

基于物联网的四网融合技术 研究及其应用

温喆 范亚斌 著

吉林人民出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基于物联网的四网融合技术研究及其应用/温喆,
范亚斌著. —长春: 吉林人民出版社, 2016. 4
ISBN 978-7-206-12410-5

I. ①基… II. ①温… ②范… III. ①互连网络—应
用—研究②智能技术—应用—研究 IV. ①TP393.4
②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 079363 号

基于物联网的四网融合技术研究及其应用

著 者: 温 喆 范亚斌

责任编辑: 陆 雨 封面设计: 孙一依

吉林人民出版社出版发行 (长春市人民大街 7548 号 邮政编码: 130022)

咨询电话: 0431-85378033

印 刷: 长春市中海彩印厂

开 本: 880mm×1230mm 1/32

印 张: 6.56 字数: 176 千字

标准书号: ISBN 978-7-206-12410-5

版 次: 2016 年 4 月第 1 版

印 次: 2016 年 4 月第 1 次印刷

定 价: 42.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系调换。

前 言

物联网是通过多种传感设备把物品与互联网连接起来，并按约定的协议进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。

近年来，随着计算机技术与网络通信技术的高速发展，物联网已经取得当今世界信息技术竞争中的关键地位，被公认为继计算机、互联网和移动通信网的又一轮技术革命浪潮。而所谓四网融合，是指在现有的三网（电信网、计算机网和有线电视网）融合的基础上加入电网。它服务的范围将更加广泛，融入更简短的科技含量。就发展趋势来说，四网融合可以提高网络的综合效率，实现网络基础设施的共建共享，大幅度降低投入成本。四网融合的推出，推动了信息产业的快速化和便捷化。

为了进一步挖掘物联网技术与四网融合技术及其应用，本书得以出版。从内容上看，本书既有理论知识讲解，又有具体案例介绍，不仅结构严谨，而且重点突出。

本书从结构上分为上、下两篇，共六章。

第一章与第二章为上篇——理论篇。第一章为物联网，内容包括物联网相关概念、关键技术、体系结构与安全；第二章为四网融合，内容包括四网融合简介、关键技术、发展趋势以及重要意义。

第三章至第六章为下篇——应用篇。下篇共四章，章

节划分统一规范，系统性较强，分别对物联网应用领域的健康监护、智能家居、智能监控与远程康复进行了阐释，结构严谨，可读性强。

本书在编写过程中，曾参考和借鉴了国内外许多同仁的作品，再次表示衷心的感谢，由于出版仓促和编写水平所限，书中不免存在某些错误，衷心希望广大读者和专家能够提出宝贵意见和建议。

作者
2016年3月

目 录

上篇——理论篇

第一章 物联网·····	1
第一节 物联网相关概念·····	1
第二节 物联网的关键技术·····	6
第三节 物联网体系结构·····	13
第四节 物联网安全·····	17
第二章 四网融合·····	23
第一节 四网融合简介·····	23
第二节 四网融合关键技术·····	28
第三节 四网融合发展趋势探析·····	36
第四节 实现四网融合的重要意义·····	44

下篇——应用篇

第三章 物联网应用——健康监护·····	46
第一节 健康监护简介·····	46
第二节 健康监护的应用·····	54
第三节 健康监护基本技术·····	62
第四节 健康监护实例研究·····	67
第四章 物联网应用——智能家居·····	84
第一节 智能家居简介·····	84

基于物联网的四网融合技术研究及其应用

第二节	智能家居的应用	95
第三节	智能家居基本技术	109
第四节	智能家居实例研究	119
第五章	物联网应用——智能监控	126
第一节	智能监控简介	126
第二节	智能监控的应用	143
第三节	智能监控基本技术	149
第四节	智能监控实例研究	159
第六章	物联网应用——远程康复	166
第一节	远程康复简介	166
第二节	远程康复的应用	181
第三节	远程康复基本技术	185
第四节	远程康复实例研究	197
参考文献	203

第一章 物联网

第一节 物联网相关概念

一、物联网定义

(一) 物联网概念提出

物联网的核心关键词是：感知、传输、计算。例如近几年我国自然灾害出现频繁，南方地区洪水泛滥，北方地区严重干旱，这些灾害都需要依赖于人工监控，对其进行防护和治理。譬如一旦洪水加剧，需要及时向有关部门反映汛情，并立即实行开闸放水的措施；嵌入传感器的智能家居，能在主人离开时自动关闭门窗和水电气，并定时给主人发送安全情况信息；在外地的子女给老人戴上智能传感手表，利用手机随时了解父母的血压等身体症状等。

从有线到无线，从固定到移动，移动互联网正时刻改变着我们的生活。而在未来，网络覆盖范围还会不断壮大，不单纯是电话和电话相连、网络与网络相通这么简单，随着人类需求的增加，全球范围内所有的人或物都将会被电子设备联结在一个大网络之中。无论是任何时间、任何地点，人与人之间通信、物与物之间流通都会变得十分顺畅。这就是物联网为我们描述的蓝图。

物联网把新一代网络技术合理化运用到各行各业之中，换句话说，就是把感应器嵌入和安装到电网、桥梁、隧道、铁路、公路、建筑、供水系统、大坝、油气管道等各种实物中，然后将物联网思维与现有的互联网有机结合在一起，进而促成人类社会与物理系统的整合。在这个结合的网络中，存在着强大的中心计算机群，能够

基于物联网的四网融合技术研究及其应用

对整合网络内的所有人员、机器、设备和基础设施进行实时的管理和控制。此外，人类可以以更加精密和灵活的方式管理生产和日常生活，达到“完美”状态。

(二) 物联网基本定义

物联网是新一代信息技术的重要组成部分。其英文名称是“The Internet of things”。从表层上看，物联网就是物物相连的互联网。但这句话却有两层涵义：第一，物联网的核心和基础必然是互联网，是在互联网基础上的网络延伸和扩展；第二，其用户端已经深入到任何物品与物品之间均进行信息交换和通信。因此，物联网是通过射频识别（RFID），红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，按部署的协议，把任何物品与互联网进行连接，促使信息交换和通信，以实现对物品的智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。

(三) 物联网本质定义

即便目前对物联网还没有一个统一的标准定义，但从物联网本质上看，物联网是现代信息技术发展到一定阶段后出现的一种聚合性应用与技术提升，即将各种感知技术、现代网络技术和人工智能与自动化技术进行聚合与集成应用，使人与物智能对话，创造一个“智慧”的世界。由于物联网技术的发展完全涉及到信息技术的各个领域，也是一种聚合性、系统性的创新应用与发展，因此，目前将物联网本质称为“信息产业的第三次革命性创新”。

早在 2005 年，ITU 在“The Internet of Things”报告上对物联网概念进行了扩展，提出了任何时刻、任何地点、任意物体之间的互联，也是无所不在的网络和计算的发展前景。其内容中还提到，物联网是在任何时间、环境，任何物品、人、企业、商业，采用任何通信方式（包括汇聚、连接、收集、计算等），以满足所提供的任何服务的要求。

2009年，欧盟又提出了关于物联网的新一轮定义。他们认为物联网是未来互联网的一部分，能够被定义为基于标准和交互通信协议具有自配置能力的动态全球网络设施，在物联网内物理和虚拟的“物件”具有身份、本质属性、拟人化、使用智能接口并通过无缝融合手段综合到信息网络中去。

通过长时间的探索与研究，我国政府在2010年工作报告中对物联网进行了如下的定义：物联网是指通过信息传感设备，按照部署的协议，把任何物品与互联网有效连接起来，进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络，它也是在互联网基础上延伸和扩展的网络。

综观所述，物联网本质定义应该为：通过各种信息传感设备，如传感器、射频识别技术、全球定位系统、红外感应器、激光扫描器、气体感应器等各种装置与技术，实时采集任何需要监控、连接、互动的物体或过程，采集其声、光、热、电、力学、化学、生物、位置等各种需要的信息，与互联网结合形成的一个巨大网络。其目的是实现物与物、人与物以及所有物品与网络之间的连接，进而方便识别、管理和掌控。

二、物联网应用范围

物联网被称为移动信息技术广泛传播的一个具体应用。物联网通过智能感知、识别技术与普适计算、泛在网络的融合应用，打破了传统的互联网思维，人类可以实现实时计算和网络连接。传统思维长期以来都是将物理基础设施和IT基础设施分割开来。一方面是机场、公路、建筑物；另一方面是数据中心、手提电脑、宽带等。而在物联网时代，物理设备与芯片、宽带有机整合为统一的基础设施，由此看来，基础设施更像是一块“新的地球工地”，万物的运作都在它上面进行，譬如包括经济管理、生产运行、社会管理乃至人们的日常生活等。

物联网前景非常广阔，它必然会极大地改变我们未来的生活方

式。物联网把人们的生活变得拟人化了，万物成了人类的“朋友”。在这个物物相融的大环境下，物品（商品）能够彼此进行“交流”，并且无需人为因素的干扰。物联网利用 RFID 技术、传感技术、通信技术，通过计算机互联网实现物品（商品）的自动识别和信息的互联与共享。因此，物联网的出现将会给世界增添绚丽的色彩。^①

物联网运行首先是对物体属性进行标识，包括静态和动态两种属性。首先，静态属性可初始化在传感设备的标签中，而动态属性需要先由传感器实时进行感知、智能处理；其次，需要识别设备完成对物体属性的读取，并将信息转换成符合网络传输的数据格式；最后，将信息通过网络传输到信息处理中心，由信息处理中心完成物体通信的相关计算。

物联网用途十分广泛，遍及环境、政府机关、公共安全、工业操控、城市管理、远程医疗、智能电网、智能小区、智能家居、工农业监测、环境保护监测、食品溯源等各个领域。例如，基于有线的智能家居应用，人们则可以通过 PC 终端实时查看自家的煤气和电源是否存在安全隐患，据此调控电器以避免灾害的发生。

物联网把新一代 IT 技术、信息通信技术、传感技术、海量信息处理技术等充分运用在各行各业之中。换句话说，就是把传感器嵌入和安装到电网、铁路、公路、建筑、供水系统等各种实物中，然后将物联网技术与现有的互联网有机融合，使得管理人员能够实时对设备设施进行掌控与监测。物联网重要应用领域如图 1-1 所示。

^① 杨巨成，李晓卉，张茜等．物联网导论 [M]．北京：中国水利水电出版社，2012.

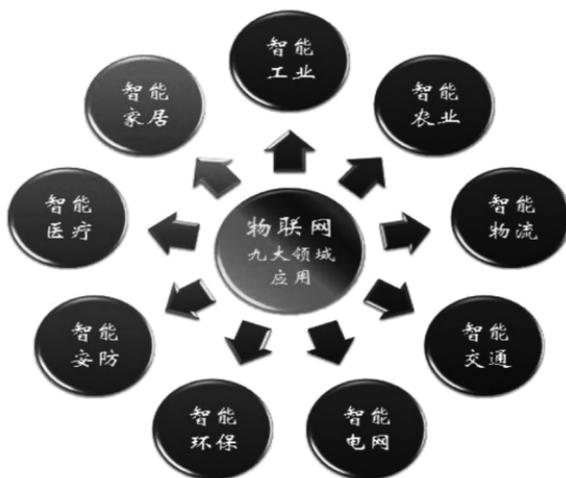


图 1-1 物联网典型应用

物联网的发展需要经历四个阶段：第一阶段（基础期）是电子标签和传感器被广泛应用在物流、销售和在生产领域；第二阶段（导入期）是实现物体间互联；第三阶段（成长期）是物体进入半智能化阶层；第四阶段（发展期）就是物体进入了全智能化阶段，如图 1-2 所示。

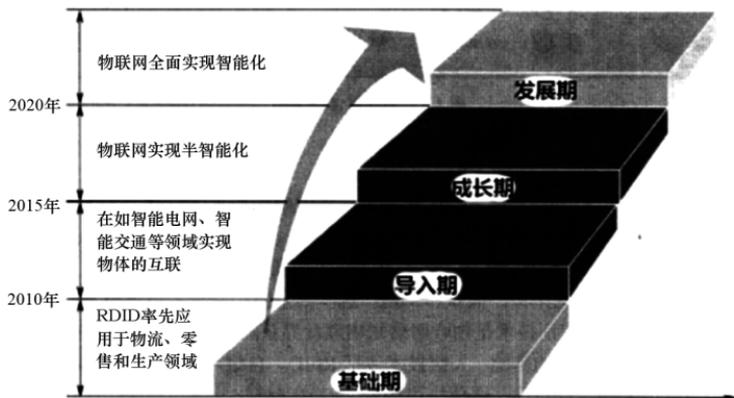


图 1-2 物联网发展阶梯

第二节 物联网的关键技术

一、感知技术

(一) 传感器

从宏观角度分析，传感器是一种能把物理量或化学量转变成便于利用的电信号的器件。国际电工委员会（IEC：International Electrotechnical Committee）将其定义为：“传感器是测量系统中的一种前置部件，它将输入变量转换成可供测量的信号”。传感器是包括承载体和电路连接的敏感元件，而传感器系统则是组合有某种信息处理（模拟或数字）能力的传感器。传感器是传感器系统中重要的组成部分，也是被测量信号输入的“第一道关口”。

传感器的分类方式很多，常见的传感器的可以分为有源和无源（图 1-3）、物理传感器和化学传感器等；按传感器用途分类可以分为力敏、速度、生物、视频传感器等。

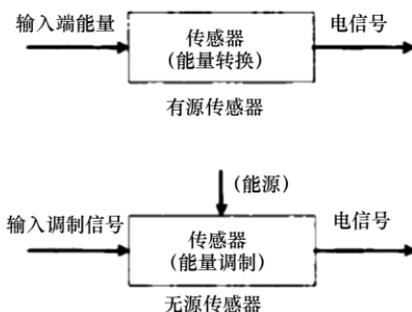


图 1-3 有源传感器和无源传感器

(二) 条码技术

条形码 (barcode) 是将宽度不等的多个黑条和空白, 按照一定的编码规则排列, 用以表达一组信息的图形标识符。常见的条形码是由反射率相差很大的黑条 (简称条) 与白条 (简称空) 排成的平行线图案。条形码可以体现出物品的生产国家、制造厂家、商品名称、生产日期、邮件起止、地点、类别等诸多信息, 因而在物品流通、图书管理、邮政管理、银行系统等许多领域都得到广泛的应用。

基于二维码的基础上, 又发展起来了称为“彩码”的一种更高级别的条码技术, 彩码不仅能够保持二维码的固有服务特性, 同时能够延展至其他服务领域, 并且能够降低对识读设备的标准, 为该项技术的广泛使用提供保证。因此, 随着移动互联网的发展, 彩码的应用将会不断更新换代, 其中移动社交网络则有可能成为彩码最先普及的领域。

(三) RFID

RFID (Radio Frequency Identification), 即射频识别。RFID 是一种非接触式的自动识别技术, 主要是为各种物品建立唯一的身份标识, 是物联网的重要保障技术。其主要由三部分组成: 电子标签、天线、识读器。

电子标签主要是指由 IC 芯片和无线通信天线组成的标签, 标签中保存有约定格式的电子数据; 天线则是根据标签是否带有电源, 将标签分为两种: 主动标签 (Active tag) 和被动标签 (Passive tag)。被动标签借助识读器发出的信号发送信息, 主动标签借助自带电池则能主动持续发出比被动标签更强的信号; 识读器的基本功能就是提供与标签进行数据传输的接口, 可设计为手持式或固定式, 一般来说, 识读器可以简化为高频接口和控制单元两个基本模块。

(四) MEMS

MEMS 是微机电系统 (Microelectromechanical Systems) 的英文缩写。MEMS 是美国人常用的职称, 在日本被称为微机械, 在欧洲则被称为微系统。它是指可批量制作的, 集微型机构、微型传感器、微型执行器以及信号处理和控制电路、直至接口、通信和电源等于一身的微型器件或系统。MEMS 是随着半导体集成电路精准加工技术和超精密机械加工技术的发展而衍生出来的, 现阶段 MEMS 加工技术还被广泛应用于微流控芯片与合成生物学等领域, 从而为生物化学等实验室技术流程的芯片集成化提供了有力的帮助。

完整的 MEMS 是由微传感器、微执行器、信号处理和控制电路、通讯接口和电源等部件组成的综合微型器件系统。这主要是为了把信息的采集、处理和执行结合在一起, 组成具有多功能的微型系统, 集成于大系统中, 进而大幅度地提高系统的自动化、智能化和可靠性水准。

二、网络技术

对于物联网核心网络技术的研究, 这里以无线传感网技术为例。

(一) 无线传感网技术

无线传感网 (Wireless Sensor Network), 简称 WSN。它是由部署在一定区域内的大量传感器节点组成, 通过无线通信方式形成的一个多跳自组织的网络系统。其主要是为了协作感知、采集和处理网络覆盖区域内被感知对象的信息, 并发送给管理者。

无线传感网虽然属于网络技术中的一种, 但在物联网架构体系中该网络仅限用于感知节点的通信与协作, 因此, 它是属于感知层。换句话说, 无线传感网是感知层的组网技术, 无线传感网只有

通过网关节点接入到互联网中，才能形成物联网中的组成元素。

无线传感网的核心技术主要集中于网络拓扑控制技术、多跳保障型数据交互技术、信道资源调度技术、物理层技术、协同计算与处理技术、分布式信息感知技术等。

无线传感网以其智能化、低消耗、自动组织的特点提供了全新的智能化通讯、控制手段，也是近几年来低成本获得传感信息最有效的途径之一。

(二) IEEE 802.15.4

IEEE 802.15.4 主要是在无线个域网 (Wireless personal area networks, WPANs) 中进行短距离数据传输，把低能量消耗、低速率传输、低成本作为构架基础，它主要涉及到物理层和媒体介质访问子层，适用于固定的、灵巧的以及可移动设备间的无线低速率数据传输，为特定范围内不同设备之间提供低速互连。

(三) Zigbee 技术

Zigbee 技术是基于 IEEE 802.15.4 的物理层和媒体访问控制子层，制定了网络层与应用子层的相关标准，可支持各种近距离、低复杂度、低消耗、低数据速率、低成本的无线通信应用。

(四) Z-Wave 技术

Z-Wave 是对于一些低功率、近距离物与物之间无线互联应用的解决方案之一，其主要是面向家庭住宅与轻工业等环境设定。Z-Wave 的低功耗、低成本、易用性以及较强的适应能力使其便于嵌入电器产品之中，譬如使用电池供电的遥控器以及其他类似的传感器。

(五) WirelessHART 技术

WirelessHART 是由 HART 通信基金会研发的开放式无线网

络技术，应用的是一种时间同步、自动调节、自动修复的网状结构，并支持运行于 IEEE 802.15.4 定义的 2.4GHz ISM 频段。其主要是为了满足过程测量与控制以及资产管理应用中对可信赖、安全高效的无线通信的核心需求。因为基于 HART 通信协议的设计，WirelessHART 在使客户能够快速、便捷的在无线技术中获益，同时还可以兼容现有的设备、工具以及相关系统。

三、应用技术

(一) 中间件技术

中间件是指独立的系统软件或者服务程序，它是应用于客户机服务器的操作系统上，用于管理计算机资源和网络通信，构成两个独立的应用程序或者独立系统软件间的桥梁，使得相连的系统即便拥有不同的接口仍然能相互交换信息。它能够满足大范围应用的需要，并且运行于多种硬件和 OS 平台，支持分布计算，提供跨网络，硬件和 OS 平台的透明的应用和服务交互，同时支持标准的协议，支持标准的接口。中间件技术主要包括以下 5 大类型：

1. EPC 中间件

即 EPC (Electronic Product Code) 中间件扮演电子产品标签和应用程序之间的中介角色。

2. OPC 中间件

即 OPC (OLE for Process Control, 用于过程控制的 OLE) 是一个面向开放操控系统的工业化标准。

3. WSN 中间件

即无线传感器网络有别于传统网络，具有自身独有的特征，例如有限能量、通信带宽、处理和存储能力、动态变化的拓扑、节点异构等。

4. OSGi 中间件

即 OSGi (Open Services Gateway initiative) 是一个 2000 年初成立的开放式标准化联盟, 为了建立一个开放的服务规范, 不仅为通过网络向设备提供服务建立开放的标准, 而且还为各种嵌入式设备提供通用的软件运营平台, 以屏蔽设备操作系统与硬件间的差异。

5. CEP 中间件

即复杂事件处理 (Complex Event Progressing) 技术是 1990 年中期由斯坦福大学的 David Luckham 教授倡导提出的, 它是一种基于事件流的技术, 可将系统数据看作不同类型的事件, 通过分析事件间的联系, 建立不同的事件关系序列库, 利用过滤、关联、聚合等技术最终由简单事件产生高级事件或复杂程序的流程, 不同的应用系统可以得到不同的复杂事件。

(二) 嵌入式技术

嵌入式技术是以应用为中心, 以计算机技术为基础, 软硬件可调整且适用于应用系统对功能可依赖性成本损耗有严格掌控的专用计算机技术, 一般以嵌入式微处理器外围硬件设备和嵌入式操作系统作支撑。嵌入式技术是将先进的计算机技术、半导体技术、电子技术和各领域的具体应用相结合后的产物, 因此, 就决定了它必然是一个技术密集、资金紧密、分散性强、不断创新的知识集成技术。

嵌入式技术一般包括硬件和软件技术两部分, 硬件部分包括处理器、微处理器、存储器、V 端口、图形控制端口及外设器件处理技术; 软件部分包括实时多任务操作系统 (OS) 和应用程序处理等技术。应用程序实时掌控系统的运行和操作流程, 而操作系统控制着应用程序编程和与硬件的互溶, 因此二者相辅相成。嵌入式技术具有专用性强、结构精简、实时性高等特点。

(三) 人工智能

人工智能是指使计算机模拟人的某些思维过程和智能行为（譬如学习、推理、思考、规划等）的技术，主要包括计算机实现智能的原理、制造类似人脑智能的计算机，使计算机能实现更高级别的应用。在物联网技术中，人工智能技术主要负责对物品“说话”的内容进行分析，进而实现计算机自行处理的能力。

1. 专家系统

物联网专家系统是指在物联网上存在一类具有专业知识和经验的计算机智能程序系统或智能机器设备（服务器），通过网络化部署的专家系统来实现物联网数据的基本智能处理，进而实现对物联网用户提供智能化服务的功能。物联网专家系统的特点是实现对多用户的专家服务，其决策数据来源于物联网智能终端的采集数据。物联网专家系统工作原理如图 1-4 所示。

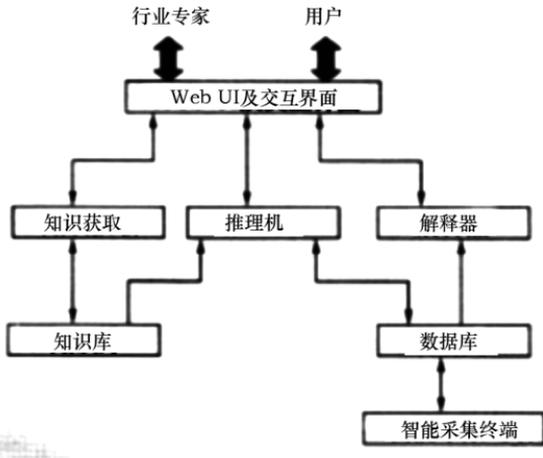


图 1-4 物联网专家系统工作原理图

2. 智能掌控

在物联网的实际应用中，掌控是物联网的主要环节之一，如何在物联网中实现智能掌控将是研究物联网发展的关键。将智能掌控技术延伸到物联网领域，将会极大促进物联网的实用价值，接入物联网的设备将接受来自物联网的操作指令，实现无人参与的自我管理 with 操作。

在物联网的智能掌控应用中，智能掌控指令主要来源接入物联网的某个用户或某类用户群体，进而实现无人值守等相关工作。^①

第三节 物联网体系结构

一、物联网的架构体系

物联网体系架构主要包括三个层面：感知层、网络层、应用层。

感知层主要是识别物体、采集信息，其是由传感网和感知设备两部分组成，主要包括有线传感器网络、WSN（无线传感器网络）、RFID、视频采集设备等。

网络层主要用于信息传递，包括接入网络和接入单元两个部分。接入网络包括有线（宽带、PSTN）、无线（3G/4G、WIFI、WIMAX、LTE）；接入单元有独立的物联网终端，以及作为感知数据汇聚点的物联网网关，其中物联网网关还可根据应用场合的不同，分为行业物联网网关、家庭网关、共享式网关。

应用层主要用于业务相关信息的处理与应用，其中也包括了各种物联网通用能力，例如基础通信能力调用、统一数据建模、目录、内容服务、通信通道管理等；在通用能力之上，是各种物联网

^① 祁晓荔. 物联网 [M]. 南京: 江苏人民出版社, 2012.

