机制便可保证两个站点轮流工作。在一点到多点方式中,对线路的访问依靠控制端的探询来确定。然而,在网络环境下,由于所有数据站都是平等的,因而不能采取上述机制。对此,人们研究出一种在总线共享型网络中使用的媒体访问方法:带有冲突检测的载波侦听多路访问,英文缩写为 CSMA/CD。

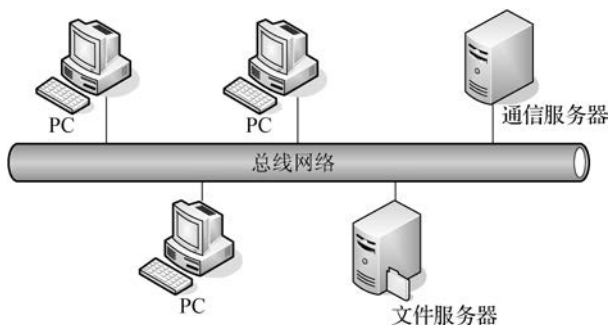


图 1-6 总线型拓扑结构



动画
总线型拓扑
结构

(1) 总线型拓扑结构的优点。

- ① 电缆长度短,容易布线。总线型拓扑结构和环型拓扑结构相似,所用电缆比星型拓扑结构要短得多。
- ② 可靠性高。总线的结构简单,又是无源元件,从硬件的观点看十分可靠。
- ③ 易于扩充。当需要增加新的站点时,只需要在总线的任何节点处接入,如需要增加长度,可通过中继器扩展。

(2) 总线型拓扑结构的缺点。

- ① 所有的数据都需经过总线传送,总线成为整个网络的“瓶颈”。

②总线的传输距离有限,通信范围受影响。

在实际网络设置过程中,经常需要把几种拓扑结构综合在一起运用。

1.1.5 熟悉计算机网络的分类

计算机网络可按不同的标准进行分类。

(1)从网络节点分布来看,计算机网络可分为局域网(local area network, LAN)、广域网(wide area network, WAN)和城域网(metropolitan area network, MAN)。

①局域网是一种在小范围内实现的计算机网络,一般在一个建筑物内,或一个工厂、一个事业单位内部,为单位独有。局域网距离可在十几千米以内,信道传输速率可达1~20 Mb/s,结构简单,布线容易。

②广域网范围很广,可以分布在一个省内、一个国家或几个国家。广域网信道传输速率较低,一般小于0.1 Mb/s,结构比较复杂。

③城域网是在一个城市内部组建的计算机信息网络,提供全市的信息服务。目前,我国许多城市正在建设城域网。

(2)计算机网络按交换方式可分为线路交换网络(circuit switching)、报文交换网络(message switching)和分组交换网络(packet switching)。

①线路交换最早出现在电话系统中,早期的计算机网络就是采用此方式来传输数据的,数字信号经过变换成为模拟信号后才能在线路上传输。

②报文交换是一种数字化网络。当通信开始时,源机发出的一个报文被存储在交换器中,交换器根据报文的目的地地址选择合适的路径发送报文,这种方式称为存储-转发方式。

③分组交换也采用报文传输,但它不是以不定长的报文作为传输的基本单位,而是将一个长的报文划分为许多定长的报文分组,以分组作为传输的基本单位。这不仅大大简化了对计算机存储器的管理,而且加速了信息在网络中的传播速度。分组交换优于线路交换和报文交换,具有许多优点,因此它已成为计算机网络的主流。

(3)计算机网络按服务方式可分为客户机/服务器网络、对等网。

①客户机/服务器网络就是一种基于服务器的网络,基于服务器的网络提供了更好的运行性能,且可靠性也有所提高。在基于服务器的网络中,不必将工作站计算机的磁盘与人共享。当需要共享时,就必须把文件复制到服务器的磁盘上,这样别人才可以访问。它的典型应用是数据库的应用。

②对等网采用分散管理的方式,网络中的每台计算机既可作为客户机,又可作为服务器来工作,每个用户要管理自己机器上的资源。

(4)计算机网络按传输介质可分为同轴电缆网络、双绞线网络、卫星网络和无线网络。网络传输介质就是通信线路。目前常用同轴电缆、双绞线、光纤、卫星、微波等有线或无线传输介质,相应的网络就分别称为同轴电缆网、双绞线网、卫星网、无线网等。

(5)计算机网络按网络拓扑结构可分为星型网络、环型网络和总线型网络。

1.1.6 网络图绘制工具 Visio

绘制网络拓扑结构图是锻炼动手能力的重要内容。有很多种软件以及方法可以用来绘制网络拓扑图,而在实际应用中,Microsoft Office Visio 是一个不错的选择。该软件易学、易懂,使用方便,是一款对网络设计人员非常实用的工具。

Visio 公司的创始人是来自阿图斯公司的几个程序员。他们于 1990 年在西雅图成立了 Shapeware 公司(1995 年公司更名为 Visio),并于 1992 年发布了 Visio 1.0。该程序取得了成功,并相继开发了 2.0、3.0、4.0 和 5.0 版本。1999 年,微软公司并购了 Visio 公司,差不多在同一时间发布了 Visio 2000 软件产品,该产品支持多种微软技术。它和 Microsoft Word、Microsoft Excel 等系列产品很相像。

Microsoft Office Visio 2016 可以创建具有专业外观的图表,以易于理解、记录和分析信息、数据、系统和过程,便于 IT 和商务专业人员就复杂信息、系统和流程进行可视化处理、分析和交流。使用具有专业外观的 Microsoft Office Visio 2016 图表可以促进对系统和流程的了解,深入探索复杂信息并利用这些知识做出更好的业务决策。

安装和激活 Microsoft Office Visio 2016 非常简单。这里我们以安装 Visio 简化版为例进行讲解。

(1)运行 Visio 2016 安装程序,选中“我接受此协议的条款”复选框,然后单击“继续”按钮,如图 1-7 所示。

(2)在弹出的“选择所需的安装”界面中,用户可自主选择“立即安装”或“自定义”安装,如图 1-8 所示。

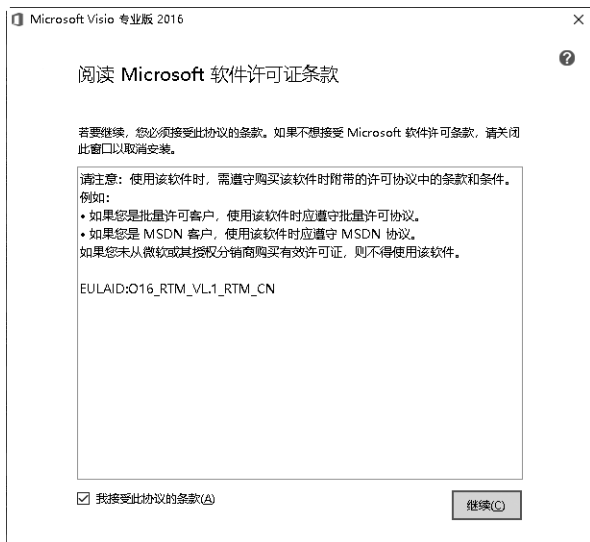


图 1-7 软件许可证条款界面



图 1-8 自主选择安装界面

(3) 这里单击“立即安装”按钮，软件将开始安装进程，并进入“安装进度”界面，如图 1-9 所示。

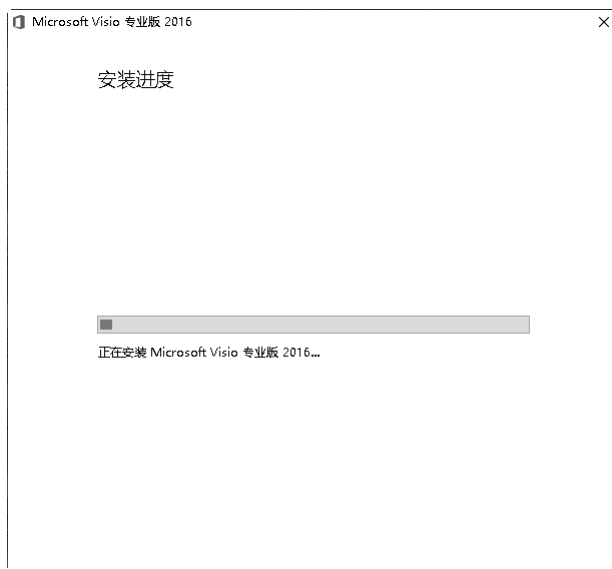


图 1-9 “安装进度”界面

(4) 安装完成后单击“关闭”按钮。

1.2

扩展知识

1.2.1 第五代移动通信技术

第五代移动通信技术(5G)网络指的是在移动通信网络发展中的第五代网络,与之前的第四代移动通信网络相比,5G网络在实际应用过程中表现出更加强大的功能,并且理论上其传输速度每秒钟能够达到数十千兆,是4G移动网络的几百倍。

