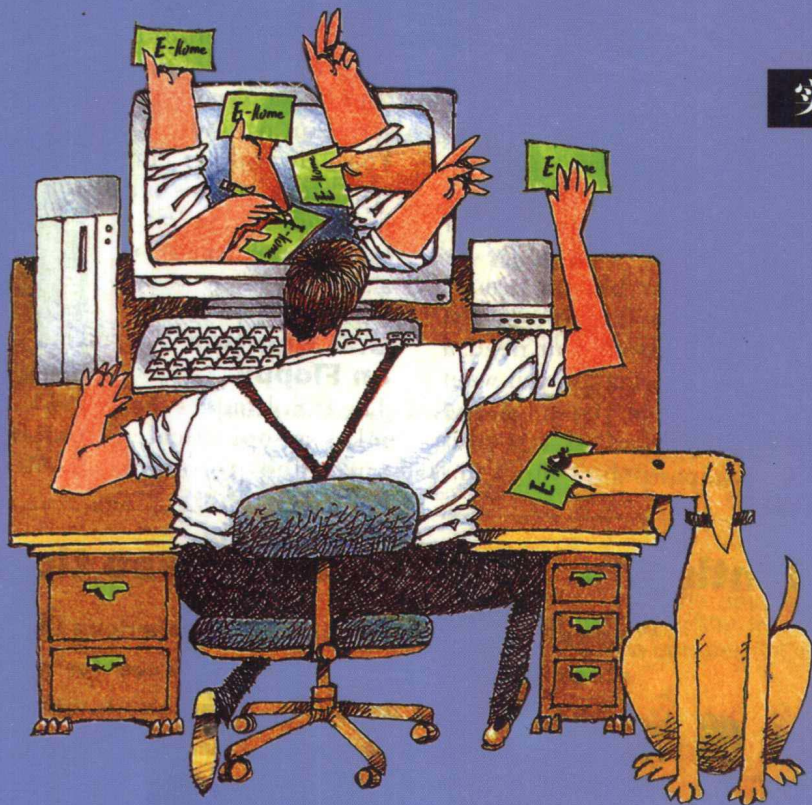




实用网络技术丛书



数字家庭网络 技术及应用

● 杨士元 著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

43

TP393.4
x28b

数字家庭网络技术及应用

杨士元 著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书介绍了数字家庭网络技术在国际上的发展概况和主流技术,分析了国内的发展现状和对未来的展望,系统讲述了数字家庭控制网络的组成结构和工作原理,着重阐述了数字家庭控制网络平台中的各种通信技术以及总线耦合器、家庭网关、远程控制器、通用遥控器和开发工具等主要设备,扼要讲述了终端设备的接口技术,最后介绍了国内外在该领域的标准制定状况及智能住宅系统的应用。

本书适应当前国内技术热点的发展,具有很强的实用性,适合于从事数字家庭领域的规划决策人员和技术人员作参考,也可以作为大专院校相关专业的教材或有关学习班的培训教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数字家庭网络技术及应用/杨士元著. —北京:电子工业出版社,2002.8

(实用网络技术丛书)

ISBN 7-5053-7848-1

I. 数… II. 杨… III. 数字网络体系:计算机网络—基本知识 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 054101 号

责任编辑:王 颖

印 刷:北京市增富印刷有限责任公司

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:20 字数:512 千字

版 次:2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:32.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010) 68279077

前 言

在跨入 21 世纪之际,数字家庭网络开始在中国蓬勃兴起。高科技已越来越多地进入家庭之中,网络已走进普通百姓的家居,各种智能化的家用电器和设备也即将进入寻常的百姓家庭,家庭中的自动化程度将大大提高,使居民生活得更方便、更舒适、更自由,同时也将使民众的生活理念发生重大的变化。

对于中华民族这样一个特别注重家庭生活和家居环境的民族,数字家庭网络技术的应用和普及就显得格外重要。房地产开发商已将住宅的智能化作为规划和销售住宅的一个亮点。居民购房已逐渐将住宅智能化的程度作为选择的一个依据和标准。国家有关部门,如国家经贸委、国家信息产业部和国家建设部等已早在二三年前就开始了相关的部署和规划,包括策划制定有关的技术标准。可以预见到,在未来的几年里,中国将与世界各国一样,在数字家庭网络领域有极大的发展,并逐渐形成成熟的市场。