基于物联网的四网融合技术研究及其应用

的行业应用，包括企业行业、个人家庭、政府公共等各类应用，涵盖物联网应用的各个领域。物联网体系架构如图 1-5 所示：

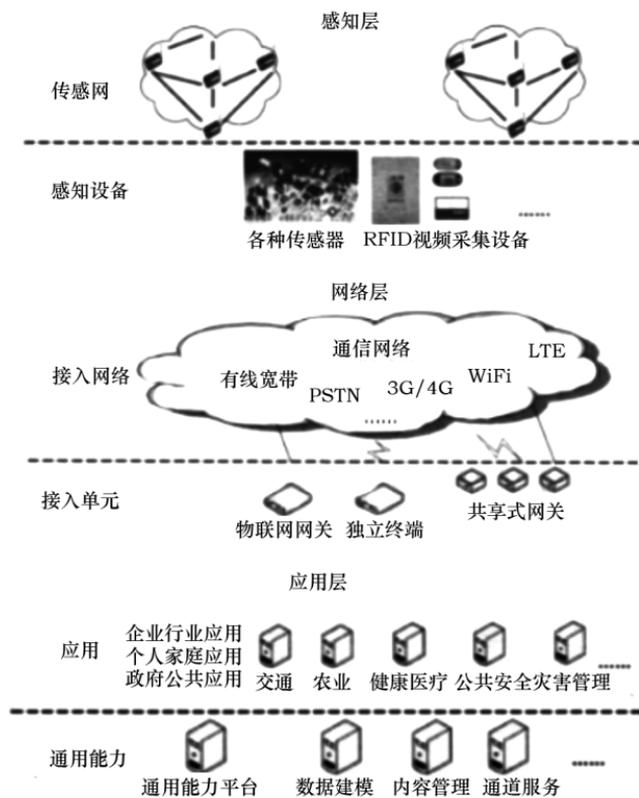


图 1-5 物联网的产业体系结构

二、物联网的产业体系

物联网相关产业是指实现物联网功能所必需的相关产业集合，从产业结构上主要包括服务业和制造业两大类，如图 1-6 所示。

物联网服务业主要包括物联网网络服务业、物联网应用基础设

施服务业、物联网软件开发与应用集成服务业以及物联网应用服务业四大类，其中物联网网络服务又可细分为机器对机器通信服务、行业专网通信服务以及其他网络通信服务，物联网应用基础设施服务主要包括云计算服务、存储服务等，物联网软件开发与集成服务又可细分为基础软件服务、中间件服务、应用软件服务、智能信息处理服务以及系统集成服务，物联网应用服务又可分为行业服务、公共服务和支撑性服务。

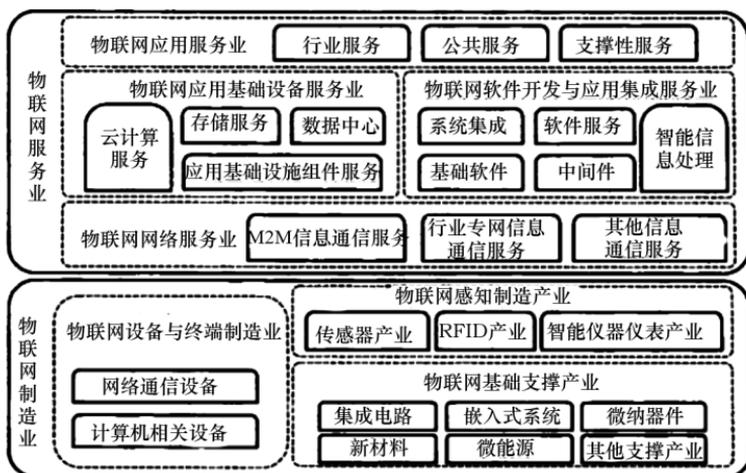


图 1-6 物联网的产业体系构架

物联网制造业以感知端设备制造业为主，又可细分为传感器产业、RFID产业以及智能仪器仪表产业。感知端设备的高智能化与嵌入式系统息息相关，设备的高精密化离不开集成电路、嵌入式系统、微纳器件、新材料、微能源等基础产业支撑。部分计算机设备、网络通信设备也是物联网制造业的组成部分。

值得一提的是，物联网产业绝大部分属于电子信息行业，但也涉及一些其他产业，例如智能电表等。物联网产业的发展不是对已有信息产业的重新统计规划，而是通过应用带动形成新型市场、新

型企业风貌，大体上可以分三种情形。

一是由于物联网应用对已有产业的不断更新，主要体现在产品的升级换代，进而实现产品功能、应用范围和市场规模的巨大扩展，从而使得相关产业成为物联网感知终端制造业的核心。

二是因为物联网应用对已有产业的横向市场拓展，主要体现在领域延伸和量的扩张。使得嵌入式系统产业、云计算产业、软件与集成服务业，不单纯与物联网相关，也与其他产业相融，物联网成为这些产业发展新型风向标。

三是由于物联网应用创造和衍生出的独特市场和服务，例如传感器网络设备、M2M 通信设备及服务、物联网应用服务等均是物联网发展后才形成的新兴企业，为物联网所独享。物联网产业当前浮现的只是其初级形态，市场尚未普遍实施开展活动。

三、物联网的资源体系

(一) 标识资源

现阶段物联网物体标识方面的标准种类繁多，形态各异。在条码标识方面，GS1 (Globe Standard) 的一维条码使用量约占全球总量的三分之一，而主流的 PDF417 (Portable Data File417) 码，QR (Quick Response) 码、DM (Data Matrix) 码等二维码都是 AIM (自动识别和移动技术协会) 的核心标准。

物体标识标准的多样性造成了标识的不兼容甚至冲突事件发生，给大范围的物联网信息共享和开发应用带来诸多挑战，也使标识管理和使用变得复杂。实现各种物体标识最大程度的兼容，建立统一的物体标识体系逐渐成为未来的一种发展趋势，一些发达国家也正在积极展开深入研究。

在通信标识方面，现阶段正在使用的包括 IPv4、IM、E. 164、IMSI、MAC 等。物联网在通信标识方面的需求与传统网络思维的差别主要在于：一是末端通信设备的大规模增加，带来对 IP 地址、

码号等标识资源需求的大规模增加；二是以无线传感器网络（WSN）为代表的智能物体近距离无线通信网络对通信标识提出了降低电源、带宽、处理能力消耗提出了更高的要求。

（二）频谱资源

物联网技术的发展离不开无线通信技术，因此频谱资源作为无线通信的核心资源，依然是物联网发展的重要基础。现阶段在物联网感知层和网络层采用的无线技术包括 RFID、近距离无线通信、无线局域网、蓝牙、移动通信、宽带无线接入技术等，其中部分物联网应用仍在发展之中，物联网业务模型尚未完善。因此根据物联网业务模型和应用需求对频谱资源需求的分析、对多种无线技术体制“物联”带来的干扰问题研究、对频谱检测技术的探讨、对提升空闲频谱频率利用率的方法、物联网频谱资源管理方式等方面将是物联网频谱资源研究的核心问题。

第四节 物联网安全

一、物联网安全概述

（一）物联网安全的核心理念

物联网是通过部署大量智能终端和设备，来感知并采集海量的实时数据、非实时数据、结构化数据、非结构化数据，利用各种网络技术进行信息传输及交换，通过信息处理系统进行信息加工及处理方案。

物联网的安全和隐私技术包括安全体系架构、网络安全技术、智能终端的广泛部署以及对社会生活带来的安全威胁、隐私保护技术、安全管理机制和保证措施等。

物联网安全防护是由于信息安全风险分析，根据以信息安全法

令规定，以防止物联网系统服务中断、防止恶意入侵攻击、防止智能终端和设备被非法操控、防止业务数据篡改或丢失为目的，提出边界防护、区域保护、节点防护和核心防护四个层面，此外，不同层次面向的重点安全防护技术，例如从物理安全、环境安全、边界安全、通信安全、管理安全及应急处理等几个方面进行全方位分析。

(二) 物联网安全的形态表现

在感知节点的安全方面，包括对传感器的干扰、屏蔽、信号拦截等，这一点应该说是物联网的特殊所在；就运行安全而言，则储存于各个要素中，即涉及传感器、传输系统及信息处理系统的正常运行，其与传统的信息安全基本相同；数据安全也是存在于各个元素之中，要求在传感器、传输过程中、信息处理系统中的信息不会出现被窃取、篡改、伪造、抵赖等恶性性质。但此时传感器与传感网所面临的问题比传统信息安全更为复杂，因为传感器与传感网可能会因为能量束缚等问题而不能正常运营。

从保护因素的角度上来看，物联网的保护因素仍然具备可用、机密、可鉴别与可操控等特性，由此可以衍生出一个物联网安全体系。这其中可用性是从体系上来保障物联网的健壮性、鲁棒性与可生存性；机密性是要构建整体的加密体系来保护物联网的数据隐私；可鉴别性是要构建完整的信任体系来确保所有的行为、来源、数据的完整性等都是真实可靠的；可操控性是物联网尤为特殊的特点，是要采取措施来保证物联网不会因为错误而带来控制方面的灾难，包括控制判断的冗余性、控制命令传输渠道的可生存性、控制结果的风险评估能力等。

总之，物联网安全既包括传统安全信息内容、通信安全需求，又包括物联网独特的特殊需求。

(三) 物联网安全的技术分析

在传统网络系统中，网络层和业务层的安全是彼此独立的。而物联网的特殊安全问题较大，一部分是由于物联网是在现有移动网络基础上集成了感知网络和应用平台所衍生出来的。因此，移动网络中的大部分机制仍可以适用于物联网，并且能够提供一定的安全防护机制，譬如认证机制、加密机制等。但还是需要根据物联网的特征对安全机制进行调整与完善。

1. 物联网中的认证机制

传统的认证是区分不同层次的，网络层认证负责于网络层的身份鉴别，业务层认证负责于业务层的身份识别，二者独立存在。但是在物联网中，正常情况下，每个机器都有独特的用途，因此其业务应用与网络通信紧紧地结合在一起。由于网络层的认证是不可缺少的，因此其业务层的认证机制就不再是必需品，而是可以根据业务的提供者和安全敏感程度来设定的。

例如，当物联网的业务由运营商提供时，那么就可以充分利用网络层认证的结果而不需要进行业务层的认证；当物联网的业务由第三方提供且无法从网络运营商处获得密钥等安全参数时，它就可以发起独立的业务认证而不需要考虑网络层的认证；当业务是敏感业务，譬如金融类业务时，一般业务供给者是不信任网络层的安全级别的，而使用更高级别的安全防护机制，那么此时就需要做业务层的认证；当业务是普通业务时，譬如气温采集等，业务供应者认为网络认证已经得到满足，因此就不需要业务层再次进行认证了。

2. 物联网中的加密机制

传统的网络层加密机制是逐跳加密的，即信息在传输过程中，虽然在整个途径是加密的，但是需要不断地在每个经过的节点上解密和加密，即在每个节点上都是明文的。而传统的业务层加密机制则是端到端的，即信息只在发送端和接收端才是明文，而在传输的

过程和转发节点上都是密文。由于物联网中网络连接和业务使用结合紧凑，那么就要面临着到底使用逐跳加密还是端到端加密的抉择。

对于逐跳加密来说，它可以只对有必要受保护的链接进行加密，并且由于逐跳加密是在网络层进行，所以可以适用于所有业务，即不同的业务可以在整合的物联网业务平台上实施安全监管，从而做到安全机制对业务的透明。这就保证了逐跳加密的低时延、高效率、低成本、高扩展的特点。但是，因为逐跳加密需要在各传送节点上对数据进行解密，所以各节点都有可能解读被加密消息的明文，因此逐跳加密对传输过程中各传送节点的可信任度要求很高。

对于端到端的加密手段来说，它可以根据业务类型选择不同的安全方案，进而为高安全要求的业务提供高质量的等级保护。不过端到端的加密不能对消息的目的地址进行防护，因为每一个消息所经过的节点都要以此目的地址来确定如何传输消息，这就导致端到端的加密方式不能掩盖被传输消息的源点与终点，并且容易受到对通信业务进行分析而发起的恶意攻击。此外，从国家政策角度来看，端到端的加密手段也无法满足国家合法监听政策的标准。

由此可知，对一些安全要求不是很高的业务，基于网络能够提供逐跳加密保护的前提下，业务层端到端的加密需求就显得并不是十分重要，但对于高质量要求的业务，端到端的加密仍然是首选方案。因此，由于不同物联网业务对安全级别的需求不同，可以将业务层端到端安全作为备用实施手段。

面对当今社会物联网发展的日益加剧，对物联网安全也提出了更高的要求，需要明确物联网中的特殊安全需求，采取合理的手段为物联网提供端到端的安全保护，进而对安全保护功能提出适当的方案来解决。此外，随着物联网的发展，机器间集群概念的融入，还需要重点考虑如何用群组概念解决群组认证等问题。

当下物联网的发展还处于起步阶段，更多的时候则是作为一种

概念体现在实际应用中，其具体的实施方案还是一个未知数。所以，关于物联网的安全机制在业界仍是一个值得探讨的话题，关于物联网的安全研究任重而道远。^①

二、物联网安全问题

（一）物联网的安全隐患问题

根据物联网独特的自身特点，除了面对移动通信网络的传统网络安全性能问题之外，还存在着一些与现阶段移动网络安全存在差异的特殊安全问题。致使这些问题发生的主要原因是因为物联网系统是由大量的机器构成，这些机器缺少人员对其进行有效监控，随着数量庞大，设备集群等因素的不断扩展，就形成了相关安全隐患事件的发生，这些特殊的安全问题主要有以下几个方面。

第一，物联网机器/感知节点本地安全问题。由于物联网的应用可以取代人来完成一些复杂、危险和机械的工作，所以物联网机器/感知节点多数部署在无人监控的场合中操作。那么入侵者就可以轻易地触及到这些设备，从而对它们进行破坏，甚至通过本地操作更换机器的软硬件等。

第二，感知网络的传输与信息安全问题。感知节点通常情况下功能简单、携带能量少，使得它们无法拥有复杂的安全保护能力，而感知网络的多种多样，促使它们的数据传输和消息也没有特定的标准，所以没法提供统一的安全保护系统。

第三，核心网络的传输与信息安全问题。核心网络具有相对完善的安全保护能力，但是由于物联网中节点数量繁多，并且以集群的形式存在，因此会导致在数据运输过程中，大量数据的拥塞，产生拒绝服务攻击。此外，以人为通信角度设定安全机制必定会割裂物联网机器间的逻辑关系。

^① 王志良，王粉花．物联网工程概论 [M]．北京：机械工业出版社，2011．

第四，物联网业务的安全问题。由于物联网设备可能是先部署后连接网络，而物联网节点又无人监督，所以如何对物联网设备进行远程签约信息和业务信息配置就成了一项重大的挑战。此外，庞大的物联网平台必定需要一个强大的安全管理平台，否则独立的平台会被形态各异的物联网应用所淹没，但是，由此引发的对物联网机器日志等安全信息进行管理就成了新的问题，并且很有可能打破网络与业务平台之间的信任关系，造成新一轮安全隐患的发生。

（二）物联网存在的其他问题

物联网自身的安全就是物联网是否会被攻击而不可信，其重点表现在譬如物联网出现了被攻击、数据被篡改等，并致使其出现了与预期功能不一致的情况，或者不再发挥应有的功能，那么依赖于物联网的控制结果将会出现安全隐患问题。例如工厂停产或出现不正当操控结果，这些都是物联网存在的安全隐患问题；而对其他安全问题则涉及的是通过物联网来获取、处理、传输中用户的隐私数据，如果物联网没有防范措施，则会致使用户隐私泄露，这些又都是物联网的隐私保护问题。因此，在其他问题中，物联网的安全隐患与隐私保护问题也是着实让人们感到困惑的安全问题。

就信息安全而言，通常将之分为四个层次：物理安全，即信息系统硬件系统，或者是表现在信息系统电磁特性方面的安全问题；运行安全，即信息系统的软件系统，或者说是表现在信息系统代码执行过程中的安全问题；数据安全，即信息本身的安全问题；内容安全，即信息应用时的安全问题。

物联网作为以控制体系为目的与物理体系相结合的复杂数据体系系统，一般不会考虑内容安全方面的问题。但是，就物理安全、运行安全、数据安全方面则需要与互联网存在一定的差异，这些都需要从物联网的构成层面上来加以考虑。

第二章 四网融合

第一节 四网融合简介

一、四网融合的概念

“四网融合”指的是在现有的三网（电信网、计算机网和有线电视网）融合的基础上加入电网，成为四网融合。截止到现在，我国已经有了“四网融合”的试点，它不但具备“三网融合”便捷和迅速的信息传递方式，而且它适应项目非常多，融入更尖端的科技含量，无论在内容还是方式上，与“三网融合”相比较具有非常大的优势，满足了人们日益高涨的信息化需求，这是国家在“十二五”光纤宽带接入网发展的重点方向指引之下快速发展起来的以光纤作为基础传输工具。

据相关数据统计，随着“宽带中国光网城市”工程的全面实施，城市地区 2011 年计划新增光纤入户达到 3000 万个家庭，是“十一五”期间的 3 倍，累计覆盖 4000 万家庭；南方城市实现 8M 接入带宽全覆盖，20M 覆盖率达到 70%；东部发达城市和中西部省会城市 20M 覆盖率达到 80% 以上。而“十二五”发展期间将是光纤宽带接入网发展的关键时期。在这样的情况下，三网融合、宽带提速、物联网、节能减排等都将是“十二五”期间光纤宽带接入网发展的重点方向。因此，在三网融合带动下，未来几年，运营商将继续提升带宽，接入网建设和改造势在必行，扩展市场需求将朝着四网融合的道路上向前发展。

二、“四网融合”的出现

四网融合是由三网融合发展而来的下面简单的介绍一些三网融合。

(一) 三网融合

三网融合指的就是电信网、广播电视网和互联网三网的融合，换句话说，就是广播电视单位和电信运营商分别都可以做过去对方的工作了，即广播可以做电信光纤的出租等，因为它本身也是遍布全国的大网络，有大量光纤，这些光纤有一些富余能力，可以租给一些公司。还有一些话音业务也可以做了，即电信就可以做视频传输等业务，主要是 IPTV 业务，通过它的光纤来传输电视节目，也可以有内容类的节目制作。

三网融合并不单意味着三大网络的物理合一，同时还包括业务应用的融合。三网资源共享，形成你中有我、我中有你的格局后，对消费者而言，意味着可以享受到更加优质的服务，如现在我们可以方便地用手机看电视，通过电视上网、通话，通过电脑打电话、看电视等。三网融合应用范围非常广泛，不仅涉及通讯领域，而且遍及智能交通、环境保护、政府工作、公共安全等众多领域。

移动多媒体广播电视、手机电视、有线电视网宽带等融合性业务，将会获得良好的发展契机，并且将带动相关的设备、软件的产业化，新的经济增长点会出现。有测算显示，三网融合在未来几年里，可带动投资和消费的市场规模达 6000 多亿。

三网融合内涵非常丰富，对于大众而言，最直观的体现就是“3 屏”融合——手机、电视和电脑。参照国外经验，三网融合的前提是基础设施融合，内容是最被先融合的。经过不断的改造和提升，目前的广电、电信、互联网都是 IP 网，其技术构架相同，三网融合已不存在技术层面的障碍。

发展到现在三网融合已经被广大百姓所熟知。上世纪末最早提

出三网融合后，相关工作在经历了长时间的停滞，从2010年开始，三网融合终于开始试点，近几年，各试点工作已经如火如荼地开展，并取得良好的成绩。

三网融合推行滞缓，暴露了相关领域的体制问题，这是阻碍我国现代化、市场化、信息化的最大阻力。早在2001年3月15日通过的“十五计划纲要”中，就已经首次明确提出“三网融合”理念。2010年三网融合试点至今，6年间，虽然30多个省份都已加入试点，三网融合取得了一定成绩，但仍然没有实现全面而深度地融合。

三网融合推行缓慢，显然与电信、广电与网络运营商之间的利益壁垒有关。三方都拥有着自己的优势资源或垄断区域，互不相让，舍不得拱手将自己掌握在手上的优势资源与别人共享，三方之间都在“火拼”，只把对方当敌人，希望把对方收入自己囊中，而不是把对方当合作伙伴，实行资源共享。

目前广电运营商仍然属于事业单位，没有完全市场化；电信与互联网运营商则基本或完全市场化，各方融合，缺乏内在动力与共识。此外，广电系统与电信系统职权分立，“山头主义”思想难除，而《电信条例》与《广播电视管理条例》等各不相同的部门规章制度，也形成了法律壁垒，这些不利因素极大地阻碍了三网融合的推进。

此次全国全面推进三网融合，正需要尽快消除这些“山头主义”，突破利益固化的藩篱，打破行业间的垄断。更重要的是，要整合现行相关法律法规，将各方利益融合进一个市场主体之中，让各方能协同作战，逐步整合各管理部门。

三网融合是国家重大战略方针，也意味着一项战略型新兴产业的崛起，与广大百姓的利益息息相关，对于产业发展更是息息相关。欧美一些发达国家，三网融合早已完成，中国要尽快迎头赶上。我们需要拿出“敢啃硬骨头、敢于涉险滩”的改革能力与智慧，破除阻碍改革的各种堡垒，让广大百姓感受到和分享改革的

成果。

随着政策壁垒不断打破，三网融合推进迟缓的状况正在改变，有关部门应该抓住契机进一步破除部门利益的藩篱，引入竞争，让三网融合成为促进消费升级、产业转型和民生改善的有力推手。

引入竞争后，市场多了竞争者，老百姓所看到的内容就更丰富，会享受到更加低廉的价格。

三网融合会给我们的生活带来哪些变化呢？无处不在的视频以及以视频为核心的各种新业务新服务形态将会出现，可以预见的是，未来以视频为发展的市场将带动很多新业务发展，给老百姓带来更加切实的利益。

以前，看电视、打电话、上互联网，用户需要不同的线路，并向不同的运营商支付费用。当三网融合以后，只需一条线路，用户即可实现此前多条线路的日常信息业务。而且，像宽带上网等服务，三网融合后将运用下一代互联网技术，服务水平大大提升。

多年前，国家电网就准备通过实施电力光纤等智能电网工程，使电网与电信网、广播电视网、互联网等有机融合。此举不仅变“三网融合”为“四网融合”，而且由于电网的先天优势，注定了电网将在“四网融合”的进程中成为支撑力量。

（二）四网融合格局出现

据中国工程院副院长邬贺铨发布的最新报告，三网融合在未来三年可带动投资和消费 6880 亿元。也正因三网融合给产业带来的巨大市场机会，但随之电信、广电还是会因市场争夺而出现利益冲突，三网融合仍处于“黎明前的黑暗”。

在这样的市场背景下，国家电网结合智能电网工程，提出了电力光纤入户工程，在全国确定了 14 个省市进行试点，而沈阳市成为试点城市并最早开工，第一个进入实质性操作阶段。正因为如此，三网融合又增加了一个竞争者，国内“四网融合”格局初现。

据了解，电力光纤入户指将光纤随低压电力线敷设，是先到表

到户，承载用电信息采集、智能用电双向交互、电信网、广播电视网和互联网三网融合等业务。在此之前，一些一线城市（北京、无锡、上海等地）曾以不同形式进行了电力光纤入户试点。

针对此次试点，沈阳供电公司总经理牟景旭介绍，等试点工程完工后，试点地区居民可以对水表、电表、煤气表的信息，进行远程采集和控制，人们的生活将更加快捷、便捷。“一根光纤电源电视互联网全解决”是电力光纤到户的最好写照。

“新进成员”具有强大的优势，特别是对专有和封闭的电网系统的覆盖面，并不亚于任何一家电信和广电运营商。中国电网有可能在未来几年内构建除中国电信、中国移动、中国联通和广电之后的第五张光通信网络。

从行业的角度来看，三方都有各自的优势和缺陷，三网融合能够让它们取长补短。广电在节目内容的制作、播出以及信号传输方面地位强势，它的优势在于传统视频内容领域的监管和分销；电信则强于覆盖面广，用户基数大，有长期积累的大型网络建设、运营和管理经验；拥有海量的内容则是互联网的最大优势。综合来看，当前，电话、电视和计算机等三网终端，性能日益靠拢，在应用上的融合日益突出，致使宽带业得到了迅速发展。

而电力光纤到户可解决信息高速公路的末端接入问题，可满足智能电网用电环节信息化、自动化、互动化的需求。在提供电能的同时，可实现电信网、广播电视网、互联网的同网信号传输，为用户提供更加便利和现代化的生活方式。电力光纤到户能够实现网络基础设施的共建共享，大幅降低“三网融合”实施成本，提高网络的综合运营效率，在节能环保方面优势明显。

电信从网络到内容，广电从内容监管到网络，电力借网上光纤传内容，竞争亮点闪现。积极推进市场的引领作用，才能让三网融合在全球性的产业融合中真正拥有一个巨大的发展机会，让“1+1+1>3”成立。

从用户角度来看，我国大力推动三网融合，带来技术、应用、

服务和产业多层面的融合和创新，衍生出许多新的经济增长点，更重要的是让广大用户受益，“多项选择题”带来的将是新新网络革命和新生活方式的革命。

第二节 四网融合关键技术

一、光纤复合低压电缆（OPLC）

光纤复合低压电缆作为智能电网建设中的重要线缆产品之一，其不仅融合了通信和电力的功能，而且有效实现电信网、电力传输网、电视网、互联网等的多网融合，进而降低网络建设的成本。从目前性价比来看，其属于性价比最高的“多网融合”产品之一。

国家电网公司和南方电网公司逐渐加大对智能电网的建设，除了主干网大力建设高压、超高压大容量输电线路外，还在用户端力推电力光纤到户。电力光纤到户是指，在低压通信接入网中采用光纤复合低压电缆，将光纤随低压电力线敷设，实现智能电能表到户，配合无源光网络技术，承载用电信息采集、智能用电双向交互、多网融合等业务。目前，我国线缆厂家研发和生产光纤复合低压电缆的企业屈指可数，最重要的原因在于同时具备电缆和光缆研发、融合、生产能力企业较少，而且需要通过电网企业的入网认证。

（一）OPLC 产品类型

目前，OPLC 产品的类型主要有两种。一是额定电压 0.6/1KV 及以下配电网用光纤复合电缆产品，主要用于智能用电小区或办公楼等配电网分支，由管道、隧道或直埋等接入光-电分线箱；二是额定电压 300/500V 及以下入户用光纤复合电缆，则主要用于用户接入，布线方式采用垂直或水平，引入智能电能表和光器件终端。

OPLC 是实现电力光纤到户的最佳介质，在 OPLC 中，光纤

技术同样也会影响到电力光纤到户的部署和效果。据了解，由于电力光纤到户处于起始阶段，目前 OPLC 中大部分使用的为 G.652 系列光纤，随着光纤将接入到楼宇和家庭，一些特殊的部署环境对光纤的抗弯曲性有更高的要求，对光纤技术的要求将进一步提高，G.657 系列将要发挥自己强大的功效。

(二) OPLC 产品的使用及特点

OPLC 产品的出现对传统的光缆和电力传输产生了巨大的冲击力，而 OPLC 作为智能电网建设中用户接入端的重要产品，集光纤通信和电力传输于一体，满足智能电网信息化、自动化、互动化的需求，相比传统光缆具有非常强的优势，其应用范围被逐渐扩大，可以有效的保障智能电网建设的安全，可靠性非常高。

OPLC 的主要有以下两个特点：

第一，集光纤和电力输配电缆于一身，避免二次布线，可有效降低施工、网络建设等费用。与传统的光纤到户比较而言，使用 OPLC 作为智能电网用户端接入方案，减少金属、管道、塑料等大量资源的浪费现象，进入小区和用户的各项成本普遍降低，是目前性价比最高的“最后一英里”接入方案。

第二，适用于多种业务类型，适应性强，扩展性强，产品适应面广。使用 OPLC，配合相应的设备和器件，由此构建主流的 xPON (EPON 和 GPON) 技术，只要拥有一根传输线多种业务都可以实现，如有线电视、互联网接入、多媒体电话、语音通信、家庭智能电能表等业务。

二、以太网方式的无源光网络

(一) EPON 的网络结构

EPON 是一种基于以太网方式的无源光网络，上下行速率都为 1.25Gb/s 的对称业务，所以又经常称之为 GEAPON。

基于物联网的四网融合技术研究及其应用

EPON 网络是一个点到多点的结构，其核心层采用核心交换机，汇聚层采用 OLT、分光器，接入层采用 ONU/16 口交换机。其网络拓扑结构如图 2-1 所示，多个 ONU 对应一个 OLT，OLT 和 ONU 通过 ODN（光配线网络）连接，ODN 由无源光分路器和光纤组成。OLT 设备位于局端，与核心网络相连，ONU 设备分散在用户的小区 and 建筑内，为终端用户提供业务接口；无源光分路器是一个纯物理分光设备，提供 1 : N 的分光比，能够实现光纤之间互传信号。

EPON 网络还使用单纤双向系统，在一根普通光纤上同时承载上行信号和下行信号，1 个 OLT 最高可连接并管理 32 个 ONU，每个 ONU 的上行带宽静态或动态分配等特性。其网络拓扑结构如图 2-1 所示。

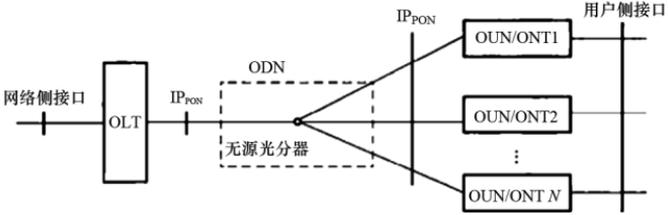


图 2-1 EPON 网络拓扑结构

ODN（光配线网络）的作用是为 OLT 和 ONU 之间提供光传输通道。从功能上来分，ODN 从局端到用户端可分为馈线光缆子系统、配线光缆子系统、入户线光缆子系统和光纤终端子系统四个部分。

馈线光缆子系统主要由从中心机房引出至光分配点的光缆及其相关配件组成，配件包括光缆接续盒、光交接箱、光配线箱和光配线架（Optical Distribution Frame, ODF）等。馈线光缆的敷设方式因环境的差异而有所不同，通常其敷设方式主要有管道、架空、直埋等不同的方式。

配线光缆子系统的主要组成部分有由光分配点到入户光纤配线点之间的配线光缆、光缆连接配件、光分路器。ODN 的组网形式非常灵活，虽然光分配点可以通过多级分光的方式设定在 ODN 网络的任意位，然而在项目的设施过程中，如果光分路器安装过于分散，会在投资、建设、管理和运维等方面带来诸多负面影响。因此，国内光分配点位置的设定原则为：一级分光、光分路器集中安装。建议光分路器的安装和管理集中在设备间的光配线架（ODF）或者室外光交接箱中。配线光缆推荐采用专门为其设计的骨架式光纤带光缆。