5G网络属于当前一种新型的网络方式,其普及率比较低,仍需进一步研究及发展。对于任何一种网络而言,网络安全问题都是十分重要的影响因素,对于5G网络同样如此。作为5G网络研究人员,应当对5G网络安全加强认识和重视,积极解决5G网络安全问题,把握其发展方向,实现更理想的发展,使其能够得到越来越广泛的应用。

1.5G发展简史

1)1G时代

第一代移动通信标准1G是由摩托罗拉公司创造的,注意是创造标准,不是制定标准。

1G本来始于“二战”期间美国的军方项目,1940年起,摩托罗拉深度参与这个军用移动通信项目,当时的通信设备在今天来看庞大笨拙,大概有5磅重,但是实现了在同一个终端设备上的“收”和“发”。

这个设备需要两个军人配合才能使用一台收发机,而且它的通信范围很小,但足够让美国在“二战”的通信上取得巨大的优势,如图1-10所示。之后,摩托罗拉研制出更小的对讲机,这已经是我们早期使用的“大哥大”的雏形了,这个设备有长长的天线,但是通信范围依然很小,最多能覆盖1 km内的无线通信,如图1-11所示。由于军方项目上的技术优势,摩托罗拉在20世纪80年代引领了移动通信的商用时期,摩托罗拉当然也就成了1G时代的霸主。



图 1-10 美军“二战”时期的移动通信设备(初始)



图 1-11 美军“二战”时期的移动通信设备(后期)

2)2G 时代

1G 是模拟电路,2G 是数字电路。在数字电路的应用下,一个小小的芯片就能替代模拟电路的几十个芯片,所以 2G 时代手机变小,更加便携。在 1G 民用时期,诺基亚开始提前布局,研发 2G 通信设备和新的通信标准,并在 20 世纪 90 年代投入使用。仅仅经历了 10 年,摩托罗拉便失去了自己的霸主地位,2G 时代是诺基亚主导的时期,如图 1-12 所示。

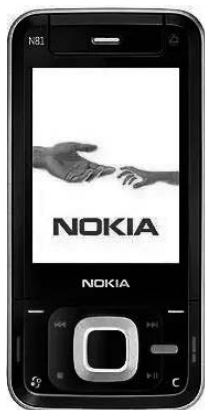


图 1-12 2G 时代的诺基亚手机

为什么 1G 时代的霸主摩托罗拉在 2G 时代就没落了? 这个原因就在标准,统一的通信标准是非常重要的,在对待标准的态度上,欧洲和美国选择了不同的道路。熟悉通信发展历程的人应该都知道,美国在 2G 时代有三个通信标准,互相竞争。中国当时也有两种制式:GSM 和 CDMA。而欧洲的通信运营商和设备商抱团取暖,统一了通信标准,也就是 GSM。通信行业是一个典型的网络效应很强的行业,统一的标准大大节约了兼容成本。这给了诺基亚一个反超的机会。从诺基亚 2G 称霸的过程可以看出通信行业中标准的重要性。

3)3G 时代

随着 3G 网络的覆盖,诺基亚作为一代巨头黯然离场。苹果手机起初看起来只是一个大屏幕的手机,随着各种应用的开发以及 3G 网络速率的提升,移动互联网有了更大的空间,从各个方面改变了每个人的生活。操作系统之战以谷歌公司的安卓系统和苹果公司的 iOS 系

统胜出告终，塞班、黑莓、微软的视窗接连离场。开发者的开发成本降低，这为移动互联网的飞速发展提供了便利。

相比于 2G, 3G 的改进主要是从语音通信到数据传输。2G 时代的通信方式主要是打电话、发短信，无线上网速度非常慢。3G 时代的数据传输速度提升了 40 倍，但是语音通信网络和数据传输网络依然是分开的。语音传输的路径非常麻烦，如图 1-13 所示，A 想给 B 打电话需要经过很长的物理路径，沿着虚线路径，经过 8 个阶段才能把语音传输到 B，2G 和 3G 的语音过程都是这样。

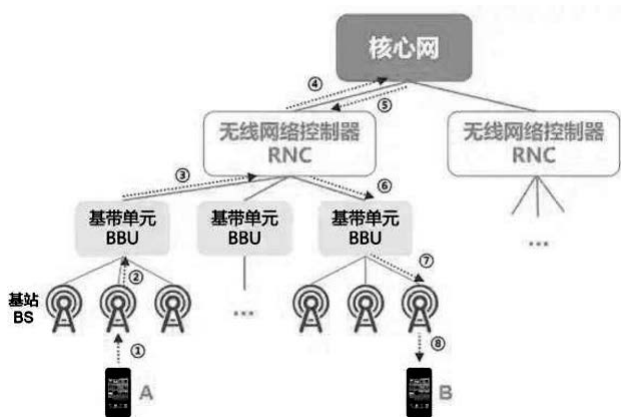


图 1-13 2G 和 3G 时期的语音通信原理

而且 3G 时代基站之间的通信需要多次转接，通信效率较低，网速虽然比 2G 有质的飞跃，但是很多需要高速传输的应用场景仍然无法实现。

4) 4G 时代

4G 时代依然是苹果公司一统天下，苹果公司也成为继中石油之后第二个市值突破万亿美元的公司。但同时，4G 也给了一些新兴公司发展的机会，包括移动支付领域的支付宝和微信支付；设备商、终端商如华为和小米；移动互联网如字节跳动（今日头条、抖音）、滴滴出行、美团外卖、移动电商拼多多等。这些现在蓬勃发展的公司无一不是 4G 时代下的产物，一批时代的现象级企业崛起了。

与 3G 相比，4G 主要在以下三个方面做了改进。

首先，网络结构扁平化了，端到端的通信转发次数变少了，如图 1-14 所示。

其次，基站之间的光纤带宽变宽。

第三，4G 网络同时应用了互联网和电信网络的技术进步。前面提到 3G 时期语音和数据的传输网络是分开的，到 4G 才实现了真正的统一。这让 4G 的网络速度得到了大幅提升。

4G 的理论网速已经很快了，大部分民用场景基本够用了。所以在 4G 时期，一系列基于手机端的应用场景都得到了实现，人们的生活越来越便捷。

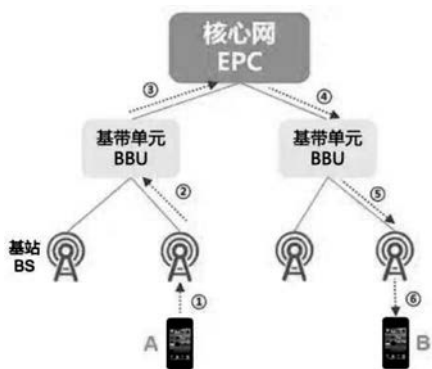


图 1-14 4G 通信网络较 3G 扁平化

但 4G 有一个硬伤:网络拥塞。例如,参加演唱会、大型会议或集中的考试时,手机上网基本是不可能的。因为在这个集中地带,大家都抢着与同一个基站通信,一个 4G 基站的覆盖半径大概是 1 km。香农第二定律告诉我们:信息传输率超过了信道容量,就不可能实现可靠的传输。这时的出错率是 100%,是大家都出错,而不是个别人能传输成功。这是在人群聚集情况下面临的问题,未来是万物互联的时代,智能终端的数量会呈指数级增长,每个智能终端都会有一个 SIM 卡要与基站通信。这时可想而知,网络瘫痪是必然的。所以 4G 网络的缺陷是万物互联的瓶颈。

5)5G 时代

从之前的 1G 到 4G 的发展过程中,都会给出新的发展机会。有些来自标准层,如摩托罗拉、诺基亚、高通等,另一些机会则来自应用的场景,如阿里、微信、今日头条、美团、滴滴出行等。4G 的网络拥塞是因为信息的传输率大于信道容量,那么第一个解决方案就是加大带宽。表 1-1 是 4G 和 5G 的性能指标对比。

