

现代电子通信技术系列教材

计算机网络 技术与设计

张守祥 周全明 编著

清华大学出版社

现代电子通信技术系列教材

计算机网络 技术与设计

张守祥 周全明 编著

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书在介绍一般计算机网络基本原理基础上,强调以下三个方面:首先,在以局域网为主的计算机网络原理基础上,增加了电子电气类专业在实际工作中所用到的现场总线、嵌入式和无线移动等网络知识;其次,介绍了基本的网络编程知识,提供了部分程序源代码;最后,注重学生实践应用能力的培养,每章都编写了实验指导,强调了实践性和实用性,与相关网络技术的基本原理结合紧密。

全书分8章,介绍了网络体系结构,物理层,数据链路层,网络层,传输层,表示层(安全加密),应用层,嵌入式技术、移动和物联网等新的网络技术内容,每一章除了基础内容外,还介绍了较多的网络新技术。

本书可作为高等院校电气与电子信息类本、专科专业的计算机网络或网络技术的教材,也可以作为其他专业学生、教师和网络技术人员的参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络技术与设计/张守祥,周全明编著.—北京:清华大学出版社,2014

现代电子通信技术系列教材

ISBN 978-7-302-35046-0

I. ①计… II. ①张… ②周… III. ①计算机网络—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第003983号

责任编辑:邹开颜 赵从棉

封面设计:常雪影

责任校对:赵丽敏

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印装者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:21.5

字 数:518千字

版 次:2014年4月第1版

印 次:2014年4月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:36.00元

产品编号:054825-01

编写本书的目的是使电气与电子类专业学生在掌握一般计算机网络原理的基础上,更注重对工业自动化监控网络、嵌入式网络和无线网络的知识掌握,引导学生进行网络设计和编程,培养学生的网络技术综合实践能力,使其成为高层次的面向网络技术设计的应用人才。

本书适用于课堂教学 32~48 学时,实验学时 16~24 学时。

高等院校电气与电子信息类专业的计算机网络课程一直延续计算机专业的“计算机网络”的教学内容和教材,但从理论和实践中来看,所学的网络知识没有体现出电气与电子信息类的专业特点,与专业实践是脱节的。通俗一点说,现有网络教材偏“软”,对网络设计、编程和应用的介绍不够,更多的是讲一些网络原理和概念;而电气与电子信息类专业对计算机网络知识的需求偏“硬”,不仅要掌握原理、设计和编程,更多的是应用于嵌入式网络、工业现场总线和无线通信等方面,而物理层和数据链路层协议的学习和应用对他们尤其重要(现有教材把重点放在了网络层和传输层)。例如在嵌入式系统中的计算机网络原理、设计和应用,一般要对 OSI 和 TCP/IP 体系结构进行精简;现场总线适用于工业控制网络,不同于基于 PC 的局域网技术;无线、移动和传感器网络也有别于局域网技术;而嵌入、现场总线和无线移动越来越多地应用于信息系统,这些方面的应用应该是电气与电子信息类专业学生未来在计算机网络方面主要从事的领域。现有的教材更适用于计算机专业学生,以讲授局域网和互联网为核心内容。因此,特编写本书以适应针对电气与电子类专业的网络课程教学要求。

本书除了介绍网络技术外,还有不少篇幅引入了网络设计,目的是让学生不但学习网络原理,还要掌握网络管理、调试和设计的能力。其主要特色如下:

嵌入式网络。嵌入式网络通信应时而生、迅速发展,成了嵌入式应用系统设计的关键性技术。本书在传统计算机网络的基础上重点增加了这部分内容,简要介绍了一些嵌入式网络通信体系开发的硬件、软件及通信的基础知识,汇总了现在常见的有/无线通信形式及其实现,说明了嵌入式网络通信体系软/硬件设计的核心思想。

协议编程。由于电气与电子类专业没有后续课程“网络编程”,因此在教程中增加了网络编程的内容。对于局域网,增加以 Socket 技术为主的 TCP/IP 编程技术;对于现场总线,增加以数据链路层协议为主的通信编程。