入户光缆子系统主要由入户光纤配线点至光纤端接点之间的入户光缆、入户光纤配套设施等部分组成。入户光缆的选用，对于楼宇住宅，一般选用小弯曲半径（15mm）光纤的皮线光缆；对于别墅住宅，可以选用室内外两用微缆。入户光纤配线设施包括楼道分线盒、光缆接续盒等。

光纤终端子系统主要由入户光缆的光纤终端设施和连接到 ONU 设备的光纤跳线组成。设计以安全、灵活、可靠为原则，同时还要考虑到测试和重新端接的可能。光纤端接设施包括光缆终端盒、入户终端盒、光纤插座等。

（二）EPON 的特点

1. 服务质量有保障

OLT 发挥对整个系统的主控作用，彻底改变了以太网设备各自为政的局面；EPON 系统可以对每个用户进行带宽的静态/动态分配。

2. 运行、管理与维护能力强

EPON 系统具有先进的测距、环回测试、断电告警以及端口状态监视等维护功能，克服了以太网缺乏 OAM 手段的缺陷。

3. 系统成本低

EPON 在一根光纤上实现双向传输，节省了光纤资源，节约了近 50% 的光收发模块。

4. 多网融合

技术上支持宽带上网、有线电视接入和传统固定电话接入，实现三网合一。

目前，各种类型的住宅小区项目规模呈现扩大的趋势，且各建筑区域划分结构复杂，无源光网络方式和有源光交换网络方式的网络建设工程总价相差不大，而考虑到施工难易度、后期设备维护检修及因此产生的费用等方面，EPON 光纤接入方式的优势显而易见，特别是在高服务质量、管理性、系统成本、多网融合等诸多方面表现突出。可想而知，随着日后 EPON 技术的逐渐成熟，EPON 光纤接入方式势必会成为未来智能化住宅小区的网络建设的主导技术。

(三) EPON 的典型应用

EPON 是一种采用点到多点网络结构、无源光纤传输方式、基于高速平台、提供多种综合业务的宽带接入技术。EPON 网络相对目前的接入网技术来讲，其具有很高的性价比，优点突出，被广泛认为是下一代宽带光接入网技术的最好选择。其组网方式主要采用 FTTH、FTTB 的 FTTX+LAN 接入网方式。

根据客户和应用的的不同，对于接入速度快、应用需求高的用户，可以提供一步到位的 FTTH 应用模式。针对一些客户的应用以数据业务为主，对于带宽的要求不是很高，但是对于成本要求比较高的，可以采用基于 EPON 的 FTTB 方案解决。

三、电力线通信技术

电力线通信技术 (PLC) 是利用电力线传输数据和语音信号的

一种通信方式。该技术是把载有信息的高频信号加载于电流，然后用电线传输，接受信息的调制解调器再把高频信号从电流中分离出来，并传送到计算机或电话，以实现信息传递。目前，低速（1200b/s 以下）电力载波已经被使用在多种场合使，应用非常普遍。

（一）电力线通信的信道特性

1. 噪声特性

在低电压线上进行数据通信时，电力线上的噪声是一个亟需研究的重要问题。电力线上的噪声可分为非人为噪声和人为噪声。通常低电压电力网中的噪声水平取决于居民家中的电气设备和同一台配电变压器下其他居民中所使用的设备。低电压电力网中的噪声可以分为四类：背景噪声，时时存在；随机脉冲噪声；与电力系统频率同步的谐波噪声；与电力系统无关的谐波噪声。

2. 衰减特性

信号传输衰减特性是通信系统电力特性的一个重要参数，配电网和电信网有很大差别。其衰减特性非常复杂，时变性非常强。这种衰减和通信距离、信号频率等关系紧密相连。

3. 阻抗特性

把低压电力线路用做通信媒介时，其阻抗特性在设计通信系统时是非常重要的，它直接关系到发送机和接收机的效率问题。

4. 多径传输特性

多径效应属于数字通信中独有的一种干扰，是指信号经过不同路径到达目的地时，由于信号的延迟而相互干扰的现象。低压电力网所连接的设备数量庞大，种类繁多多样，整个网络的阻抗处于动态变化之中，这势必会造成许多用电设备工作在阻抗不匹配状态。如果一些设备阻抗不匹配，信号到达该处时必然会产生反射，这样

一来，有用信号就可能经过若干条不同的路径到达接收点。由于这些反射信号到达接收点的时间、相位不同，因此在接收端叠加后有可能对有用信号形成干扰。当多径信号延迟较短时，这种干扰可以忽略；如果延迟时间较长，就会对有用信号产生严重的码间干扰，多径传播表现为平坦衰落和频率选择性衰落。

(二) 电力线通信的关键技术

1. OFDM 技术

OFDM 技术应用在电力线通信上，使电力线上的高速数据通信成为可能，OFDM 的基本思想就是把可用信道带宽划分为若干子信道，任何一个子信道都可以近似看成理想信道。在规定使用的频段内，利用载波之间的正交性，使用成百上千个具有正交特性的载波信号，每个载波输出一定速率的数据，每个载波传输数据的总和就是总的传输速率。

OFDM 是一种特殊的 MCM (Multi - Carrier Modulation) 调制技术，其基本原理是将高速串行数据流转化为低速并行数据流，再将这些并行数据调制在相互正交的子载波上，实现并行数据传输。虽然每个子载波的信号传输速率不是很高，但是所有子信道合在一起，可以有效的提高传输速率。每个子载波使用的调制方式既可以是相同的也可以是不同的。一般 B/SK、QPSK、QAM 是比较常用的调制方式。

OFDM 技术可以克服电力线上固有的高噪声、多径效应和频率衰减等现象，具有抗干扰性，有效利用现有低压电力线实现高速数字通信。正交频分复用发送与接收通常是利用 IDFT (离散傅里叶逆变换) 和 DFT (离散傅里叶变换) 或者 IFFT 和 FFT 基带调制实现的。由于子载波空间相互正交，相互重叠的子载波不会产生干扰。特别是采用位加载算法技术可以在有限的带宽子通道环境中提高数据传输率，该技术的实质是在多载波的情况下，将实际信道

分成若干并行的子信道，并根据子信道的实时特性为其分配相应的能量和加载相应的信息比特位。在实际应用中为了有效地解决信道脉冲响应延时、载波频率偏移和符号时钟不同步等引起的子载波信道内码间干扰和信道间干扰问题，一般在 OFDM 信号前面插入循环前缀 (CP)，即将 OFDM 信号尾部的一部分信号复制到信号前端，该方法称为循环前缀方法，简称插入 CP 法。保证 CP 的长度大于色散信道的脉冲响应长度，就能够实现子载波的正交。但是 OFDM 技术也存在一些问题，比如信号同步问题、功率均值比过高问题、非线性失真问题，其资源分配等问题还有待深入研究和解决。

2. CDMA 技术

在电力线通信中，主要用直接序列扩频 (DS - SS) 技术，就是通常所说的 CDMA 技术，主要原理是伪随机码在发送端进行扩频，在接收端用相同的码序列去进行解扩，然后将展宽的扩频信号还原成原始信息。Chirp 扩频也用在电力线通信中，别的扩频技术用的不多。

CDMA 集聚扩频和多址能力，比较容易实现码分多址通信的特点。码分多址通信具有抗干扰能力很强、保密性好、具有抗衰落、抗多径干扰能力的等特点。它被认为是除了 OFDM 技术的另外一种宽带电力线通信的实现方法。CDMA 中两个衡量通信质量的重要参数：处理增益和干扰容量。在该技术中用到的码序列有伪随机序列、m 序列和 Gold 序列。在 CDMA 技术中的 PN 序列通常都是 Gold 码。在该技术中用到的多径信道中的一种通信技术，即 Rake 接收技术。它主要有分集技术、分集合并技术和选择式合并。其中，分集技术涉及空间分集、频率分集和时间分集；分集合并技术涉及最大比值合并和等增益合并。

3. MC - CDMA 技术

多载波码分多址 (MC - CDMA) 是一种把 OFDM 和 CDMA

结合起来的技术。目前,以 OFDM 和 CDMA 技术为基础的多载波 CDMA 的方案,大致分为两类:频域扩频和时域扩频。时域扩频是用给定的扩频序列对经过串并变换后的数据流进行扩频,也就是在对应的每路载波上进行类似 DS - CDMA 的操作,包括 MC - DS - CDMA 和 MT - CDMA 两种技术。频域扩频是用给定的扩频序列对原始数据流扩频,用扩频序列中对应的每个码片将数据调制到不同的子载波上,MC - CDMA 技术就是以这种方式实现的。

在上面三种 OFDM 和 CDMA 结合方法中,MC - CDMA 的每个数据符号的扩频在频域中完成,接收机在频域上能充分聚集信号的能量,从而作出最佳判决,具有最佳的频谱分布,抗干扰能力强。而且,频域内有一定的自由度,每个用户的处理增益可随通信网络的要求及时进行修正,同时接收端的解扩合并技术和 OFDM 的频域均衡技术结合,实现的复杂度较低,这些优点使得我们更倾向于选择 MC - CDMA 技术作为电力线载波中的应用技术。大体过程是:每个信息符号由一个特定的扩频码片进行扩频,然后将扩频以后的每个符号调制到一个子载波上。^①

第三节 四网融合发展趋势探析

一、智能城市发展迅速

(一) 天津滨海新区“中新生态城”

这个国家电网公司(以下简称国网)力推的“智能电网综合示范工程”,已于 2011 年 9 月底建成。

在 4 平方公里的起步区里,电力光纤的入户,实现了和有线电

^① 何建军. 智能用电小区关键技术及工程案例 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2012.

视、IP 电话、互联网的“四网融合”；家居控制、用电、用电信息采集、安防报警，全部实现了智能化。

一辆辆形形色色的电动轿车，安静驶过这里的街区；为电动汽车配套的充电桩，已在生态城投入使用。

这个小区使用的 20% 以上电力，部分来自蜀运河口 4.5MW 风机，部分来自污水处理厂 1.1 兆瓦的光伏电站。每年发出的 900 万度“清洁电”，可以满足 3000 多户普通家庭的需求。

中新生态城营业厅的屋顶上，30KW 的光伏电池组、6KW 的风机以及 15KW×4h 的锂离子电池储能设备，形成了一个独立于大电网的“微网”系统。若大电网发生故障，中新生态城可自动切换到微电网的“孤岛”模式，利用风、光等新能源供电。指挥这一切有条不紊运转的，是智能电网的“中枢”——智能变电站。

自 2009 年 5 月，国网首次提出了建设“坚强智能电网”的战略目标和发展思路后，颇具概念意义的中新生态城，成为中国智能电网大棋盘中，较先落下的一颗具体而微的棋子。

（二）浙江首个四网共建共享项目建成

2015 年，位于浙江杭州湾新区大众汽车供应商园区生活配套工程网络基础设施共建共享工程顺利通过竣工验收，全面投入使用。据了解，该工程实现了联通、电信、移动、广电四网融合，这在浙江省内尚属首次。同时，为下一步网络共建共享在全省大规模推广提供参考及借鉴。

该社区借鉴国外邻里中心的建设模式，打造一个以公共租赁住房为主导、适度融合各类生活配套设施的生活社区。该社区在解决上海大众约 5000 名员工集体宿舍、租赁房源的同时，同步为入住员工提供相对完整的生活配套设施，也为新区产业园区提供一个生活设施节点，改善外来务工人员的生活条件。

浙江通信业为推进杭州湾新区光网城市建设，解决网络建设过程中出现的重复建设、无序施工等问题，规范网络基础设施建设，

基于物联网的四网融合技术研究及其应用

大胆创新，项目始建之初，积极沟通广电部门，建立了网络基础设施共建共享领导和协调机制，促成投资建设主体将网络基础设施投资纳入项目开发概算，并作为项目配套设施统一移交，各家网络运营商负责机房设备安装及外线至楼井道箱的光缆敷设，取得了良好的效果。^①

（三）佛山新城引入四网融合打造“智慧家庭”

佛山新城总规划面积 88.6 平方公里，重点开发区 26 平方公里。为了让市民生活更舒适，佛山新城引入“四网融合与云联终端相结合”解决方案，以电力网为载体，将广电、电信、互联网各自不同的信号，以及智能家电的无线控制网络信号融合至云联终端，统一由云联终端进行操控，以电视界面的交互方式提供智慧家庭服务。

拥有智慧家庭服务后，市民只需使用同一个遥控器就可以上网、打电话、点播高清电视节目，查看实时用电情况，还可以控制灯光、空调、热水器等家电，实现设备之间的互动运行，享受先进、舒适的现代家居生活。

周霞透露，在智慧家庭试点成果的基础上，佛山新城还将尝试商业模式创新，打造公共管线服务平台，并将以“政府协调，多方运营”的方式实现。目前，佛山新城正计划在依云水岸三期试行这种新的商业模式。周霞透露，下一阶段，佛山新城将成立专门的项目组织和协调机构，提出详细实施方案，列出推进时间表，推动四网融合工作深入开展。^②

（四）金亚科技拟投资 7 亿建设物联网基地项目

金亚科技（300028）拟投资 7 亿元，在成都（双流）物联网产

① 天津网 <http://www.tianjinwe.com/>

② 央视网 <http://www.cctv.com/>

业园投资建设金亚科技基于三网融合的物联网基地项目，并在成都（双流）物联网产业园设立全资子公司成都金亚信息网络有限公司，由子公司作为项目实施主体。

公司预计购置土地面积约 220 亩，前期拟变更募集资金出资 6230 万元，用于金亚科技基于三网融合的物联网基地项目使用，以及购买土地及产业园区规划、设计等费用。后期 6.38 亿元投资根据公司的发展，结合子公司的经营需要 5 年内逐步投入。

金亚科技表示，项目的实施顺应了物联网、三网融合及未来可能形成的“四网融合”（三网融合加电力网）的大趋势，将着力于为运营商提供三网融合创新业务的支撑平台，为客户提供丰富的终端平台。

据介绍，该项目将依托国家物联网产业政策和数字家庭智能终端的技术发展趋势，融合应用射频 RFID 传感器、二维码识别、云计算、数据采集、信号处理、远程传输等电子信息通讯技术，构建新型的商业模式。同时，项目也能整合金亚科技各类资源及生产、研发平台，形成整体产业链，形成整体生产园区。作为未来 15 年公司的生产基地，可以进一步提升公司的生产水平和营运管理效率。

另外，项目位于天府新区核心起步区，与成都电子信息制造业核心承载基地、成都（双流）综合保税区、国家新能源产业基地毗邻。公司选址于该园区，既符合园区的定位和要求，又可实现公司资源的合理配用。

金亚科技认为，该项目的投产将促进天府新区三网融合及物联网产业的快速发展，推广基于三网融合的物联网家庭示范应用。^①

（五）青海智能电网试点项目取得成功

针对格尔木市唐古拉山镇德吉小区牧民定居点长期无电，严重

^① 全景网 <http://www.p5w.net/>

制约了定居点区域游牧民的经济发展。2012年5月9日，省公司运检部、省信通公司、海西公司、经研所及格尔木市广电网络公司、格尔木市电信公司等相关负责人在海西公司召开了德吉小区35KV游牧民定居点“四网合一”通电工程沟通布置会，会上优化了施工方案，明确了开工、竣工及验收时间。

德吉小区35KV游牧民定居点四网合一通电工程是通过采用电力网、电视广播网、电信网、互联网四网融合设计，该项目实现了设计轻型化、工程投资少、建设工期短的目的，建立该区域66户牧户定居的生产、生活用电及电视、语音、互联网、视频点播等业务，主要解决该区域66户游牧民定居后最基本的生产、生活用电问题，同时提供网络信号的同步接入，实现定居点电视、语音、互联网、视频点播等业务。设计遵循了既要可靠、经济、适用，又要符合配电网线路的轻型、施工方便快捷、免维护等设计原则。

据了解，海西州格尔木市唐古拉山镇德吉小区35KV配电网试点项目，是国网公司在青海实施的智能电网试点项目，项目的实施将解决10KV供电半径超长，10KV线路无法延伸通电的问题，为今后青海省社会主义新农村建设，加强民族团结，树立企业形象，具有十分重要意义。该项目已经全部完成并实现具备项目验收的工期目标。

二、发展势态良好

据悉，加快各类信息基础设施建设，将是互联网十三五规划的重点。这其中包括宽带、4G网络、5G网络、IPv6网络在内的各类网络建设，以及大数据中心、云计算中心在内的各类数据中心建设。

信息网络就像支撑经济社会快速运行的公路、铁路等交通要道同等重要，又如支撑工业机器正常运转的电力能源一样必不可少。因此，加速和完善信息基础设施建设在十三五期间显得尤为重要。

我国正在从消费互联网时代全面迈入产业互联网时代，信息网

络的触角将触及生产生活各个领域。例如，智能电网、智能水网、智能交通、智能家居、工业互联网、农业物联网、电子商务平台等各种生产生活应用。

而智能电网和能源互联网的建设为我国信息社会的建设提供了最佳入口。多年前，国家电网就准备通过实施电力光纤等智能电网工程，使电网与电信网、广播电视网、互联网等有机融合。此举不仅变“三网融合”为“四网融合”，而且由于电网的先天优势，注定了电网将在“四网融合”的进程中成为支撑力量。

电力网络的布点远比电信网、广电网、互联网更为广泛，它延伸到了每一个工厂和家庭，以及它们的每一个角落。能源互联网在四网融合及物联网领域的切入可谓全面，从输电环节到最终到户的智能电表以及接入设备，甚至到达用电终端。

无处不在的电力用户资源将是未来互联网最重要的入口和出口。未来的互联网+电网并非只是卖电，还要卖热、气、水，提供各种商品的增值服务。必须能做到囊括全部的服务功能，才能说真正把持四网合一的价值。^①

2015年举行的北京通信展上，国务院副总理马凯曾表示：国家准备将充电桩普及的任务交由铁塔公司负责，这着实引发了通信圈、电力圈和电动车圈的一片骚动。随之，陕西国电与陕西铁塔日前开展了战略合作；据《上海证券报》报道，为配合国家新能源汽车充电基础设施建设的规划，国新控股出资逾100亿元人民币入股铁塔。而就在不久前，国务院办公厅发布《关于加快电动汽车充电基础设施建设的指导意见》（下称《意见》），明确表示要形成可持续发展的“互联网+充电基础设施”产业生态体系，培育一批具有国际竞争力的充电服务企业，这对新晋充电桩建设“国家队”的铁塔公司而言，可谓“适逢其时”。

从某种角度看，铁塔公司涉足充电桩，不仅开辟了新的利润增

^① 北极星电力网 <http://www.bjx.com.cn/>

长点，而且有助于基站+充电桩的资源共享，更搭乘了国企混改的直通车。应当说，“铁塔+充电桩”让通信网与电网有了更多交汇点，未来国家电网或将成为宽带产业中的重要力量，四网融合可期。

三、国家政策的扶持

国务院办公厅 2015 年 9 月 4 日公布《三网融合推广方案》，以下简称方案。提出加快在全国全面推进三网融合，推动信息网络基础设施互联互通和资源共享，从而促进信息消费快速增长。

《方案》明确，一要在全国范围推动广电、电信业务双向进入。各省（区、市）结合当地实际确定业务开展地区，电信、广电行业主管部门按照相关政策要求和业务审批权限开展业务许可审批，加快推动 IPTV 集成播控平台与 IPTV 传输系统对接，加强行业监管。二要加快宽带网络建设改造和统筹规划。加快下一代广播电视网、电信宽带网络建设，继续做好电信传输网和广播电视传输网建设升级改造的统筹规划。三要强化网络信息安全和文化安全监管。完善网络信息安全和文化安全管理体系，加强技术管理系统建设和动态管理。四要切实推动相关产业发展。加快推进新兴业务发展，促进三网融合关键信息技术产品研发制造，营造健康有序的市场环境，建立适应三网融合的标准体系。

为保障三网融合工作的全面推进，《方案》确立了四项保障措施。一是建立健全法律法规，为广电、电信业务双向进入提供法律保障。二是落实相关扶持政策，支持三网融合共性关键技术、产品的研发和产业化，推动业态创新。三是提高信息网络基础设施建设保障水平。四是完善安全保障体系，加快建立健全监管平台。

《方案》要求，各地区、各有关部门要充分认识全面推进三网融合的重要意义，切实加强组织领导，落实工作责任，完善工作机

制，扎实开展工作，确保完成推广阶段各项目标任务。^①

四、三“网”竞合升温

三网融合大势已定，各大 IT 厂商纷纷摩拳擦掌，抢食市场蛋糕。据报道，2015 年底，广电系低调启动了 LTE 设备招标，包括广东、重庆、贵州、甘肃四省在内的广电运营商联合委托中技国际招标公司，对广电有线无线卫星融合网项目进行公开招标。本次招标是为满足招标人无线双向网接入网建设的需要，包含 BBU、RRU、相关辅材，以及工程服务需要的相关辅材及系统的建设集成和服务。此外，国家新闻出版广电总局科技司日前还联合工业和信息化部电子信息司在湖南长沙正式发布了智能电视操作系统 TVOS2.0 软件。会上，广电宣布成立“广电智能终端产业联盟”，以进一步加快推进我国智能电视操作系统 TVOS2.0 的创新应用和推广普及。据悉，目前，TVOS2.0 首批确定在上海、江苏、湖南、陕西四个试点省市进行安装。在三网融合上，广电系正主动出击，以攻代守施压电信运营商和互联网。

2016 年 1 月 12 日，北京欣联宇科技有限公司（DTVLink Tech Inc），联合阿里巴巴家庭娱乐服务平台、中新科技、REALTEK、AVS 产业联盟五家机构，共同推出三网融合普及型新产品 DTVLink OTT+DTMB——萤盒。

此次推出的 DTVLink 萤盒，是基于三网融合的国家战略，广电拥抱互联网+，落实中央广播电视节目无线数字化覆盖落地，采用国家广电统一标准的操作系统（TVos）和自主编解码（AVS+）的具体实践。产品内置阿里 YunOS 兼容总局 TVOS2.0 操作系统，以及华数视频、阿里影业等海量丰富的影视媒资，预装阿里巴巴超强大的互联网应用平台及淘宝、支付宝网购生态系统。此外，萤盒还支持遥控器、手柄、体感游戏以及手机、PAD 多屏互

^① 中国报告大厅 <http://www.chinabgao.com/>

动、AirPlay 协议无线投屏。^①

第四节 实现四网融合的重要意义

一、提高网络的综合运营效率

“四网融合”的最大优势，在于它用光纤宽的传输纽带下，大大提高了网络的综合运营效率。2013 年国务院出台了《国务院关于印发“宽带中国”战略及实施方案的通知》，“宽带中国”战略以 2015 年和 2020 年划分为两个阶段，要求到 2015 年全国基本实现城市光纤到楼入户，固定宽带家庭普及率达到 50%，城市家庭宽带接入能力基本达到 20M/s；而到 2020 年，国内宽带家庭普及率达到 70%，城市宽带接入能力达到 50MB/s，发达城市部分家庭宽带接入能力可达到 1G/s（等于 1024M/s）。采用电力光纤到户网络接入能力未来还有很大的空间。在电力光纤中，光纤信号在光缆中的传输互不干扰，并且传输电网信息的光纤和传输网络的光纤完全物理隔离，可以有效的组织来自互联网和电网对生产控制的攻击，不会产生安全隐患。而四网融合让光纤宽带充分发挥了其自身的优势。在运营过程中，使网络的效率达到了前所未有的高度。

二、实现网络基础设施的共建共享

随着智能电网覆盖范围逐渐扩大，用户与信息连接得较为紧密，大量智能用电设备分布式清洁能源的接入用户和电网之间的实时信息呈爆发式增长，电力光纤内含多芯光纤，除电网企业自身使用外，还可用于构建完全开放的公共网络平台，为电信、互联网、广播电视传媒和其他企业提供接入服务，将统筹使用，既符合国家

^① 新华网 <http://www.xinhuanet.com/>

推进网络基础设施共建共享的思路，也为目前光纤网络建设的运营的模式。

三、大幅度降低投入成本

目前为止我国电网已经实现了户户通，根据 CNNIC：2015 年第 36 次中国互联网络发展状况统计报告显示我国网民规模达 6.68 亿，半年共计新增网民 1894 万人。互联网普及率为 48.8%，较 2014 年年底提升了 0.9 个百分点，有线电视以及住宅电话用户普及率都非常高，而四网融合需接入电量的光纤宽带，如果对尚没有实现电力接入的家庭或在新建住宅楼中实施电力光纤，综合考虑设备职工材料等因素，电力光纤到户与分别铺设光缆相比将可以大幅度地降低投资，节约成本。这样，人们在享受到快速的网络服务的同时，还降低了应用成本。

四、推动了信息产业的快速化和便捷化

“四网融合”的推出，推动了信息产业的快速化和便捷化，将那些与人们密不可分的应用网络连在了一起，并将优势最大化。值得一提的是，它的推出，对于智能家居产业也有着深刻的影响和促进，使得智能家居的实现在技术上有了保障，并构建了坚实的信息化基础，同时，通过智能家居与“四网融合”的结合，能发挥优势互补的作用，并且为社会提供更丰富、更方便、价格更低廉的服务，相信，随着“四网融合”的推进，智能家居的春天也将很快到来！

第三章 物联网应用——健康监护

第一节 健康监护简介

一、健康监护产业概述

(一) 健康产业发展趋势

健康产业是又一个千亿级的大产业。所谓“健康产业”是指旨在维持健康、修复健康、促进健康的一系列有规模的产品生产、服务提供及信息传播等活动。^①据美国研究机构 Battelle 预测：健康产业高居 21 世纪全球 10 大产业机会之首，人们不仅重视治疗疾病，还会更加重视保健护理，越来越注重科学生活方式，积极改善生存环境，并将各种高科技手段应用于这一领域。物联网及相关信息技术将在该领域发挥日益重要的作用。

这一趋势首先体现在人们不仅健康意识日益增强，而且越来越多地将移动信息设备用于随时获取保健信息以及身体适应性的各种应用上，据一家 iOS 系统 App 研究机构调查，约半数 iPhone 用户及三成 iPad 用户曾用其来检索相关保健信息，并下载安装保健应用程序，其中以保健适应性程序下载最多，30% 的 iPhone 用户使用健康饮食保健程序及其他相关应用程序，其中 10% 下载专门针对特定身体状况进行保健的应用程序，如表 3-1 所示。

^① 胡琳琳，刘远立，李蔚东．积极发展健康产业：中国的机遇与选择 [J]．中国药物经济学，2008（03）．

表 3-1 保健程序下载状况

程序	iPhone 客户	iPad 客户
保健应用程序	43%	32%
健康饮食应用程序	30%	24%
特定体况监测程序	10%	9%
其他医护辅助程序	30%	23%

将移动通信设备用于医患沟通的也越来越多。美国某研究机构的调查发现，超过一半的受访者愿意通过电子邮件等手段与家庭医生互动，并认为这样能减少与医师约诊面谈的耗时与不便，再进一步的应用，就是将各种新型传感装置用于远程健康监测与护理上，特别是针对老年人的各项生理参数感测、构建无所不在的保健网络上，这将是物联网应用的一大领域。