清华大学自动化系作为高校中的一个研究部门,于 1998 年开始涉足数字家庭网络技术的研究。其中包括对市场远景的调研和预测,数字家庭网络对中国家庭的影响以及要完成的功能,适合于中国国情的系统体系结构的确定,核心/关键技术的探索和研究等。经过近四年的努力,不仅研究和开发成功了数字家庭网络的操作平台和核心模块,同时也完成了数字家庭网络系统配套模块和设备的研究与开发。

本书综合了国内外在数字家庭网络领域中的主流技术,结合我们的研究成果,对数字家庭网络的发展概况(第 1 章),主要的系统结构(第 2 章),工作原理和实现技术(第 3, 5, 6 章)作了系统介绍。第 4 章则介绍了目前广为重视的、在未来的数字家庭网络系统中非常有应用前景的“蓝牙”新技术。在第 7 章中扼要介绍了国内外在制定和规范数字家庭网络标准方面的概况。第 8 章描述了数字家庭网络的一些实际应用。这样安排章节,是想为不同的读者对象(如规划管理的决策者,从事该领域研究和开发的技术人员,相关专业的在校学习的研究生和本科生以及从事数字家庭网络系统集成的技术人员等)提供阅读的方便。

从一定意义上说,本书是对我们四年多工作的一个总结,协助撰写本书的课题组成员都已从事该领域研究两年以上。他们是:博士生叶朝辉和徐海(第 3 章),博士生董炜、硕士生周静、热娜古丽(维吾尔族)和阿木古郎(蒙古族)(第 5 章),硕士生潘龙(第 8 章)和硕士生王传宇(第 6 章部分内容)。张跃副教授为第 6 章中的“数字电视”部分提供了很多素材。此外,秘书谢永红为本书的录入、制图和校对做了大量的工作。在此向他们表示衷心的感谢。

从 1999 年起,我们在该领域的研究得到了清华同方股份有限公司的支持,清华同方股份有限公司总工程师江亿院士对我们的研究提出了很多有益的建议和指导,陈锋博士在组织协调及专项上提供了很多有益的帮助。在此向他们及清华同方股份有限公司表示衷心的感谢。

由于国内至今还没有较为系统地介绍数字家庭网络领域的书籍和文献，我们这次的尝试，虽然力求对该领域作较全面的论述，但由于该领域正处在迅速发展之中，以及本人的水平有限，必定会存在一定的局限性，书中也难免有疏漏和不足，恳请读者指正与谅解。

杨士元
2002 年 5 月

目 录

第1章 概述	(1)
1.1 国内外的的发展概况	(2)
1.1.1 数字家庭是人类居住方式的必然趋势	(2)
1.1.2 国外的发展概况	(4)
1.2 数字家庭网络在我国的发展前景	(13)
1.2.1 我国住宅建设的情况	(13)
1.2.2 我国住宅智能技术的现状	(15)
1.2.3 在我国发展数字家庭网络的意义	(16)
1.2.4 目前在推广应用上存在的主要问题	(18)
1.2.5 我国数字化家庭网络系统的特点	(19)
1.2.6 回顾与展望	(20)
1.3 智能家庭网络的主要功能	(21)
1.3.1 舒适的居住环境	(21)
1.3.2 安全的家庭体系	(22)
1.3.3 方便的生活方式	(23)
1.3.4 高效率的工作模式	(24)
1.4 对数字家庭网络的基本要求	(24)
1.4.1 安全性	(24)
1.4.2 可用性与可靠性	(25)
1.4.3 可维护性	(25)
1.4.4 灵活性与易扩展性	(26)
1.4.5 使用的方便性	(27)
1.4.6 廉价性	(27)
1.4.7 标准化	(27)
1.4.8 体积小、重量轻和安装方便	(28)
第2章 数字家庭网络的基本结构	(29)
2.1 数字家庭网络的分类与组成	(30)
2.2 数字家庭网络的主要模块	(36)
2.2.1 BCU 的结构	(37)
2.2.2 BCU 的硬件组成	(38)
2.3 数字家庭网络的软件特点与组成	(43)
2.3.1 数字家庭控制网络操作系统的特点	(43)
2.3.2 数字家庭控制网络软件的组成	(44)
2.3.3 数字家庭控制网络软件主程序的运行流程	(51)

