

现场总线CAN 原理与应用技术

(第2版)



饶运涛 邹继军 编著
王进宏 郑勇芸

 北京航空航天大学出版社

内容简介

CAN是当前最有影响的现场总线之一,它具有较高的性能价格比,在自动控制领域得到广泛的应用,也越来越多地出现在嵌入式系统中。本书首先简要叙述了现场总线技术的基础及计算机网络;其后的内容覆盖了CAN技术的国际标准、几类有代表性的CAN器件、CAN智能节点的硬件和软件设计(包括在单片机和PC机上)、组网中的CAN网关和网桥的设计、CAN的应用技术实例;最后较详细地介绍了基于CAN的网络高层协议中最流行的CANopen和DeviceNet以及时间触发CAN(TTCAN)的基本原理及其主要结构。

本书特点

着眼于帮助读者弄清概念、尽快入门,重在实践。因此,在本书作者的科研实践基础上,涉及具体设计的内容中尽可能详细地列举了各基本功能模块,可供初学者直接参考使用。

读者对象

可作为大专院校电子信息工程、电气工程、自动控制等专业的师生以及相关技术人员在学习和开发应用CAN技术过程中的参考资料。

ISBN 978-7-81124-229-4



9 787811 242294 >

定价: 42.00元

TP336/4=2

2007

现场总线 CAN 原理与应用技术

(第 2 版)

饶运涛 邹继军 编著
王进宏 郑勇芸

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

CAN是当前最有影响的现场总线之一,它具有较高的性能价格比,在自动控制领域得到广泛的应用,也越来越多地出现在嵌入式系统中。本书首先简要叙述了现场总线技术的基础——计算机网络;其后的内容覆盖了CAN技术的国际标准、几类有代表性的CAN器件、CAN智能节点的硬件和软件设计(包括在单片机和PC机上)、组网中的CAN网关和网桥的设计、CAN的应用技术实例;最后较详细地介绍了基于CAN的网络高层协议中最流行的CANopen和DeviceNet以及时间触发CAN(TTCAN)的基本原理及其主要结构。

本书着眼于帮助读者弄清概念、尽快入门,重在实践。因此,在本书作者的科研实践基础上,涉及具体设计的内容中尽可能详细地列举了各基本功能模块,可供初学者直接参考使用。本书可作为大专院校电子信息工程、电气工程、自动控制等专业的师生以及相关技术人员在学习和应用CAN技术过程中的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

现场总线 CAN 原理与应用技术/饶运涛等编著. —2 版.

北京:北京航空航天大学出版社,2007. 8

ISBN 978-7-81124-229-4

I. 现… II. 饶… III. 总线—基本知识 IV. TP336

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 119453 号

© 2007,北京航空航天大学出版社,版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制或传播本书内容。
侵权必究。

现场总线 CAN 原理与应用技术(第 2 版)

饶运涛 邹继军 编著

王进宏 郑勇芸

责任编辑 王慕冰 朱胜军

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

http://www.buaapress.com.cn E-mail:bhpress@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:28.25 字数:723 千字

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-81124-229-4 定价:42.00 元

再版前言

自从五年前本书面世以来,我们看到现场总线 CAN 技术应用在我国得到迅速发展,特别是在工业自动化控制领域,这是值得欣慰的。北京航空航天大学出版社近年来陆续出版的几集《现场总线技术应用选编》从一个侧面反映出这一点,CAN 总线方面的论文占其中的多数。之所以出现这样的形势,是与 CAN 的优越特性和它的高性能价格比分不开的。人们可以发现,另一个重要因素反映在 CAN 控制器的类型及其产品越来越丰富,而且在不少半导体厂商出产的微控制器上,CAN 总线的两个引脚 CANH 和 CANL 像普通串行口一样成了常规的设置。从人们熟知的 8 位 MCS-51 类型到 32 位高档的 ARM 类型单片机都可看到 CAN 的身影。不难想象,在世界范围内,在芯片制造者的心目中,CAN 的特性和它的通用功能得到普遍的认可。