表 1-1 4G 和 5G 的性能指标对比

序号	性能指标	指标解释	4G	5G
1	峰值速率	单用户可获得最高传输速率	1 Gb/s	20 Gb/s
2	用户体验速率	真实网络环境下用户可获得的最低传输速率	10 Mb/s	100 Mb/s
3	移动性	满足一定性能要求时,收发双方最大相对移动速度	350 km/h	500 km/h
4	端到端时延	数据包从源节点开始传输到被目标节点正确接收的时间	10 ms	1 ms
5	连接数密度	单位面积上支持的在线设备总和	$10 \times 10^4 / \text{km}^2$	$10 \times 10^5 / \text{km}^2$
6	区域流量容量	单位区域的总流量	$0.1 \text{ Mb}/\text{m}^2$	$10 \text{ Mb}/\text{m}^2$
7	频谱效率	每小区或单位面积内,单位频谱资源提供的吞吐量	1 倍	3 倍
8	能源效率	每焦耳能量所能传输的比特数	1 倍	100 倍

5G的理论带宽是4G的20倍。这要把频段范围向上扩展。但是问题是,频段越高,就越容易被障碍物影响,所以要把基站建得足够密才行,在4G时期每2~3 km建一个基站,在5G时期,则是每200~300 m建一个基站。因为相对于4G时期1 km的覆盖范围,5G每个基站的覆盖半径大概只有100多米。这时,在每个基站覆盖半径从1 km降低到100多米的情况下,每个基站的覆盖人数能减少两个数量级,这样拥塞问题就解决了,而且给更多终端接入移动网络留下了空间,让未来的万物互联成为可能。

2. 5G 技术原理

三星电子通过研究和试验表明,在28 GHz的超高频段,以1 GB/s以上的速度,成功实现了传送距离在2 km范围内的数据传输。此前,世界上没有一个企业或机构开发出在6 GHz以上的超高频段实现每秒千兆级以上的数据传输技术,这是因为难以解决超高频波长带来的数据损失大、传送距离短等难题。

三星电子利用64个天线单元的自适应阵列传输技术使电波的远距离输送成为可能,并能实时追踪使用者终端的位置,实现数据的上下下载交换。超高频段数据传输技术的成功,不仅保证了更高的数据传输速度,也有效解决了移动通信波段资源几近枯竭的问题。

国际标准化组织3GPP定义了5G的三大应用场景。其中,eMBB(enhanced mobile broadband)指3D/超高清视频等大流量移动宽带业务,MMTC(massive machine type communications)指大规模物联网业务,uRLLC(ultra-reliable low-latency communications)指无人驾驶、工业自动化等需要低时延、高可靠连接的业务,如图1-15所示。

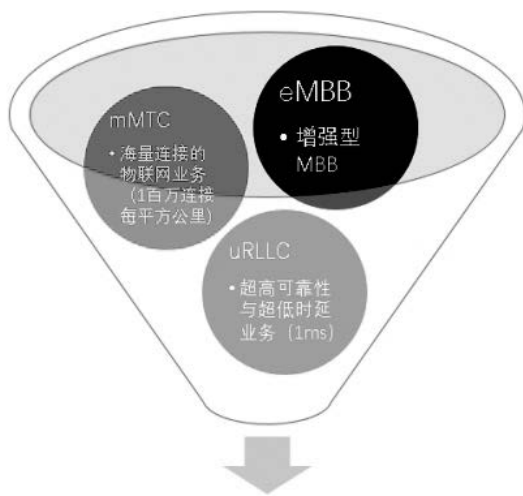


图 1-15 5G 三大应用场景

通过3GPP的三大应用场景定义可以看出,对于5G,世界通信企业的普遍看法是它不仅应具备高速度,还应满足低时延这样更高的要求,尽管高速度依然是它的一个组成部分。从1G到4G,移动通信的核心是人与人之间的通信,个人的通信是移动通信的核心业务。但是5G的通信不仅仅是人的通信,更是物联网、工业自动化、无人驾驶等业务被引入的人与物之间的通信,直至机器与机器之间的通信。

5G的三大应用场景显然对通信提出了更高的要求,不仅要解决一直需要解决的速度问题,把更高的速度提供给用户,而且对功耗、时延等提出了更高的要求,在一些方面已经完全超出了人们对传统通信的理解,把更多的应用能力整合到5G中。这就对通信技术提出了更高要求。

3. 5G的基本特点

1) 高速度

相对于4G,5G要解决的第一个问题就是高速度。网络速度提升,用户体验与感受才会有较大提高,网络面对VR和超高清业务时才能不受限制,对网络速度要求很高的业务才能被广泛推广和使用。因此,5G第一个特点就定义了速度的提升。

其实和每一代通信技术一样,确切说5G的速度到底是多少是很难的。一方面峰值速度和用户的实际体验速度不一样,不同的技术在不同时期的速度也会不同。对于5G的基站峰值要求不低于20 GB/s,当然这个速度是峰值速度,不是每一个用户的体验。随着新技术的使用,这个速度还有提升的空间。20 GB/s这样的速度,意味着用户可以每秒钟下载一部高清电影,也可能支持VR视频。这给未来对速度有很高要求的业务提供了机会和可能。

2) 泛在网

随着业务的发展,网络业务需要无所不包,广泛存在。只有这样才能支持更加丰富的业务,才能在复杂的场景上使用。泛在网有两个层面的含义:一个是广泛覆盖,另一个是纵深覆盖。

广泛是指人们社会生活的各个地方需要广覆盖,以前高山峡谷就不一定需要网络覆盖,因为生活的人很少,但是如果覆盖5G,可以大量部署传感器,进行环境、空气质量甚至地貌变化、地震的监测,这就非常有价值。5G可以为更多这类应用提供网络。

纵深是指在人们的生活中,虽然已经有网络部署,但是需要进入更高品质的深度覆盖。人们今天家中已经有了4G网络,但是家中的卫生间可能网络质量不是太好,地下停车库基本没信号,现在是可以接受的状态。5G的到来,可把以前网络品质不好的卫生间、地下停车库等都很好的5G网络广泛覆盖。

在一定程度上,泛在网比高速度还重要,只是建一个少数地方覆盖、速度很高的网络,并不能保证5G的服务与体验,而泛在网才是5G体验的一个根本保证。在3GPP的三大应用场景中没有讲泛在网,但是泛在的要求是隐含在所有场景中的。

3) 低功耗

5G要支持大规模物联网应用,就必须有功耗的要求。这些年,可穿戴产品有一定发展,但是遇到很多瓶颈,最大的瓶颈是体验较差。以智能手表为例,每天充电,甚至不到一天就需要充电。所有物联网产品都需要通信与能源,虽然今天通信可以通过多种手段实现,但是能源的供应只能靠电池。通信过程若消耗大量的能量,就很难让物联网产品被用户广泛接受。

如果能把功耗降下来,让大部分物联网产品一周充一次电,甚至一个月充一次电,就能大大改善用户体验,促进物联网产品的快速普及。eMTC 基于 LTE 协议演进而来,为了更加适合物与物之间的通信,也为了更低的成本,对 LTE 协议进行了裁剪和优化。eMTC 基于蜂窝网络进行部署,其用户设备通过支持 1.4 MHz 的射频和基带带宽,可以直接接入现有的 LTE 网络。eMTC 支持上下行最大 1 Mb/s 的峰值速度。而 NB-IoT 构建于蜂窝网络,只消耗大约 180 kHz 的带宽,可直接部署于 GSM 网络、UMTS 网络或 LTE 网络,以降低部署成本、实现平滑升级。

NB-IoT 其实基于 GSM 网络和 UMTS 网络就可以进行部署,它不需要像 5G 的核心技术那样重新建设网络,但是,虽然它部署在 GSM 和 UMTS 网络上,还是一个重新建设的网络,它的能力却是大大降低功耗,这也是为了满足 5G 对于低功耗物联网应用场景的需要。因此,和 eMTC 一样,NB-IoT 是 5G 网络体系的一个组成部分。

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,140 ms 的时延是可以接受的,但是如果这个时延用于无人驾驶、工业自动化就无法接受。5G 对于时延的最低要求是 1 ms 甚至更低,这就对网络提出严酷的要求。而 5G 是这些新领域应用的必然要求。

无人驾驶汽车,需要中央控制中心和汽车进行互连,车与车之间也应进行互连,在高速行驶中,一个制动,需要瞬间把信息送到车上做出反应,100 ms 左右的时间,车就会冲出几十米,这就需要在最短的时延中把信息送到车上,进行制动与车控反应。