2.3.4	数字家庭控制网络系统的配置与维护软件	(52)
2.4	数字家庭网络中的信息通信	(54)
2.4.1	BCU 与 BCU 之间的通信	(55)
2.4.2	BCU 与家用电器/设备之间的通信	(58)
2.4.3	BCU 与遥控器之间的通信	(60)
2.4.4	BCU 与电话接口之间通信	(61)
2.4.5	BCU 与家庭网关之间的通信	(61)
2.5	数字家庭网络中的主要关键技术	(61)
2.5.1	计算机技术/网络技术	(61)
2.5.2	通信技术	(62)
2.5.3	传感器技术	(63)
2.5.4	电子/电工技术	(65)
2.5.5	控制工程技术	(66)
2.5.6	标准化技术	(67)
第3章	数字家庭网络系统中的通信技术	(69)
3.1	数字家庭网络系统的基本要求和组成	(70)
3.1.1	基本要求和组成	(70)
3.1.2	数据通信原理	(70)
3.1.3	数据通信系统	(73)
3.2	传输介质	(75)
3.2.1	双绞线	(75)
3.2.2	同轴电缆	(76)
3.2.3	光纤	(77)
3.2.4	电力线载波通信	(77)
3.2.5	无线传输	(78)
3.3	软件结构	(79)
3.3.1	嵌入式操作系统	(79)
3.3.2	智能家庭网络参考模型(IHNRM)	(80)
3.3.3	物理层	(82)
3.3.4	数据链路层	(84)
3.3.5	网络层	(88)
3.3.6	传输层	(91)
3.3.7	应用层	(94)
3.4	网络性能分析和协议一致性测试	(95)
3.4.1	网络性能分析	(95)
3.4.2	协议一致性测试	(97)
3.5	实例介绍	(98)
3.5.1	物理层	(98)
3.5.2	数据链路层	(99)

3.5.3	网络层	(103)
3.5.4	传输层	(108)
3.5.5	应用层	(121)
3.5.6	设备应用描述准则	(126)
第4章	蓝牙技术及其在数字家庭网络中的应用	(139)
4.1	无线家庭网络标准	(140)
4.2	蓝牙技术简介	(142)
4.2.1	蓝牙协议栈	(142)
4.2.2	蓝牙系统的设计方案	(145)
4.3	使用蓝牙技术组成数字家庭无线网络	(146)
4.3.1	系统硬件设计	(146)
4.3.2	系统软件设计	(147)
4.4	蓝牙通信协议	(148)
4.4.1	射频协议	(148)
4.4.2	基带协议	(149)
4.4.3	链路管理协议	(157)
4.4.4	链路控制及适配协议	(162)
4.4.5	服务发现协议	(166)
4.5	蓝牙接口协议	(167)
4.5.1	RFCOMM 协议	(167)
4.5.2	电话控制协议	(170)
4.5.3	IrDA 互操作	(173)
4.5.4	WAP 信道的蓝牙互操作性要求	(175)
第5章	数字家庭网络系统中的主要设备	(179)
5.1	遥控器	(180)
5.1.1	遥控器的发展趋势与分类	(180)
5.1.2	遥控器的工作原理	(184)
5.1.3	实例介绍——遥控器	(189)
5.2	电话接口	(193)
5.2.1	电话远程控制系统的的作用与要求	(193)
5.2.2	常规电话的工作原理简介	(194)
5.2.3	电话远程控制实现的功能	(197)
5.2.4	电话远程控制接口装置	(197)
5.3	家庭网关	(202)
5.3.1	家庭网关在家庭网络系统中的作用和结构	(202)
5.3.2	家庭网关的实现方案和主要技术	(206)
5.3.3	家庭网关的应用	(209)
5.3.4	嵌入式 Internet 技术介绍	(211)
5.3.5	家庭网关实例介绍	(214)