CAN 走过了二十多年的历程,技术日臻完善,它的应用也远远超出了最初的汽车领域,这说明其潜力可观。近几年中,CAN 又得到长足的发展:一方面,它的控制器芯片的类型和数量越来越多,以至可以成为嵌入式系统的一个常规单元;另一方面,人们越来越多地关注到基于 CAN 的高层协议的制定和推广,其目标是实现同类现场总线产品的国际标准化,真正达到不同厂家的产品能互连通用。于是,以 CANopen 和 DeviceNet 为代表的规范也在我国逐渐为业界人士认识和接纳。与此同时,CAN 的学者们也一直注意到基于事件触发的 CAN 原理在控制系统过程中某些条件下的不足之处,那就是多节点自由竞争时,由位仲裁决定访问总线优先权所带来的节点工作时间的不确定性,这种不确定性在严格的实时控制系统的一些特殊情况下会造成负面影响。为此,有人提出了时间触发 CAN(TTCAN)的概念和原理,随之制定了 TTCAN 的规范;尔后又又有制造商推出支持 TTCAN 的 CAN 控制器。特别值得赞许的是,TTCAN 的数据链路层和物理层还是基于原有 CAN 的规范,也就是说,我们熟悉的 CAN 规范同样支持 TTCAN。TTCAN 有两个级别:级别 1 完全可以在现有 CAN 控制器基础上通过上层软件的设计而实现;级别 2 是在 CAN 控制器的硬件上增加一些单元,同时软件上也有所规范,这样实现起来就愈加完美。更灵活的是,时间触发方式和事件触发方式可以共处在同一系统设计中,发挥各自的长处。可以说,TTCAN 主要还是属于高层协议。有关这些高层协议,请看本书的第 9 章介绍。

五年多来,我们从初战告捷的喜悦开始与 CAN 结下不解之缘,尽管一路走过来困境重重,苦恼纷沓;但还是坚持着,初衷未变。真可谓:“非知之难,行之惟难;非行之难,终之斯难。”所言信矣”。对 CAN 的亲身体验和这个领域的蓬勃生机在激励我们,能为这项技术的传播尽一份力量,为它的应用推广铺一小段路是值得的,因此,也一直在为本书的再版作准备。本次再版中,首先修补原书中发现的错误或遗漏,对实践中遇到的普遍问题尽量给予补充说明。例如,在设置 SJA1000 位周期值时,位中的那几个段如何分配?在 CAN 节点的调试中应采用的步骤等。另外,更多的是这些年来国际上 CAN 的发展新成果,它们包括新器件、新论点和新协议。例如,第 3 章和第 4 章都增添了有代表性的常见新器件介绍;第 9 章专门介绍基于 CAN 的高层协议和 TTCAN。新的内容中也添入了我们近年来一些科研成果和体会,供大

家参考,它们主要反映在第 6~8 章。这里也引用了历届部分研究生在科研实践和毕业论文中的内容,他们是邹继军、郑勇芸、王进宏、鞠玉翔、王军波、庄乾成、李栓明、王玉玲和李子健等。本书第 1~4 章和第 9 章由饶运涛编写;第 5 章全部和第 6~8 章的大部分由邹继军编写;第 6 章、第 7 章的其余部分由王进宏和郑勇芸等人编写。全书由饶运涛整编和定稿。

无论在本书的第 1 版还是此次再版过程中,北京航空航天大学出版社的马广云博士和相关编辑人员都给予了热情的关注和支持,在此我们表示衷心的感谢。同时也要十分感谢本书所有参考资料的作者提供的大力帮助和热心的读者给本书提出的问题。由于我们所处条件和本身水平的限制,书中难于完整地反映 CAN 的发展成果,难免有不妥之处,恳切希望同仁和读者朋友不吝指教。