无人驾驶飞机更是如此。例如,数百架无人驾驶飞机编队飞行,极小的偏差就会导致碰撞和事故,这就需要在极小的时延中把信息传递给飞行中的无人驾驶飞机。在工业自动化过程中,如果一个机械臂的操作要做到极精细化,保证工作的高品质与精准性,也需要极小的时延,最及时地做出反应。这些特征,在传统的人与人通信,甚至人与机器通信时,要求都不那么高,因为人的反应是较慢的,也不需要机器那么高的效率与精细化。而无论是无人驾驶飞机、无人驾驶汽车还是工业自动化,都是高速运行的,这就需要在高速中保证及时信息传递和及时反应,所以也就对时延提出了极高要求。

要满足低时延的要求,需要在 5G 网络建构中找到各种办法减少时延。因此,边缘计算这样的技术也会被应用到 5G 的网络架构中。

5) 万物互联

在传统通信中,终端是非常有限的,在固定电话时代,电话是以人群为定义的。而在手机时代,终端数量有了巨大爆发,手机是按个人应用来定义的。到了 5G 时代,终端不是按人来定义的,因为每人可能拥有数个终端。

2018 年,中国移动终端用户已经达到 14 亿,这其中以手机为主。而通信业对 5G 的愿景是 1 km² 可以支撑 100 万个移动终端。未来接入网络中的终端,不仅是今天的手机,还会有更多产品。可以说,人们生活中使用的每一种产品都有可能通过 5G 接入网络。例如,人

们的眼镜、手机、衣服、腰带、鞋子等都有可能接入网络,成为智能产品。家中的门窗、门锁、空气净化器、新风机、加湿器、空调、冰箱、洗衣机等也都可能进入智能时代。通过 5G 接入网络,人们的家庭便成为智慧家庭。

而社会生活中大量以前不可能联网的设备也会进行联网工作,更加智能。汽车、井盖、电线杆、垃圾桶这些公共设施,以前管理起来非常难,也很难做到智能化。而 5G 可以让这些设备都成为智能设备。

6) 重构安全

安全问题似乎并不是 3GPP 讨论的基本问题,但是它也应该成为 5G 的一个基本特点。

传统的互联网要解决的是信息高速度、无障碍地传输问题,自由、开放、共享是互联网的基本精神,但是在 5G 基础上建立的是智能互联网。智能互联网不仅要实现信息传输,还要建立起一个社会和生活的新机制与新体系。智能互联网的基本精神是安全、管理、高效、方便。安全是 5G 之后的智能互联网第一位的要求。假设 5G 建设起来却无法重新构建安全体系,那么会产生巨大的破坏力。

如果无人驾驶系统很容易被攻破,就会像电影上展现的那样,道路上汽车被黑客控制,智能健康系统被扰乱,大量用户的健康信息被泄露,智慧家庭被攻破,家中安全根本无保障。这种情况不应该出现,出了问题也不是通过修补就可以解决的。

在 5G 的网络构建中,在底层就应该解决安全问题,从网络建设之初,就应该加入安全机制,信息应该加密,网络也不应该是开放的,对于特殊的服务需要建立起专门的安全机制。即网络不是完全中立、公平的。例如,在网络保证上,普通用户上网,只有一套系统保证其网络畅通,用户可能会面临拥堵。但是智能交通体系需要多套系统保证其安全运行,保证其网络品质,在网络出现拥堵时,必须保证智能交通体系的网络畅通。而这个体系也不是一般终端用户可以接入实现管理与控制的。

4. 5G 优势

1) 5G 网络通信技术传输速度快

5G 网络通信技术是当前世界上最先进的一种网络通信技术。相比于现在被普遍应用的 4G 网络通信技术来讲,5G 网络通信技术在传输速度上有着非常明显的优势,其传输速度的提高在实际应用中优势明显,是一种高度和进步的体现。5G 网络通信技术应用在文件的传输过程中,传输速度的提高会大大缩短传输时间,对于工作效率的提高具有非常重要的作用。所以 5G 网络通信技术的应用会大大提高人类社会进步发展的速度。

2) 5G 网络通信技术传输的稳定性

5G 网络通信技术不仅做到了在传输速度上的提高,在传输的稳定性上也有突出的进步。5G 网络通信技术应用在不同的场景中都能进行很稳定的传输,能够适应多种复杂的场景。因此,5G 网络通信技术在现实生活中非常实用,其传输稳定性的提高使工作的难度大大降低,工作效率大大提高。

3) 5G 网络通信技术的高频传输技术

高频传输技术是 5G 网络通信技术的核心技术,正在被多个国家研究。目前,低频传输的资源越来越紧张,而 5G 网络通信技术需要更大的频率带宽,低频传输技术已经满足不了 5G 网络通信技术的工作需求,所以要更加积极、主动地去探索和开发。高频传输技术在 5G 网络通信技术的应用中起到了不可忽视的作用。

5. 5G 的发展前景

当前,全球多个国家已竞相展开 5G 网络技术开发,我国投入了大量资金用于 5G 网络技术的研发,其技术发展在世界上处于领先地位。

1) 研发数量

华为在 2016 年 11 月 17 日举行的一场 3GPP RAN 187 次会议的 5G 短码讨论方案中,凭借 59 家代表的支持,以极化码(PolarCode)战胜了高通主推的 LDPC 及法国的 Turbo 2.0 方案,拿下 5G 时代的话语权。

截至 2021 年 5 月底,全球具有 5G 专利申请的所有企业中,申请数量最多的是华为公司,前 15 名企业中中国有 6 家企业上榜,分别为华为、中兴、CATT(大唐)、OPPO、vivo 和联想。

从国家分布上来看,中国企业专利数占比高达 38%,比排名第二的韩国和第三的美国之和还要高。

2) 基础规模

根据工信部发布的数据,截至 2021 年 6 月底,三大运营商累计建成 5G 基站超过 96 万个,我国 5G 用户超过 2 亿。其中,中国移动基站建设 54 万个,中国联通、中国电信共享共建基站 32 万余个。这个数字相比于全国 4G 基站 400 多万的建设规模当然还有很大差距,与中国移动在 4G 时代的 4G 基站建设进度相比,速度也落后不少。因为目前 5G 基站的单站建设成本与电费成本是远远高于 4G 的,随着成本降低,建设进度自然会提速。

3) 5G 终端情况

2021 年,如果用一个词语来形容中国终端厂商推出 5G 手机的架势,那就是“井喷”。截至 2021 年 4 月,根据全球移动供应商协会的数据,在全球已发布的 283 款 5G 终端及模组(包括手机、CPE、可穿戴设备等)中,中国厂商贡献了 184 款,占比达 65.02%;在 108 款 5G 手机中,中国厂商终端占比达 66.67%。从 5G 手机各国家销售量来看,根据市场研究公司 Counterpoint Research 的报告显示,2021 年,中国市场 5G 手机销量占到全球 5G 智能手机出货量的近一半。无论是 5G 手机厂商规模还是 5G 手机销量,以及 5G 手机的价格区间(从千元到万元),中国都傲视全球。

4) 政企应用情况

5G 网络基本分为两种架构。一种是非独立组网的 NSA 架构,它的优点是核心网沿用 4G(EPC),部署快速;但由于没有 5G 核心网,导致很多 5G 特性无法发挥,在部分应用上无

法施展。

另一种是 5G 网络的最终形态 SA, 也就是独立组网。它采用全新的 5G 核心网(5G Core), 可以使用网络切片、边缘计算等新技术, 同时能部分实现低时延特性, 因此是真正的完整版 5G 网络。很多应用场景只有在 SA 下才可以实现, 如图 1-16 所示。

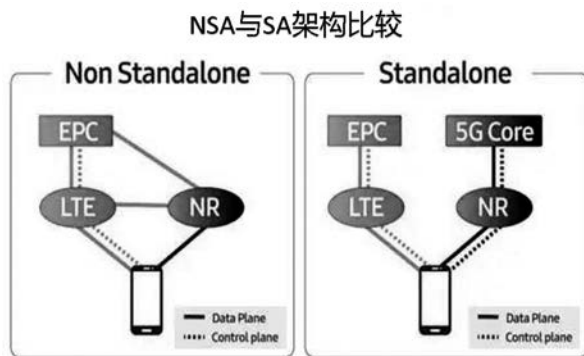


图 1-16 NSA 与 SA 组网的区别

由于 NSA 网络易于部署, 全球运营商大多采用的是 NSA 的 5G 网络。而 2020 年, 中国三大运营商确定采用 5G 独立组网网络架构, 部分城市采用了 NSA/SA 混合组网的方式 (NSA 终端和 SA 终端都能用)。