5.3.6 家庭网关的功能扩展	(223)
5.4 应用程序开发和系统维护软件	(224)
5.4.1 应用程序开发和系统维护软件的构成与设计原则	(224)
5.4.2 几种家庭网络应用程序开发和系统维护软件	(225)
5.4.3 E-Home 系统开发和系统维护软件介绍	(230)
第6章 数字家庭网络中的终端应用技术	(239)
6.1 终端设备及其接口	(240)
6.1.1 终端设备	(240)
6.1.2 终端设备与控制网络系统之间的接口要求	(243)
6.2 传感器设备	(243)
6.2.1 传感器技术	(243)
6.2.2 常用信号处理技术	(251)
6.2.3 模拟/数字(A/D)转换技术	(254)
6.3 开关量的输入/输出驱动	(255)
6.3.1 开关量的输入驱动	(255)
6.3.2 开关量的输出驱动	(261)
6.4 模拟量驱动器	(262)
6.4.1 主要组成环节	(263)
6.4.2 灯光调节/控制子系统	(266)
6.5 数字电视	(271)
6.5.1 数字电视的发展历史和现状	(271)
6.5.2 我国数字电视的发展现状	(274)
6.5.3 数字电视的结构和原理	(275)
6.5.4 高清晰度数字电视	(276)
6.5.5 新一代数字电视接收机的主要趋势	(278)
6.5.6 展望	(279)
第7章 数字家庭网络的标准	(281)
7.1 制定产品/系统标准的重要意义	(282)
7.2 关于国外数字家庭网络的标准简介	(283)
7.3 制定产品/系统标准的一般原则	(288)
7.4 关于我国数字家庭网络技术标准的制定	(289)
第8章 智能住宅系统的应用	(293)
8.1 智能住宅系统的普通应用	(294)
8.1.1 智能家庭系统在普通住宅中的应用实例	(295)
8.1.2 智能家庭系统在豪华住宅中的应用实例	(299)
8.2 智能家庭系统的特点	(300)
8.3 智能家庭系统应用的扩展	(301)
8.3.1 在体育场馆中的实际应用	(301)
8.3.2 在商业楼宇中的实际应用	(303)

8.3.3 在超级市场中的实际应用	(303)
缩略语	(305)
参考文献	(308)

第1章 概 述

- ◆ 国内外的概况
- ◆ 数字家庭网络在我国的发展前景
- ◆ 智能家庭网络的主要功能
- ◆ 对数字家庭网络的基本要求

E-Home

1.1 国内外的发 展概况

1.1.1 数字家庭是人类居住方式的必然趋势

先看下面一段生活情景的描述:

晨曦中的 C 市慢慢从睡眠中苏醒过来。

城南某社区电梯公寓内。

7:30 悠扬婉转,动听悦耳的音乐伴随着鸟鸣声在 W 女士的卧房悠然响起,催她起床了。她舒展双臂,慢慢睁开双眼,卧室垂地的窗幔缓缓自动张开。窗外晨光柔和,小鸟相鸣;屋内细风吹拂,花香四溢。沉睡醒来的她置身于昨晚调节好的宁谧清新的大森林环境之中……

“早上好!”W 女士在悠扬的问候声中愉快地翻身下床。推开衣柜,一个忠实的声音报告:“今天气温 18℃,有东南风 4~5 级”。W 女士微笑着在准备好的服装上添上一件小风衣。

7:40 W 女士刚跨入卫生间,小音响则翩然相应地传出早间新闻。浴缸里的水龙头则自动放水……

7:50 W 女士步入厨房,轻按按钮,微波炉、果子机开始工作。W 女士欣然来到屋前露台,浇花小系统自动为露台上的花卉浇水,W 女士开始弯腰提腿做起了每日 5 分钟的晨操。

8:00 身心愉悦的 W 女士,从微波炉里取出早点,端出榨好的橙汁,惬意地用着早餐。善解人意的小音响传出英语对话……

8:20 调好洗衣机、烘干机和电饭煲等控制系统,为它们在上午自动工作做好准备。

8:25 自动提示系统发出指令:“今天有重要会议,请带上所需资料……”。

8:30 神采奕奕,光彩照人的都市女性 W 步入了数字化时代忙碌的人流……

9:00 紧张的工作开始了。

10:00 突然手机闪亮,发出了紧急的鸣响,传来独自在家常年生病的父亲呼救信息。W 女士立即拨通有关的电话……五分钟后,她长长吐了一口气,继续工作,父亲安然无事了。