我们也想趁此机会向企业界的朋友发出合作的呼吁,希望在“要建设以企业为主体、市场为导向、产学研相结合的技术创新体系”的过程中,优势互补,携手共进,使科研工作落到实处,让科研成果快速有效地转变为生产力。

作者

2007 年 4 月

于东华理工大学

目 录

第 1 章 计算机网络与现场总线

1.1	计算机网络体系的结构	1
1.1.1	物理层	2
1.1.2	数据链路层	5
1.1.3	介质访问控制子层 MAC 和逻辑链路控制子层 LLC	7
1.1.4	网络层	8
1.1.5	传输层	9
1.1.6	会话层	10
1.1.7	表示层	10
1.1.8	应用层	10
1.2	现场总线	11
1.2.1	什么是现场总线	11
1.2.2	工业控制系统的发展	11
1.2.3	现场总线技术	12
1.2.4	现场总线的发展	12
1.3	CAN 总线	14
1.3.1	CAN 总线的发展历程	14
1.3.2	CAN 总线的特点	17
1.3.3	CAN 总线的位数值表示与通信距离	18

第 2 章 CAN 技术规范的介绍

2.1	简介	20
2.2	基本概念	21
2.3	报文传输	24
2.3.1	帧格式	24
2.3.2	帧类型	24
2.3.3	关于帧格式的一致性	31
2.3.4	发送器和接收器的定义	32
2.4	报文滤波	32
2.5	报文校验	32
2.6	编 码	32
2.7	错误处理	33
2.7.1	错误检测	33

2.7.2 出错时发出的信号	33
2.8 故障界定	33
2.9 振荡器容差	35
2.10 位定时要求	35

第 3 章 独立 CAN 控制器

3.1 芯片 SJA1000 的概述	38
3.2 SJA1000 的内部结构及 SJA1000 引脚定义	39
3.3 SJA1000 在系统中的位置	41
3.4 SJA1000 的几个控制模块	42
3.5 SJA1000 的详细介绍	42
3.5.1 与 PCA82C200 的兼容性	43
3.5.2 比 PCA82C200 增加的功能	43
3.5.3 BasicCAN 模式中的寄存器及其功能描述	44
3.5.4 PeliCAN 模式中的寄存器及其功能描述	53
3.5.5 公共寄存器	73
3.6 SJA1000 主要参数限额	78
3.7 SJA1000 位周期参数的确定	78
3.7.1 传播的延时	79
3.7.2 同步	80
3.7.3 位定时条件的说明	81
3.7.4 计算规则	81
3.7.5 计算规则的图解表示方式	82
3.7.6 位定时参数的计算	84
3.8 SJA1000 与单片机的典型接口电路及其在 PeliCAN 模式中的地址分配示意图	91
3.9 带有 SPI 接口的独立 CAN 控制器 MCP2515	93
3.10 MCP2515 功能介绍	94
3.10.1 概 述	94
3.10.2 发送/接收缓冲器	96
3.10.3 CAN 协议引擎	97
3.11 MCP2515 报文发送	98
3.11.1 发送缓冲器	98
3.11.2 发送优先级	99
3.11.3 启动发送	99
3.11.4 单触发模式	99
3.11.5 TXnRTS 引脚	100
3.11.6 中止发送	100
3.11.7 报文发送流程	100