1.2.2 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。

1. 基本概念

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连接起来, 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 1-17 所示为简单的通信模型。



图 1-17 简单的通信模型

(1)数据。数据可分为模拟数据和数字数据。模拟数据是在某区间内连续变化的值, 数字数据是离散的值。

(2)信号。信号是指数据的电子或电磁编码。信号可分为模拟信号和数字信号。模拟

信号是随时间连续变化的电流、电压或电磁波,如图 1-18 所示;数字信号则是一系列离散的电脉冲,可选择适当的参量来表示要传输的数据,如图 1-19 所示。

(3)信息。信息是指数据的内容和解释,是客观事物属性和相互联系特征的表现,它反映了客观事物的存在形式和运动状态,是对客观事物存在形式的一种反映。

(4)信源。信源是指通信过程中产生和发送信息的设备或计算机。

(5)信宿。信宿是指通信过程中接收和处理信息的设备或计算机。

(6)信道。信道是指信源和信宿之间的通信线路。

(7)数据传输。数据传输是指用电信号把数据从发送端传送到接收端的过程。

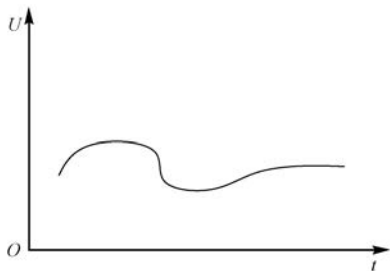


图 1-18 模拟信号

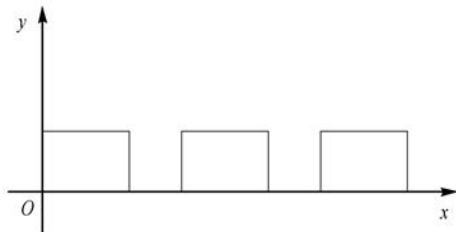


图 1-19 数字信号

2. 网络传输技术

在计算机网络通信中,常见的数据传输方式有并行传输和串行传输两种。

1) 并行传输

并行通信传输中有多个数据位,同时在两个设备之间传输。发送设备将这些数据位通过对应的数据线传送给接收设备,还可附加一位数据校验位。接收设备可同时接收到这些数据,不需要做任何变换就可直接使用。并行方式主要用于近距离通信。计算机内的总线结构就是并行通信的例子。这种方法的优点是传输速度快、处理简单。

2) 串行传输

串行数据传输时,数据是一位一位地在通信线上传输的,先由具有几位总线的计算机内的发送设备,将几位并行数据经并-串转换硬件转换成串行方式,再逐位经传输线到达接收站的设备中,并在接收端将数据从串行方式重新转换成并行方式,以供接收方使用。串行数据传输的速度要比并行传输慢得多,但对于覆盖面极其广阔的公用电话系统来说具有更大的现实意义。

假设有数据 1001010 需要传输,采用并行传输和串行传输两种不同的传输方式进行传输的过程分别如图 1-20 和图 1-21 所示。



动画
并行传输



动画
串行传输

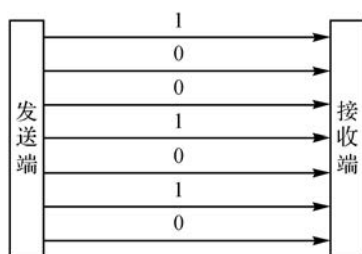


图 1-20 并行传输



图 1-21 串行传输

3. 调制技术与编码技术

数据在计算机中是以二进制形式表示的,而在传输时,数据编码的类型是由通信信道所支持的通信类型决定的。例如,模拟信号在模拟信道上传输,而数字信号则在数字通道上传输。如果模拟信号需要在数字通道上传输,又或者数字信号需要在模拟信道上传输,它们是如何实现的?这就需要了解调制和编码技术。

1) 调制技术

简单来说,调制技术就是数字数据和模拟数据的转换。所以在这里需要先了解两个基本的概念:调制和解调。

调制是在发送端将数据进行处理并放到载波上,使其变为可以在信道传输的信号的过程。它通过调制器完成。

解调是在接收端将被处理的数据还原成原来的数据的过程。它通过解调器完成。

调制技术在计算机网络中的应用过程如图 1-22 所示。

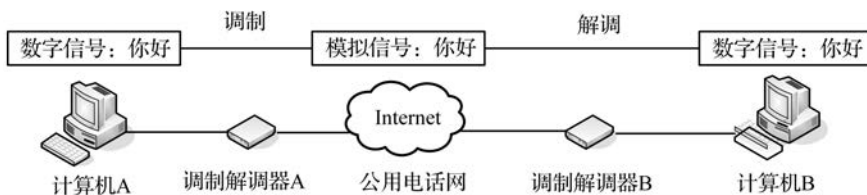


图 1-22 调制技术在计算机网络中的应用过程

在图 1-22 中,计算机 A 如果要向计算机 B 发送一个“你好”的数字信号,首先计算机 A 发出“你好”的数字信号,然后通过调制解调器 A 把“你好”的数字信号调制为模拟信号并在公用电话网中传输,再通过调制解调器 B 把“你好”的模拟信号解调成数字信号并传输给计算机 B。

2) 编码技术

调制技术是为了解决数据传输的问题,而编码技术则是为了解决数据翻译的问题。编码技术就是将数据变换成数字信号。其中也有两个基本概念:编码和解码。

编码是将模拟数据或数字数据变成数字信号。

解码就是在接收端把数字信号变成原来的形式。

在数据传输系统中,主要采用了数字数据的数字信号编码、数字数据的模拟信号编码、模拟数据的数字信号编码 3 种数据编码技术。

(1)数字数据的数字信号编码。数字信号的传输一般采用两个电压平来表示两个二进制数字。例如,无电压用“0”表示,而恒定的正电压用“1”表示,称为不归零制(NRZ)编码,如图 1-23(a)所示。

不归零制编码虽然在传输中效率最高,但是存在发送方和接收方的同步问题。克服上述缺点的另外一个编码方案就是曼彻斯特编码,如图 1-23(b)所示,这种编码通常用于局部网络传输。在曼彻斯特编码中,每一位的中间有一个跳变。位之间的跳变既作为时钟,又作为数据;由高到低的跳变表示为 1,由低到高的跳变表示 0。还有一种编码称为差分曼彻斯特编码,如图 1-23(c)所示,为跳变仅提供时钟定时,用每位周期开始时有无跳变来表示 0 和 1 的编码,它的缺点是编码效率低。

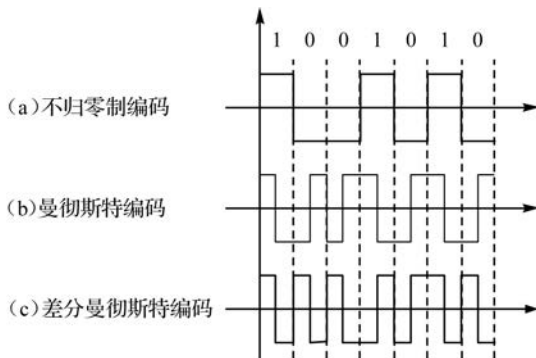


图 1-23 数字信号编码

(2)数字数据的模拟信号编码。要在模拟信道上传输数字数据,首先数字信号要对相应的模拟信号进行调制,即用模拟信号作为载波运载要传送的数字数据。

载波信号可以表示为正弦波形式 $f(t) = A\sin(\omega t + \varphi)$,其中幅度 A 、频率 ω 和相位 φ 的变化均影响信号波形。因此,通过改变这三个参数可实现对模拟信号的编码。相应的调制方式分别称为幅度调制 ASK、频率调制 FSK 和相位调制 PSK。结合 ASK、FSK 和 PSK 可以实现高速调制,常见的组合是 PSK 和 ASK 的结合。

①幅度调制。幅度调制简称调幅,也称为幅移键控(amplitude-shift keying, ASK)。调制原理为用两个不同振幅的载波分别表示二进制值 0 和 1。

②频率调制。频率调制简称调频,也称为频移键控(frequency-shift keying, FSK)。调制原理为用两个不同频率的载波分别表示二进制值 0 和 1。