网络设计。除了对网络的“软件编程”外,还增加了网络硬件电路设计内容。叙述软/硬件设计实现的方法步骤,重点阐述了接口通信器件或模块的选择与使用、基本配置,数据收发等底层驱动软件的开发,通信协议的简化与实现,应用程序的调用等。在内容安排上,精简了局域网和互联网技术,突出嵌入、工业和无线应用的关键细节。例如,第2章介绍了工业控制网络中常用的光纤模块接口,据此可以了解工业控制光纤网络的基本设计;第3章介绍了工业现场总线常用的 Modbus 和 CAN 协议帧格式;第7章介绍了嵌入式 Web 网络技术;第8章介绍了 ZigBee 无线传感器网络。

实践操作。每章的后面大都有几个实验指导,如第1章有两个实验,内容涵盖网络原理、网络应用和网络管理几个方面,实验选题考虑融合当今网络工程的主流技术,适应基础与验证性、综合和设计性两种不同层次的要求。实验指导共列出了22个实验项目,可以选择做,有的实验内容比较简单,可以在2学时的一次实验中做两个实验项目。对于有一定编程难度的实验给出了参考代码,可将其作为源代码加入编程项目,这些代码已经过调试和验证,可以直接使用。但有的嵌入式程序因CPU和开发工具软件的不同,所定义的宏和接口函数会有所不同;PC/Windows平台也有可能因软件版本不同会有所差别。

网络仿真。利用网络协议仿真软件,辅助实验教学系统,帮助理解计算机网络协议概念。通过网络协议仿真和分析工具,来模拟网络通信与实验教学环境,特别是TCP/IP协议簇,可以完整地在网络仿真软件上实现分析。通过实验仿真,掌握网络程序设计、网络安全和故障性能分析等相关知识,实现对各种数据包的仿真发送、捕获解析和会话分析,直观地看到网络协议的行为,将抽象的网络概念形象化,把枯燥的网络原理具体化,从而深入地理解和掌握网络协议的内部原理和运行机制。

加密安全。数据加密安全相关协议放在了TCP/IP体系结构的传输层(第5章)和应用层(第7章)之间,可以认为相当于OSI体系结构的表示层,解决了原来讲述网络安全加密协议游离于网络体系结构外的问题,放在应用层前一章是为了强调加密安全对网络的重要性。

在本书的编写过程中,参考了国内外计算机网络和现场总线相关领域的优秀教材,对于这些书籍的作者表示诚挚的感谢和敬意。

读者如需要实验程序的完整项目代码,请与编者联系,邮箱地址:zhangsx@sdibt.edu.cn。

因编者水平有限,书中定有不妥甚至错误之处,欢迎批评指正。

编 者

2013年12月

目 录

第 1 章 网络体系结构(Network Architecture)	1
1.1 信息传输单位(Information Transfer Unit)	1
1.1.1 信息、数据和信号(Information, Data and Signal)	2
1.1.2 码元和比特(Symbol and Bit)	3
1.1.3 帧、数据报、报文段和报文(Frame, Datagram, Segment and Message)	4
1.1.4 信道、信源与信宿(Information Channel, Source and Destination)	5
1.2 网络 and 协议(Network and Protocol)	6
1.2.1 网络定义(Definition of Network)	6
1.2.2 网络协议(Protocol)	7
1.2.3 协议数据单元(Protocol Data Unit)	8
1.3 OSI 网络体系结构(OSI Architecture)	8
1.3.1 OSI 参考模型的制定(Design OSI Reference Model)	9
1.3.2 OSI 各层的主要功能(Functions of all OSI Layers)	9
1.4 TCP/IP 网络体系结构(TCP/IP Architecture)	11
1.5 现场总线网络(Field Bus)	13
1.5.1 总线定义及分类(Bus Definition and Classes)	13
1.5.2 现场总线定义和分类(Definition and Classes of Field Bus)	14
1.5.3 现场总线的功能和体系结构(Function and Architecture of Field Bus)	16
1.6 网络分类、历史和发展(Networks Classes, History and Future Development)	17
1.6.1 网络分类(Networks Classes)	17
1.6.2 分组交换的产生(Packet Switching)	20
1.6.3 计算机网络的发展(Development of Computer Network)	23
习题 1	26
实验指导 1-1 常用网络调试命令	27