3.11.8 与报文发送相关的寄存器	100
3.12 MCP2515 报文接收	103
3.12.1 报文接收缓冲器、接收标志与中断	103
3.12.2 接收优先级、滚存以及 RXM 位	104
3.12.3 RX0BF 和 RX1BF 引脚	105
3.12.4 报文验收滤波器及屏蔽寄存器	109
3.13 MCP2515 位定时	112
3.13.1 CAN 位时间与同步	112
3.13.2 对时间段编程	112
3.13.3 位定时配置寄存器	112
3.14 错误检测与处理	114
3.15 MCP2515 的中断	115
3.15.1 中断代码位	117
3.15.2 发送中断	117
3.15.3 接收中断	117
3.15.4 报文错误中断	117
3.15.5 总线活动唤醒中断	118
3.15.6 错误中断	118
3.15.7 中断确认	118
3.16 时钟振荡器	118
3.16.1 时钟振荡器启动定时器	119
3.16.2 CLKOUT 引脚	119
3.17 复 位	120
3.18 工作模式	120
3.18.1 配置模式	121
3.18.2 休眠模式	122
3.18.3 只听模式	122
3.18.4 回环模式	122
3.18.5 正常模式	123
3.19 寄存器映射表	123
3.20 SPI 接口	124
3.20.1 概 述	124
3.20.2 复位指令	125
3.20.3 读指令	125
3.20.4 读 RX 缓冲器指令	126
3.20.5 写指令	126
3.20.6 装载 TX 缓冲器指令	126
3.20.7 请求发送指令	127
3.20.8 读状态指令	127

3.20.9 RX 状态指令	128
3.20.10 位修改指令	128

第4章 带 CAN 控制器的单片机

4.1 P8xC591 在 80C51 基础上增加的特点和功能	130
4.2 P8xC591 概述	131
4.3 P8xC591 引脚描述	131
4.4 P8xC591 存储器结构	135
4.4.1 P8xC591 扩展的数据 RAM 寻址	136
4.4.2 P8xC591 双 DPTR	138
4.4.3 P8xC591 AUXR1 页寄存器	138
4.5 P8xC591 I/O 功能	139
4.6 P8xC591 复位	139
4.7 P8xC591 CAN 控制器局域网络	139
4.7.1 P8xC591 的 PeliCAN 特性(比 SJA1000 增加的部分)	139
4.7.2 P8xC591 的 PeliCAN 结构	140
4.7.3 P8xC591 的 PeliCAN 控制器与 CPU 之间的通信	140
4.7.4 P8xC591 的 PeliCAN 内部寄存器和报文缓冲区描述	143
4.8 CAN 报文的发送	165
4.8.1 查询控制的发送	165
4.8.2 中断控制的发送	165
4.8.3 中止发送	166
4.9 CAN 报文的接收	168
4.9.1 查询控制的接收	168
4.9.2 中断控制的接收	169
4.9.3 数据溢出处理	171
4.9.4 接收中断级或高优先级	171
4.10 自动位速率检测	173
4.11 CAN 控制器自检测	176
4.11.1 全局自检测	176
4.11.2 局部自检测	177
4.12 P8xC591 的节电功能(对原 51 系列节电功能的扩展)	178
4.13 AT89C51CC0x	178
4.13.1 AT89C51CC03 主要特征	178
4.13.2 AT89C51CC03 结构	180
4.13.3 芯片引脚和特殊功能寄存器总汇	181
4.14 AT89C51CC0x 中断系统	183
4.15 AT89C51CC03 时钟	185
4.16 AT89C51CC03 存储器系统	187

4.16.1	AT89C51CC03 EEPROM 数据存储器	188
4.16.2	AT89C51CC03 程序/代码存储器	190
4.16.3	AT89C51CC03 Flash 的结构	191
4.17	看门狗定时器	195
4.18	AT89C51CC03 的 CAN 控制器	197
4.18.1	AT89C51CC03 的 CAN 控制器描述	197
4.18.2	AT89C51CC0x 的 CAN 控制器管理	201
4.18.3	AT89C51CC0x 的 CAN 中断管理	202
4.18.4	AT89C51CC0x 位定时和波特率	203
4.18.5	AT89C51CC0x 接收滤波	205
4.19	AT89C51CC0x 时间触发通信(TTC)和报文时戳	205
4.20	AT89C51CC0x CAN 的自动波特率和收听模式	206
4.21	AT89C51CC0x 中 CAN 寄存器的详细描述	207
4.22	AT89C51CC0x 程序举例	218
4.23	其他几类带 CAN 控制器的单片机简介	220