③相位调制。

a. 绝对相移键控法。绝对相移键控用两个固定的不同相位表示数字“0”和“1”,用公式



动画
模拟信号与
数字信号

可表示为

$$\begin{aligned}
 U(t) &= U_m \sin(\omega t + \pi) && \text{数字“1”} \\
 &= U_m \sin(\omega t + 0) && \text{数字“0”}
 \end{aligned}$$

b. 相对相移键控法。相对相移键控用载波在两位数字信号的交接处产生的相位偏移来表示载波所表示的数字信号。最简单的相对调相方法是与前一个信号同相表示数字“0”，相位偏移 180° 表示“1”。这种方法具有较好的抗干扰性。

(3) 模拟数据的数字信号编码。在数字化的电话交换和传输系统中,通常需要将模拟的话音数据编码成数字信号后再进行传输。这里常用的是一种称为 PCM(pulse code modulation) 的脉冲编码调制技术。

PCM 基于以下采样定理:如果在规定的时间内,以有效信号 $f(t)$ 最高频率的两倍或两倍以上速率对该信号进行采样,则这些采样值包含了无混叠而又便于分离的全部原始信号信息。利用低通滤波器可不失真地从这些采样值中重新构造出 $f(t)$ 。PCM 原理如图 1-24 所示。

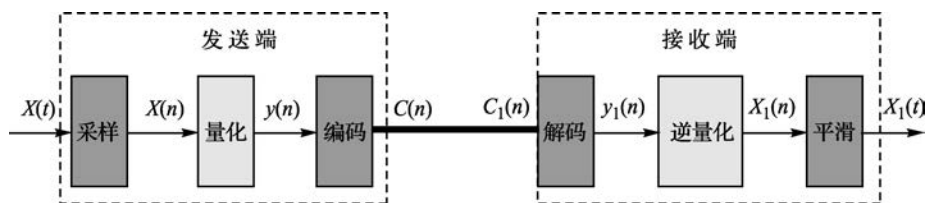


图 1-24 PCM 原理

信号数字化的转换过程包括采样、量化和编码 3 个步骤。

① 采样。每个固定的时间间隔,取出模拟数据的瞬时值,作为本次抽样到下次抽样之间该模拟数据的代表值。 $X(n)$ 就是采样处理后的脉冲调幅信号。

② 量化。把抽样取得的电平幅值按照一定的分级标度转换成对应的数字值并取整数,这样把连续的电平幅值转换成离散的数字 $y(n)$ 。

③ 编码。将量化后的整数值表示为一定位数的二进制数 $C(n)$ 。

在发送端,经过信号数字化过程后,就可把模拟信号转换成二进制数码脉冲序列,然后经过信道进行传输。在接收端,将接收到的信号 $C_1(n)$ 解码成 $y_1(n)$,再通过逆量化获得信号 $X_1(n)$,最后平滑之后的信号 $X_1(t)$ 就是还原的模拟信号。 $X_1(t)$ 与 $X(t)$ 之差就是量化的误差。

根据原信号的频宽可以估算出采样的速度。如果声音数据限于 4 000 Hz 以下的频率,那么 8 000 次/s 的采样可以满足完整地表示声音信号的特征。如果使用七位二进制表示采样值,就允许有 128 个量化级,这就意味着,仅仅是声音信号就需要有 8 000 次/s 采样乘以每次采样 7 位等于 56 000 b/s 的数据传输速率。

以上模拟数据(如声音)经过 PCM 编码后成为数字信号,就可以采用数字传输方式进行

传输。另外,计算机中的数字数据经过适当的编码后可直接采用数字传输方式传输。这样模拟数据和数字数据经过适当的编码后,可统一到相同的传输方式下进行传输。由于数字信号在传输过程中不引入噪声,传输可靠性高,因而应用相当广泛,如数字电话、数字传真、数字电视等。特别是目前多媒体技术的应用,要求将不同媒体的物理量(模拟量),如声音、图像、动画等,转换成数字信号后在计算机和网络系统内进行存储、处理和传输。这些都要用到模拟数据的数字传输技术。

4. 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,可以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

若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,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。

5. 数据交换技术

数据经编码后在通信线路上进行传输,按数据传送技术划分,交换技术又可分为电路交换、报文交换和分组交换。

1) 电路交换

电路交换是指在电路交换网络中,在通信双方之间建立一条专用线路,最常见的有公用电话交换网(PSTN)。该方式的通信过程如下。

(1)建立电路。在传输任何数据之前,要先经过呼叫过程建立一条端到端的电路。如图 1-25 所示,若 A 站要与 D 站连接,典型的做法是:A 站先向与其相连的 1 节点提出请求,然后 1 节点在通向相邻节点的路径中找到下一个支路。例如,1 节点选择经 5 节点的电路,在此电路上分配一个未用的通道,并告诉 5 它还要连接 4 节点;5 再呼叫 4,建立电路 1-4 路径;最后,节点 4 完成到 D 站的连接。这样 1 与 4 之间



动画

多路复用技术



动画

频分多路复用技术



动画

电路交换的
3个阶段

就有一条专用电路 1-5-4,用于 A 站与 D 站之间的数据传输。

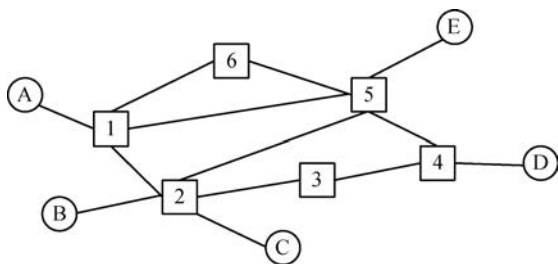


图 1-25 电路交换过程

(2)进行数据传输。建立电路 1-5-4 以后,数据就可以从 1 发送到 5,再由 5 交换到 4;4 也可以经 5 向 1 发送数据。在整个数据传输过程中,所建立的电路必须始终保持连接状态。

(3)电路拆除。数据传输结束后,由某一方(1 或 4)发出拆除请求,然后逐节拆除到对方节点。

电路交换技术的优点是数据传输可靠、迅速,数据不会丢失且保持原来的序列,缺点是在某些情况下,电路空闲时的信道容易被浪费。在短时间数据传输时电路建立和拆除所用的时间得不偿失。因此,它适用于系统间要求高质量的大量数据传输的情况。

2) 报文交换

报文交换方式不要求在两个通信节点之间建立专用通路。节点把要发送的信息组织成一个数据包,即报文。该报文中含有目标节点的地址,完整的报文在网络中一站一站地向前传送。每一个节点接收整个报文,检查目标节点地址,然后根据网络中的交通情况在适当时转发到下一个节点。经过多次的存储和转发,最后到达目标,因而这样的网络称为存储转发网络。其中的交换节点要有足够大的存储空间(一般是磁盘),用以缓冲收到的长报文。

(1) 报文交换的优点。

① 电路利用率高。由于许多报文可以分时共享两个节点之间的通道,因而对于同样的通信量来说,对电路的传输能力要求较低。

② 在电路交换网络上,当通信量变得很大时,就不能接收新的呼叫。在报文交换网络上,通信量大时仍然可以接收报文,不过传送延迟会增加。

③ 报文交换系统可以把一个报文发送到多个目的地,而电路交换网络很难做到这一点。

④ 报文交换网络可以进行速度和代码的转换。

(2) 报文交换的缺点。

① 不能满足实时或交互式的通信要求,报文经过网络的延迟时间长且不定。

② 有时节点收到过多的数据而无空间存储或不能及时转发时,就不得不丢弃报文,而且发出的报文不按顺序到达目的地。

3) 分组交换

分组交换是报文交换的一种改进,它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,提高了交换速度。它适用于交互式通信,如终端与主机通信。分组交换有虚电路分组交换和数据

报分组交换两种。它是计算机网络中使用最广泛的一种交换技术。

(1)虚电路分组交换的原理与特点。在虚电路分组交换中,为了进行数据传输,网络的源节点和目的节点之间要先建一条逻辑通路。每个分组除了包含数据之外,还包含一个虚电路标识符。在预先建好的路径上的每个节点都知道应该把这些分组引导到哪里去,不再需要路由选择判定。最后,由某一个站用清除请求分组来结束这次连接。它之所以是“虚”的,是因为这条电路不是专用的。