实验指导 1-2 认识网络体系结构及协议	29
第 2 章 物理层(Physical Layer)	31
2.1 信号(Signal)	32
2.1.1 有线电信号(Wire Signal)	32
2.1.2 光纤信号传输(Optical Fiber Signal)	32
2.1.3 无线信号(Wireless Signal)	34
2.2 传输介质(Transfer Media)	35
2.2.1 双绞线(Twist Pair)	35
2.2.2 同轴电缆(Coaxial Cable)	35
2.2.3 光缆(Optical Cable)	36
2.2.4 无线通信(Wireless Communication)	37
2.3 编码技术(Encoding Technology)	39
2.3.1 频带编码(Frequency Band Encoding)	39
2.3.2 基带编码(Baseband Encoding)	40
2.3.3 4B/5B 和 8B/10B 编码(4B/5B and 8B/10B Encoding)	41
2.4 信道复用(Multiplex Channel)	43
2.4.1 时分多路复用 TDMA(Time Division Multiplex Access)	43
2.4.2 频分多路复用 FDMA(Frequency Division Multiplex Access)	44
2.4.3 码分多路复用 CDMA(Code Division Multiplex Access)	45
2.5 信息传输速率指标(Transfer Ratio)	46
2.5.1 带宽和速率(Bandwidth and Rate)	46
2.5.2 奈氏定律(Nyquist Formula)	47
2.5.3 香农公式(Claude E. Shannon Equation)	48
2.5.4 带宽与傅里叶分析(Bandwidth and Fourier Analysis)	49
2.6 物理层常用标准(Physical Layer Standards)	50
2.6.1 信号传输类型(Signal Transmission Classes)	50
2.6.2 串行传输技术(Serial Transmission)	52
2.6.3 EIA RS-232 接口标准(RS-232 Interface Standard)	53
2.6.4 EIA RS-485 接口标准(RS-485 Interface Standard)	54
2.6.5 USB 总线的电气特性(USB Bus Electrical Characteristics)	55
2.6.6 CAN 总线的电气特性(CAN Bus Electrical Characteristics)	57
2.7 以太网的物理层(Physical Layer of Ethernet)	58
2.7.1 802.3 局域网的几种传输媒体(Transmission Media of 802.3 LAN)	58
2.7.2 以太网编码方法(Ethernet Coding Way)	59
2.7.3 802.11 无线传输物理层(Physical Layer)	62
2.8 MODEM 和 xDSL(MODEM and x Digital Subscriber Line)	63
2.8.1 xDSL 技术原理(xDSL Tech Principle)	64
2.8.2 对称 DSL 技术(Symmetrical DSL Tech)	65

2.8.3 非对称 DSL 技术(Non Symmetrical DSL Tech)	65
2.9 物理层网络设备(Device of Physical Layer)	66
2.9.1 网络拓扑结构(Network Topology)	66
2.9.2 中继器(Repeater)	67
2.9.3 集线器(Hub)	68
2.9.4 光纤模块(Optical Fibre Module)	68
习题 2	72
实验指导 2-1 CDMA 编解码程序设计	73
实验指导 2-2 双绞线 RJ-45 接口制作	74
实验指导 2-3 RS-232 串口通信实验	76
实验指导 2-4 RS-485 通信实验	78
第 3 章 数据链路层(Data Link Layer)	80
3.1 链路、组帧及同步(Link, Framing and Sync)	81
3.1.1 组帧(Framing)	82
3.1.2 同步通信与异步通信(Synchronous Communication and Asynchronous Communication)	83
3.1.3 帧格式(Frame Format)	84
3.2 链路层协议算法(Link Protocol Algorithm)	85
3.2.1 可靠性保证及帧校验(Reliability Assurance and Check)	85
3.2.2 简单流量控制(Simple Flow Control)	86
3.2.3 停止等待协议(Stop-and-Wait Protocol)	87
3.2.4 自动重发请求 ARQ(Automatic Repeat reQuest)	88
3.2.5 流量控制(Flow Control)	90
3.2.6 信道共享算法(Channel Sharing Algorithm)	92
3.3 传统的链路层协议 HDLC 和 PPP(Traditional Link-Layer Protocol)	96
3.3.1 面向比特的同步协议 HDLC(Bit-Oriented Synchronous Protocols)	96
3.3.2 点到点协议 PPP 帧(PPP Protocol)	98
3.4 CSMA/CD 协议(Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect)	99
3.4.1 IEEE 802.3 标准(Standard)	99
3.4.2 CSMA/CD 协议算法(Protocol)	100
3.4.3 MAC 帧的有效性(Effectiveness of MAC Frame)	102
3.5 CSMA/CA 协议(CSMA/CA Protocol)	104
3.5.1 IEEE 802.11 的工作方式(Working Method)	104
3.5.2 IEEE 802.11 数据链路层冲突避免(Data Link Layer Collision Avoidance)	105
3.5.3 IEEE 802.11 数据链路层实现(Data Link Layer Implementation)	107
3.6 以太网和令牌网(Ethernet & Token net)	108
3.6.1 广播协议(Broadcast Protocol)	108