11:50 大学老同学 Z 女士打来电话,从海南已经到了 C 市,约定中午到府上拜访。

离下班还有十分钟,W 女士立即拨通了家里的智能控制电话,输入了指令。1 分钟不到,一切安排妥当……

12:00 W 女士笑盈盈地离开写字楼。

12:30 老同学在公寓门前愉快相见,W 女士带着 Z 女士绕过花园小径,用指纹轻轻开了门。

哇!Z 女士惊呼了起来,真是难以置信!室内光线明亮,清风送爽,鸟鸣花香,隐隐约约还听得到潮汐的声音。屋内智能设备空调已经调好最适宜的气温,最舒适的氛围和 Z

女士最衷情的清新的海的气息和自然的海风……早在读书的时候她们就憧憬过在湛蓝湛蓝的海边，有一幢玲珑的小屋。

两位老朋友又回到了学生时代，在喧哗的都市中心居然圆了一个遥远的美梦！

12:40 超市送来了冰箱自动预定的货物

12:50 厨房传来了香味。

两女士谈兴正浓……

13:00 一桌丰盛的午餐摆在了桌上。

送走 Z 女士，W 女士决定下午在家处理事务。她接通了办公室的网络，通过智能办公设备，把下午的几件工作安排妥当。

这是一个充实而休闲的下午，W 女士足不出户却高效率地完成了下列工作：

1. 通过网络查看股票/期货/行情。
2. 查阅所需要的上至 5000 年的有关生命起源的资料。
3. 搜索到并下载了急需的“电场有限元计算”软件工具和使用说明资料。
4. 传真了两份重要文件。
5. 对“华联商厦”的配电方案有关的资料进行了仔细搜索并对其进行了可行性分析。其间，小区发出有关通知：家中的三表（水，电，气）自动收费已经完成……

19:00 W 女士先通过远程电视点播了自己最喜欢的电影《罗马假日》。

21:00 通过数字电视的互动和电视里的人物专访的对象对了话，正巧有模特儿在做节目，她又同模特儿交谈了自己对服装的独到见解。

22:00 电话轻柔地响起，远在大洋彼岸的男朋友的身影出现在可视电话上，他们低低切切，如面对面般愉悦地交谈着。

23:00 放下电话，W 女士洗了个舒服的澡，淋浴系统自动调温，冲浪，按摩。

一天结束了，一切都沉睡在了甜美的梦乡之中……

这样的生活情景绝不是遥不可及，更不是天方夜谭，而在不久的将来，这将是普通家庭的正常生活方式。事实上，在今天城市的一些家庭中，已经实现了相当一部分的数字家庭功能。这样的家居模式，我们之所以称其为“数字家庭/家园”，是由于整个家庭/家园是数字化控制的，所应用的信息也是数字化的，信息的传输还是数字化的。

家居的概念在变化，在发展，其发展的动力源自社会财富的积累和人类对高水平生活质量的追求，发展的基础来自科学技术的迅速发展，人类创造的高新技术不再是只服务于战争与航天事业，而是已经走入了家庭。

下面回顾一下我国人类的居住状况的演变过程。

- 挡风避雨的石棚/窑洞时代：家居起源的初衷是挡风避雨，利用自然界提供的石块和泥土，垒搭成石棚或临山坡挖凿出窑洞，来抵御大自然狂风暴雨等的自然侵犯。这时候家居的一个显著特征是，人类对大自然还没有改造的能力，也没有“家”的概念。所以只能进行消极被动的抵御。
- 形成家的砖瓦时代：利用大自然提供的泥土等原始资源，稍加处理，就可以制作成砖瓦，从而可以按照自己的心愿，搭建成可以在其中生活的场所——房子。正是有了房子，也就有了“家”的概念，这是砖瓦时代最显著的特征。此时家居已

经不再完全是挡风避雨的作用，而是一个家的象征，是人类用以生活和团聚的场所。

- 构成生活中心的水泥建筑时代：对大自然中的原始材料做精加工，制成了二次产品——水泥，随之就有了预制板，就有了楼房和高楼大厦，人类的家居也发生了深刻的变化，有了卧室、厨房、卫生间、起居室、阳台……的区别。高科技的技术产品也进入了家庭，家中有了冰箱、洗衣机、空调、电视机等。这个时期的一个显著特点是：家庭生活很安逸；各个家居基本是独立的，家居的模式也是基本相似的，家居中的每个设备是单独地满足人类的某一种需求；总体来说，这时家居是一个人们生活的中心。
- 具有活动中心功能的高科技时代：随着科学技术的发展，不仅建筑新材料层出不穷，建筑的方式不断更新和完善，新型的家用设备也在日新月异地涌现，居室的风格也有了完全个性化的条件和基础，尤其是网络走进了家庭，不仅家居中的设备联网，而且与外界网络广泛连接，居室的功能已经不仅是舒适安全方便的生活，而且还集娱乐、健身、工作和教育等功能于一体，因此此时家是人们活动的中心，是地球大家庭中的一员。这个时代最显著的特征是“整体”，家用设备由网络连接成整体，各个家居由网络连接成整体。