第 5 章 CAN 总线收发器

5.1	CAN 总线收发器 82C250	224
5.1.1	概 述	224
5.1.2	82C250 功能框图	224
5.1.3	82C250 功能描述	225
5.2	CAN 总线收发器 TJA1050	226
5.2.1	概 述	226
5.2.2	TJA1050 功能框图	227
5.2.3	TJA1050 功能描述	228
5.3	PCA82C250/251 与 TJA1040、TJA1050 的比较和升级	229
5.3.1	简 介	229
5.3.2	C250/251 与 TJA1050、TJA1040 之间的区别	229
5.3.3	引 脚	230
5.3.4	工作模式	230
5.3.5	互用性	232
5.3.6	硬件问题	233
5.4	单线 CAN 收发器 MC33897	235
5.4.1	概 述	235
5.4.2	MC33897 功能框图与功能描述	235
5.4.3	典型应用	236
5.5	总线长度及节点数的确定	237
5.6	总线终端及网络拓扑结构	239
5.6.1	分离终端	239

5.6.2	多终端	239
5.6.3	单终端	240
5.6.4	非匹配终端	240
5.6.5	非终端支线电缆长度	240

第 6 章 CAN 控制器与单片机的接口技术

6.1	CAN 总线系统智能节点设计	242
6.1.1	CAN 总线系统智能节点硬件电路设计	242
6.1.2	CAN 总线系统智能节点软件设计	243
6.2	CAN 网控器设计	248
6.2.1	CAN 网控器硬件电路设计	249
6.2.2	CAN 网控器软件设计	250
6.3	CAN 总线与其他串行总线的转换装置	255
6.3.1	CAN 总线与 RS-485(RS-232)的转换	255
6.3.2	CAN 总线与 USB 的转换	257
6.3.3	CAN 总线与以太网的转换	268

第 7 章 CAN 控制器与计算机的接口技术

7.1	ISA 总线非智能型 CAN 适配卡设计	291
7.1.1	ISA 总线简介	291
7.1.2	硬件电路设计	292
7.1.3	软件设计	294
7.2	PCI 总线非智能型 CAN 适配卡	312
7.2.1	PCI 总线信号定义	313
7.2.2	PCI 总线控制器 PCI9052	314
7.2.3	PCI 总线非智能型 CAN 适配卡的硬件电路分析	318
7.2.4	适配卡硬件的内存映射	319
7.2.5	PCI 总线非智能型 CAN 适配卡工作原理	320
7.2.6	非智能 CAN 适配卡的 WDM 驱动程序设计	323
7.2.7	非智能 CAN 适配卡驱动程序的实现	324
7.3	PCI 总线智能型 CAN 适配卡	331
7.3.1	适配卡的硬件电路结构	331
7.3.2	双口 SRAM——IDT7008	332
7.3.3	适配卡的硬件电路分析	333
7.3.4	CAN 智能适配卡的程序设计	334
7.4	SJA1000 与计算机并行端口的接口	335
7.4.1	PC 机并行端口简介	335
7.4.2	SJA1000 与并行端口的接口电路设计	340
7.4.3	SJA1000 与并行端口接口的软件设计	342