（二）远程健康护理需求

纵观全球，欧洲、美国、日本及我国等均已先后步入老龄化社会（根据联合国标准，某一地区 60 岁以上人口达到总人口 10% 或 65 岁以上人口达到 7% 时，该地区即视为进入老龄化社会）。据新华社报道，1999 年我国就进入国际公认的老龄化社会，60 岁以上老年人口占全国总人口的 10%，统计显示，截至 2015 年年底，我国 65 岁以上人口达到 1.3 亿人，达到总人口的 10.1%。统计数据还显示：随着我国人口老龄化的加速，到本世纪中叶，老年人将从现在每 9 个人中有一个发展到每 3 个人中就有一个。因此，和世界老龄化国家一样，老年人健康护理服务产业将在我国迅速发展起来，而老年人护理有其特殊性，在此趋势下，以实时化、全天候、便捷化和动态化响应为特点的健康护理产业必然向自动化、信息化和网络化方向发展，为此，许多国家开始着手计划老年人护理工作推进战略，如欧盟拟定了“银发经济与移动健康护理计划”的总体

基于物联网的四网融合技术研究及其应用

方略，芬兰国家技术创新局和芬兰健康福利中心提出“智能护理计划”；美国新罕布什尔州推出“电子医疗处方签”、佛蒙特州出台了“慢性病数字化护理系统”，日本则推进“Sukoyaka Family 21”计划等。这些计划共同反映了一种趋势，即今后负担老年人健康监护的将不再是医院，而是家庭，早期的护理由护士对居家病人做定期巡视，上门测量其各种生理数据，如血压、血糖、体重等，物联网在远程健康护理的发展，各国健康战略内容中都包括了老年人远程生理参数监控，多种生理参数收集、储存、分析与交换等远程监测与远程医疗（Telemonitoring、Telemedicine）内容，利用信息化无所不在的特点，将医护资源从医院覆盖到每个社区、每个家庭甚至是办公场所，整合成覆盖社会的护理保健网络，形成以个人护理为中心的泛在健康管理（U-Health Management）体系，该需求将产生融合信息服务与健康管理为一体的新型产业，创造各类新型监护功能的家庭设备，也将开创物联网的最大应用领域之一。

对这一领域的认识，是应用普及的基础，美国的一项移动保健调查结果如表 3-2 所示。

表 3-2 美国消费者移动保健兴趣调查

项目	指数值（相对吸引指数基准值为 100）
移动诊疗或咨询	144
移动式全程照护	137
移动式监测	113
移动式老年人监测	112
移动医嘱咨询服务	100
移动用药系统	88
偏远地区移动 K 疗	87
移动式皮肤检测	68

续表

项目	指数值（相对吸引指数基准值为100）
婴幼儿监测	52

物联网在这一领域的兴起将拉动一个庞大的产业，据日本通产省调查，全球老龄服务市场在2025年将达到37380亿美元；台湾有关机构预测，台湾的老龄服务市场规模在2025年将达1089亿美元，比2001年的246亿美元增长3.4倍，从事远程健康护理产业的规模企业7年内将成长到50家，投资额估计高达3500亿元新台币，形成庞大的产业集群。同时，这一需求也将以多种新型应用，通过产业链形式拉动物联网的发展，涉及家庭护理端的新型监测与传感设备、运营端的新型服务支撑模式、系统集成端、医护数据中心、通信平台以及远程健康教育等。

除老年人外，伴随着社会竞争的日趋激烈，中年人的生存力也在增加，大众疾病以慢性病居多，医疗需求也以治疗为主转为治疗与护理并重，由短期诊疗扩展到长效养护。慢性疾病多以周密监测、早期症状发现、积极防护、遵从医嘱定期服药控制等手段为主。而信息技术的进步，使各种监测仪器微型化、数字化、无线化，可以使各类人群的生理感知与生活质量得到极大改善，也减轻了医院和医疗保险机构的床位与财务压力，患者的开支也得以节省。以全球最大的美国远程监测护理市场为例，其年平均营业收入增长率高达20%，说明该领域的发展迅速。进一步的发展，是使慢性病患者在旅行中也可通过互联网在当地获得类似的监测护理或指导服务。

传感器的普及和数据联网提供了以相对低廉的成本实时监测患者行为和症状的可能性，使医生能更好地诊断疾病，制定专门治疗方案。比如，在现有的健康监护实验中，常常通过不同的传感器持续监测患者的日常身体状况，出现异常时可向医务人员和患者家属发出早期预警。而那些没有进行监测，未能及时发现病情变化而导

致的住院治疗 and 急诊抢救，不仅费用昂贵，而且往往危及患者生命，在美国，仅仅通过对充血性心力衰竭患者进行监测管理，每年就能减少 10 亿美元的住院治疗和急诊费用。

（三）远程护理应用

物联网技术和医护人员的专业知识结合将生成各类应用，在远程护理、疑难杂症的诊断与保健康复中发挥重要作用，主导功能是各类生理状况实时监测、异常提示、风险报警、远程指导和康复教育，并能支持偏远区域和医护资源缺乏地区的医护服务，减小医护资源鸿沟，形成远程医疗（Telemedicine）的新模式。

早期的远程医疗是医护人员通过电话进行病情的沟通和医疗咨询指导的，但具有多样化特性的巨量医疗信息，包含图片与影像等无法以电话沟通和描述。在物联网时代，远程医疗能改变医疗信息不对称的情况，达到提升医疗服务质量、信息共享、节省成本的目标。

在技术上，注重开发人机友好的监护软件界面，建立无所不在的监测环境，提供保健护理所需的专业信息资源，建立交互式电子病历，根据患者体质和心理情况等提供多种不同的监测与护理模式，使其获得连续、动态和高效的服务，逐步形成集中机构服务型、“社区—居家型”和分散居家型的三种远程护理模式。

二、健康监护产业结合物联网未来发展方向概述

（一）数字化医疗体系

数字化的医疗体系可以为居民提供实时的健康管理服务，为医护人员提供在线的医疗服务平台，为卫生管理者提供健康档案实时的动态数据。物联网及其相关技术可以将三方有机结合在一起，完成自我健康管理（健康教育、健康记录等）、健康监测（健康指标监测，如血压、血糖、血氧、心电等，智能健康预警）、远程医疗

协助（用药指导、膳食指导、运动指导、慢病病例等），它们相互作用，环环相扣，保证了对个体健康的全程监控。图 3-1 是一个数字化医疗系统的演示。

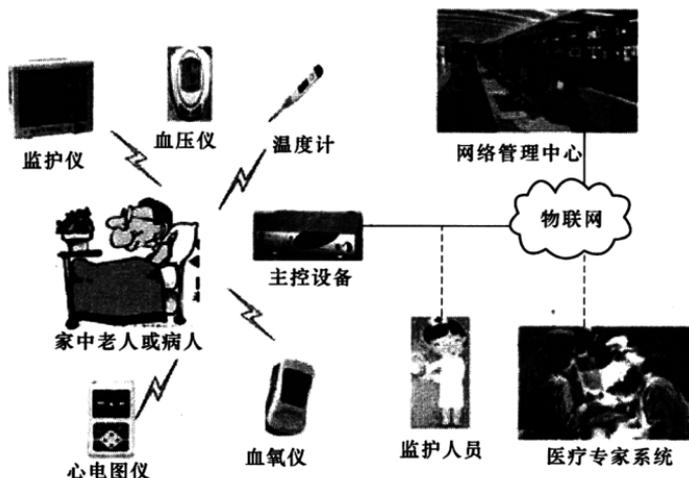


图 3-1 物联网构建数字化医疗体系

物联网在数字化医疗体系方面具有广阔的应用前景。目前具体应用分为以下几个方面。

1. 病患信息管理

病人的家族病史、既往病史、各种检查、治疗记录、药物过敏等电子健康档案可以为医生制定治疗方案提供帮助，通过对病患生命体征、治疗化疗等实时信息的监测，为医生的治疗方案提供更有用的信息。

2. 医疗急救管理

在伤员较多、无法取得家属联系、危重病患等特殊情况下，借助 RFID 技术的可靠、高效的信息储存和检验方法，快速实现病人身份确认，确定其姓名、年龄、血型、既往病史、家属等有关详细

资料，完成入院登记手续，为急救病患争取了治疗的宝贵时间。

3. 医疗器械与药品管理、存储、使用和追溯

将 RFID 技术应用其中，准确记录物品和患者身份，明确物品的标识、保存期限、供货商信息，确保其供给的及时、使用的安全、相关信息的准确、质量的管理和溯源的需求，防止物品的误用。

4. 信息共享互联

通过医疗信息和记录的共享互联，整合并形成发达的综合医疗网络。一方面，经过授权的医生可以翻查病人的病历、病史、治疗措施，患者也可以自主选择或更换医生、医院；另一方面，支持上、下级医院或不同专科医院在信息上实现无缝对接，能够实时地获取专家建议、安排转诊和接受培训等。

(二) 医疗器械与药品的监控管理

借助物资管理的可视化技术，可以实现医疗器械与药品的生产、配送、防伪、追溯，避免公共医疗安全问题，实现医疗器械与药品从科研、生产、流动到使用过程的全方位实时监控，传统的 RFID 技术被广泛应用在资产管理及设备追踪的应用中，在医疗卫生行业人们希望加强该技术在药品追踪与设备追踪方面的应用。根据世界卫生组织的报道，全球假药比例已经超过 10%，销售额超过 320 亿元，中国药学会有关数据显示，我们每年都有患者死于用错药与用药不当，有 11%~26% 的不合格用药人数，以及 10% 左右的用药失误病例。因此，RFID 技术在对药品与设备进行跟踪监测、整顿规范医药用品市场中起到重要作用，在该领域的应用也在不断增加，根据全球保健和医药应用市场的报告，2011 年的 RFID 在保健和医药应用市场中的收入将增长到 23.188 亿美元，年复合增长率将达到 29.9%。其中，药品追踪市场的年复合增长率将接近 32%，医疗设备追踪市场的年复合增长率会达到 28%。

具体来说，物联网技术在医疗器械和药品监管领域的应用方向有以下几个方面。

1. 医疗设备与药品防伪

RFID 标签内含着物品的唯一标识，具有唯一性、难以复制性，可以起到查询信息和防伪打假的作用，是假冒伪劣产品一个非常重要的查处措施。医疗设备或者药品信息传送到公共数据库中，患者或医院可以将标签的内容和数据库中的记录进行核对，方便地识别假冒药品。

2. 全程实时监控

药品从科研、生产、流通到使用整个过程中，RFID 标签都可进行全方位的监控。特别是出厂的时候，在产品自行自动包装时，安装在生产线的读取器可以自动识别每个药品的信息，传输到数据库；流通的过程中可以随时记录中间信息，实施全线监控。药品运送及储存环境可以实现条件监控，确保药品品质；当出现问题时，则可以根据药品名称、品种、产地、批次及生产、加工、运输、存储、销售等信息，实施全程追溯。

（三）远程医疗监护

远程医疗监护，主要是利用物联网技术，构建以患者为中心，基于危急重病患的远程会诊和持续监护服务体系。远程医疗监护技术的设计初衷是为了减少患者进医院和诊所的次数，根据美国疾病控制中心（CDC）2005 年的报告，大约 50% 的美国人至少患有一种慢性疾病，他们的治疗费用占全美 2 万亿美元医疗支出的 3/4 以上。我国是发展中国家，随着人们生活水平的不断提高，健康问题也随之而来，医疗资源紧缺、就医难成为当前医疗系统的一个顽疾。物联网的发展，使得远程医疗技术得到很快的进步，高精尖传感器已经能够实现在患者的体域网（body-ami）范围内实现有效通信，远程医疗监护也成为改善人们生活方式的手段之一。

远程医疗将农村、社区居民的有关健康信息通过无线和视频方式传送到后方，建立个人医疗档案，实时分析人体健康状况，提高基层医疗服务质量；允许医生进行虚拟会诊，交流医疗方案，为基层医院提供大医院大专家的智力支持，将优质医疗资源向基层医疗机构延伸；允许将生理指标数据反馈到社区、护理人或相关医疗单位，及时为客户提供饮食调整、医疗保健方面的建议；构建临床案例的远程继续教育服务体系等，提升基层医院医务人员继续教育质量；也可以为医院、研究院提供科研数据。

总之，物联网技术在健康监护领域的应用前景和范围非常广阔，也将进一步推动物联网产业的发展，但是应用成本较高、技术标准不统一、隐私权保护难度大、服务企业竞争力较弱等问题，仍严重制约着产业的发展。顺利解决这些问题，才能进一步推动物联网产业的大力发展，才能迎来惠及全社会的“智慧医疗”。

第二节 健康监护的应用

一、普通老年人看护与慢性病医护领域的应用

(一) 基本需求

在老年和慢性病患者群体中，健康监护服务的特点是慢性病康复与护理为主，这一群体中常见的慢性病主要为糖尿病、心血管系统疾病、高血压病、高血脂症、呼吸系统疾病、精神性与心理性疾病等。根据著名的研究机构弗若斯特沙利文公司调查，高龄者中，大多患有高血压病，其次是哮喘、慢性阻塞性肺病（COPD）与慢性支气管炎，再次是糖尿病和心脏病。这些多发病的控制最好是定时甚至动态地对病员进行监测，方便在发病初期就能及时采取相应措施，达到早期发现、及时治疗，降低发病风险，提升老人生活质量，降低社会整体治疗成本之目标。

(二) 远程健康护理系统应用

远程健康护理系统，目前以美国加州的“健康英雄网”（Health Hero Network）的“健康伴侣服务系统”（Health Buddy System）和荷兰飞利浦的“生命线服务”（Lifeline Service）个人紧急救援系统等为典型。以下着重介绍健康伴侣服务系统。

1. 系统功能

健康伴侣服务系统是在广泛采用人体生物指标动态监测传感设备的基础上，以无线组网方式构成网络，实时与医院及护理中心相连，对患者病情进行实时监测。可监测项目及疾病超过 45 种，包括高血压病、心脏病、慢性阻塞性肺病、糖尿病、艾滋病、哮喘、慢性疼痛、睡眠呼吸暂停综合征、抑郁症、癌症、老年日常生活提醒、老年痴呆症活动监护、小儿哮喘、骨伤康复、术后监控、孕期看护、心理疾病、精神性疾病、情绪监测、行为监测、体重控制、防止滥用药物、综合健康管理、公共健康监控等。

健康伴侣目前能以标准护理内容为基础，提供交互式脚本编制监测规程和综合护理内容。通过传感监控技术，以医疗知识为内容，辅导患者，加强和改善其康复效果。系统在提高对病员护理水平的同时，又能从疾病管理、人体康复的角度为各类专科和综合医院、健康中心、政府卫生机构、疾病管理部门、制药公司和大学提供临床试验或研究资料。

2. 系统技术架构

远程健康监测技术主要由患者、传感监测仪、远程监测数据接口、后台数据中心和临床资料数据库以及医护决策支持系统等 5 部分组成。系统由决策支持工具、内容开发工具、健康管理程序、安全数据中心、诊疗信息数据库、监测工具等子系统组成，构成完整的患者家庭护理系统，对患者进行慢性病监测护理，同时开展相关的远程保健教育与咨询等服务。该系统组成一个泛在诊疗网络，将

医护人员和各地患者动态联系起来。各部分功能如下：

(1) 诊疗信息数据库

系统的核心，它在严格的数据安全和个人隐私保密前提下，管理内容庞大的电子病历及动态增长的监测数据，出具各类诊疗和相关研究报告，极大地方便了医疗护理工作。在更广泛的应用上，该数据库还能按疾病种类、分布地区、年龄状况、家族分支等进行疾病统计，观察用药依从性、膳食营养、起居习惯、运动和体重，进行护理满意度调查等。

(2) 决策支持工具

面向远端医护专业人员，借助物联网安全接收其护理区域中患者的生理监测数据，对患者进行实时健康分析和风险评估，产生护理群体的一系列监护数据，供专业人员参考。该系统可设定多种监测频率和巡护模式，在保证监测质量前提下进行无纸化数据收集和疾病管理。

(3) 内容开发工具

从系统后台来看，医护数据的特点是多样性、交互性与增长性，且个体性和群体性数据总量庞大，加上病历病案等历史资料迅速累积，对数据管理有极高的要求，需用专业性很强的内容开发软件提供支持。同时，从患者前端来看，要能实现灵活性选择、个性化管理、简单化操作、及时化反应。前端仪器与后台数据库通过物联网通信，使临床医生能编辑现有的卫生管理程序，或针对患者需求提交新监测方案，以满足他们护理的患者个体和群体的特殊性与一般性需要。

系统面向临床医生、护士和患者，操作简单且所选问题的类型丰富。例如：

A. 多项选择，允许使用者从一系列可监测数据表中进行指标选择；

B. 开关式选择，可让患者简单地以“是或否”或“真或假”进行响应；

C. 数字输入，可让医生或患者输入数字；

D. 范围，允许患者选择特定范围内的等级或数字，如一些计量表；

E. 提示，让患者按接到的指令作业，并反馈患者的后续反应；

F. 呼叫，可产生即时呼叫信号发送到数据中心，提请医生进行会诊；

G. 读数，患者可读取各种医疗设备（如血糖仪、血压计或体重计）等的计数。

各子系统选项以护理为中心，包括了各种情况下可能的病症问题和参考答案，针对症状、护理知识进行辅助教育和提醒，以帮助患者更好地掌握自我护理知识并采用最适当的措施。

监测信号和数据均存入后台电子病历中，常规的标准化处理工具也被输入程序中，以跟踪患者的生理状况和临床医疗护理效果。

3. 前端传感器

系统的关键是右侧的监测仪器群，它以“健康伴侣”为中心，由多种专用生理指标传感监测仪组网而成。

前端传感仪包括血糖监测仪、峰值流量计、脉搏计、数字体重仪、血压计等仪器。显然，对老年人及患者来说，各式监测仪器通过无线方式与图中央的“健康伴侣”相连，再由其发送到远端医疗中心是建立家庭监护环境的最好技术方案，健康伴侣是连接患者与医护人员间的数据界面，医护人员可根据患者的具体慢性病情况，选择图中相应的仪器供患者使用，帮助监测和评估患者的病情动态，可按具体病情设定个性化的监测程序，采集到的患者数据随即送回服务器进行处理。健康伴侣在收到各前端仪器的数据后，通过网络发送到医疗机构的安全数据中心，应用程序对其进行快速参数分析以评估风险。病况的危急程度可通过颜色等级来反映，如高危级别为红色，中等为黄色，低危为绿色等。监护人员可根据颜色判断危险程度以及是否需要通知医生前往处理等。

系统根据监测数据可提供趋势图和监测报告，向患者和医护专业人员提供实时数据。后台管理员可以创建基于个性化的或常规监测报告、病况趋势和康复结果，也可针对某几种指标进行详细跟踪描述，出据相关报告等。

二、中年人专用护理感测系统

除上述较全面的生理指标传感监测系统外，还有一些针对中年人的专项传感监测系统，如睡眠、体重与智能提醒服药的系统等，这些专项应用也正日益普及。

（一）睡眠传感监测系统

失眠是困扰许多繁忙都市中年人的疾病。美国 Fitbit 公司开发出一种微型健康监控系统，通过微型传感器来监控使用者每日的活动及睡眠质量，数据通过无线网上传至远端管理平台，并将其处理后转换为一般人可判读的数据，传输范围在 7.5 米到 15 米范围内，使用者可每日上网了解自己的情况，并可与标准值进行比较。

由于传感器较小，可穿戴在任何衣物上，放入口袋、女性文胸或睡觉时夹在袖口等都很方便，电池可维持约 10 天。所有量测数据均可通过 Web 自动转换成使用者容易了解的形式，对于自我健康监控相当有帮助。

（二）体重跟踪传感监控系统

饮食不节制、营养不均衡是众多“现代病”之一，造成许多人体重超标。美国 BodyTrace 公司推出“个人体重追踪服务”，主要包含 BodyTrace eScale 以及 BodyTrace WebSite 两部分。前者是一台无线数字体重秤，可将量测的体重自动上传至 BodyTrace 网站。而“个人体重追踪服务”网站（www.BodyTrace.com）设计为专用个人服务平台。用户可在专业指导下制定“减重计划”“运动规划”“食谱”等；同时该网站独特的营销策略又使其很容易形成一

个减肥社区，用户可将自己的计划公开给朋友、家人或同事，希望他们加入自己的计划并提供交流与督促。

该服务推行的初因是由于美国有超过 30% 的人体重过重，研究进一步预测，2015 年将有超过 70% 的美国人会受到体重超标的困扰。目前服务主要内容包括：BMI（体重测量指数）图表、饮食日志、热量吸收计算，并且提供脂肪、蛋白质、卡路里等饮食指南等，还可进一步视客户需求而进行相关功能的增减调整，提供针对性较强的个性化服务。网站中“体重追踪服务”的营销策略是每季度收 19 美元，但如用户能推荐朋友使用，就可免费使用该网站服务。故在此优惠策略鼓励下，很容易形成网上减肥社区，能较快发展用户群。

（三）智能药罐、智能水瓶与智能手杖

工作和生活的繁忙，会使许多人忘记按时服药，而一些老年人也往往忘记吃药而令家人挂牵。美国的 VITALITY 公司和日本象印公司分别开发出智能药罐和智能水瓶，从不同角度解决这一问题。

1. 智能药罐

美国波士顿的 VITALITY 公司在 2009 年开发出一款可提醒患者吃药的“智慧型药罐——GlowCap Solo+Connect”，其盖子会通过闪灯、播放音乐、拨打家庭电话等方式来提醒患者按时吃药，并每周发电子邮件给护理师、保姆或家庭成员，还能出据一份经医师确认的服药报告，且自动生成添加药物的处方签传送给药房。

该药罐有一套“GlowCaps Connect”的通知无线通信系统，可向相关个人、医药公司、零售药店、医院等提供简单报告。主要目的是为了为了一些慢性疾病如高血压、糖尿病、高胆固醇，或抑郁症等的药物的控制管理，这套整合在线护理功能的服药通知装置，既可以帮助挽救生命、降低医疗成本，也能提升药品经营成效。

2. 智能热水瓶

日本象印公司出于感知独居老人活动是否正常的目的，考虑到他们饮食、服药等都要用水，于是通过对老年人一日用水情况的感测，就可大致知其起居活动是否正常。于是，开发出一种无线联网的传感热水瓶，其具体工作流程如图 3-2 所示。

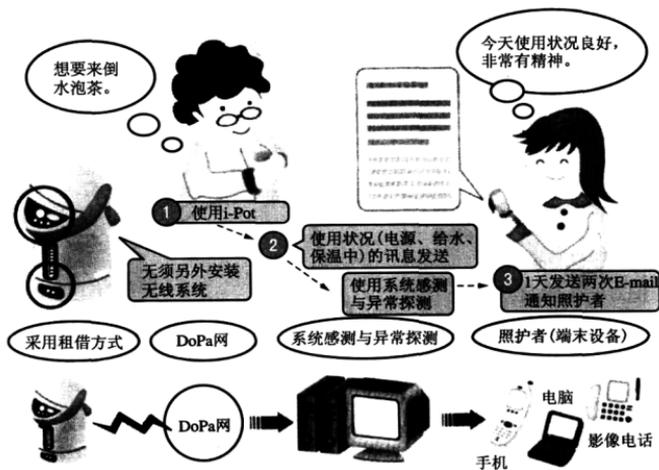


图 3-2 智能热水瓶使用与服务模式

图下部服务模式显示，用户可租用这种名为 i-Pot 的感知热水瓶，以无线方式连接到一个虚拟的“DoPa”网上，后端服务器可对热水瓶的使用情况按正常模型进行感测与比对，并对感受到的使用热水瓶的数据进行统计分析后，将结果发送到老人子女家属、医护人员的手機、电脑或影像电话中。图的上部表示，i-Pot 热水瓶会自动将其通电、给水、保温等状态记录下来，并与正常的使用频率、使用量、时间分布等数据进行比对，然后根据统计分析做出判断，并将结果以邮件、短信等形式一天两次发给其子女。而家人也可随时上 DoPa 网观察老人的状况。而当智能热水瓶感测到老人用水喝茶行为有异常时，就会立刻通知相关人员上线察看。

当然，有智能热水瓶也自然会有“智能餐盘”之类，如 Intel 公司就考虑人人皆需每日进餐，就在餐盘底部添加 RFID 感测标签，可感测到每天被使用过的次数、时间，将这些数据通过无线网络发送给网上监测平台中进行分析记录，并视结果通知相关人员。

3. 智能手杖

德国弗朗和费研究所研发出一种智能手杖“i-Stick”，其中有水平传感器、RFID 识别感测器、无线通信装置等。由于手杖是许多老年人的随身用品，如当其处于倾倒状态时，传感器会感测到手杖处于失衡状态。先发出声音通知老人将其捡起来，但如手杖超过一定时间仍处于不平衡状态时，则可判断使用此拐杖的老年人跌倒了，该拐杖就会自动通知救护车或指定的相关亲属前来救助。

该手杖还可记录老年人的生活习惯，并通过学习了解其固定生活模式，能针对异常行为通知相关机构提供就近照顾。手杖还可与 GPS 结合，帮助老年人定位，减少其走失可能性。

进一步，该手杖还可与搭配有蓝牙的、能动态监测上述各项生理参数的智能衣（有生理指标传感器的特殊衣服）相组合，在动态监测老年人各项生理参数是否正常的同时，判断其行为是否正常，提供定位以判定其路途是否正常等，以便在其碰到不适或走失时能被迅速找到。

4. 居家老年人起居感测系统

在美国，子女普遍与老人分居。高龄老人不仅饮食需要关注，且其生活起居也多需照顾，而物联网在这一领域大有用武之地。美国波特兰的 Oatfield Estates 公司研发的智能护理环境系统，运用红外线与无线射频传感技术，可全天感测老年人的作息，其家人和医护人员也能通过网页和手机等途径了解其居家活动状况，如图 3-3 所示。

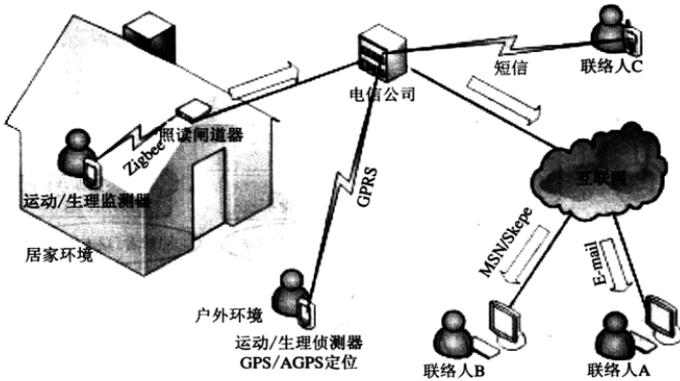


图 3-3 居家起居感测系统

在老人的枕边、起居室、衣服等处安装无线感应器，就在家中形成一个感测环境。当老人行动时，这些传感器就能感测到相关信号，系统就可得知老人的活动状态。通过这一智能护理环境的跟踪，可分析老人的社交行为、进出房间频率、独居时间、体重状态，是否处于不安状态等。一旦系统感知并分析比对到老人的生活起居有异常时，就能自动发出警报信息并通知其家属和医护人员。

第三节 健康监护基本技术

一、身域网

(一) 身域网概念

在现在市面上的一些系统中，其前端仍为各种探测分析仪器，尽管其已在微型化上做了很大改良，但仍有形状和体积不适应需求的缺陷，使用时特别是如需全天监测时就有多种不便。进一步的改进朝着将各种前端传感设备柔软化、贴身化、一体化方向发展，形