需要指出的一点是：随着高科技的发展，人们生活方式得到了改变，人民生活水平得到了提高，与此同时人们的思想观念也在转变，那种“自给自足，苟且温饱，封闭自锁”的为生存的，带有封建小农经济的生活模式即将彻底销声匿迹，取而代之的将是“全社会合作，丰衣足食，全方位开放以及劳动与娱乐融为一体”的现代化的生活模式。

1.1.2 国外的发展概况

“数字家庭/家园”是一个中国化的名词，在国外称之为“家庭网络（homenet）”、“电子家庭（electronic home）”、“网络家居（network home）”或者直接称为“家庭自动化（home automation）”。从根本上说，这些名词都表示了一个意思：一个家居中供人们活动用的各种设备由一个家庭网络来控制 and 监测，从而提供了各种功能。这就意味着，数字家庭的发展历史是围绕着网络技术的发展来谱写的。

数字家庭网络是一个典型的集计算机、通信和消费技术于一体的 3C（Computer, Communication 和 Consumer）系统，是整个世界形成的一个巨型网络的末端，俗称“网络的最后 100 m”。它最初的功能构思源自像电话、电视、光盘影碟机、数码相机、计算机以及各种各样的家用电器/设备的互联，以实现设备之间的信息交换和远程控制及监测。

家庭网络大致可分为两个子系统，一个是主要面向计算机以及公用外设的信息子系统。在美国这样的系统已有 1700 万用户，有关产品 2001 年的销售额达到 17.25 亿美元，主要采用双绞线或电话线作信息传输介质；另一个是面向像照明、空调、安全消防、监控摄像机以及各种家用电器的子系统。这样的子系统比前一个子系统的市场更大，2000 年的销售额达到约 27.5 亿美元。

目前，数字家庭网络主要在一些发达国家或地区发展，例如：美国、欧洲和日本。这些地区的一些著名的大公司，如美国的 Cisco, Inter, Nortel, Motorola, Lucent, 3com 和 IBM，日

本的 Panasonic, 欧洲的 ABB 和 Siemens 等是首先进入该市场的。他们不仅研制和开发了数字家庭网络的平台和制定了相关的标准, 而且推出了一系列的家庭网络的产品, 如接口卡, 家庭网关, 小型服务器, 各种物理量的传感器, 各种电器/设备的控制器和驱动器, 信息的收发器, 正是有了这么丰富的网络产品, 不仅支持了数字家庭网络系统, 而且进一步推动了数字家庭网络技术的发展和开拓了数字家庭网络系统的大市场。

由于目前在数字家庭网络中, 多数是采用了有线的技术, 为了方便数字家庭网络的施工和使用, IBM 公司为此专门开发了一种专用的电缆, 并成立了单独的公司来生产和经营。在这种电缆中包括以下四种不同的信号传输介质:

- ① 用于连接局域网(包括数字家庭网络)的符合 Category 5 标准的双绞线对。
- ② 用于普通电话通信的电话线对。
- ③ 用于提供电能的电力线。
- ④ 用于传输视频信号的符合 RG-6 标准的同轴电缆。

在这种电缆中, 由于采用了特殊的处理措施和工艺, 所以这些传输线上信号之间的影响很小。在一般的家庭中, 只要敷设这样一根电缆就可以满足数字家庭中各种信息传输的需求, 所以可大大简化施工的难度。据报道, 在美国新建的居民住宅中, 绝大多数都已铺设了这样的电缆。

下面按信号传输介质分类来介绍国外在数字家庭网络技术领域的现状和未来发展的概况。

1. 电力线

用电力线做网络信息的传输介质是最方便的, 因为现在的家居中几乎都已敷设了供电的电源线, 它不仅在卧室、起居室、健身房和书房中有, 在卫生间和厨房中也有, 甚至还延伸到了走廊、过道和阳台。因此利用电力线来实施“数字家庭网络”的方案是最方便的。国际上第一个实现家庭自动化的方案就是利用电力线做信息传输介质的。

(1) X-10 系统

X-10 系统是国际上第一个应用于家庭设备自动控制的系统, 是由美国 Radioshare Chain 公司于 1978 年研制成功的。它的结构如图 1.1 所示。