第 8 章 CAN 总线应用与实验系统设计

8.1	CAN 总线在校园消费信息系统中的应用	346
8.1.1	校园消费信息系统基本网络结构	346
8.1.2	校园消费信息系统网络拓扑结构	348
8.1.3	系统网络参数配置	349
8.1.4	校园消费信息系统应用层通信协议	350
8.1.5	校园消费信息系统软件设计	353
8.2	CAN 总线在一个分布式控制实验系统中的应用	357
8.3	CAN 总线在 GaAs 光电阴极多信息量测控系统中的应用	358
8.3.1	多信息量测控系统组成	358
8.3.2	多信息量测控系统硬件设计	358
8.3.3	多信息量测控系统通信协议	360
8.3.4	多信息量测控系统软件设计	361
8.4	CAN 总线技术在多个领域的应用综述	361
8.4.1	大型仪器设备	362
8.4.2	在传感器技术及数据采集系统中的应用	362
8.4.3	在工业控制中的应用	362
8.4.4	在机器人网络互联中的应用	363
8.4.5	在智能家庭和生活小区管理中的应用	364
8.5	一个 CAN 实验系统的设计	365
8.5.1	CAN 实验系统硬件电路设计	365
8.5.2	CAN 实验装置实验内容及软件设计	365

第 9 章 基于 CAN 网络的高层协议和 TTCAN

9.1	基于 CAN 总线的网络高层协议概述	377
9.2	CANopen	378
9.2.1	概 述	378
9.2.2	结构模式	379
9.2.3	通信对象类型	380
9.2.4	对象字典	383
9.2.5	标识符的地址分配	384
9.2.6	应用层和通信子层	384
9.3	DeviceNet	404
9.3.1	概 述	404
9.3.2	物理层	406
9.3.3	数据链路层	407
9.3.4	高层与 CIP	407
9.3.5	DevieceNet 的连接和报文组	410

9.3.6	DeviceNet 的报文	413
9.3.7	非连接报文管理器 UCMM 服务	416
9.3.8	I/O 数据触发方式	416
9.3.9	对象模型	418
9.3.10	设备文档	419
9.3.11	预定义主/从连接	424
9.3.12	一致性测试	426
9.3.13	DeviceNet 组网	427
9.4	时间触发 CAN	427
9.4.1	问题的提出与对策	427
9.4.2	时间触发操作与基于 CAN 的时间触发操作概述	429
9.4.3	TTCAN 的几个基本要素	430
9.4.4	与 TTCAN 有关的控制器	437
参考文献		438

第 1 章 计算机网络与现场总线

计算机网络崭露在 20 世纪后期,是人类历史上又一座科技革命的丰碑,它使信息交流与共享变得空前广泛和便捷自如,可以遍及世界的每个角落,对社会现实和未来影响深远。这项信息技术也渗入到自动化领域的变革中,现场总线(Fieldbus)由此应运而生,它是计算机网络与控制系统结合的必然产物,开创了工业控制发展的新篇章。现场总线本质上是一种计算机控制网络,因此网络技术是它的重要基础。CAN(Controllers Area Network)是当前有影响的现场总线标准之一。

为了使叙述的内容有较好的连贯性,特别是让初学者对后面要涉及的有关网络的一些概念和术语有所了解,在本书的开始还是既概括又有侧重地介绍一下计算机网络的相关知识。

1.1 计算机网络体系的结构

计算机网络是计算机技术与通信技术相结合产生的新的技术领域。若干计算机用通信信道连接在一起,相互之间可以交换信息共享资源,就形成了计算机网络。

在社会生活中人们已习惯许多类型的网络,如交通网(铁路、公路等),通信网(电信、邮政等),商业网,等等。这些网可以有不同规模,小到局限在一个办公室、一个单位、一个城市内部,大到可以在世界各地互通。不管是什么网,为了正常、高效地运作,都要制定它的各种规范。而且由于世界各部分联系日益密切,这些规范也就应当是开放型国际标准,以便于相互连通运作。这都是相当复杂的过程。计算机网络也有着类似的问题。