成能穿戴的“身体传感器网络”或“无线身域网”（Wireless Body Area Network, WBAN）。

无线身域网通过近程无线网络，将一批小型移动式传感器互连接起来，这些装置可穿戴在人体上，持续将监测到的生理参数和运动数据发送出去，如图 3-4 所示。

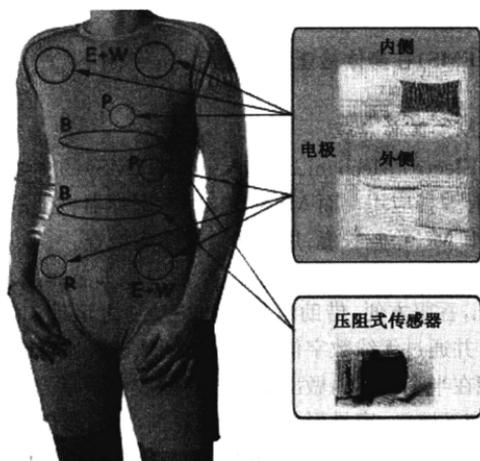


图 3-4 身域网示意图

在身域网系统中，E+W 代表三维心电图仪，P 为胸导联心电图仪，B 为呼吸传感仪器，R 为参照传感点。呼吸通过压阻式传感器监测，心跳通过内外侧电极探测。这些设备，通过无线通信将数据从身体传送到家庭基站，再转发到医院、护理中心、诊所或其他地方。

身域网技术目前正处于起步阶段，各国正在广泛研究，一旦被接受并普及后将在医疗护理领域产生突破，特别对如糖尿病、哮喘和心脏病患者的护理能起重要作用。并且该项技术还可应用于体育、军事、安全等许多领域。

(二) 身域网技术要求

身域网的实现，需要一系列的相关技术支持。

1. 互操作性

WBAN 系统将确保蓝牙、ZigBee 等标准间无缝数据传输，以实现信息交流、即插即用设备的互动。系统必须具备可扩展性，确保网络能有效迁移，并提供不间断的连接。

2. 支持 GFRS 等移动通信网络

这一点是为了实现对感知对象的位置监测，无论其在家中、工作场所，还是外出状态中。

3. 系统设备传感器要符合需求

在身域网使用时必须传感器具有复杂性低、外形小、重量轻、功耗小、易于使用和可重构。同时，存储设备需要支持远程存储和查阅患者数据以及通过无线网获取信号并进行处理和分析。

4. 系统要保证安全

系统和设备访问级的安全应确保身域网感测与传输的数据专用、安全、准确、可靠，并在使用上有严格有限的访问权限，同时还要确保患者的隐私权。

5. 传感器验证普适性

传感装置因受通信和硬件的限制，可能会有不可靠的有线或无线网络链接，抗干扰性和储备性均有限，就可能导致错误数据产生并传至系统，这将给医疗保健带来极大的风险，因此，传感器的数据感测和验证是最重要的，这将有助于减少假报警或漏报警情况的发生。

6. 数据一致性

由于多种专用传感器组成无线网络，患者的重要数据可能支离

破碎地分布在几个感知节点或一批联网的计算机中，必须保证这些数据的一致性。

二、微机电系统 (MEMS)

(一) 微机电系统 (MEMS) 工作原理

微机电系统 (Micro Electro Mechanical Systems, MEMS) 具有两个特点：微小尺度与系统集成。微系统是微米量级的特征尺寸、毫米量级的器件尺寸；而微制造技术与微电子技术之间高度兼容，将微机械与微电子集成就诞生了微机电系统。^① 而 MEMS 技术在医疗器械上的应用是国际研究的前沿之一，其成果之一就是 MEMS 检查胶囊，用于肠胃道疾病检查。

其工作原理是：患者先穿上检查专用的背心，然后口服如感冒胶囊大小的智能胶囊，其尺寸仅为 $\Phi 3.0 \times 27.9\text{mm}$ ，吞服方便，借助消化道的蠕动使之运动，其中的微型摄像机透过胶囊对消化道壁进行摄像，并通过无线数字信号传输给图像记录仪存储，医生通过影像工作站来观察患者消化道情况，能在半小时内做出诊断。智能胶囊最后自行排出体外，整个过程中，患者无创伤、无痛苦、无交叉感染，容易耐受、无须镇静剂，同时彩色图像清晰。

这种“胶囊内窥镜”填补了当今小肠检查的盲区，与传统的内窥镜比较，能将小肠疾病的检出率从 30% 提高到 70% 以上。它克服了传统推进式内窥镜体积大、患者痛苦等缺陷。

(二) 微机电系统应用特点

医疗设备的发展方向有 4 个特点：一是微创，使设备对人体的损伤尽可能小；二是智能化，将感测、计算机与通信技术等综合应用；三是一次性使用，减少交叉感染的风险；四是医疗设备要高精

^① 温诗铸. 关于微机电系统研究 [J]. 中国机械工程, 2003 (02).

度，测试结果准确，使医生容易确诊。以 MEMS 技术为核心的医疗设备能够很好地满足这 4 个要求，具有广泛的应用前景。

在这样的要求下，必然要将检验系统尽可能地做小，增强前端传感、采集与观察系统的精度，并辅以强大的通信与后端处理系统支持。

胶囊内窥镜结构由 7 部分组成：透明外壳、光源、成像元件、传感器、电池、发射模块和天线。电路系统又包含了传感器检测部件、信号处理部件和无线发射部件。图像、温度、pH 值等传感器检测部件检测消化道内信息，该信息经过信号处理部件的处理经无线发射部件发送至体外。体外接收机接收信号，经过体外处理单元的处理，在终端显示出来。另外，随着功能拓展的需要，胶囊内窥镜还可以包含释药部件、用于微型手术的机械部件等。

这种内窥镜检查主要是通过数字摄影进行的，故每一次检查都会产生大量的图像数据，如国内重庆金山科技集团生产的内窥镜可在肠胃连续工作 8 小时，产生 5 万多张图片，更先进的系统可产生数十万帧照片。如此巨大数量的照片，只有采用功能强大的图像数据库系统进行管理与分析。例如，重庆金山科技集团的胶囊内窥镜后台，就采用了 IBM DB2 数据库平台，对采集到的数据进行管理，实现更快、更便捷的照片数据查询、筛选和精确可靠的分析，最后，这些数据还将与医院的总信息系统联网，实现患者从胶囊内镜检查提升到对患者的医护管理。MEMS 胶囊虽小，但充分体现了智慧医疗为传统医疗模式带来的革命性意义。IBM 认为，智慧医疗应该具备 6 个特征，即互联互通、协作、预防、普及、可靠和创新。在互联网与物联网的融合下，这颗集传感器、执行器和处理器于一身的胶囊内窥镜在经过信息化的改造后，不但具备互联互通特性，借助不同 IT 设备的支持与数据共享，大大提升了体检的精确度，并能在还没有发生肠胃疾病的早期就提出预警来预防疾病的发生。

第四节 健康监护实例研究

一、基于 ZigBee 的老人身体状态检测方案需求分析

本案例根据将 ZigBee 无线技术应用在智能家居上，设计出一款可以监控家庭中老人活动状态的无线传感器网络，并达到通过网络甚至手机远程监控以实现家庭医疗保健的理念，为构建智能家用系统奠定基础，通过家庭网关将家庭内部无线网络和外部广域网连起来。

Zigbee 是一种介于无线标记技术和蓝牙之间的技术提案。作为一种新兴的短距离、低速率、低功耗无线网络技术，其特性预示着在消费类电子智能家庭和楼宇网络、工业控制、医疗等领域将有较大的发展。^①

研究 ZigBee 各个通信协议层的功能和作用，采用 CC2430 芯片和 MMA7260 芯片为核心设计节点硬件电路，完成了协调器和终端节点软硬件相关应用的设计，从而组建智能家居内部 ZigBee 无线网络。

家庭网关是由家居内部无线网络 ZigBee 协调器和 PC 两个部分组成，两者各自完成任务，前者管理家庭内部无线网络，后者通过网络与外部网络通信，从而实现远程监控功能，用户通过家庭网关达到监控家庭 ZigBee 节点的目的。

本设计是要寻找一种监测方法，这种方法要简单实用，且易于推广，监测方法主要采用主动的方式，不通过以往的监测等待老人

^① 李俊斌，胡永忠．基于 CC2530 的 ZigBee 通信网络的应用设计 [J]．电子设计工程，2011（16）．

触发实现的方式，而是将监测设备佩戴在老人身上，以避免在家中布置大规模传感器的缺点，身体状态是人体状态的基本信息，可体现出老人在各个时间段的行为动作，从而得到老人在短期内（如一天或一星期）以及长期内（如一个月或一年）的身体状况。身体状态信息包括静态动作和动态动作，静态动作又可分躺下、站立、俯卧、行走等，动态动作又可分为慢跑、摔倒等动作。静态信息可反映老人在较短时间内的体态，综合动态信息可得到老人较长时间内的活动量；动态信息可反映老人是否有剧烈的运动，获取此类信息，对于出现紧急状态后及时报警有重要的意义。以动态动作中的摔倒为例，由于老年人身体机能老化，往往存在骨质疏松现象，摔倒后容易骨折，如果老人摔倒时，及时将信息通知给老人的子女或者社区服务中心，会极大地减少由此带来的身体伤害。

本设计提出了通过老人的身体状态信息来监测老人的方法，通过获取老人身体的状态信息，比如“站立、躺、慢跑、摔倒”等动作的检测对老人进行实时监测。加速度传感器与陀螺仪都可以实现获取动作信息的目的，但由于陀螺仪价格高昂，不适合本方案，为此我们采用加速度传感器实现姿态的获取。

本设计的通信平台采用现在新兴的无线传感器网络技术，可实现在家庭环境下一对多，即可对多位老人监护的需求。同时也要在监测装置上设置按键，以方便用户使用。装置可通过手机短信方式实现远距离报警给监护人，进一步拓宽了装置的适应性。老人也可直接按下装置上的紧急按钮，直接发送紧急状态信息。

本方案将介绍装置器件的选型，并在此基础上介绍系统的各个组成部分的功能及实现方法，老人身体状态监测装置层次如表 3-3 所示。

表 3-3 老人身体状态监测装置层次

结构	硬件	软件	协议	知识点
服务层	PC	监控软件中心	AT 指令 (GSM)	C# 编程
网络层	ZigBee CC2430 模块	ZigBee	ZigBee 协议 和私有协议 IEEE 802.15.4	ZigBee 协议
控制层	WTW240- 28P	WT588DVoice ChipV1.0		语音下载及功放 电路
感知层	MMA7260 加速度传 感器			传感器选型, 设计

二、硬件与网络选择

硬件的选型包括传感器、语音模块以及微处理器的选择，网络选择主要是指短距离无线网络的选择。

(一) MMA7260 加速度传感器

MMA7260 是美国 Freescale 公司推出的一款低成本单芯片三轴加速度传感器。该微型电容式加速度传感器融合了信号调理、单极低通滤波器和温度补偿技术，并提供了 4 种加速度测量范围，分别为： $\pm 1.5g_n$ 、 $\pm 2g_n$ 、 $\pm 4g_n$ 和 $\pm 6g_n$ 。MMA7260 还具有很高的灵敏度，当选择 $\pm 1.5g_n$ 的测量范围时，灵敏度达到 $600mV/g_n$ 。它采用 $6mm \times 6mm \times 1.45mm$ QFN 的封装，体积小，占用板卡空间小。而且，MMA7260 提供休眠模式，是使用电池充电的手持产品的最佳选择。它具有三轴向检测功能，使便携式设备能够智能地响应位置、方位和移动的变化。

MMA7260 的主要特性有：第一，具有三轴向的感应功能；第二，可选的加速度范围： $\pm 1.5g_n$ 、 $\pm 2g_n$ 、 $\pm 4g_n$ 和 $\pm 6g_n$ ；第三，低电流消耗 $500\mu A$ ；第四，休眠模式消耗 $3\mu A$ ；第五，低电压运行下电压 $2.2\sim 3.6V$ ；第六，快速启动时间为 1 毫秒；第七，低噪声，可以达到更高的分辨率、更高的精确度；第八，超小体积， $6mm\times 6mm\times 1.45mm$ QFN 封装；第九，高灵敏度， $600mV/g_n$ 。

由于 MMA7260 传感器可准确测量三轴低量级下降、倾斜、移动、定位、撞击和振动，本设计中则采用 MMA7260 来测量人身体活动时三维的加速度信号。

MMA7260 的 3 个相互垂直的传感方向如图 3-5 所示。X、Y、Z3 个相互垂直方向上的加速度由 G-Cell 传感单元感知，经过容压转换器、增益放大、滤波器和温度补偿后以电压信号输出。

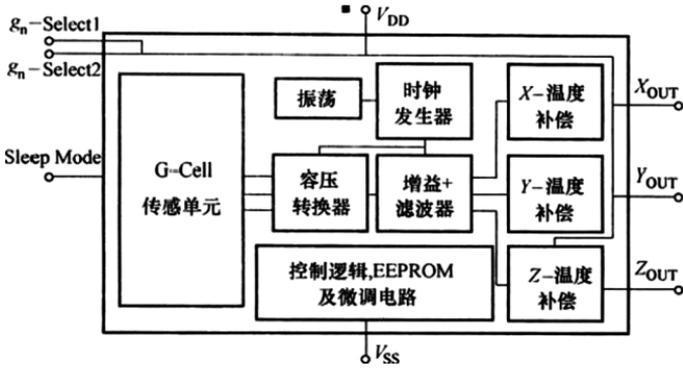


图 3-5 MMA7260 功能图

G-Cell 传感单元是由半导体材料经微机械加工生产的微机械结构，整个物理模型由一对挠性轴、其支撑的极板及中间极板上的检测质量块组成。G-Cell 的极板构成了两个背对背的平板电容，当系统被给定一加速度时，检测质量块所附属的中间极板就会偏离无加速度时的位置，这样它到一边固定极板的距离就会增加，同时到另一固定极板的距离就会减小。因此电容值也随着极板间距离的改变

而改变，这就是对加速度的度量。电容值经过容压转换器转换为电压值，经过增益放大器、滤波器和温度补偿以电压的形式作为输出信号。G-Cell 传感单元的物理模型和 MMA7260 的传感方向如图 3-6 和图 3-7 所示。MMA7260 的引脚功能如表 3-4 所示。

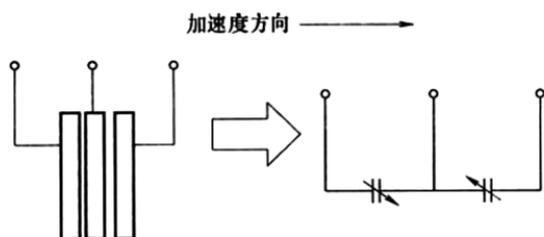


图 3-6 G-Cell 传感单元的物理模型

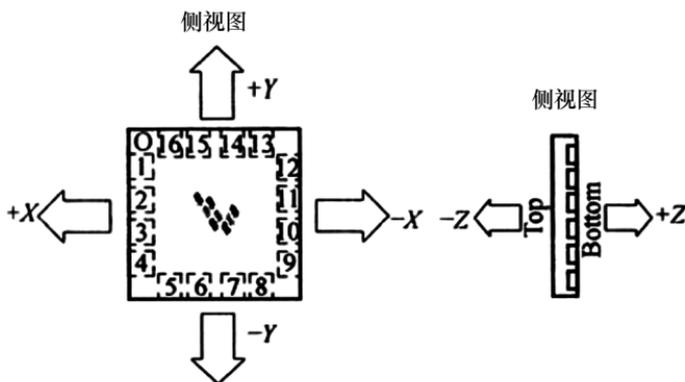


图 3-7 MMA7260 的传感方向

表 3-4 MMA7260 引脚功能

引脚序号	引脚名称	描述
1	g_n -Select 1	输入逻辑电平， 选择灵敏度的级别

引脚序号	引脚名称	描述
2	g_n -Select 2	输入逻辑电平， 选择灵敏度的级别
3	V_{DD}	电源输入
4	V_{SS}	电源地
5-11	N/C	悬空
12	Sleep Mode	休眠模式
13	Z_{OUT}	Z 方向输出电压
14	Y_{OUT}	Y 方向输出电压
15	X_{OUT}	X 方向输出电压
16	N/C	悬空

(二) WTW240-28P 语音模块

1. WTW240-28P 语音芯片特征

根据外挂或者内置 SPI-Flash 的不同，播放时长也不同，WTW240-28P 支持 2M 8 133204191 的 SPI-Flash 存储器；内嵌 DSP 高速音频处理器，处理速度快；内置 13bit D-A 转换器，以及 12bit PWM 输出，音质好；PWM 输出可直接推动 0.5W/8Ω 扬声器；支持 D-A 转换器/PWM 两种输出方式；支持加载 WAV 音频格式；可通过与上位机操作软件，随意组合语音，可插入静音，插入的静音不占用内存的容量，一个已加载语音可重复调用到多个地址；USB 下载方式，支持在线下载或脱机下载；即便是在 WTW240-28P 语音芯片通电的情况下，也一样可以正常下载数据到 SPI-Flash 存储器；支持 MP3 控制模式、按键控制模式、3×8 按键组合控制模式、开口控制模式、一线串口控制模式、三线串控

制模式以及三线串口控制 I/O 口扩展输出模式；三线串口控制模式切换到三线串口控制 I/O 口扩展输出模式只需发送数据就可以进行切换。切换后仍可把切换前的最后工作状态带进切换后的模式工作。任意设定显示语音播放状态信号的 BUSY 输出方式；抗干扰性强，可应用在工业领域；20 段可控制地址位，单个地址位最多可加载 128 段语音，地址位内的语音组合播放；支持对已加载语音播放试听；语音播放停止马上进入休眠模式，芯片转为完全停止状态；15 种按键控制模式，任意一个按键可设定任意一种控制模式；配套 WTW240-28P 语音芯片上位机软件，接口简单，使用方便，能极大地发挥出 WTW240-28P 语音单片机的各项功能；简单的单片机编写方式，摆脱以往复杂烦琐的汇编思维；单个芯片支持外挂多个存储器；最多可加载 500 段用于编辑的语音；插入的静音时间范围为 10 毫秒到 25 分钟；芯片复位时间为 5 毫秒；工作电压为 DC2.8~5.5V；静态休眠电流小于 $10\mu\text{A}$ ；支持加载 $6\text{k}\sim 22\text{kHz}$ 采样率音频；支持 8 和弦 MIDI 播放。

2. WTW240-28P 语音芯片功能概述

WTW240-28P 语音芯片是一款功能强大的可重复擦除烧写的语音单片机芯片。WTW240-28P 让语音芯片不再为控制方式而寻找合适的外围单片机电路，高度集成的单片机技术取代复杂的外围控制电路。配套 WTW240-28P 语音芯片上位机操作软件可随意更换 WTW240-28P 语音单片机芯片的任何一种控制模式，把信息下载到 SPI-Flash 存储器上即可。软件操作方式简洁易懂，集合了语音组合技术，大大减少了语音编辑的时间，完全支持在线下载，即便是 WTW240-28P 通电的情况下，一样可以通过下载器给关联的 SPI-Flash 下载信息，对 WTW240-28P 语音芯片电路进行复位，就能更新到刚下载进来的控制模式。支持插入静音模式，插入静音不占用 SPI-Flash 存储器内存的容量，一个地址位可插入 10 毫秒到 25 分钟的静音；MP3 控制模式下，完全实现了市场上主流 MP3 的

功能；按键控制模式下触发方式灵活，可随意设置任意按键为脉冲可重复触发、脉冲不可重复触发、无效按键、电平保持不可循环、电平保持可循环、电平非保持可循环、上一曲不循环、下一曲不循环、上一曲可循环、下一曲可循环、音量上高、音量降低、播放与暂停、停止、播放与停止 15 种触发方式，最多可用 10 个按键触发控制输出； 3×8 按键组合控制模式下能以脉冲可重复触发的方式触发 24 个地址位语音，所触发地址位语音可在 0~219 之间设置；并口控制模式可用 8 个 I/O 口进行控制；一线串口控制模式可通过发码端控制语音播放、停止、循环播放和音量大小，或者直接触发 0~219 地址位的任意语音，发码速度 600~2000 微秒；三线串口控制模式和三线串口控制 I/O 口扩展输出模式之间可通过发码切换，三线串口控制模式下，能控制语音播放、停止、循环播放和音量大小，或者直接触发 0~219 地址位的任意语音，三线串口控制 I/O 口扩展输出可以扩展输出 8 位，在两种模式下切换，能让上一个模式的最后一种状态保持着进入下一个模式。PWM 和 D-A 转换器输出方式，PWM 输出可直接推动 0.5W/8 Ω 的扬声器，D-A 转换器输出外接功放，音质好。

（三）微处理器

终端监测仪的 ZigBee 协议运行在 TI 公司生产的 CC2430 芯片上。CC2430 是一颗真正的系统芯片（SoC）CMOS 解决方案。这种解决方案能够提高性能并满足以 ZigBee 为基础的 2.4GHz ISM 波段应用对低成本、低功耗的要求。它结合一个高性能 2.4GHz DSSS（直接序列扩频）射频收发器核心和一个工业级小巧高效的 8051 控制器。CC2430 芯片沿用了以往 CC2420 芯片的架构，在单个芯片上整合了 ZigBee 射频（RF）前端、内存和微控制器。它使用 1 个 8 位 MCU（8051），具有 128KB 可编程闪存和 6KB 的 RAM，还包含模—数转换器、几个定时器、AES128 协同处理器、看门狗定时器、晶振为 32kHz 的休眠模式定时器、上电复位电路、

掉电检测电路，以及 21 个可编程 I/O 引脚。CC2430 芯片采用 0.18 微米 CMOS 工艺生产，在接收和发射模式下，电流损耗分别低于 27mA 或 25mA。CC2430 的休眠模式和转换到主动模式的超短时间的特性，特别适合那些要求电池寿命非常长的应用。

(四) 无线网络

本方案中老人身体状态监测系统主要应用于家庭室内环境。因此在家庭环境中，一般要求设备的通信距离在 100 米以内，为了方便使用，监测设备应该使用无线通信方法。由于监测设备需要佩戴在老人身体上，因此检测设备需要具有便携性，使用电池供电且电池的寿命较长，即至少在 30 天以上。由于设备功耗较低，无线辐射功率较低，因此不会对人体产生伤害。为了使得系统可同时对多个老人进行监测，这就要求系统应该具有组网功能，至少应为星状网络。为了使得系统能够得到普及，监测系统应该具有低成本以及需要工作在各个国家允许运行的无线频段。

由于 ZigBee 无线技术具有低功耗、低成本、近距离、工作在免执照频段等特点，其适用于本节描述的家庭环境中对老人身体状态的监测。

三、系统设计

(一) 系统整体构架

老人身体状态监测系统由以下几部分组成：一个 ZigBee 协调器，用于初始化 ZigBee 无线网络和接收人体状态信息；数个终端人体状态监测仪，由被监测人佩戴在腰部上，用于检测和传送状态信息；运行在 PC 端的监控中心软件，显示被监测对象的人体状态信息。在本系统中，ZigBee 协调器建立一个网络后，终端人体状态监测仪开机后自动加入网络，并通过绑定的方式和协调器建立连接，通过监测仪上的按键选择“发送数据”，启动对身体状态的监

测，并将状态信息发给协调器，协调器将这些数据信息通过串口发送给 PC，上位机软件通过对数据进行分析 and 显示，并对老人的异常状态做出及时响应，也可通过互联网及 GSM 网络与外界取得联系，提醒监控人对紧急状态采取相应的措施。老人通过直接按终端人体状态监测仪的紧急按钮，直接发送紧急状态信息。老人状态监测系统整体构架如图 3-8 所示。

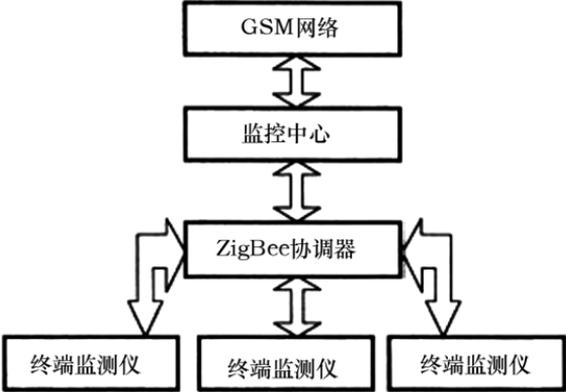


图 3-8 老人状态监测系统整体构架

(二) 终端监测仪

终端监测仪以 ZigBee 网络中的 RFD 作为核心设备，以一定周期采集终端监测仪的底板上的加速度传感器 MMA7260 的三轴加速度电压值。完成姿态判断后，向协调器发送状态数据信息，并可在需要的时候发送求救信息和接收提示信息。网络的传输距离可以在以协调器为中心的半径十米到一百米范围内。这个范围能够满足家庭等一般性环境。人体状态监测系统可同时对多个对象的人体状态进行监测。每个监测对象根据加入网络顺序的不同分配有不同的 ID，以区分不同的用户。当需要更换电池而关闭终端人体状态监测仪的电源或其他情况导致暂时失去网络连接时，只需重新打开电

源，监测仪便会自动以原来的 ID 重新加入网络中，保持采集状态的连续性。

通过人体状态监测仪内置的传感器，采集到状态数据，对合理数据迅速提取分析，传递给协调器。现可监测的人体状态有：站立、躺下、卧倒、慢跑、左侧卧倒、右侧卧倒、摔倒、紧急状态这 8 种状态。

本设计使用 TI 公司的 Z-Stack 2006 协议栈。在此基础上，设计了应用层软件，其负责采集加速度传感的三轴上的数据，身体状态判断和数据的发送，同时通过按键和语音模块与用户进行交互。终端监测仪的结构框图如图 3-9 所示。

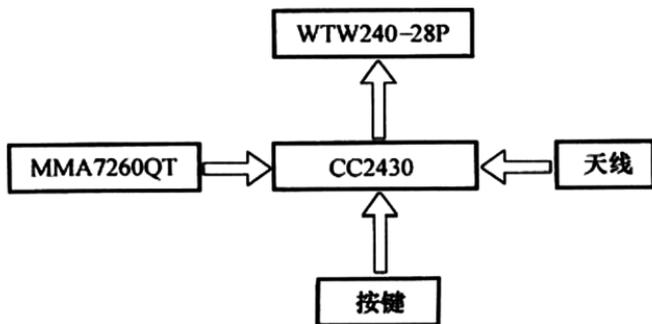


图 3-9 终端监测仪的结构框图

终端监测仪配有一块用于提示语音信息的语音模块，有 4 个按键，功能分别为“连接网络”“发送数据”“紧急报警”和“取消报警”。

终端监测仪以 ZigBee 网络中的 RFD 作为核心设备，开机后，终端监测仪自动加入网络，通过用户手动操作即执行“连接网络”实现与协调器的绑定，通过“发送数据”实现状态信息的传送，这时 CC2430 以 0.5 秒为周期采集终端监测仪的底板上的加速度传感器 MMA7260 的三轴加速度电压值，并完成状态的判断。

以上设计是对老人身体状态的主动监测，在实际运行中，当老

人感到不适或出现紧急情况时，老年人还可以通过触发监测仪上的按钮进行报警。

(三) ZigBee 协调器

ZigBee 协调器主要负责建立 ZigBee 网络，与各个终端设备进行绑定，完成对来自终端设备的数据接收和转发。

ZigBee 协调器基站是无线监控网络的发起创建者，其软件实现过程如下：系统在软硬件初始化后开始建立新的网络，对各信道进行能量扫描，选择一个空闲信道，找到合适的信道后，为新网络选择一个网络标识符，从而建立新的无线网络，并允许老人身体状况监测仪加入，等待与老人身体状况监测仪的绑定，完成绑定后，不断监测是否有数据从监测仪传来，并将传来的数据通过串口发送子程序发送到 PC，同时检测串口是否有从 PC 传来的数据，如有则进入无线发送子程序。