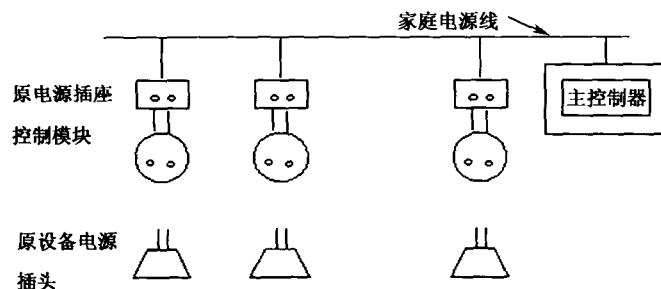


图 1.1 X-10 系统的结构

组成 X-10 系统的核心部件有两个: 一个是控制模块, 它的几何尺寸是: $70\text{ mm} \times 53\text{ mm} \times 30\text{ mm}$, 另一个是主控制器。控制模块是在原设备与电源插头/插座之间, 即该模块可先插在电源插座上, 然后将设备的电源插头插在该模块上, 因此无论对家庭的电源系统, 还是对原家

用设备都不需要进行任何的变动和改造，主控器直接连接到家庭电源线上。

主控制器上有一个 16 个位置的拨盘。通过该拨盘可以送出所选择设备的地址号和控制命令，由该地址确定设备所在的控制器，在接收到这些命令时，就可以控制该电器设备的动作，也就实现了一定意义上的远程控制。目前的 X-10 系统也可连接到个人计算机 (PC) 上，所以也可以通过计算机来远程控制任何一个家用电器/设备。

X-10 系统的基本控制原理是这样的：由主控制器发出的地址或控制命令是以串行的二进制代码表示的。在 50Hz/60Hz 的交流电源的过零处，如果出现持续 $200\mu\text{s}$ 左右时间的频率为 120 kHz 的脉冲群，则表示为“1”信号，如果没有这样的脉冲群，则表示为“0”信号（见图 1.2）。由于在 X-10 系统中每次传输的二进制串行数据的长度很短，因此，可以保证一定的可靠性。

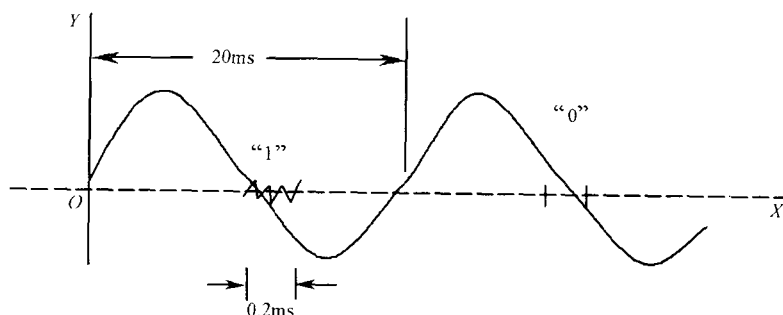


图 1.2 X-10 系统传输信息的表示

X-10 系统实现的是集中控制模式，而且主要是单向控制的，即各控制模块只能接收主控器发送来的信息，而各控制模块之间是不能交换信息的，因此它主要用于像灯光、电饭煲和微波炉一类简单家用电器的启停工作控制。然而现在的主控制器又提供了一条特殊的指令“poll”，即可向各控制模块“索取”各个控制模块工作状态。正是有了这条指令的功能，大大扩充了 X-10 的使用范围，如远程测温、远程监控等。X-10 系统用在家庭电量分配控制方面是最成功的：在美国的一些州，一般家庭都配有两个 20 A 的电表，在电网用电高峰时，由于电价比较贵，所以只用一个 20 A 的电表工作，即有些不急需的用电事务暂时不处理（如洗衣机等）；而在电网用电低谷时，此时的电价比较低，两个 20 A 的电表同时使用。采用了这种电价分时制的模式，不仅减轻了电网的压力，同时使用户也得到了实惠。据报导，采用了这种方式可以节电 10%~30%。当然要做到这一点，必须实现远程电表通路的远程切换控制。

X-10 公司为该系统设计了核心的芯片，提供给包括 IBM, Philips 和 Honeywell 等著名大公司在内的公司组装生产 X-10 系列的产品，以供家庭控制网络使用。据该公司总裁宣布，至今他们已经售出的专用芯片达一亿件之多。需要指出的是：该公司目前只公布了发送设备的标准，设备制造厂家可设计内嵌式的 X-10 发送器，而接收器和控制器都由 X-10 公司（香港）独家生产。