3.6.2	以太网帧格式及 MAC 地址(Ethernet Frame Format and MAC Address).....	108
3.6.3	令牌环媒体访问控制(Token Ring)	111
3.6.4	交换技术(Switch Technology)	113
3.6.5	网桥的工作原理(Working Principle of Network Bridges)	114
3.6.6	交换式以太网(Switched Ethernet).....	116
3.6.7	以太网接口设计(Network Interface Circuit)	117
3.7	串口 Modbus 协议(Modbus Protocol for Serial Port)	120
3.7.1	Modbus 协议简介(Modbus Protocol Introduction)	120
3.7.2	两种传输方式(Two Transmission Ways)	121
3.7.3	Modbus 报文帧(Modbus Message Frame)	122
3.8	现场总线(Field Bus)CAN	126
3.8.1	CAN 帧结构(CAN Frame Form)	126
3.8.2	CAN 控制器(CAN Controller Introduction).....	128
3.8.3	CAN 通信结构设计(CAN Communication Hardware Design)	131
	习题 3	131
	实验指导 3-1 帧校验编程	134
	实验指导 3-2 数据链路层协议分析	135
	实验指导 3-3 Modbus 协议编程	136
	实验指导 3-4 CAN 协议编程	138
第 4 章	网络层(Network Layer)	140
4.1	IP 协议组成(IP Protocol Form)	140
4.1.1	IP 数据报的分片与重组(IP Datagram Fragment and Recombination) ...	143
4.1.2	IP 首部校验和(IP Header Checksum)	145
4.2	IP 地址计算(IP Address Compute)	145
4.2.1	IP 地址格式(IP Address Format)	145
4.2.2	网络掩码(Net Mask)	148
4.2.3	无类域间路由 CIDR (Classless Inter-Domain Routing)	149
4.2.4	网络地址计算(Network Address Calculation)	150
4.2.5	直接、有限广播和回送地址(Direct and Finite Broadcast, Echo Address).....	152
4.3	路由计算(Static Routing)	153
4.3.1	虚电路服务与数据报服务(Virtual Circuit and Datagram)	153
4.3.2	数据报转发(Datagram Forwarding)	155
4.3.3	路由表的建立过程(Setup Route List)	157
4.4	动态路由协议(Dynamic Routing Protocol)	159
4.4.1	理想的路由算法(Ideal Routing Algorithm)	160
4.4.2	路由选择的不同策略(Routing of Different Strategies)	160