(四) 监控中心软件

监控中心负责对来自 ZigBee 协调器的数据进行分析、显示，可同时对 4 位老人进行监测。老人 ID、身体状况信息以及时间等信息实时记录到数据文件中，通过对数据文件的访问，可以分析和获取老人近期的活动情况。在对软件相关选项进行设置后，一旦老人出现跌倒、紧急情况、紧急求助等状态时，监控中心就会立刻与老人的监护人取得联系，并提示采取进一步措施。监测中心通过串口与短信猫连接，在软件报警时，使用 AT 指令与短信猫通信，发送内容为“紧急报警，速来救治”的报警短信。短信的接收方可以通过软件进行设置。通过软件，监护人也可向指定的老人发送提醒消息，该消息会通过终端监控仪的语音模块播放出来。

老人身体状况监测系统软件有 3 个功能按键，分别为“通信设置”“查询记录”和“软件信息”。在“状态指示”里可以显示 4 位老人的身体状况信息，包括站立、躺下、左侧卧倒、右侧卧倒、紧

急情况、俯卧、慢跑和摔倒，一旦出现需要进行报警的三个状态时，系统就会根据用户设定来发送报警讯息。在“提醒事件”里，用户可以选择要发送提醒事件的老人 ID 和提醒事件的内容，单击“发送”按钮后，提醒内容会通过终端监控仪的语音模块播放出来，同时蜂鸣器会发出声音，以提示老人查看。

四、装置实现

(一) 网关硬件系统

网关的硬件部分使用的是成都无线龙公司的 ZigBee 开发套件，包括 ZigBee 无线模块和扩展底板；身体状况监测仪由无线模块和自行设计的功能底板组成。终端监测仪的尺寸为 $65\text{mm} \times 35\text{mm} \times 20\text{mm}$ ，重量仅 60 克，协调器的尺寸为 $70\text{mm} \times 55\text{mm} \times 25\text{mm}$ ，体积十分小巧，方便使用者进行佩戴和与计算机相连。另外还需要一根用于连接 ZigBee 协调器和计算机的串口线，以及为 ZigBee 协调器供电的 DC 电源。

ZigBee 网络网关系统由 CC2430 模块、串口模块、晶振模块、电源模块、液晶显示模块、输入输出模块以及发射天线组成。网关节点电路原理图如图 3-10 所示。

电路使用一个非平衡天线，连接非平衡变压器可使天线性能更好。电路中的非平衡变压器由电容 C341 和电感 L341、L321、L331 以及一个 PCB 微波传输线组成，整个结构满足 RF I/O 匹配电阻 (50Ω) 的要求。内部 T/R 交换电路完成 LNA 和 PA 之间的交换。R221 和 R261 为偏置电阻，电阻 R221 主要用来为 32MHz 的晶振提供一个合适的工作电流。用 1 个 32MHz 的石英谐振器 (X1) 和 2 个电容 (C191 和 C211) 构成一个 32MHz 的晶振电路。用 1 个 32.768kHz 的石英谐振器 (Y5) 和 2 个电容 (C441 和 C431) 构成一个 32.768kHz 的晶振电路。电压调节器为所有要求 1.8V 电压的引脚和内部电源供电，C241 和 C421 电容 是去耦合电

容，用来电源滤波，以提高芯片工作的稳定性。

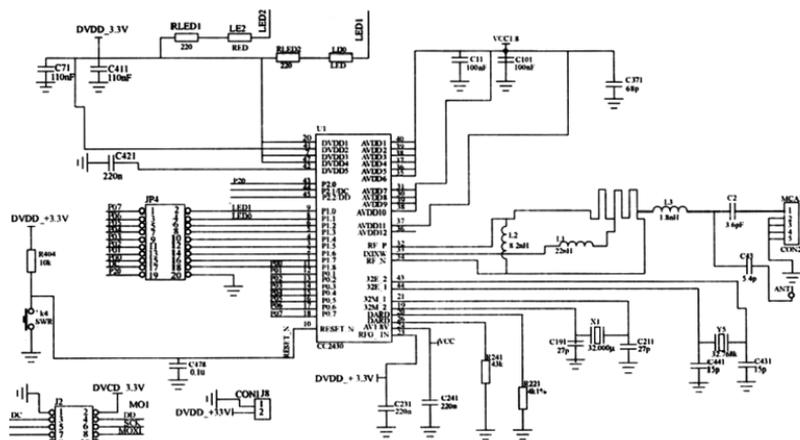


图 3-10 网关节点电路原理图

(二) 终端传感器系统

ZigBee 传感器节点硬件系统由 CC2430 模块、三轴加速度计传感器、电源模块、语音模块、输入输出模块以及发射天线组成。

(三) 射频电路注意事项

整个硬件系统总共由 3 块印制电路板 (PCB) 组成，分别为 CC2430 无线通信模块、网关扩展底板和传感器扩展底板，电路板采用双层板。在考虑到整体版图大小及布局对体积的要求，整个版图的大小为 60mm×50mm。整个版图按功能将按照 I/O 扩展接口、电源模块、键盘模块、串口模块、液晶模块、传感器模块等分开布置、排线，且每个模块之间既有 PCB 连线同时也保留了插针接口，在今后的实际运用中可以选择所需要的模块，而不会对其他模块产生影响。同时在空白区域做一系列的过孔，方便今后的扩充及调试。

设计中 RF 设计必须仔细注意整个设计过程中每个步骤及每个细节，这意味着设计一开始就要进行全面的规划，并对每一个步骤的进展做出评估。重要的 RF 设计课题包括：分区设计、阻抗和阻抗匹配、绝缘层材料和层叠板、波长和谐波等。在设计 RF 电路板时，应尽可能把高功率 RF 放大器（HPA）和低噪声放大器（LNA）隔离开来，简单说，就是让高功率 RF 发射电路远离低噪声接收电路。如果 PCB 上有很多空间，那么可以很容易做到这一点。但通常零组件很多时，PCB 空间就会变得很小，因此这是很难达到的。因此，可以在设计时将二者放在 PCB 的两面，或是让二者交替工作，而不是同时工作。

（四）编写软件程序

编写软件程序包括对通过 ZigBee 网络传输来的身体状态监控报替端（简称“上位机”）的程序和身体状态检测装置程序。针对每种状态，逐一获取相对应的加速度传感器三轴的输出电压范围，在身体状态检测装置的程序将此范围作为状态判断的依据。

上位机软件基于 Microsoft Visual 2010 实现，身体状态检测装置的软件部分使用 IAR Embedded Workbench 7.30B。

程序流程如图 3-11 所示。ZigBee 协调器软件实现过程如下：系统在软硬件初始化后开始建立新的网络，对各信道进行能量扫描，选择一个空闲信道，找到合适的信道后，为新网络选择一个网络标识符，从而建立新的无线网络，并允许老人身体状态监测仪加入，等待与老人身体状态监测仪的绑定，完成绑定后，不断监测是否有数据从监测仪传来，并将传来的数据通过串口发送到 PC，同时检测串口是否有从 PC 传来的数据，如有则进入无线发送子程序。

老人身体状态监测仪的软件流程图的实现过程如图 3-12 所示。监测仪初始化后，扫描信道，并加入协调器基站建立的网络中，获得 16 位网络地址，监测仪的屏幕上会显示菜单，用户选择“连接

基于物联网的四网融合技术研究及其应用

网络”后，监测仪与协调器基站建立绑定关系，用户选择“发送数据”后，监测仪开始进行身体状态的检测，每隔 0.5 秒读取加速度传感器 MMA7260QT 的三轴加速度数据，并进行 A-D 转换，通过分类器的判断得到老人的身体状态，并判断是否与前一次的状态相同，若相同则继续监测，若不相同则将数据打包后发送给协调器基站；老人选择菜单上的“紧急求救”按钮后，监测仪向协调器基站发送紧急报警信息。

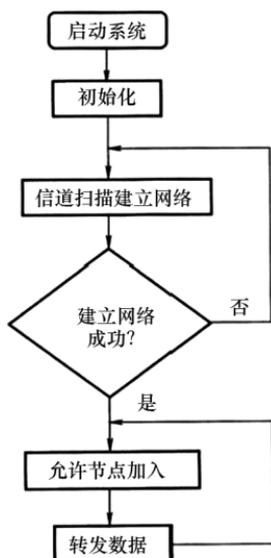


图 3-11 协调器软件流程

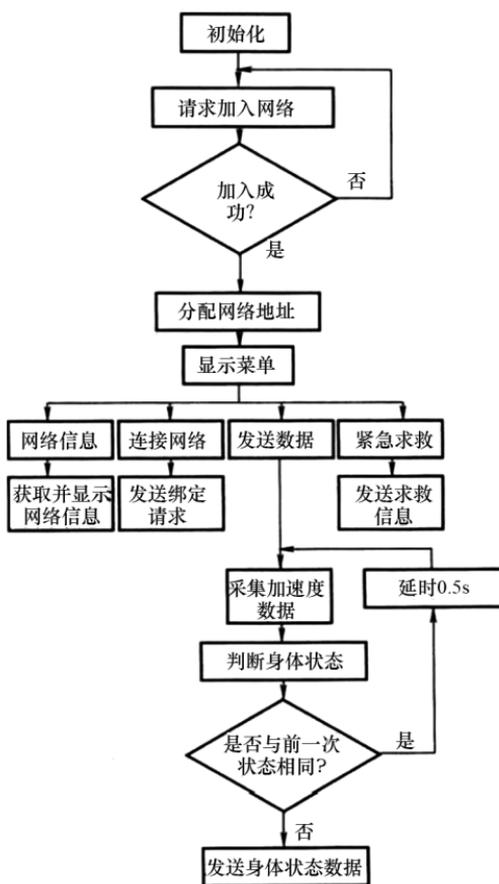


图 3-12 老人身体监测仪软件流程

第四章 物联网应用——智能家居

第一节 智能家居简介

一、智能家居概述

智能家居是以住宅为平台，利用综合布线技术、网络通信技术、安全防范技术、自动控制技术、音视频技术将家居生活有关的设施集成，构建高效的住宅设施与家庭日程事务的管理系统，提升家居安全性、便利性、舒适性、艺术性，并实现环保节能的居住环境。^①

由以上论述可以将智能家居定义为一个过程或者一个系统。这个系统采用先进的计算机技术、网络通信技术、综合布线技术，将与日常家居生活有联系的各类子系统进行有机的结合，然后对这一系统加以有效管理，为家居生活提供了很大的便利，使人们的家居生活更加舒适、安全、有效。智能家居比普通家居优越得多，智能家居除了具有传统家居的居住功能，还能够给人们提供舒适安全、高品位且宜人的家庭生活空间，同时在原来被动静止结构的基础上进行开发创新，发展出了具有能动智慧的工具，为大众的家居生活提供了全方位的信息交换功能，在这样的环境下，家庭可以与外部保持信息交流畅通，人们的生活方式得到了有效的优化，同时还可以帮助人们有效安排时间，甚至节约了各种能源费用。

随着时代的发展，智能家居的应用将会越来越普遍，将有越来越多的智能家庭网络系统和产品走进普通居民的家庭生活中。虽然

^① 解相吾等. 物联网技术基础 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2014.

智能家居的概念自进入我国以来已有近十年的发展，但是它作为一种产业却仍旧处于蓄势待发的状态，不仅产品普及度低，而且与其相关的产业链也没有带动起来，远远没有渗透进普通人的日常生活。智能家居作为物联网的一种应用，其发展的动力也将随着物联网的逐步规范化和产业化越来越强劲。

近几年来，移动通信网络由 3G 向 4G 过渡，网络的作用正在被充分地挖掘和发挥。过去网络的发展只注重计算机之间的互联和人与人之间的通信，忽略了大量存在于我们周围的普通机器，没有意识到这些机器的数量远远超过人和计算机的数量，尤其是与普通消费者联系最密切的家庭设备的数量更是巨大。

与国内的情况恰恰相反，国外家庭设备联网已经逐渐普及并渗透到千家万户，越来越多的信息智能型家居产品如雨后春笋般涌现，智能家庭局域网、家庭网关、信息家电等这些与智能家居密切相关的名词几乎已经家喻户晓。其中社区、家庭、个人应用领域比其他行业应用拥有更广大的用户群和更大的市场空间。

鉴于物联网在智能家居中的应用，目前，如何建立一个高效率、低成本智能家居系统已经成为一个社会热点问题。在我国，有一部分高档和中档的住宅小区和私人住宅，在控制和管理上实现了一般意义上的智能化，宽带进入一般居民的住宅和小区，为智能家庭网络功能的完善辅以一定的条件。与此同时，国内一些公司的网络产品也逐渐进入市场，一些国外的系统和产品也开始较大规模进入我国市场，在市场上与我国产品接触。

移动运营商在物联网产业领域具有天然的优势，它具有随时随地接入网络的能力以及成熟的运营体系；智能家居业务为移动运营商进一步挖掘个人应用市场并向家庭、社区领域拓展提供了广阔的增长空间。未来智能家居业务的重要发展方向是运营商主导业务的运营和推广，这一行为同时也能进一步扩大运营商的收益和市场。

(一) 智能家居的特点

1. 舒适

智能家居以住宅为平台，其本意是运用现代科技为人们提供更加舒适的居住环境。这就要求在进行智能家居系统设计的过程中必须坚持以人为本的原则，充分考虑用户的生活习惯及感受。如果违背了舒适这一特点，不仅用户难以接受，智能家居这一概念也变得毫无意义。

2. 使用简单

智能家居的服务对象为普通大众，大都缺乏专业知识。因此，所设计的智能家居系统只有使用起来简单、方便，才能普遍为用户所接受。如果违背了这一特点，智能家居系统的适用人群就会存在很大的局限，它的推广也将变得很难。

3. 可以远程监控

随着电子技术的发展和物联网概念的提出，网络大融合已经成为必然的发展趋势，智能家居亦然。尤其是现阶段，随着生活节奏的加快，人们对家居环境实现远程监控的需求也越来越高。因而，只有具备远程监控功能的智能家居才能顺应发展潮流；反之，它将随着时代的发展而面临被淘汰的命运。

4. 保密性好

智能家居系统与互联网的融合，虽然方便了用户对家居环境的实时监控，但同时也使网络黑客入侵智能家居系统成为可能，这样一来，用户使用时会遇到风险。因此，好的智能家居系统必须具有良好的保密性，确保用户的身份不被假冒，用户信息不被侵犯。

5. 稳定性好

由于智能家居以住宅为平台，布线布局结构复杂，安装成本相对较高，一旦安装完成，可能会运行十余年甚至数十年的时间，在

此过程中难免会出现设备故障等问题。这就要求智能家居系统在设计完善自身功能上着重提高自动识别、处理故障的能力，保证系统本身的稳定性。

6. 兼容性好

一套完整的智能家居系统必然包含多种由不同公司生产，遵循不同技术标准的电子设备。这就要求智能家居系统具备良好的兼容性，只有如此，各电子设备之间才可能实现交互，智能家居系统才可能成为一个有机的整体。良好的兼容性也为日后添加、删除设备、拓展系统提供了有利条件。

7. 智能化

家居系统的智能化主要体现在通过一系列的传感设备对家居环境进行感知与评估，并且按照用户或厂家设定的逻辑，控制家居系统中的执行器，做出相应的响应。这是智能家居与传统家居系统最大的区别，也是其优越于传统家居系统之处。

8. 节能减排

智能家居系统可以根据家居环境的变化，按照特定的逻辑及时地调节电子设备的工作强度甚至关闭不需要的电子设备，这样不但可以有效地控制能源消耗，保护了环境，同时还降低了用户开支。这也是智能家居系统区别于传统家居系统的一大特点。

(二) 智能家居的发展状况和发展方向

智能家居概念的起源甚早，但一直未有具体的建筑案例出现。直至1984年美国联合科技公司对位于美国康乃迪克州哈特佛市的一座废旧大楼进行改造，为我们提供了一个典型的案例。这一工程采用计算机系统对大楼的空调、电梯、照明等设备进行监测和控制，并提供语音通信、电子邮件和情报资料等方面的信息服务，给世界创造了首栋“智能型建筑”，从此揭开了全世界争相建造智能家居的序幕。

1. 智能家居的发展状况

(1) 国外的发展状况

20 世纪 80 年代初,随着大量采用电子技术的家用电器面市,住宅电子化随之出现。80 年代中期,家用电器、通信设备与安全防范设备这些各自独立的功能被综合为一体,住宅自动化概念便由此形成。80 年代末,随着通信与信息技术的发展,出现了通过总线技术对住宅中各种通信、家电、安防设备进行监控与管理的商用系统,也就是现在智能家居的原型。1998 年,微软提出“维纳斯计划”,此计划提出之后,相关行业都在积极推动智能家居产业的发展,并取得突破性进展。

欧美的智能家居主要利用数字家庭和数字技术,注重家居的豪华感,主要追求舒适和享受。因此,其能源消耗巨大,不符合现阶段世界范围内低碳、环保和开源节流的发展理念。在这方面最具代表性的是商业巨头比尔·盖茨位于美国西雅图的华盛顿湖畔的豪宅,其内部共敷设 52 英里的电缆,将住宅内部家用电器连成标准的智能家居网络。

日本的智能家居以节约能源为主,充分利用新材料和高新智能科技,大量采用信息、网络控制与人工智能技术,以实现住宅技术现代化。例如,由积水建房和大阪瓦斯株式会社联合开发的智能家居项目,在智能控制系统的基础上,采用燃料电池与太阳能电池产生电能,并存储在锂离子电池和能量存储系统中,以达到节约能源的目的。

韩国政府在智能小区和智能家居发展方面提供了很大的政策支持,比如规定在首尔等大城市的新建小区必须具有智能家居系统。目前韩国全国已经有 80% 以上的新建项目采用了智能家居系统,三星、LG 等知名的智能家居品牌甚至在国际上也有一定的影响力。由韩国 LG 电子开发的 HomNet 智能家居系统,在韩国的用户已经超过 6 万,是目前最为普及的系统之一。

(2) 我国的发展状况

我国的智能家居是与智能小区同步发展的，其发展经历了以下几个阶段：

①智能家居概念年（2000年）

在此阶段，各小区的开发商在进行住宅设计时已经或多或少考虑了智能化功能的设施，在做房地产的销售广告时，已开始将“智能化”作为一个“亮点”来宣传。

②智能家居研究开发年（2001—2002年）

这一时期，一些机构和公司开始引进国外的系统和产品，并逐步运用在那些豪华的公寓和住宅中。

③智能家居实验年（2002—2004年）

这一发展阶段，国内一些公司的网络产品逐渐进入市场。

④智能家居推广年（2004—2005年）

随着智能家居发展的逐渐成熟，大部分新建的住宅和小区大都配备了一定的智能化设施和设备，我国自行设计和生产的可联网的家用电器/设备也有相当的规模。

⑤智能家居普及年（2006年至未来几年）

智能家居的应用已经相当普遍，整个市场将以我国自行研究和开发的系统和产品为主，国外的产品将在高档系统产品占有一席之地。

中国智能化住宅的发展，经历了近10年的探索阶段，建筑面积也呈逐年增长的趋势。全国智能化住宅小区的建设数量未来十年将达到上万个，以北京、上海、深圳等经济发达地区发展相对超前。与此同时，产生了海尔 u-Home、安居宝、索博、霍尼韦尔、瑞讯、瑞朗等知名智能家居品牌。其中，海尔和霍尼韦尔的示范应用值得借鉴。青岛东城国际作为 u-Home 智能家居示范项目。曾在2008年年底让前1000户业主享受到了 u-Home 智能系统带来的便

利与舒适。^①

与国外比较起来,我国在家庭网络和信息家电的相关产品的研发方面起步较晚。根据中国的国情,实用与舒适应当成为住宅建设的主流,因为实用型住宅主要面向国内目前低收入者,舒适型面向中等偏上收入者。但是我们在建设智能化住宅时,更应该具有一定的超前意识,因为住宅是一项使用寿命较长、一次投资较大的特殊商品。由于智能家居系统能够为人们提供更加轻松、有序、高效的现代生活环境,因此已经成为房地产商追逐的热点。

2. 智能家居的发展方向

科技的迅速发展、人们生活水平的不断提高,以及一浪高过一浪的房地产热潮,这些都促使智能家居以迅猛的态势渗透到平常百姓的生活当中。随着市场的逐步打开及时代的发展,智能家居的发展方向逐步从偏技术转向偏用户。实用为本、家庭能源管理、用户体验、开放式的家庭信息平台逐渐成为各厂商在进行智能家居设计时重点发展的方向。

(1) 实用为本

实用为本的发展方向主要包含以下几个方面:其一,感知更智能化;其二,业务更加融合化;其三,终端更加集约化;其四,终端接入无线化。从消费者的角度来看,智能家居市场的需求已经逐渐明朗,就是以实用为核心,力求实用、易用、人性化。

(2) 家庭能源管理

随着全球能源问题日益突出,节能减排是未来世界的必然发展趋势。而智能家居系统能实现实时统计家电的用电情况,能够根据情况自动切断待机电器的电源,这样既方便我们控制家电又能做到节能环保。

^① 张冀英,杨巨成,李晓卉等.物联网导论[M].北京:中国水利水电出版社,2012.

(3) 用户体验

随着人们生活水平的提高以及用户对智能家居的认识逐渐丰富，他们开始对产品的外观、使用提出了更高的要求，这就使用户体验在智能家居产品中的重要地位越来越凸显出来。更快捷的控制方式、更简单的操作界面、更多平台的终端控制、更自然的人机交互过程给智能家居厂商提出了更高的要求。一个优秀的智能家居产品必须有一套优秀的用户体验方案来支撑。

(4) 开放式的家庭信息平台

智能家居系统除了具有感知与控制功能，还应该包含与家庭有关的任何信息的集中管理。因此，智能家居系统需要开放式的家庭信息平台。这一平台不仅可以集成与家庭有关的缴费，如水、电、燃气的账单推送及在线缴费等，还可以集成按家庭地理位置推送的周边商户的促销信息。如果将这个平台与社区对接，便可将社区信息、通知、活动信息等内容推送到家中的智能家居系统中。

展望未来，我国将全面普及智能家庭网络系统和产品，智能家居将不再是老百姓心中的一个美梦，它开始以极具亲和力的姿态走进普通居民的家居中。

二、智能家居的功能

(一) 遥控控制

智能家居设备可以使用遥控器来控制家中电灯、热水器、电动窗帘、饮水机、空调等设备的开启和关闭，通过遥控器的显示屏可以在一楼（或客厅）查询并显示出二楼（或卧室）电灯等的开启关闭状态。此外，遥控器还可以控制家中的红外电器，诸如电视、DVD、音响等设备。

(二) 电话控制

当您出差或者外出办事时，您可以通过手机、固定电话来控制

基于物联网的四网融合技术研究及其应用

家中空调、窗帘和电器等的开启与关闭，了解家中电路正常与否，以及各种家用电器的状态，还可以得知室内的空气质量（屋内外可以安装类似烟雾报警器的电器），并通过窗户和紫外线杀菌装置进行换气或杀菌。此外，还可以根据外部天气的优劣适当加湿屋内空气和利用空调等设施对屋内进行温度控制。即使主人不在家，也可以通过手机或固定电话来自动给花草浇水、给宠物喂食等。控制卧室的柜橱对衣物、鞋子、被褥等杀菌、晾晒等。

（三）定时控制

定时控制功能可以提前设定某些产品的自动开启、关闭时间，如电热水器每天晚上 9：00 自动开启加热，11：30 自动断电关闭等。

（四）集中控制

可以在进门的玄关处同时开启客厅、餐厅和厨房的电灯电；夜晚可以在卧室控制客厅和卫生间的电器，还可以查询它们的工作状态，既方便又安全。

（五）场景控制

轻轻触动一个按键，数种电器在您的“意念”中自动执行命令，使您感受和领略科技时尚生活的完美、简捷和高效。

（六）网络控制

只要有网络的地方，就可以通过 Internet 来登录到您的智能家居控制界面，对您家中电器的远程网络控制和工作状态进行信息查询。

（七）监控功能

所谓监控功能就是指在任何时间、任何地点直接透过局域网络

或宽带网络，使用浏览器（如 IE），进行远程影像监控、语音通话。另外还支持远程 PC 机、本地 SD 卡存储，移动侦测邮件传输、FTP 传输，对于家庭用远程影音拍摄与拍照更可达到专业的安全防护要求。

（八）报警功能

当有警情发生时，能自动拨打电话，并联动相关电器进行报警操作，有效提高了用户的安全感。

（九）共享功能

家庭影音控制系统包括家庭影视交换中心（视频共享）和背景音乐系统（音频共享），是家庭娱乐的多媒体平台。它运用先进的微计算机技术、无线遥控技术和红外遥控技术，在程序指令的精确控制下，把机顶盒、卫星接收机、DVD 等多路信号源，根据用户的需要，发送到每一个房间的电视机、音响等终端设备上，实现一机共享客厅的多种视听设备。您的家庭就是一个独特设计的影视交换中心。^①

（十）音乐系统

智能家居具有了音乐系统，可以在任何一间房子里，包括客厅、卧室、厨房或卫生间等布上背景音乐线，通过一个或多个音源（CD/TV/FM/MP3 音源），让每个房间都能听到美妙的背景音乐。音乐系统与 AV 影视交换产品相结合，达到以最低的成本，实现每个房间音频和视频信号的共享的目的。除此之外，还可以各房间独立遥控选择背景音乐信号源，进行远程开机、关机、换台、快进、快退等，是音视频、背景音乐共享和远程控制的最佳的性价比设计

^① 缪兴锋，别文群等．物联网技术应用实务 [M]．武汉：华中科技大学出版社，2014．

方案。

(十一) 娱乐系统

“数字娱乐”是利用书房计算机作为家庭娱乐的播放中心，客厅或主卧大屏幕电视机上播放和显示的内容来源于互联网上海量的音乐资源、影视资源、电视资源、游戏资源、信息资源等。

(十二) 布线系统

所谓布线系统是通过一个总管理箱将电话线、有线电视线、宽带网络线、音响线等被称为弱电的各种线统一规划在一个有序的状态下，对居室内的电话、传真、计算机、电视、影碟机、安防监控设备和其他的网络信息家电进行统一管理，使之功能更强大、使用更方便、维护更容易、更易扩展新用途，实现电话分机，局域网组建，有线电视共享等。

(十三) 指纹锁

日常生活中我们经常遇到这样的情况：由于某种原因忘记带家中的房门钥匙、家中有亲人或客人来访我们不能立即赶回等，智能家居便可以帮我们解决诸如此类的麻烦，通过这一智能系统，我们可以在工作单位或遥远的外地用手机或是固定电话将房门打开，为我们的生活提供了很大的方便。通过这一系统还可以在工作单位或遥远的外地用手机或是固定电话“查询”家中数码指纹锁的开关状态，让我们的生活更安全。指纹技术与密码技术的完美结合，三项独立开门方式（指纹、密码和机械钥匙），安全方便。

(十四) 空气调节

采用智能家居系统后，即使不开窗（有的卫生间是密闭的），我们也可以运用设备定时更换经过过滤的新鲜空气（外面的空气经过过滤进来，同时将屋内的浊气排除）。

(十五) 宠物保姆

运用智能家居系统，我们就不用担心出门旅行或者长时间出差会饿着家中心爱的宠物宝贝了，可以运用具有高科技水平、操作简易的电话远程控制、自动定时控制、遥控控制的宠物喂食机，拨通家里的电话，就能给自己心爱的宠物喂食，还能听到它的声音，这也是一种情趣和时尚！

(十六) 手机控制

随着最近几年数字通信技术、网络技术的迅猛发展，人们越来越渴望享受更方便、更快捷、更智能、更舒适的数字智能家居生活。数字智能家居一改传统家居生活中用遥控器来控制开关和选节目等操作，用您手中的手机就能控制这些家用电器。智能家居的发展让我们实现对生活的向往，让我们享受智能家居带来的新生活。

第二节 智能家居的应用

一、智能家居的体系结构

实现智能家居必须满足三个条件：具有家庭网络总线系统；能够通过这种网络（总线）系统提供各种服务功能；能与住宅外部相连接。通过总结各类智能家居系统，可以得出智能家居的体系结构如图 4-1 所示。