虚电路分组交换的主要特点:在数据传送之前必须通过虚呼叫设置一条虚电路。但并不像电路交换那样有一条专用通路,分组在每个节点上仍然需要缓冲,并在线路上进行排队等待输出。

(2)数据报分组交换的原理与特点。在数据报分组交换中,每个分组的传送是被单独处理的。每个分组称为一个数据报,每个数据报自身携带足够的地址信息。一个节点收到一个数据报后,根据数据报中的地址信息和节点所存储的路由信息,找出一个合适的出路,把数据报原样地发送到下一节点。由于各数据报所走的路径不一定相同,因而不能保证各个数据报按顺序到达目的地,有的数据报甚至会中途丢失。在整个过程中,没有虚电路建立,但要为每个数据报做路由选择。

1.3

实 训

1.3.1 认识网络设备

1. 实训目的

认识实验室网络设备的基本情况,简单使用网络设备。

2. 实训内容

认识、简单使用设备。

3. 实训方法

- (1)对设备的实物进行了解。
- (2)对设备进行简单的连接操作。
- (3)画出设备的连接图。

1.3.2 使用 Visio 2016 绘制网络拓扑图

1. 实训目的

掌握用 Visio 2016 软件绘制网络拓扑图。

2. 实训内容

使用 Visio 2016 绘制网络拓扑图。

3. 实训方法

(1) 运行 Visio 2016 软件, 在打开的如图 1-26 所示窗口的“模板类别”列表框中选择“网络”选项, 然后在右边窗口中选择一个对应的选项, 如“详细网络图”, 打开如图 1-27 所示的界面(在此仅以选择“详细网络图”选项为例)。

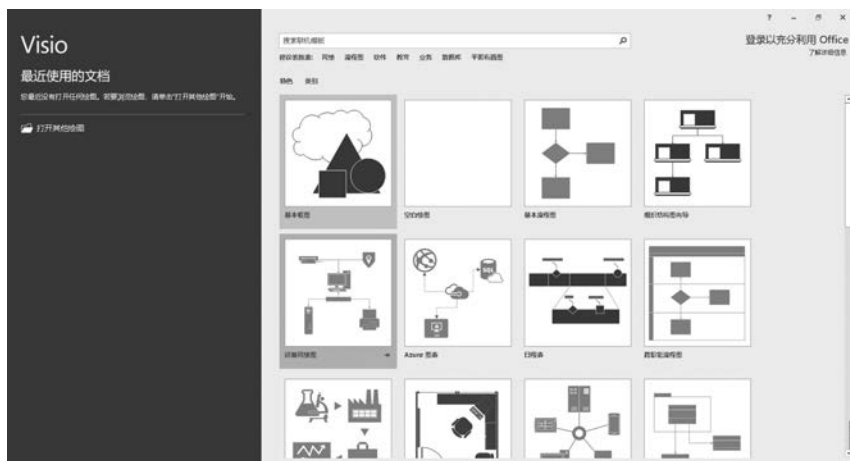


图 1-26 Visio 2016 主界面

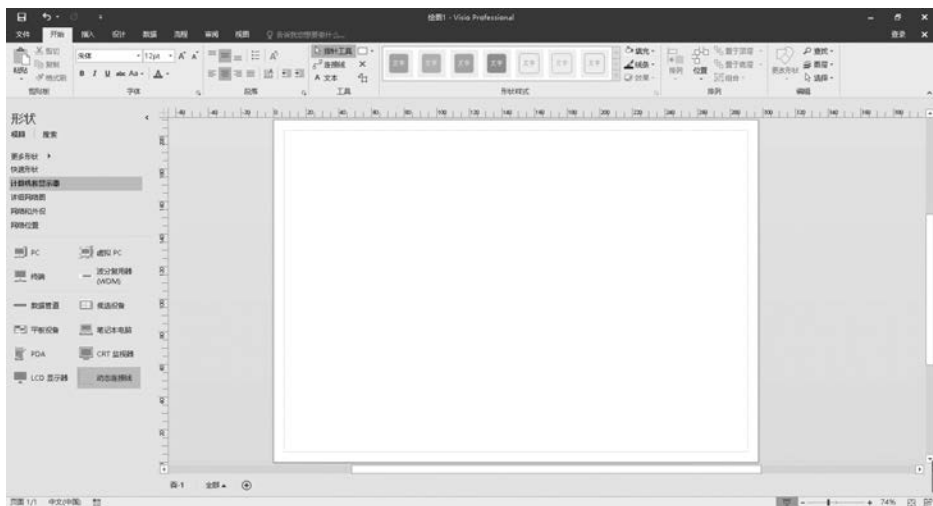


图 1-27 “详细网络图”拓扑结构绘制界面

(2) 在左侧窗格中选择“网络和外设”选项, 在其中的图像列表中选择“交换机”选项(因为交换机通常是网络的中心, 所以首先确定好交换机的位置), 按住鼠标左键不放并把“交换机”选项拖动到右边窗口中的相应位置, 然后松开鼠标左键, 得到一个交换机图像, 如图 1-28 所示。用户还可以在按住鼠标左键的同时拖动四周的绿色方格来调整图像大小, 通过按住鼠标左键的同时旋转图像顶部的绿色小圆圈, 可以改变图像的摆放方向, 再通过把鼠标放在图像上, 然后在出现 4 个方向箭头时按住鼠标左键并拖动鼠标, 可以调整图像的位置。如

图 1-29 所示为调整交换机图像大小、方向和位置后的图示。

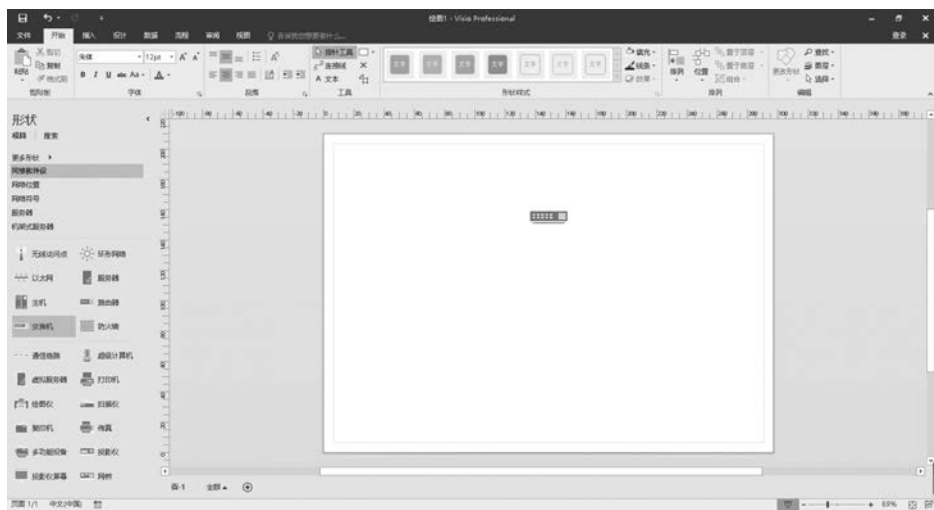


图 1-28 将图像拖放到绘制平台后的图示

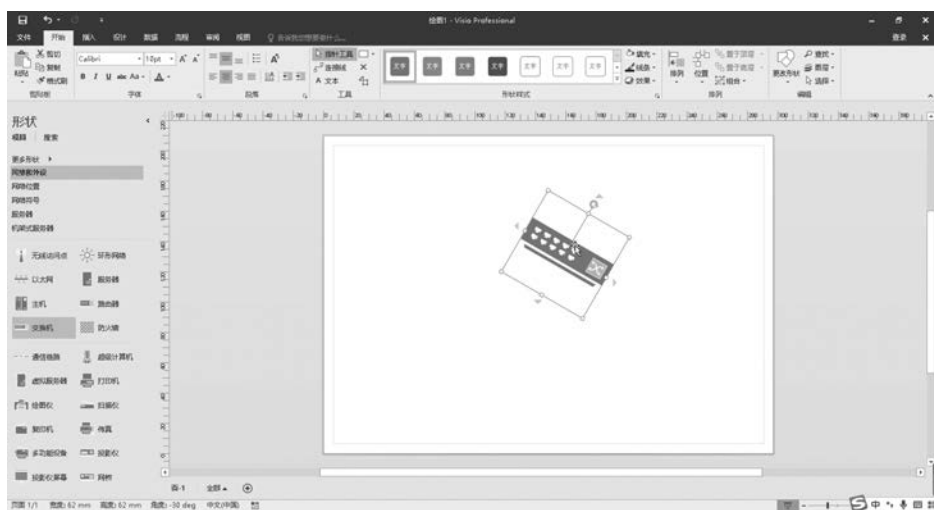


图 1-29 调整交换机图像大小、方向和位置后的图示

(3) 双击交换机图像,即可在图像下方显示一个小的文本框,此时用户可以在此输入交换机的型号或其他标注,如图 1-30 所示。输入完以后在任意空白处单击,图像即可恢复调整后的大小。标注文本的字体、字号和格式等都可以通过工具栏中的相关选项来调整,若要使调整适用于所有标注,则可在图像上右击,在弹出的快捷菜单中选择“格式”→“文本”选项,打开如图 1-31 所示的对话框,在此可以进行详细的配置。标注的输入文本框位置也可通过按住鼠标左键移动。