4.4.3	路由信息协议 RIP(Routing Information Protocol)	161
4.4.4	开放最短路径优先协议 OSPF(Open Shortest Path First)	164
4.4.5	边缘网关协议 BGPv4(Border Gateway Protocol Version 4)	165
4.5	路由器(Router)	166
4.5.1	路由器的工作原理(Router Principle)	166
4.5.2	第三层交换机(Third Layer Switch)	167
4.6	IPv6	169
4.6.1	IPv6 的特点(Characteristics of IPv6)	169
4.6.2	IPv6 地址空间(IPv6 Address Space)	170
4.7	ARP 及 ICMP 协议(ARP and ICMP Protocol)	173
4.7.1	地址解析协议 ARP(Address Resolution Protocol)	174
4.7.2	反向地址解析协议 RARP(Reverse Address Resolution Protocol)	174
4.7.3	控制报文协议 ICMP (Internet Control Message Protocol)	175
4.8	NAT 技术(Network Address Transmission Protocol)	176
4.8.1	NAT 技术的原理和类型(Principle and Type of NAT)	176
4.8.2	应用 NAT 安全策略(Security Policy Using NAT)	177
4.9	虚拟专用网 VPN(Virtual Private Network)	179
4.9.1	虚拟专用网原理(Principle of VPN)	179
4.9.2	隧道技术(Tunnel Technology)	181
4.10	IP 多播和组管理协议 IGMP(IP Multicast and Group Management Protocol)	182
4.10.1	IP 多播的概念(IP Multicast Concepts)	182
4.10.2	因特网组管理协议 IGMP(Internet Group Management Protocol)	183
习题 4		184
实验指导 4-1	网络层协议分析	188
实验指导 4-2	IP 地址获取	189
实验指导 4-3	路由器配置	190

第 5 章 传输层(Transmission Layer) 191

5.1	传输层的特征(Characteristic of Transport Layer)	193
5.1.1	端口(Port)	193
5.1.2	连接技术(Connection Modes)	194
5.1.3	套接字(Socket)	195
5.1.4	TCP 和 UDP 协议的网络层次(Net Level of TCP and UDP Protocol)	196
5.2	传输控制协议 TCP(Transmission Control Protocol)	197
5.2.1	TCP 段头结构(TCP Section Header)	197
5.2.2	编号与确认(Number and Confirmation)	200
5.2.3	流量控制(Flow Control)	200

5.2.4	拥塞避免(Congestion Avoidance)	201
5.2.5	重发机制(Retransmission Mechanism)	202
5.3	TCP 的传输连接管理(TCP Connection Setup)	202
5.3.1	建立连接(TCP Setup Transport Connection)	203
5.3.2	释放连接(TCP Release Transport Connection)	204
5.4	用户数据报协议 UDP(User Datagram Protocol)	205
5.4.1	UDP 用户数据报的首部格式(UDP Header)	205
5.4.2	UDP 应用于 RPC(UDP Used In RPC)	206
5.5	网关及网络设备(Gateway and Network Devices)	206
5.5.1	网关的工作原理(Principle of Gateway)	206
5.5.2	网络互连设备比较(Comparison of Network Interconnection Devices)	208
5.6	网络编程(Network Programing)	209
5.6.1	WinSock API 接口(WinSock Application Program Interface)	209
5.6.2	WinSock 编程(WinSock Programming)	210
5.6.3	客户机/服务器模式(Client/Server Model)	212
5.7	实时传输协议 RTP(Realtime Transport Protocol)	213
5.7.1	连续媒体数据基本特征(Continuous Media Data Basic Characteristics)	214
5.7.2	UDP 应用于 RTP(UDP Used In RTP)	217
5.7.3	RTP 协议结构及工作机制(Format and Mechanism of RTP Protocol)	218
习题 5		220
实验指导 5-1	TCP/UDP 协议分析	223
实验指导 5-2	TCP 协议通信过程分析	224
实验指导 5-3	基于 Socket 的传输层网络编程	225
第 6 章	加密安全(Encryption & Security)	228
6.1	网络安全分类(Security Classes)	229
6.1.1	安全攻击(Safety Attack)	229
6.1.2	安全服务(Safety Service)	230
6.1.3	安全机制(Safety Mechanism)	232
6.2	对称数据加密(Symetric Data Encryption)	233
6.2.1	DES 算法(Algorithm)	233
6.2.2	3DES 算法	235
6.2.3	AES 和 IDEA	235
6.3	RSA 公钥密码体制(Rivest, Shamir & Adleman Public Key)	236
6.3.1	公开密钥体制的提出(The Public Key Infrastructure Was Proposed)	236