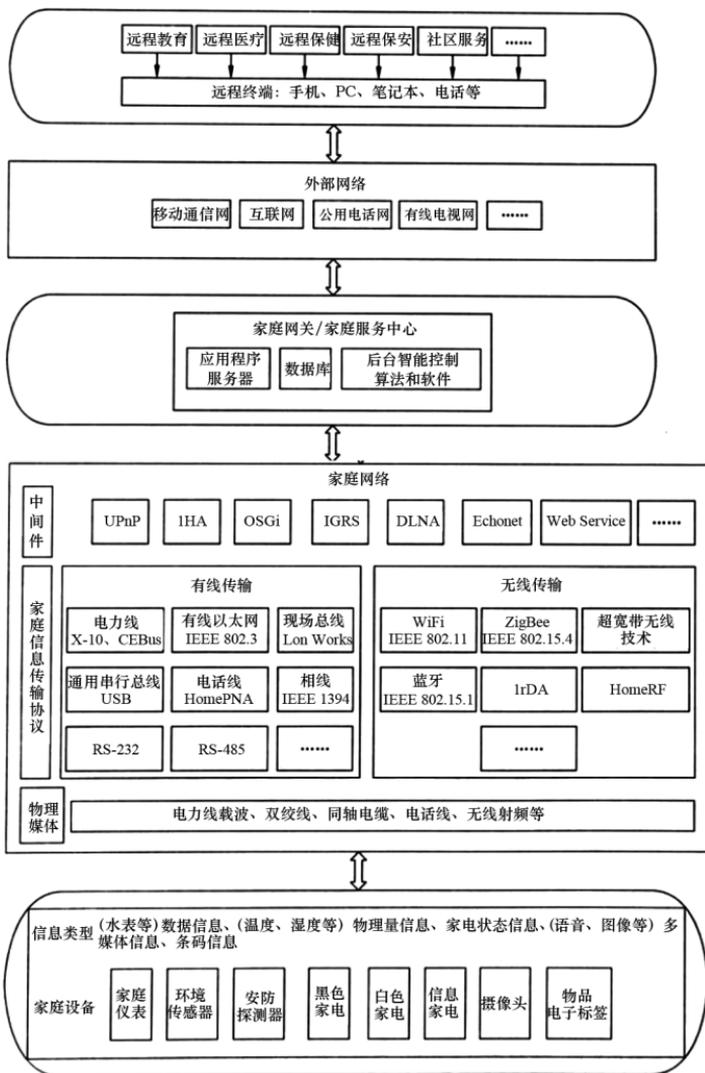


图 4-1 智能家居的体系结构

由上图可以看出，整个智能家居系统由两网连接三层，其中的

三层指家庭设备层、本地服务平台层和远程服务层，两网是指数字家庭网络和外部网络。下面将重点介绍家庭网关和家庭网络。

(一) 家庭网关

虽然目前研究家庭网关的公司众多，但家庭网关的定义还不统一。

1995年，一个正式的工业论坛组织 Residential Gateway Group (RG) 得以建立，这个组织率先采用家庭网关来代表一个集中式智能接口，将家庭外部的接入网络和家庭内部网络联系起来。根据 RG 的定义，家庭网关为一种简单的、智能的、标准化的、灵活的整个家庭网络接口单元，它可以从不同的外部网络接收通信信号，并通过家庭网络将信号传递给某个消费设备。希望家庭网关的这一概念，能够为集成不同的外部网络和丰富新的应用提供一个有效的途径。

Cisco System 公司对家庭网关的定义是：家庭网关是一个在家庭内的网络化信息设备与智能宽带接入网之间的智能化网关。2Wire 公司对家庭网关的定义是：家庭网关是一种将家庭网络无缝连接到宽带网络，使所有家庭内联网设备同时享有高速连接的设备。

上面这几种定义虽然在表达上有所不同，但是在本质上都认为家庭网关是一种将外部宽带网络与家庭内部网络连接的设备。而 Parks Associates 认为家庭网关应是连接一个外部网络或多个接入网络，通过某种类型的家庭网络分配服务给一个或多个设备的设备，即一个集中式整个家庭的网关才能视为一个真正的网关。但随着产品的更新，对家庭网关的定义已经不能局限于这种狭隘的观点，根据目前存在的许多不同的观点，家庭网关应有一个比较广义或普遍意义上的定义了。

1. 家庭网关的功能

利用信息技术，家庭网关可以实现以下功能：

(1) 信息化

通过家庭网关，用户可以方便地接收电子邮件、浏览各种网上信息、订阅各种电子期刊或杂志等。

(2) 管理智能化

家庭网关可以对包括网络通信协议的执行和网络资源的分配在内的家庭内部各种通信设备的运行进行管理，以保证家庭网络系统的正常运行。

(3) 节能环保化

通过网络管理系统，可以对家庭内各种设备的运行情况进行监控，如灯光控制、家电设备的远程控制、室内环境的优化调节等；同时还能够提供一些经济方面的优化决策控制，如能够根据不同用电时段和峰谷电费差价，合理控制家电的运行，以达到节能环保的目的。

(4) 居住安全化

通过安装各种检测报警装置实现家庭的保安、消防以及其他需求。例如，通过烟气传感器、温度传感器、特殊气体传感器等，对房间失火和有害气体过量等突发情况进行预防；通过加装红外传感器、门磁、振动感应器、无线微波等报警装置，防止窃贼入侵等。

(5) 运行自动化

由于家庭内各种设备都是连接到网络上，并通过网络上的管理软件进行设备的监测和故障的诊断。因此，一旦出现故障，家庭管理系统会及时给出提示，并自动通过家庭内的网间接口设备向设定的相应维修单位报修，无需主人亲自动手。

(6) 操作简单化

为了适用不同人群的需要，也为了使该网络系统能够走进千家万户，考虑到使用者的年龄、职业、经历以及受教育程度等的差异，家庭网关系统的操作非常简单、方便、可靠。

(7) 个性化、模块化

随着信息时代的到来，个性化的要求在不断提高。未来智能家

居应根据不同使用者的家庭环境、设备数量和类型以及生活方式等做相应的配置和调整，如可根据消费者的需求和可接受费用，定制相应的系统解决方案等。

2. 家庭网关的特点

(1) 模块化、可独立式设备

系统分别按功能独立地设计模块，安装时可以选择部分功能模块，也可以分步骤安装，这样的功能结构无论是小区还是别墅同样适用。

(2) 设备兼容、分步实施

网关具有很好的可扩展性、配置灵活性和易操作性。用户可以根据当前的需要进行设计，先满足当前的基本需求，以后再根据具体需要进行扩展，可以根据自己经济条件的不断改善来购买新的模块产品连接到该平台上，分步实现高级智能家居功能。

(3) 可兼顾大量存在的非智能家电

考虑到目前家庭里大量存在的非智能家电，这种兼容性所带来的好处是明显的。

(4) 方便将来需要通过电视上网的用户

由于网络的功能非常强大，因此用户将来可以通过电视上网，并通过电视来监控家居状况。

(5) 适合于智能家居的DIY

智能家居有一个重要的特点就是个性化定制。与选择家庭装修、家电设备、衣物和玩具一样，家庭网关模块的选配和安装也需要用户自己来参与，因此DIY将是未来智能家居发展的方向。

3. 家庭网关的优势

(1) 提供优秀的兼容性和可扩展性

家庭网关各模块接口能够对管理照明、控制、娱乐、安全、电话等多个系统进行协调，用户可以根据自己的住宅情况以及经济实力来定制智能家居环境，轻松添加新的子模块。

(2) 提供高级控制特性

家庭网关系统允许用户通过简单的操作来定时控制设备、灵活地规划和更改控制流程、实现组合控制和条件控制等。

(3) 操作界面友好，无须专门学习即可掌握

家庭网关的具有清晰明了的智能家居管理界面，用户通过这一界面可以方便地对电视机、DVD、功放、空调等多种设备集中进行单功能控制或组合控制，这样一来便可以将多种家用电器设备的一系列动作包含在一个组合按钮中，完成多种家用电器的操作。

由于所有的控制均可自行定义，因此用户可以根据自己的实际需要，对组合控制流程自由地进行调整和改变。即使出差在外，也一样能通过电脑实时、实景地监控家居的安全情况，解除后顾之忧。

(二) 家庭网络

1. 家庭网络的概念

家庭网络与纯粹的“家庭局域网/家庭内部网络”不同，我们经常提到的“家庭局域网/家庭内部网络”是指连接家庭里的 PC、各种外设及与互联网互联的网络系统，它只是家庭网络的一个组成部分。中国通信标准化协会（CCSA）“家庭网络总体研究课题组”研究报告认为，家庭网络概念是个动态变化的概念，它随着用户的需求、政策、技术、标准的发展而发展。目前不同行业（包括 IT/家电业、通信业、小区物业）都是根据不同的用户需求来对家庭网络进行理解的。家庭网络包含用户需求、设备、网络、业务与应用四个要素，每个要素对不同用户、不同时期是不同的。家庭网络从广义上理解是指在家庭内部通过一定的传输介质（如电力线、双绞线、同轴电缆、无线电、红外等）将各种电气设备和电气子系统连接起来，采用统一的通信协议，对内实现资源共享，对外能通过网

关与外部网（如 Ethernet, ISDN, ATM 等）互连进行信息交换。^① 智能家庭网络作为家庭信息基础设施，将构筑以下三种网络，如图 4-2 所示。

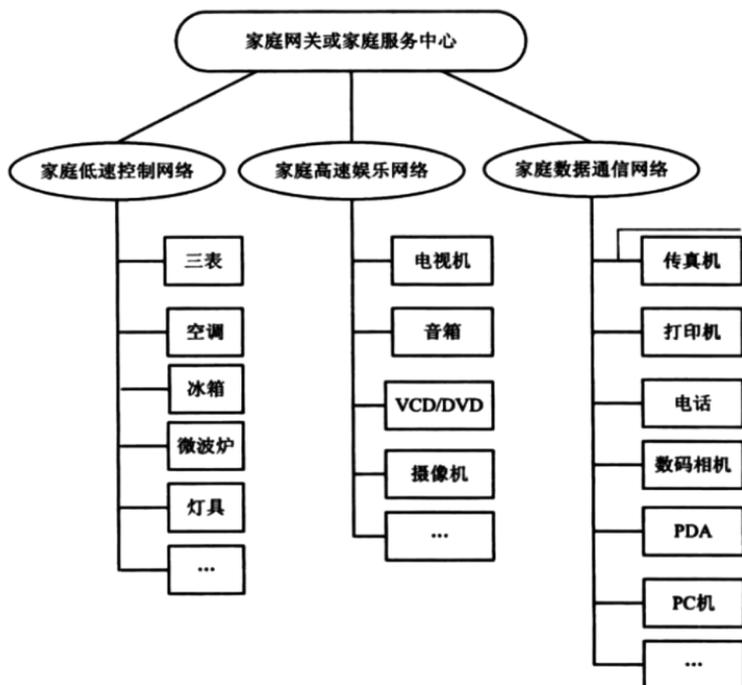


图 4-2 家庭网络系统

家庭高速娱乐网络用于连接高清晰度电视机、DVD、家庭影院等各种娱乐性家用电器。

家庭数据通信网络用于传递数据信息，如电话、计算机等，包括电子函件的收发、WEB 浏览器、网上购物等。

^① 王志良，刘欣，刘磊等．物联网控制基础 [M]．西安：西安电子科技大学出版社，2014．

家庭低速控制网络用于实现家用电器的远程监视和远程控制，以及家庭安防控制等。

2. 家庭网络的目标

家庭网络发展的最终目标是：它不仅仅是一个为了完成家庭内部各种设备资源共享、协同工作的网络，还希望通过与外部网络（电信网/Internet/社区网）的连接，达到家庭内部设备与外部网络信息交流的目的，通过以上丰富多彩的业务和应用使用户享受到舒适、便利、安全的新的生活体验。

3. 家庭网络的功能

家庭网络应该具备以下一些功能：

(1) 信息共享

信息共享功能是指，拥有了家庭网络便可以共享 Internet 访问，共享计算机外设，共享文件和应用。

(2) 家庭娱乐

家庭网络对内能够实现多媒体设备之间的视频、音频信号传输，对外能够实现可视电话、视频会议和视频点播等视频音频信息交流。

(3) 信息采集

信息采集功能是指收集用户家庭运行的各种参数，包括水表、电表、煤气表的计量数据以及居室温度、湿度等，可以实现自动抄表，住宅档次和物业管理水平都得到了提高。

(4) 信息服务

家庭网络的信息服务功能是指，住户可以了解自己家庭运作的各种参数，如房间温度和湿度、各种计量表读数以及被控家电的状态等。此外，还可以通过网络进行各种交通状况的简单查询。

(5) 安全防范

所谓安全防范是指通过住宅室内安装的各种报警探测器和应急按钮进行防盗、防火和防灾监控，能够及时处理各种警情。

(6) 智能化控制

用户可以根据住宅周围环境的变化对家用电器进行智能化控制,从而为自己创造一个舒适健康的生活环境。

(7) 其他增值功能

其他增值功能包括家庭电子商务、申请社区服务等。

4. 家庭网络的发展趋势

网络技术、无线通信技术以及嵌入式系统的广泛应用推动着智能家庭网络向三大技术趋势发展:网络化、领先的无线移动和脱离PC。网络化的嵌入式无线智能家居控制系统是未来智能家居的发展方向,它能够提供标准化接口和无线网络互连功能,而且可以通过嵌入式通信协议使得系统能够脱离传统PC,从而智能家居行业也将跨入后“PC”时代。正如计算机摆脱了大型机进入PC才开始大发展,脱离了PC独立状态的智能家居才能有更大的发展。未来家庭的数字设备将会通过无线技术连接起来,从而实现家庭内每一个家用电器和设备都能上网和互操作的目标。通过无线技术构建独立的家庭局域网,让“无线”自在的舒适生活成为现实,并通过Internet或GPRS连接到外网,进而实现通过计算机、手机或PDA来远程监测和控制家庭中的各种设备,真正实现家庭设备的信息化、网络化和智能化。

二、智能家居系统平台

随着集成技术、通信技术、互操作能力和布线标准的实现,智能家庭网络得到了不断的改进,它涉及对家庭网络内所有的智能器具、设备和系统的操作、管理,以及集成技术的应用,其技术特点表现如下。

(一) 通过家庭网关及其系统软件建立智能家居平台系统

家庭网关是智能家庭局域网的核心部分,主要完成家庭内部网

络各种不同通信协议之间的转换和信息共享，以及同外部通信网络之间的数据交换。此外，它还负责家庭智能设备的管理和控制。

(二) 统一的平台

家庭智能终端利用计算机技术、微电子技术和通信技术将家庭智能化的所有功能集成起来，将智能家居建立在一个统一的平台之上。不仅要实现家庭内部网络与外部网络之间的数据交互，还要保证能够识别通过网络传输的指令是合法的指令，而不是“黑客”的非法入侵。因此，家庭智能终端既是家庭信息的交通枢纽，又是信息化家庭的保护神。

(三) 通过外部扩展模块实现与家电的互联

为实现家用电器的集中控制和远程控制功能，家庭智能网关按照特定的通信协议，通过有线或无线的方式，借助外部扩展模块控制家电或照明设备。

(四) 嵌入式系统的应用

以往的家庭智能终端绝大多数是由单片机控制的，随着新功能的增加和性能的提升，将处理能力大大增强的具有网络功能的嵌入式操作系统和单片机的控制软件程序做了相应的调整，使之有机地结合成完整的嵌入式系统。

三、物联网在智能家居中的应用设计

物联网为智能家居的发展提供了可靠的技术保障，使智能家居的实现成为可能，主要表现在：物联网所包括的射频技术、计算机技术、网络通信技术、综合布线技术、信息协议交换使得物品具有数据化的身份标志，借助家庭网关，数据可以在电信网、互联网、

广电网上对内和对外流动。^①如今的智能家居融安全防护、方便时尚和健康生活三大生活家居产品为一体，早已打破仅局限于室内开关遥控的模式，使居室安全和家庭健康也变得智能起来。智能家居是物联网技术应用于生活的具体表现，使一个抽象的概念正逐步变得现实起来。

（一）基于物联网的智能家居设计理念

智能家居设计集安全防护、方便时尚和健康生活三大生活家居产品于一身，具体体现在以下几个方面。

1. 家庭安防中心

摄像头、红外探测器、烟雾探测器等家庭安防设备，一旦接入物联网，用户便可以在任何时间、任何地点了解家里的安全动态。

2. 家庭医疗中心

家中若有老人和小孩，可在适当的位置安放摄像头，以便了解他们的身体状况。可以将血压计等家用医疗器械连接到物联网上，并与社区医院联网，为医生实时了解病人的身体状况提供极大的便利，一旦病人的身体出现什么情况，可以及时为病人治疗。

3. 家庭数据中心

家庭里的电影、音乐、游戏等大量数据资料可以通过物联网，海量存储到网络数据服务器上，方便随时查看。

4. 常用的家庭信息

可以通过接入网的家庭终端设备及时了解到天气预报等家庭常用信息，为用户的出行提供极大的便利。

^① 缪兴锋，别文群等．物联网技术应用实务 [M]．武汉：华中科技大学出版社，2014．

5. 家庭商务中心

缴费、支付、购物等日常琐碎的事务，用户足不出户就可以通过连接入网的智能家居系统来完成。

(二) 基于物联网的智能家居系统结构构建与工作原理

从系统功能角度来看，智能家居系统具有四层体系结构，如图 4-3 所示。

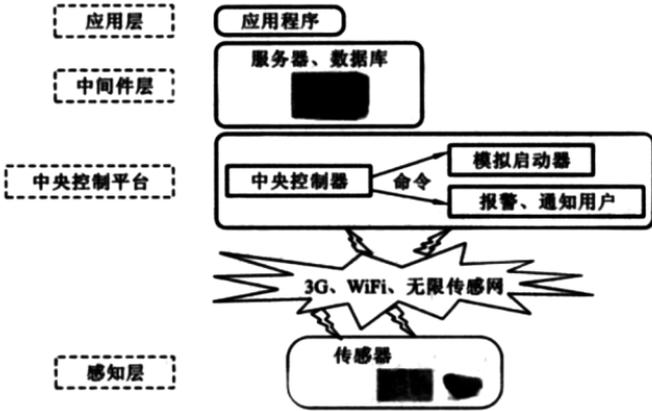


图 4-3 智能家居系统体系结构

1. 感知层

感知层可以通过光敏传感器、气敏传感器、声敏传感器、化学传感器、摄像头等传感设备和监控设备探测、感受外界的信号、物理条件（如光、热、湿度）或化学组成（如烟雾）及监控外部环境，并将探知的信息传递给中心控制平台进行设备的管理和控制。

2. 中央控制平台

中央控制平台是实现系统功能最重要的一层，主要对设备进行管理 and 控制。中央控制平台主要由中央控制器和模拟启动器组成，

每个用户都有一个专属于自己的中央控制平台，这样一来便可以有效地屏蔽各种器件的异构性，应用程序功能时将更加容易。首先从感知层传递过来的信息由中央控制器接收，然后根据情况中央控制器发出控制信息命令某模拟启动器的执行方式，最后由与此模拟器相连的物体实现动作。同时，对于紧急事件具有自动报警功能。

3. 中间件层

中间件层是成为智能小区的关键，包含服务器、数据库等设备。该层使用庞大的服务器和数据库使每个家庭的信息在此汇总，每个家庭都分配有独立的存储空间，通过用户登录的方式进行管理。其中，数据库中记载了用户和属于该用户的详细信息，并且两个用户之间的电器设备可以互不干扰，动态添加，从而实现个性化的享受。

4. 应用层

应用层是与用户直接交互的图形用户界面接口（应用程序），可以提供简便的、个性化的服务，用户通过软件或 Web 登录，进行各种设备的操作及添加或删除服务，实现人机交互，同时屏蔽下层通信。应用层中的应用程序包括防盗安全管理模块、家居物品管理模块、自动报警模块等基础构件，实现各种功能，同时预留接口实现未来功能模块的添加、更新与删除，并与服务器、数据库相连，为每个用户分配特定的空间，实现个性化选择和设置，既实现用户的独立性也实现系统的整体性。

（三）基于物联网的智能家居设计原则

衡量一个住宅小区智能化系统成功与否，并不只是取决于智能化系统的多少、系统的先进性或集成度，主要取决于系统的设计和配置是否以最少的投入、最简便的实现途径来获得最大的功效，实现便捷、高质量的生活。要想实现上述目标，在进行智能家居系统设计时要遵循以下原则。

1. 实用便利

智能家居系统最基本的目标是为人们提供一个舒适、安全、方便和高效的生活环境。因此，实用性便是智能家居设计时首先要考虑的一个因素，智能家居系统要以实用为核心，摒弃那些华而不实，只能充作摆设的功能，产品以实用性、易用性和人性化为主。

2. 可靠性

想要整个建筑的各个智能化子系统 24 小时运转，必须对系统的安全性、可靠性和容错能力予以高度重视。在电源、系统备份等方面对各个子系统采取相应的容错措施，保证系统安全使用、质量和性能良好，具备应付各种复杂环境变化的能力。

3. 标准性

智能家居系统方案的设计应依照国家和地区的有关标准进行，确保系统的扩充性和扩展性，在系统传输上采用标准的 TCP/IP 协议网络技术，保证不同厂商之间系统可以兼容与互联。系统的前端设备是多功能的、开放的、可以扩展的设备，如系统主机、终端与模块采用标准化接口设计，为家居智能系统外部厂商提供集成的平台，而且其功能可以扩展，当需要增加功能时，不必再开挖管网，简单可靠、方便节约。设计选用的系统和产品能够使本系统与未来不断发展的第三方受控设备进行互通互连。

4. 方便性

所谓方便性，是指系统在工程安装调试中时需要具有很强的便利性。家庭智能化的显著特点就是在安装、调试与维护工作中的工作量非常大，需要投入大量的人力、物力，这成为制约行业发展的瓶颈。针对这一问题，在进行系统设计时，应考虑到安装与维护的方便性，比如系统可以通过 Internet 远程调试与维护。通过网络，不仅可以用户使用家庭智能化系统的控制功能，还允许工程人员远程检查系统的工作状况，对系统出现的故障进行诊断。这样一

来，系统设置与版本更新可以在异地进行，从而大大方便了系统的应用与维护，提高了响应速度，降低了维护成本。

5. 轻巧型

轻巧型智能家居产品顾名思义是一种轻量级的智能家居系统。“简单”“实用”“灵巧”是它的最主要特点，也是其与传统智能家居系统最大的区别。所以，一般把无须施工部署，功能可自由搭配组合且价格相对便宜，可直接面对最终消费者销售的智能家居产品称为轻巧型智能家居产品。

第三节 智能家居基本技术

一、传感器技术

智能家居系统需要各种信息感知设备实时采集各种家居设施信息。智能家居应用繁多，每一种应用所需感知的信息也有所不同。下面介绍几种在智能家居中常用的传感器设备。

(一) 门磁传感器

门磁传感器一种安装在门窗上，用来感知门窗开闭情况的设备。门磁传感器由永磁体和干簧管磁敏开关两部分组成，一般安装在门内侧的上方或边上。当门窗紧闭时，干簧管磁敏开关由于受到磁性的作用处于接通状态；门窗打开后，干簧管磁敏开关管内的两个触点会断开，导致发射电路导通，进而发射包含自身识别码的特定无线电波，远程主机通过接收该无线电信号的识别码，判断是哪个门磁传感器报警。

(二) 可燃气体探测器

可燃气体探测器主要用于探测空气中存在的一种或多种可燃气体

体。在智能家居系统中，可燃气体探测器主要用于检测煤气或天然气是否存在泄漏问题。目前使用最多的是催化型可燃气体探测器和半导体型可燃气体探测器两种。催化型可燃气体探测器是利用难熔金属铂丝加热后的电阻变化来测定可燃气体的浓度的。可燃气体进入探测器后，在铂丝表面引起氧化反应（无焰燃烧），燃烧产生的热量使铂丝的温度升高，并改变了铂丝电阻率，改变输出电压的大小从而测量出可燃气体浓度。半导体型可燃气体探测器是利用灵敏度较高的气敏半导体元件工作的，遇到可燃气体后，半导体电阻下降，下降值与可燃气体浓度有对应关系。

（三）水浸传感器

水浸传感器是用来检测家庭环境中的漏水情况的设备。在日常生活中，由于器材老化或者人为疏忽，家庭供水系统泄漏是经常发生的事。水浸传感器一般有接触式和非接触式两种。接触式水浸传感器一般都配有两根探针，当两根探针同时被液体浸泡时，两根探针之间就有电流通过，从而检测到有漏水的情况。非接触式水浸传感器是根据光在两种不同介质界面发生全反射和折射的原理进行工作的。

（四）烟雾传感器

烟雾传感器主要用于监测家中烟雾的浓度以防范火灾的发生。日常生活中通常使用的是离子式烟雾传感器，它的主体部分是一个电离腔。电离腔由两个电板和一个电离辐射的放射源组成，放射源发出的射线可以电离腔内空气中的氧和氮原子，产生带正电和带负电的粒子，并在电离腔内移动形成微小电流。当烟雾进入电离腔时，会导致这一电流降低，从而测量出烟雾信息。

（五）红外和压力传感器

红外和压力传感器主要用于探测是否有不速之客非法闯入家

中。红外传感器探头在探测人体发射的红外线辐射后会释放电荷，以此判断人的存在。该传感器功耗低、隐蔽性好，而且价格低廉。但是它容易受各种热源和光源的干扰。压力传感器一般利用压电材料来探测人的闯入，压电材料在受到外力作用后，内部会产生极化现象，并产生与压力大小成比例的电荷，通过测量电荷电量可以计算出外力。^①

（六）光线传感器

光线传感器通常用于检测当前环境的照度，进而为智能照明提供数据。光线传感器主要使用光敏二极管测量光强，该二极管在受到光照后，会激发出与光强度成正比的光电流，进而在负载电阻上就能得到随光照强度变化而变化的电信号。

（七）读数传感器

读数传感器在智能抄表和家庭节能中有着广泛的应用。读数传感器由两部分组成，分别是现场采集仪表和信号采集器。每当水、电、煤气表读数出现变化时，现场采集仪表实时地产生一个脉冲读数，信号采集器是一个计数装置，当收到现场采集仪表发送过来的脉冲信号时，对脉冲信号进行取样，获取各类仪表的读数变化。

二、网络传输技术

智能家居网络系统包括家庭网关、控制中心、家居设施等主要功能模块。家庭网关用于管理各类家居设备的网络接入与互联，不仅能够为家庭用户提供远程查看与远程控制的平台，而且可以为各类家居设备提供信息共享平台。控制中心是家居设备自动控制模块，无论是对家庭能源的科学管理，还是家庭设备的日程管理都起

^① 缪兴锋，别文群等．物联网技术应用实务 [M]．武汉：华中科技大学出版社，2014．

着十分重要的作用，主要用于解析用户指令，启用与协调不同的家居设备共同工作。家居设施则各尽其责，完成控制中心下达的指令。

智能家居网络系统需要传输的信息包括两类：第一，控制信息。这种类型的信息的共同特点在于数据信息量小、传输速率低，但对其实时性和可靠性的要求比较高。第二，数据信息。数据信息包括各种高清视频和音频信息，要求传输速率高，但实时性要求不高。