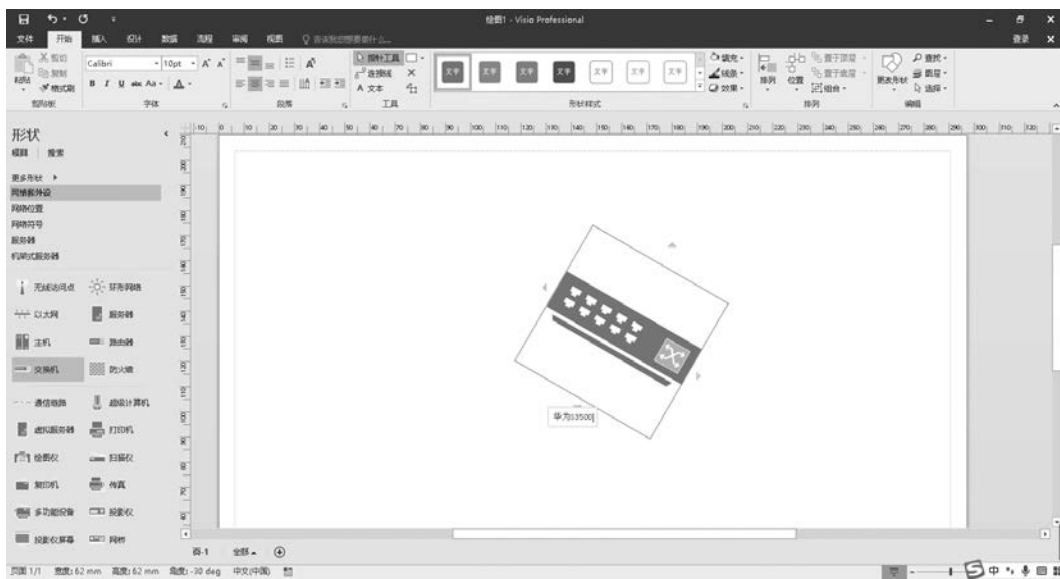


图 1-30 给图像输入标注



图 1-31 “文本”对话框

(4)用同样的方法添加一台服务器,并把它与交换机连接起来。服务器的添加方法与交换机一样,在此只介绍交换机与服务器的连接方法。在 Visio 2016 中介绍连接方法很复杂,其实可以不用管它,只需使用工具栏中的“连接线工具”进行连接即可。在选择该工具后,单击要连接的两个图像之一,此时会有一个红色的方框,移动鼠标选择相应的位置,当出现红色星状点时按住鼠标左键,把连接线拖到另一个图像上,注意此时若出现一个大的红方框,则表示不宜选择此连接点,只有当出现小的红色星状点时才可松开鼠标,连接成功,如图 1-32 所示为图像之间的连接示例。

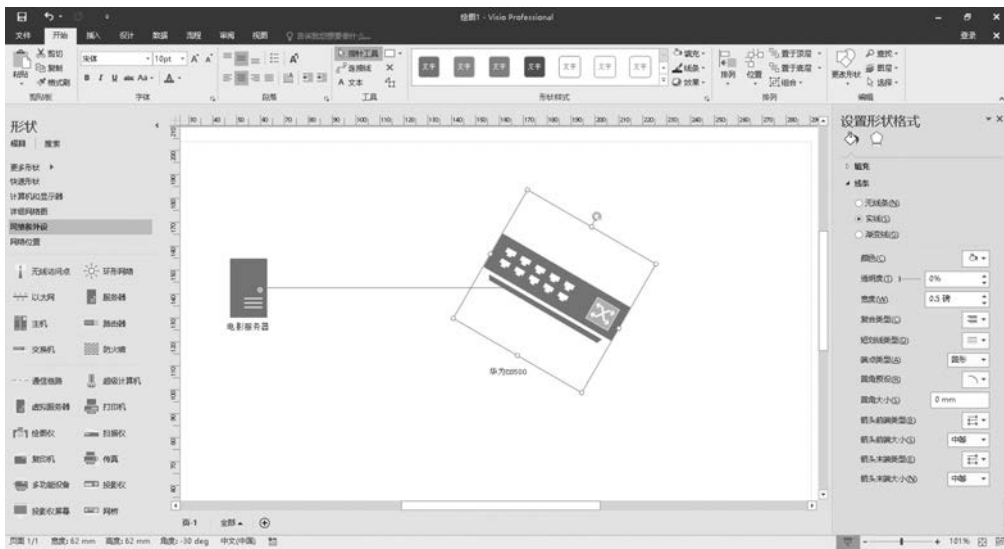


图 1-32 图像之间的连接示例

(5)把其他网络设备图像一一添加并与网络中的相应设备图像连接起来,当然这些设备图像可能会在左侧窗格的不同类别选项下面。如果左边已显示的类别中没有包括,则可通过选择“文件”→“新建”选项,在打开的子菜单中添加其他类别的图形,并显示在左侧窗格中。如图 1-33 所示为用 Visio 2016 绘制的简单网络拓扑结构示意图。

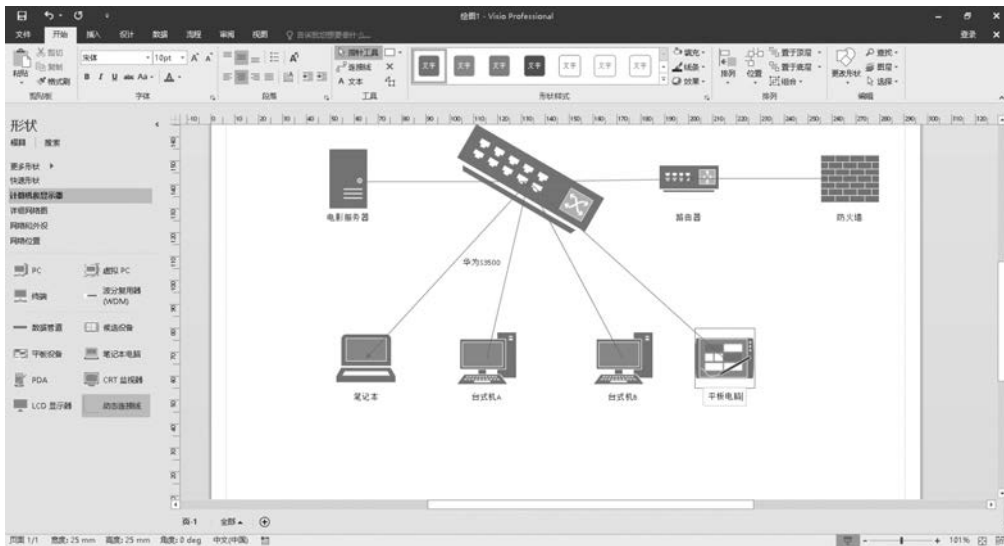


图 1-33 用 Visio 2016 绘制的简单网络拓扑结构示意图

以上只是介绍了 Visio 2016 的一部分网络拓扑结构绘制功能,因为它的使用方法比较简单,操作方法与 Word 类似,在此不再详细介绍。

1.4

思考与练习

一、名词解释

1. 数据。
2. 网络拓扑。
3. 服务器。

二、填空题

1. 计算机网络系统是由_____子网和_____子网组成的。
2. 计算机网络最突出的优点是_____。
3. 计算机网络按覆盖范围可分为_____、_____和_____。
4. 计算机网络技术是_____和_____结合的产物。

三、简答题

1. 什么是计算机网络?
2. 计算机网络的功能主要有哪些?
3. 简述计算机网络的分类。
4. 简述 NSA 和 SA 模式的区别。