人们在处理庞大而复杂的系统问题时采用的方法往往是功能分解,把它划分为若干个比较容易处理的较小的问题,然后“分而治之”。这种结构设计要求确定系统由哪些模块组成,以及这些模块之间的关系。每个模块完成某一子功能,模块之间相对独立、“透明”。它们通过接口规则相互连接、请求或提供服务。现代网络采用分层的体系结构方法,就是将网络按照功能分成一系列的层次,每一层完成一个特定的功能,相邻层中的高层直接使用低层提供的服务来实现本层的功能,同时它又向它的上层提供服务。网络分层的好处是,各层之间相对独立,其功能实现的具体细节对外是不可见的(“透明”),相邻层间的交互通过接口处规定的服务原语(交互时所要交换的一些必要信息)进行。这样,每一层的功能易于实现和维护。而当某一层需要改动时,只要不改变它与上、下层的接口规则,其他层次都不受影响,因此具有很大的灵活性。这种思维模式与面向对象的程序设计是一致的,一层就是一个对象,服务实现的细节完全封装在层内,因此,各层之间具有很强的独立性。

在国际标准化组织(ISO)提出的“开放系统互联”(OSI)的参考模式中,网络系统结构划分为 7 层。从上到下依次是应用层、表示层、会话层、传输层、网络层、数据链路层、物理层,如图 1.1 所示。然而在实际中,使用的网络协议与这个参考模式都多多少少有些差异。这就是说,这种层次结构并不是严格和必需的,而是要看实际需要而定。例如风靡全球主宰 Internet 的 TCP/IP 体系就只划分为应用层、传输层(TCP)、网络层(IP)和网络接口层(在 TCP/IP 设

计时与具体的物理传输媒体无关。因此,在该标准中并没有对最低两层做出规定,这也就是 TCP/IP 协议可以运行于当前几乎所有物理网络之上的原因)。

为了理解网络体系的分层结构,不妨看一个日常用电话的例子。电话网早已是“国际互联”,也是分层结构。但是作为用户层的普通人无论是利用它通话还是传真、上网,都不会去考虑和对方之间的联络实际上经过了若干个中间层环节(尤其是长途电话),例如信号的调制与解调、几级交换机的线路选择(相当于网络层)、信号的传送与接收(相当于数据链路层、物理层)等。用户层面只需知道摘机和拨号等简单规则,而其余的各层对他来说是“透明”(就像双方在直接对话)的。至于底层信号的传输方式(例如可以是电缆、光纤或卫星等)对于中间层的交换机来说也是“透明”的。

下面简要介绍网络系统各层的功能。

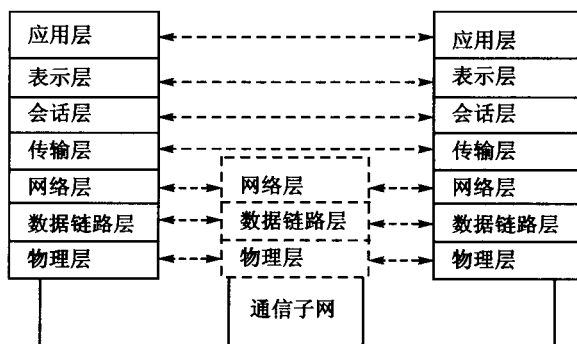


图 1.1 OSI 参考模式

1.1.1 物理层

物理层(Physical Layer)的作用是在物理传输媒体上传输各种数据的比特流,而不管数据的类型和结构如何。这一层除了规定机械、电气、功能、规程等特征外,主要涉及的问题还有(其中有些应当是与数据链路层有关,为了叙述方便而罗列在这里):

1. 传输速率

这里有波特率(每秒传输的码元数)和比特率(每秒传输的二进制位数)之分。如果一个码元只携带一个比特的信息量,则波特率和比特率在数值上相等。

2. 信道容量

信道容量即信道能支持的最大数据传输速率。它由信道的带宽和信噪比来决定。

3. 传输媒体

传输媒体也就是传输电信号的物理介质。例如是无线还是有线,是双绞线还是同轴电缆,或是光纤等。

4. 调制/解调

调制/解调就是将一种数据转换成适合在信道上传输的某种电信号形式。例如,把数字信号转换为模拟信号有调幅、调频、调相等方法。数字信号的信道编码方法有单极型脉冲和双极型脉冲编码(它们中又有归零码和不归零码之分)以及曼彻斯特编码等(信道编码)。