6.3.2	公钥体制工作原理(Principle of Public Key Infrastructure)	237
6.3.3	RSA 算法(RSA Algorithm)	238
6.4	报文鉴别(Message Authenticating)	241
6.4.1	报文鉴别的意义(Purpose of Message Authenticating)	241
6.4.2	报文鉴别码(Message Authentication Code)	241
6.4.3	MD5 报文摘要算法(MD5 Message Digest Algorithm)	242
6.5	数字签名及公钥管理(Digital Signature and Public Key Management)	243
6.5.1	数字签名(Digital Signature)	243
6.5.2	数字证书和公钥基础设施 PKI(Certificate and Public Key Infrastructure)	244
6.6	防火墙(Firewall)	245
6.6.1	防火墙的概念(Fundamental Concepts of Firewall)	246
6.6.2	防火墙的类型(Classification of Firewall)	246
	习题 6	248
	实验指导 6-1 网络常规加密 DES	249
	实验指导 6-2 网络公钥加密 RSA	252
第 7 章	应用层(Application Layer)	255
7.1	C/S、B/S 和 P2P 技术	256
7.1.1	C/S 和 B/S 的概念(C/S and B/S Concept)	256
7.1.2	P2P 技术(Peer to Peer)	259
7.2	HTML、HTTP 和 Web(Hyper Text Markup Language, Hyper Text Transport Protocol & Web)	261
7.2.1	HTML(HyperText Markup Language)	262
7.2.2	HTTP(HyperText Transfer Protocol)	264
7.2.3	Web 设计流程(Flow of Web Design)	267
7.3	嵌入式 Web 技术(Embedded Web)	268
7.3.1	传统控制与 Web 控制系统比较(Traditional vs. Web Control System)	268
7.3.2	嵌入式与标准 Web 服务器的差别(Embedded vs. Standard Web Server)	269
7.3.3	嵌入式 Web 的实现方式(Implement Way of Embedded Web Technology)	270
7.4	DNS 和 DHCP(DNS and Dynamic Host Contribution Protocol)	272
7.4.1	因特网的域名结构(Internet Domain Name Structure)	272
7.4.2	域名高速缓存(Cache of Domain Name)	273
7.4.3	DNS 域名解析工作过程	273
7.4.4	引导程序协议 BOOTP(Boot Protocol)	274
7.4.5	动态主机配置协议 DHCP(Dynamic Host Contribution Protocol)	274

7.4.6 RARP、BOOTP 和 DHCP 的区别	275
7.5 FTP、TFTP、Telnet 和 SNMP 协议	276
7.5.1 文件传送协议 FTP(File Transfer Protocol)	276
7.5.2 简单文件传送协议 TFTP(Trivial File Transfer Protocol)	277
7.5.3 远程登录协议 Telnet(Remote Login Protocol Telnet)	277
7.5.4 简单网络管理协议 SNMP(Simple Network Management Protocol)	278
7.6 SMTP、POP3 和 IMAP 邮件协议	279
7.6.1 简单邮件传送协议 SMTP(Simple Mail Transfer Protocol)	279
7.6.2 POP3 协议	280
7.6.3 IMAP 协议	280
7.7 现场总线应用层协议(Field Bus Application Layer Protocol)	281
7.7.1 CANopen 协议结构(CANopen Protocol Structure)	281
7.7.2 CANopen 通信对象(CANopen Communication Objective)	282
7.7.3 标识符的地址分配(Address Allocation of Identifier)	283
习题 7	284
实验指导 7-1 网络服务器管理实验	285
实验指导 7-2 HTML 设计实验	286
实验指导 7-3 嵌入式 Web 服务器实验	288
第 8 章 嵌入、移动和物联网(Embedded, Mobile & IOT)	289
8.1 嵌入式网络(Embedded Access Network)	289
8.1.1 嵌入式系统的组成(Form of Embedded Access Network)	290
8.1.2 以太网和 CAN 现场总线比较(Ethernet and CAN Comparison)	291
8.1.3 嵌入式 TCP/IP 协议栈(Embedded TCP/IP Protocol Stack)	293
8.1.4 嵌入网络的上位机通信(Communication of Embedded Network With PC)	296
8.2 无线传感器网络——ZigBee(Wireless Sensor Network—ZigBee)	297
8.2.1 ZigBee 概述(ZigBee Introduction)	297
8.2.2 ZigBee 设备节点(ZigBee Device Node)	299
8.2.3 ZigBee 网络拓扑结构(ZigBee Network Topology)	299
8.3 蜂窝移动通信(Cellular Mobile Communication)	301
8.3.1 GSM 蜂窝移动通信(GSM Cellular Mobile Communication)	301
8.3.2 第三代移动通信(3G)	303
8.3.3 TD-SCDMA 技术	305
8.3.4 第四代移动通信的关键技术(4G Key Technology)	307
8.4 物联网(Internet of Things)	309
8.4.1 物联网定义(Definition of Internet of Things)	309
8.4.2 物联网关键技术(Key Technology of Internet of Things)	310