X-10 系统中的控制模块，每个售价仅 10 美元，而主控器售价也仅为 15 美元，因此价格是十分低廉的，而且安装和使用极为方便，得到了用户的欢迎，所以至今还在生产和销售。但毕竟 X-10 是一个最简单的主从式控制系统，信息的传输又十分慢（每秒仅能传

输数个 Bit 位), 虽然 X-10 公司在传输系统的功能上仍在作不断的努力, 也取得了一些进展, 但由于其方案所确定的基本模式和由此带来的致命弱点, 不可能适应现代家庭中的信息流和控制数据流传输的需求, 只能应用于普通家庭中的简单控制和专项控制。

(2) CEBus 系统

CEBus (Consumer Electronics Bus, 消费电子总线) 是美国于 1984 年 4 月开始组织开发的一种智能家庭网络系统的标准/模式, 历经多年, 终于在 1992 年正式推出, 并正式命名为 CEBus。这个系统的传输介质可以是多种多样的: 电力线、双绞线、射频和红外线等。只是它在以电力线载波时有其特色, 下面作一介绍。

CEBus 是一种开放式的标准, 在通信协议上遵循了目前国际上通信领域广泛采纳的 ISO/OSI (International Standard Organization/ Open System Interconnection) 的七层协议框架, 但它省略了其中的传输层 (transport layer)、会话层 (session layer) 和表达层 (presentation layer) 即只保留和利用其中的物理层 (physical layer)、链路层 (link layer)、网络层 (network layer) 和应用层 (application layer)。

在 CEBus 系统中, 存在两个数据传输通道: 以电力线/双绞线/射频/红外线为传输介质的控制信息通道和以双绞线/同轴电缆/光纤为传输介质的高速/信息数据通道。控制信息通道传输的是速率在 10kb/s 以下的低速数据, 换句话说, 该通道同时也控制着高速数据通道。高速数据通道传输的是速率达每秒数兆比特的音频和图像信息。任何时刻由谁来使用该高速数据通道是由控制总线上的控制信息来确定的。

CEBus 系统之所以设置了两个传输速率不同的信息传输通道, 是为适应家庭中不同家用电器/设备的不同需求, 如彩色电视机、录像机、音响系统和摄像监控系统等黑色家用电器/设备 (这些家用电器/设备的外表一般饰以黑色, 所以俗称“黑色家电”) 中的音频和视频信息就应该从高速通道中传输; 而像冰箱、洗衣机、微波炉和空调等白色家用电器/设备 (这些家用电器/设备的外表通常饰以白色, 故俗称“白色家电”) 中的控制信息则在控制信息通道中传输。

CEBus 还有两个特点, 一个是在介质层 (MAC) 采用了 CSMA/CDCR (Carrier-sensing Multiple Access with Collision Detection and collision resolution) 总线冲突协调机制, 即一个网络结点在需要通过总线来发送数据时, 它首先要检测总线上是否有数据在传输, 只有确认总线上没有数据在传输时, 它才向总线发送数据, 以确保任何两个结点不会同时占用总线而产生冲突的矛盾; 另一个特点是, CEBus 系统的研发者为 CEBus 的应用专门配置了一种专用的应用语言系统 CAL (Common Application Language), 利用这个 CAL 系统, 可以很方便地对网络上的各个家用电器/设备进行逻辑控制关系的设定, 同时也可以以文件的模式来描述一个家用电器/设备的功能, 所以很容易进行标准化。

但是 CEBus 也有其不足之处, 首先它为了简便, 在通信协议中省略了“传输层”, 因此只保留了点对点的传输方式, 而常见的点对点广播方式以及有连接的点对点传输方式全部丧失了, 因此信息传输速度低, 比如结点 A 要向结点 B、C 和 D 发送同样的报文, 在 CEBus 系统中, 结点 A 需要分三次传递; 其次它采用的总线冲突协调机制是 CSMA/CDCR 机制, 这也是一种数据包传送速度不高的机制; 最后, 在使用 CAL 做系统逻辑控制关系配置时, 也嫌不够灵活, 这与其只提供点对点的通信模式有很大的关系。由此可看出, 一个通信协议的完善程度对一个网络的功能有着决定性的作用。