5. 交换技术

交换技术有3种：电路交换、报文交换和分组交换。

(1) 电路交换。电路交换要求在通信双方之间建立起一条实际的物理通路,并在整个通信过程中,这条通路被独占。例如电话交换系统就是这样。在这种条件下,数据在每个中间环节没有停留。优点是数据传输可靠,实时效应好;缺点是电路不能共享,资源浪费大,同时电路的建立和撤除的时间较长。

(2) 报文交换。报文交换就是一个报文(长度无限制的数据块)在通过从源站到目的站之间的中间站时采用存储-转发方式(有缓冲区)。这样可以提高线路的利用率,但大报文延迟时间长,出错率高,一般很少采用。(注:这里的“报文”定义与CAN中的不尽相同。)

(3) 分组交换。分组交换就是将一个大报文分割成一定长度的信息单元(分组),各单元依次编号,以分组为单位进行存储-转发。其优点除了线路共享外,它要求中间环节的缓冲存储区减少,也减少了分组在网络中的延迟时间。由于各分组在网络中可以走不同路径,这种并行也降低了整个报文的传输时间。分组长度变短,使得出错重发率大为降低(若发现一组出错,则重发它的所需时间也就短)。这是目前计算机网络中广泛使用的交换技术。所谓的IP电话,也就是以这种方式在计算机网络上传输。

6. 网络拓扑

网络拓扑指网络中节点的互联结构形式,主要有以下几种(见图1.2):

(1) 星型拓扑。在星型拓扑中,每个站点通过点-点连接到中央节点,任何两站之间的通信都通过中央节点进行。星型拓扑采用电路交换,一个站点的故障只会影响本站,而不会影响到全网。但是在这种结构中,通信极大地依赖中央节点,对中央节点的可靠性和容量要求很高;另外,每个站点都要同中央节点连接,耗费大量电缆。

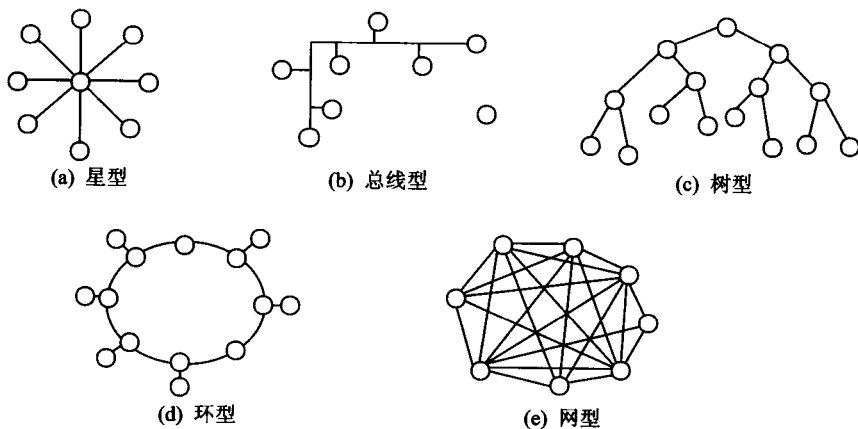


图 1.2 网络拓扑结构

(2) 总线型拓扑。在总线型拓扑中,采用单一信道作为传输介质,所有站点通过相应硬件接口接至这个公共信道(总线)上,任何一个站点发送的信息,所有其他站都能接收。因此,总线和后面要提到的树型拓扑的网称为多点式或广播式。信息也是按组发送,达到各站点后,经过地址识别(滤波),符合的站点将信息复制下来。由于所有节点共享一条公共信道,当多点同时发送信号时,信号会相互碰撞而造成传输失败。这种现象称为冲突。为了避免冲突,每次只