习题 8	311
实验指导 8-1 ZigBee 仿真实验	312
附录.....	314
附录 A 网络协议分析工具 Wireshark	314
A.1 什么是 Wireshark	314
A.2 Wireshark 安装	315
附录 B 路由交换仿真工具 NetSim	315
附录 C 网络协议仿真工具 NS2	316
附录 D 网络常见英语缩略词汇	317
附录 E 网络常用标准	325
参考文献.....	327

第1章

网络体系结构(Network Architecture)

物质、能量和信息是构成客观物质世界的三大要素,如图 1-1 所示它们之间的关系如图 1-2 所示。



图 1-1 物质、能量和信息是构成世界的三大要素

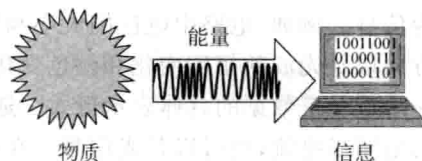


图 1-2 物质、能量和信息之间的关系

信息是物质在空间和时间上分布的不均匀程度,或者说信息是关于物质运动的状态和规律的形式化标识。通过采集物质的能量得到信息,对信息的处理和加工也需要能量。

对信息的研究包括信息的获取、传输、存储和处理等,计算机网络或数字网络主要研究的是信息传输这个环节,就是利用通信设备和线路将地理位置不同的、功能独立的多个计算机系统互连起来,以功能完善的网络软件(即网络通信协议、信息交换方式和网络操作系统等)实现网络中的资源共享和信息传递。

网络的基础是通信,通信就是在信源和信宿之间传递信息,双方的正确通信需要有一定的规程来约束,即协议(protocol)。由于协议越来越复杂,因而被分成不同的层次,每一层协议以数据单元形式出现,称为协议数据单元(protocol data unit, PDU)。

1.1 信息传输单位(Information Transfer Unit)

正确理解掌握信号、数据和信息这几个术语的含义,才能理解数据通信系统的实质问题(如信源、信道和编码等),从而把网络通信抽象成一个模型,统一研究。

1.1.1 信息、数据和信号(Information, Data and Signal)

信息是对数据进行加工以后所得到的,有助于人们消除对某一方面的不确定性,计算机网络是一种信息网络。

对收信者来说,一条消息所包含信息的多少,与其收到该消息前对某事件存在的不确定性程度有关。1948年,美国数学家和工程师、信息论的主要奠基人香农(Claude E. Shannon)在《贝尔系统技术》杂志上发表了一篇著名论文“通信的数学理论”。在这篇文章中,香农并没有直接从文字上来表示信息的定义,他把信息定义为熵的减少。换句话说,他把信息定义为“用来消除不确定性的东西”,因为熵是不确定性的度量,熵的减少就是不确定性的减少。

信息网络的目的是交换信息,信息的载体可以是数字、文字、语音、图形或图像等,转换成数据后就可以用计算机来处理和传输。

数据是任何描述物体、概念、情况和形势的事实、数字、字母和符号等。数据可以在物理介质上记录或传输,并通过外围设备被计算机接收,经过处理而获得结果。数据中包含着信息,信息是通过解释数据而产生的。所谓交换信息,就是访问数据及传输数据。

在计算机系统中,各种字母、数字、符号的组合和语音、图形、图像等统称为数据,以二进制代码表示,即以“0”和“1”比特序列构成。

数据在通信线路中进行传输时必定要表现为一定物理量的变化,这些变化的物理量称为信号。例如,电路中电压的大小和正负,电流的大小和方向,电压的波形,电磁场的大小、方向以及光波的幅度变化和颜色变化(频率或波长的变化)等。

信号是数据的具体表示形式。通信系统中所使用的信号可以是电信号,即随时间变化的电压或电流;也可以是光信号。在通信中,传输的主体是信号,各种电路、设备则是为实施这种传输对信号进行各种处理而设置的。因此,对电路及设备的设计和制造,必然要取决于信号的特性,因而了解信号的特性是十分必要的。图1-3、图1-4和图1-5分别表示信息、数据和信号,信号和数据的关系如图1-6和图1-7所示。

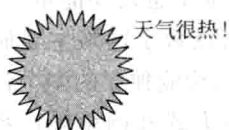


图 1-3 信息



图 1-4 描述信息的数据

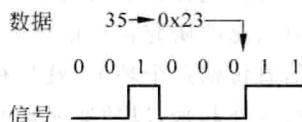


图 1-5 一种表示数据的信号

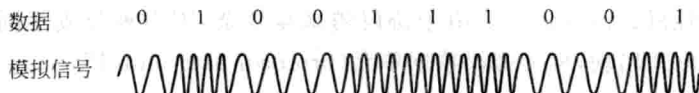


图 1-6 信号和数据的关系——模拟信号

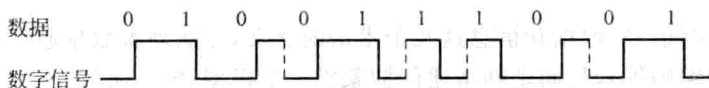


图 1-7 信号和数据的关系——数字信号

下面是信号在数据通信中的几种分类。

(1) 连续信号与离散信号

连续信号与离散信号是确定的时间函数。

如果在某一时间间隔内,对于一切时间值,除了若干不连续点以外都给出确定的函数值,这种信号就称为连续信号。

代表离散信号的时间函数只在某些不连续的瞬时给出函数值。

(2) 随机信号与确定信号

随机信号是指它在实际出现以前,总是有某一种程度不确定性的信号,这种信号不能用单一时间函数表达。由于随机信号的不规则性,对这类信号的分析,要从概率和统计着手。这种信号的一个例子是,信号在传输媒质中受干扰和噪声的作用,使得接收机的输入信号时断时通。随机信号的一般特性包括平均值、最大值与最小值、均方值、平均功率值以及平均频谱等,每一项数值都能描述出随机信号的一部分内在性质。对信号的处理有时从时域转换到频域会更方便。

除了实验室产生的有规律信号外,一般的信号都是随机的。因为对于接收者来说,信号如果是完全确定的时间函数,就不可能由它得到任何新的信息,因而也就失去了通信的目的。尽管确定信号是一种理论上的抽象,它却和随机信号的特性之间有一定联系。利用确定信号来分析系统,能使问题大为简化,在工程上有实际应用意义。

(3) 周期信号与非周期信号

用确定的时间函数表示的信号,又可分为周期信号与非周期信号。严格数学意义的周期信号,是无始无终地重复着某一变化规律的信号。显然,这样的信号实际上是不存在的。所以,周期信号只是指在一定时间内按照某一规律重复变化的信号。

1.1.2 码元和比特(Symbol and Bit)

信号怎么表示数据?其方法是进行编码。

信号的表现形式是码元,进行编码后成为比特数据。比特和码元之间的关系如图 1-8 所示。

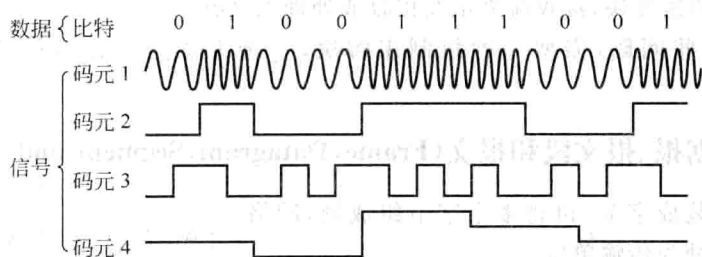


图 1-8 比特和码元的关系——数字信号

1. 码元(symbol)

码元是承载信息量的基本信号单位。

在使用时间域(时域)的波形表示数字信号时,代表不同离散数值的基本波形,是通信网络中表示信号变化的最小单位。