智能家居网络传输方式主要包括有线传输与无线传输两种。

一是有线传输技术。有线传输方式的可靠性好，协议设计方便，并且具有低功耗的特点，因此成为智能家居网络中的首选传输方式。

二是无线传输技术。无线传输方式相对于有线传输方式易于部署和扩展，将成为未来智能家居网络的首选通信机制。

三、信息处理技术

在智能家居系统中，生活环境改造、生活行为辅助，以及主人身份识别、主人状态识别与预判都是其必备前提，同时也是智能家居“智能”两字的核心所在。

（一）主人状态识别与预判

智能家居系统的一个重要能力在于能够根据主人当前所处的状态，控制各类家居设备，使其主动提供服务，进行家居环境的变更，或是协助主人完成某种行为，甚至能够通过预测主人的下一步动作做好服务准备。

1. 主人状态识别技术

所谓主状态识别技术是指在主人状态识别方面，需要智能家居系统从众多传感器的观测数据中，分析提取主人的特征行为，而且

对这种分析的实时性和可靠性有特别高的要求。但由于不同用户有不同的生活习惯，主人状态难以在设备出厂前准确定义，因此智能家居系统必须具备对主人生活习惯的快速学习能力。

2. 主人状态预判技术

所谓主人状态预判技术是指在预判主人行为方面，由于难以提前对主人的各种行为做出准确的判断与划分，所以难以直接预测。但是，由于用户在家庭环境中生活必然会与家庭环境相互作用，而且这种作用能够改变家庭环境的状态，而这些状态的改变能够被直接观察到，此时结合隐马尔科夫模型，能够对智能家居系统下一步需要采取的行为做出准确预测。

(二) 主人身份识别

主人身份识别主要用于家庭安防系统，用来有效判断入侵者的身份，从而选择开启门禁或是进行报警操作。主人身份可以基于RFID识别，但此类主动识别方式需要住户配合携带RFID标签，会影响到用户体验，因此被动身份识别方式使用的范围更加广泛。被动识别技术一般通过生物特征来进行识别，近年来常用人脸识别技术和指纹识别技术这两种生物识别技术来进行主人身份的识别。

1. 人脸识别技术

人脸识别特指利用分析比较人脸视觉特征信息，进行身份鉴别的计算机技术。人脸识别技术是几年来比较热门的一项计算机技术研究领域，是利用生物体（一般特指人）本身的生物特征来区分生物体个体。

一般来说，人脸识别系统包括图像摄取、人脸定位、图像预处理及人脸识别（身份确认或者身份查找）等几个方面。在操作过程中，系统输入的一般是一张或者一系列含有未确定身份的人脸图像，以及人脸数据库中的若干已知身份的人脸图像或者相应的编码，而其输出的则是一系列相似度得分，表明待识别的人脸的

身份。

2. 指纹识别技术

指纹识别技术是目前较为成熟的身份识别技术，它主要通过比较不同指纹的细节特征来进行主人身份的识别。虽然这种技术已经相当成熟，但是仍然存在一些难点。比如，捺印方位的不同、着力点的不同都会带来指纹图案不同程度的变形，此外大量模糊指纹也会对正确的特征提取和匹配造成影响。

第三代指纹识别系统是当前最新的指纹识别系统。第一代指纹识别系统通过光学识别系统获取指纹，第二代指纹识别系统通过电容式传感器获取指纹图像，而第三代指纹识别系统通过生物射频信号获取指纹图像，精确度相当高。

四、远程控制技术

智能家居控制系统从结构上来说严格分为两部分：一是在家庭内部的控制系统，即内部控制系统；二是离家之后在异地环境下的控制系统，也即远程控制系统。

内部控制系统通过家庭网络与各种相关的家用电器和安防装置连接起来，一方面方便了家居的集中控制和监视，另一方面可以保持这些家庭设施与住宅环境的和谐与协调。但是内部控制系统也存在一定的不足，主要表现在其只能在家庭内部控制家电设备，应用范围特别有限。

远程控制系统则对智能家居控制系统的应用范围进行了扩展，真正让家居的控制走出了家门。远程控制系统为人们提供了不同的远程控制技术，通过这些技术，人们可以随心所欲地控制家电设备，以及监视家里的情况。尤其是随着现代家庭中家电设备的增多和通信线路的发展，利用现有的通信设备和线路对家电和仪表进行远程控制已经成为未来家居发展的趋势。利用远程控制系统，人们可以在任何时候、任意地点通过手机或者互联网对各种家电进行远

程控制；还可以在下班途中，预先将家中的空调打开、热水器提前烧好热水。也可以说，智能家居系统正是因为有了远程控制技术，才真正变得方便、自由、舒适，成为真正意义上的“遥控”。

远程控制系统是现代智能家居控制系统中必不可少的一部分。远程控制终端可以通过不同的网络方式连入家居的控制中心，并实施控制命令。远程控制技术主要分为有线和无线两种，下面分别对它们进行详细介绍。

（一）有线远程控制技术

所谓有线远程控制技术是指对目标的控制是基于可见的各种线路传输。目前，有线网络控制一般分为两种：第一种是互联网控制，第二种是有线电话网络控制。

1. 互联网控制技术

随着网络技术的发展以及个人计算机的普及，互联网已经走进了千家万户，一般的居住小区或者家庭都已经提供了互联网接口。以往控制信息进行传递和交换时存在时间和空间上的限制，将互联网引入控制系统打破了这种限制。而且互联网传输速率相当高，可达到 10Mb/S 或 100Mb/S，能够传输各种家电控制信息、视频、图像等信息。通过互联网进行远程控制的模型图如图 4-4 所示。



图 4-4 互联网远程控制模型

2. 有线电话网络控制技术

基于互联网的远程控制技术，虽然具有很多优点，但是组网成

本较高而且复杂，技术难度比较大，对维护者技术水平的要求也相当高。因此，互联网远程控制技术比较适用于新建的中高档住宅。电话网络控制技术可以弥补互联网控制技术的不足，它是一种技术成熟并且具有普及性的通信网络，可以利用公用电话网对家电进行控制，而且不用重新铺设线路，方便旧宅的改造。

有线电话远程控制主要通过按键传送控制信息，然后通过语音提示返回相应的信息或进行操作的提示。家居控制器通过对按键信息的解释形成相应的控制信息，并传送给家里的各控制单元，从而实现远程控制。电话按键控制方式实现简单，控制灵活方便。

3. 电源线控制技术

采用电源线联网方案的好处是不需要在家里重新布线，可利用现有的电源插座，因此也是家庭网络研究开发的方向之一。目前这种方式采用的通信协议主要是 X-10。

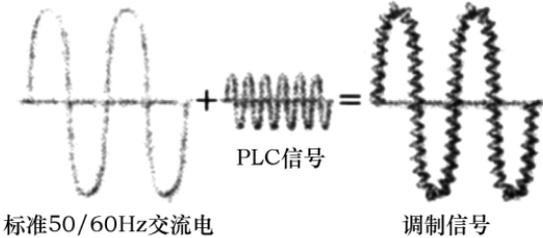


图 4-5 电力载波技术

电源线控制又称电力载波通信（Power Line Communication, PLC），它是利用电力线传输高速数据、语音、图像等多媒体业务信号的一种通信方式，如图 4-5 所示。电力载波技术将载有信息的高频信号加载到电力线上进行数据的传输。这种技术的最大特点是不需要重新架设网络，只要有电线，就能进行数据传递。

同时，PLC 信号可以通过 PLC 控制终端或者所谓的家庭网关

实现与外部网络以及智能家电控制信号之间的相互转换，如图 4-6 所示。

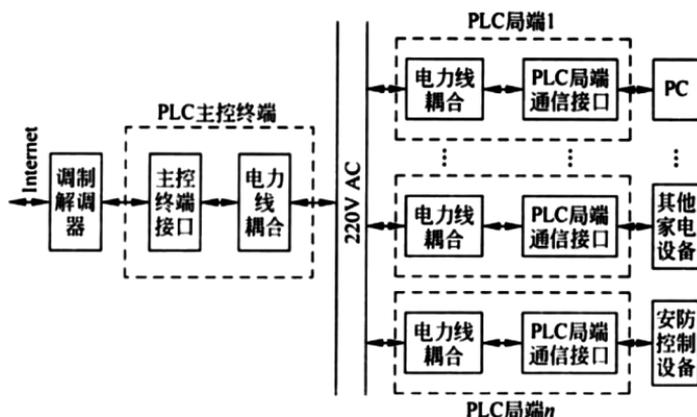


图 4-6 PLC 家庭网络控制系统

调制解调器为已有的 ADSL 或有线电视同轴电缆、GSM 等外部网络的 Modem（或者可以理解为未来的一种家庭网关），PLC 主控终端接收到 Modem 解调出来的网络信号后，将其转换为电力线通信的数据包，并进行加密、OFDM 调制（正交频分多路复用）、D/A 转换、放大等处理，然后通过耦合电路将电力线差分信号耦合到家庭的 220V 交流电力线的相线和中线上。这样，在家庭的任何一个电源插座处，均可通过耦合电路获得电力线差分信号；接着通过 PLC 局端通信接口对电力线信号进行滤波、A/D 转换、增益调整、OFDM 解调等处理；再将数据还原为标准的网络信息送到 PC 网卡，或者直接根据接收的信息内容，通过 PLC 局端的微处理器控制其他家电设备和安防控制设备。^①

^① 解相吾等. 物联网技术基础 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2014.

(二) 无线远程控制技术

一般来说,对家居的无线远程控制,有以下几种方式:

1. GPRS 控制技术

GPRS 控制技术是通过手机 GPRS 无线网络实现无线远程控制的控制方式。该方式以 GPRS 和 Java 技术为基础,是当前控制距离最远的一种远程控制方式。只要是在有 GPRS 网络覆盖的环境下,就可以为用户提供基于 GPRS 手机终端的无线远程控制功能。

GPRS 是 General Packet Radio Service (通用分组无线业务)的简称,它是现在 GSM 网络的扩展。随着互联网技术以及移动接入技术的不断发展,用户已经对移动网络接入互联网产生了强烈的需求,但是由于 GSM 的局限性(它是基于电路交换系统的网络),对移动网络接入互联网产生了阻碍,因此必须由基于分组交换系统的 GPRS 网络来扩展它。简单地说,GPRS 就是优化接入互联网的服务。目前我国已经基本实现 GPRS 的网络覆盖,为采用该技术的控制方式提供了传输平台,各种基于 GPRS 网络的工程应用层出不穷,它的应用范围也在不断扩展。

Java 技术是一个开放、标准、通用的网络运算平台,具有强大的兼容性,鉴于这些优点,它已经成为在互联网技术领域被广泛采用的一个成熟的技术平台。通过 Java 技术,手机能够实现 UI 界面显示和众多增值功能,能够直接从服务器上使用大量应用程序[如娱乐(如游戏、屏幕保护及养宠物等)、股票、导游地图等]。目前很多手机都支持 GPRS 及 Java 技术,这就为 GPRS 远程控制技术奠定了坚实的技术基础。

2. WiFi 控制技术

WiFi 全称 Wireless Fidelity,是一个商业上的名称,它是在无线局域网市场上符合 IEEE 802.11 协议的产品。它的工作频段为 2.4GHz 的 ISM 频段,所支持的速度最高达 54Mb/s,传输速度相

对于蓝牙来说快得多。WiFi 能够为用户提供无线宽带互联网访问，在数百英尺范围内支持互联网接入的无线电信号。WiFi 主要在机场、车站、咖啡店、图书馆、写字楼、体育馆等搭建有 WiFi 无线局域网的环境下应用。只要在这些人员较密集的地方设置 AP（无线接入点），并通过高速线路将互联网接入上述场所。这样，通过 AP 所发射出的可以达到距接入点半径数 10 米至 100 米的地方的电波，用户便可以将具有 IEEE802.11b/g 无线局域网技术的笔记本或 PDA 拿到该区域高速接入互联网。用户控制终端上也预先安装控制程序，然后通过 AP 接入局域网或互联网，与网络型主控机实现各种远程控制功能。

第四节 智能家居实例研究

一、物联网在智能家居的应用状况及问题

随着信息社会的不断发展，人们在生活之中对网络和信息家电的使用已经越来越频繁，人们通过这些高科技的设备为自己的生活增添了舒适度，使生活变得更加高效、快捷和安全。为了达到这样的目标，智能家居逐渐进入人们的视野。因此，如何建立一个高效率、低成本的智能家居系统已成为当今世界的一个热点问题。虽然近年来国际上许多大公司已经提出了相应的解决方案，但截至目前，这一领域的国际标准仍旧不够成熟，各个国家相关领域的工作人员也在努力研制适合于本国国情的智能家居系统。国防科大嵌入式 Internet 和智能家居系统研发小组对这一领域相关技术进行了不懈的研究和探索，并提出了提出了一种适合中国国情的智能家居及嵌入式 Internet 解决方案。智能家居系统的提出和不断完善不仅会给普通居民用户的家庭生活方式带来巨大的变革，最终还将扩展到工业控制等许多与 Internet 相关的嵌入式应用领域。而以智能家居为最基本构成单元的一个有序化网络体系结构的诞生则会为

Internet 注入新的生机和活力。

智能家居集成是利用综合布线技术、网络通信技术、安全防范技术、自动控制技术、音视频技术等将与家居生活有关的设备进行集成。因为智能家居采用的技术标准与协议的不同,虽然大多数智能家居系统都采用综合布线技术,但少数系统可能并不采用综合布线技术(如电力载波),但是无论以上哪种情况,在运行过程中所需的信号传输任务都必须要有对应的网络通信技术来完成,所以说,网络通信技术是智能家居集成中的关键技术之一。除此之外,安全防范技术也是智能家居系统中必不可少的技术,主要广泛应用于小区及户内可视对讲、家庭监控、家庭防盗报警、与家庭有关的小区一号通等领域。自动控制技术也是智能家居系统中必不可少的技术,在智能家居控制中心、家居设备自动控制模块中有广泛应用,对于家庭能源的科学管理、家庭设备的日程管理都起着十分重要的作用。音视频技术是实现家庭环境舒适性、艺术性的重要技术,广泛应用于音视频集中分配、背景音乐、家庭影院等方面。

因为发达国家的信息化水平比较高,智能家居的概念便比较早进入消费者的生活中,然而在国内消费者看来,这是“有钱人的消费”。因此,让智能家居这只“燕”飞入寻常百姓家是大多数智能家居生产商的梦想,要想达到这一目标,必须从产品的平行设计、架构设计、功能设计、用户体验等方面进行综合考虑。

二、物联网在智能家居要解决的问题

所谓的智能家居就是通过家居智能管理系统的设施来实现家庭安全、舒适、信息交互与通信的能力。智能家居系统主要由家居布线系统、家居安防系统以及家庭自动化系统和家庭体验系统四个部分组成。

(一) 家居布线系统

要实现家居智能化,首要的一步就是要进行家庭布线的基础设

施建设。家居布线系统能够将电话、有线电视、电脑网络、影音系统、家庭自动化控制系统的布线统一规划、布局，并进行集中管理。家居布线系统为实现家居智能化提供了网络平台，通过这一系统不但可以实现自动化控制，还可以进行资源共享，一个家庭内部只需一台影碟机、音响、卫星电视接收机就可以在家庭内部的每一个房间观看电影、享受音乐，进行娱乐；还可以在多台电脑上联网，实现宽带服务共享，多路电话可以任意接听、转接。除此之外，采用综合布线可以使家庭内部布线系统具有良好的扩展性和可升级性，最大限度地满足不同用户现在和未来的需求。

(二) 家居安防系统

物联智能家居系统不但能够实现智能家电、智能照明、智能窗帘等控制，便利了生活，提高了品质，还能实现全天候立体式的安防监控，为住户构建立体安防体系，保障家庭的生命和财产安全。智能家居系统的这些优点以及给人们生活带来的便利逐渐被用户关注，随着认识的逐步深入，人们对智能家居系统尤其是安防系统的要求也越来越高，家居安防系统可以有效地利用技防手段来实现安全防范。家居安防系统包括防盗、防燃气泄漏、防火等功能，还可以进行远程监控，即使在外地住户依然可以通过网络或电话随时了解家庭内部情况。

1. 家居安防系统工作原理和结构分布

一套完善的智能家居安防报警系统可以确保每一个用户的生命财产安全，智能家居安防系统可以为智能家居住户提供基础的家庭安保系统，主要包括前端探测器、智能家庭控制器、网络信号传输系统及控制中心控制系统等。

智能家居的前端探测器主要有无线门磁、无线窗磁、无线煤气探测器、无线烟感探测器、无线红外传感器、无线紧急按钮等。如果有人非法入侵便会触发相应的探测器，安防传感器会立即将报警

信号传送到用户的手机上，同时手机软件会记录下这些信息，以备查阅。

此外，智能家居安防系统的适应性及兼容性也很强，其所具有的住户室内智能报警、周界自动报警、视频监控等功能可以利用智能系统网络传输部分以及系统前端家居智能控制器，在对自己的控制器和管理软件进行设置后，便可完成各自的控制。同时，该系统还能够通过各种方式对用户家中的电气设备进行控制，这样一来，无论主人身居何处，都能够及时了解家中电器的使用状况并对它们进行控制。例如，主人即使出差在外也能够通过手机控制家中空调以及电动窗帘的开关，如果在家中会客，使用平板就能对室内的灯光进行场景切换。

2. 具体性能特点

智能家居安防系统可实现家居安防的报警点的等级布防，并采用逻辑判断，避免系统误报警；可采用手机或者平板电脑对系统进行布防、撤防，一旦发生报警，系统自动确认报警信息、状态及位置，而且报警时能够自动强制占线。^①

以下分别介绍物联智能家居安防系统在家庭的主要设备和应用功能特点。

(1) 主要设备

- ①无线网关。
- ②智能家居视频系统（4路主机）。
- ③智能手机或平板电脑。
- ④无线红外探测器、门磁、烟感、煤气、智能开关、插座等。

(2) 主要功能

①报警及联动功能。通过安装门磁、窗磁等设备，遇到非法入侵者时，主人便可以通过安装在住户室内的报警控制器发送到手机

^① 崔艳荣，周贤善．物联网概论 [M]．北京：清华大学出版社，2014．

上的报警信号进行处理。

②紧急求助功能。安装在室内的报警控制器具有紧急呼叫功能，若遇到需要紧急救助的情况，便可以通过该设备进行紧急呼救，小区管理中心可对住户的紧急求助信号做出回应和救助。

③报警管理显示功能。若住户不在家，设防便进入离家模式即防盗报警状态，为有效防止非法入侵，用户的手机可实时接收报警信号，并能够自动显示报警类型，自动进行系统信息存档。

④设/撤防联动控制。主人外出前便启动安全防范系统，与此同时系统可以联动切断一些家用电器的电源。例如，关掉家里所有的灯，切断电水壶、电视机、电熨斗等家用电器的电源等；主人回家后可将系统调整为正常，进入在家撤防模式，部分照明灯自动打开，门磁和窗磁离线，而室内烟感探测器和厨房的可燃气体探测器仍在报警模式。

家庭智能安防系统作为智能化住宅小区的重要组成部分，通过小区与家庭安防系统对小区及家居重点区域进行实时监控、层层设防，可让小区居民生活在无形防盗网之中，对小区居民的生活提供了立体化、全方位的安全保障。

（三）家庭自动化系统

智能家居的主体在于家庭自动化，将来家庭自动化的主体是家电、照明等电气设备的控制。家庭自动化系统能够通过集中或者分布式控制家庭内部照明或者家电，住户可以通过网络或者电话远程控制家庭内部设备。家居自动化系统是将来智能家居的主要发展方向。

（四）家庭体验系统

随着人们生活水平的逐渐提高，人们对生活体验的要求越来越高，对家庭内部影音系统、家庭内部环境、网络虚拟环境等的需求也越来越高，相应地用在这方面的消费支出也会越来越多。因此，

未来的家居智能化会更多地满足人们这些方面的消费。

依据我国有关标准，在进行智能家居系统建设时，应满足如下基本要求：

第一，应在卧室、客厅等房间设置有线电视插座；

第二，应在卧室、书房、客厅等房间设置信息插座；

第三，应设置访客对讲和大楼出入口门锁控制装置；

第四，应在厨房内设置燃气报警装置；

第五，宜设置紧急呼叫求救按钮；

第六，宜设置水表、电表、燃气表、暖气（有采暖地区）的自动计量远传装置。^①

除以上几点要求之外，还有一些其他需要，如下雨自动关窗、电话远程控制功能、全宅音响系统、各个房间感应开关、一键遥控功能、集中控制功能、可编程定时控制、无线感应探头、扩展和升级功能等。

三、智能家居实例

（一）海尔 u-Home

海尔智能家居是海尔集团在信息化时代推出的一个重要业务单元。海尔智能家居 u-Home 系统为平台，通过有线与无线网络相结合的方式，通过信息传感设备将所有设备与网络进行连接，达到“家庭小网”“社区中网”“世界大网”的物物互联，最后通过物联网这一平台实现了 3C 产品、智能家居系统、安防系统等智能化识别、管理以及数字媒体信息的共享。采用这种智能方式的使用户无论何时何地都可通过打电话、发短信、上网等方式对家中的电器设备进行控制，可以愉悦地畅享“安全、便利、舒适、愉悦”的高

^① 陈勇，罗俊海，朱玉会等．物联网技术概论及产业应用 [M]．南京：东南大学出版社，2013．

品质生活。因此，海尔智能家居生活被描述为：“身在外，家就在身边；回到家，世界就在眼前。”

（二）宽带 Internet 视听系统

宽带 Internet 视听系统是一种数字电视形式，它可以通过电话线进行传输，并配以专用的 e 家宽带盒，还具备互动点播功能。主要功能有以下三点：

1. 电视回看

这一功能能够满足用户重新收看已经播放过的电视节目的愿望。昨天的电视今天看，早上直播晚上看，烦人广告不用看，彻底告别遗憾和烦恼。

2. 电视点播

电视点播功能为我们掌控电视节目的主动权提供了很大便利，互动家庭电视交互功能中的电视点播功能，节目涵盖了电影、电视剧、体育、教育、财经等热门频道，每月更新，你想什么时候看都可以，精彩节目自主掌控，我的电视我做主。

3. 节目录制

互动家庭电视交互功能之节目录制功能出现后，即使没时间看电视也没有关系，可以通过这一操作把自己喜欢看的电视录制下来，用户从此无须担心错过精彩直播，无须像以前一样只能在规定的时间内看想看的电视。让以前的问题都不再成为问题。

第五章 物联网应用——智能监控

第一节 智能监控简介

一、物联网的应用

随着信息社会的到来，物联网在不断地改变着这个世界。物联网把新一代 IT 技术充分运用在各行各业之中，具体来说就是把感应器嵌入和装备到大坝、供水系统、铁路、桥梁、隧道、公路、电网、建筑、油气管道等各种物体中，然后整合“物联网”与现有的互联网，以达到整合人类社会与物理系统的目的。在整合后的网络当中存在着能力超级强大的中心计算机群，能够实时地管理和控制整合网络内的人员、机器、设备和基础设施实施等，在此基础上人类可以用一种更加精细和动态的方式来管理生产和生活，提高资源利用率和生产力水平，改善人与自然间的关系，从而达到“智慧”的状态。

在当前的社会生活当中，物联网的用途是非常广泛的，在智能监控领域当中，随处可见物联网的身影，例如工业监测、道路照明管控、环境监测、食品溯源、政府工作、敌情侦察、情报搜集、公共安全等多个领域。^①

当前智能监控系统被运用于各行各业，并起到了很大的作用，带动了全球的发展。

欧盟长期研究项目（European Union Long Term Research，

^① 刘吉林，吴绍军，赵圆圆．大学计算机应用教程 第 3 版 [M]．北京：中国水利水电出版社，2014．

EULTR) 资助比利时天主教鲁汶大学 (Katholieke) 的电子工程系、法国国家计算机科学和控制研究院 (The French National Institute for Research in Computer Science and Control, INRIA) 等欧洲著名的大学和研究机构联合研究为警察、法庭等司法机关提供基于图像处理的视频监控系统。研究这套视频监控系统的目标是提供图像视频处理、理解技术以便于司法机关能从现有的监控系统的录像资料中获得更多有用的犯罪证据。另外, 在 1999 年欧盟信息社会技术 (Information Society Technologies, IST) 的 Framework 5 程序委员会也设立了视频监控和检索重大项目 (Annotated Digital Video for Surveillance and Optimized Retrieval, ADVISOR), 这一项目的实施旨在开发一个系统来有效地管理公共交通系统 (例如地铁、城铁、公交车等), 从而使城市交通压力得到一定程度上的缓解, 它覆盖了人群和个人的行为模式分析、人机交互等方面的研究。

对车辆和行人的跟踪及其交互作用识别的相关研究在英国的雷丁大学 (University of Reading, UR) 已经开展了; IBM 与 Microsoft 等公司也正逐步将基于视觉的手势识别接口应用于商业领域中。马里兰大学 (Maryland) 的实时视觉监控系统 W⁴ 不仅能够定位人和分割出人的身体部分, 而且通过建立外观模型来实现多人的跟踪, 可以检测和跟踪室外环境中的人并对他们之间简单的交互进行监控, 下面将对其详细介绍, 此处不再赘述。国外的研究项目中还有很多先进的方案, 例如多传感器监控可以实现多个传感器对某一地区协同监控; 飞行器监控, 如对从热气球上拍摄的视频图像进行分析和处理等。不仅仅是在欧美等国家, 日本也开展了用于公共区域及智能小区的视觉监控的计划 (The Cooperative Distributed Vision Project, CDVP) 等。

目前国际上的许多信息处理类权威杂志如模式分析和机器智能 (IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, PAMI)、图像和视觉计算 (Image and Vision Computing, IVC)

和许多重要的年度学术会议如计算机视觉和模式识别会议（IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR）、国际计算机视觉会议（International Conference on Computer Vision, ICCV）、欧洲计算机视觉会议（European Conference on Computer Vision, ECCV）、视觉监控会议（IEEE International Workshop on Visual Surveillance, IWVS）等都将智能视频监控作为重要的主题内容之一，这些领域的研究人员从中获得了广泛的交流机会。

各行各业对智能视频监控的需求不断升温，范围也越来越广。生活方面例如小区安全监控等，电信行业如基站监控等，银行系统如柜员制监控等，林业部门如火情监控等，交通方面例如违章、流量监控等。根据功能的划分，视频监控适用于安全防范、信息获取和指挥调度等诸多方面。虽然视频监控摄像机已经被广泛地运用于日常生活生产当中，普遍的存在于银行、商场、停车场和交通路口等，但现在大部分正在被使用的视频监控系统通常只是录制视频图像，只能够用来当作事后证据（“after the fact”），并没有充分发挥实时主动的监控作用，现有的视频监控产品渐渐地已经不能满足日益增长的需要。由于世界范围内的恐怖袭击事件频发，一些人群比较密集或比较容易遭受袭击的公共场所，如商业区、机场、体育馆、外国使馆、地铁和银行等，都纷纷安装了视频监控系统来为人民的生命和财产安全增添保障。现在建造商在建造智能大厦和人们选购住房时，都越来越重视安全防范系统是否有效、完整等。通过对现有的视频监控系统加以改进，强化对被监控目标的自动识别功能，就能够在日常生活中大大地降低犯罪率，节省人力、物力、财力、资源等。

一些大都市都面临着有效的交通管理这一大难题。智能视频交通控制系统能实现准确快速的交通指挥调度，及时提供各路段的车辆流量和路况信息，有效地记录违章车辆，从而提高充分利用现有的道路资源、提高突发交通事故的处理能力，达到为人们的出行提

供快捷舒适的交通服务的目的。

一些工业生产线上，智能监控系统也被用于检测产品质量。

在军事上智能视频监控系统也有着广阔的应用前景。从有效保卫祖国的领海和领土、在未来战争中做出快速反应、掌握战争主动权等方面来看，准确及时地掌握边海防区域的军事情况有着极其重要的军事意义。通过建立边海防远程视频监控系统，对关键口岸、哨所和敏感地区实施监控，能够使情报部门直观、及时地监视边海防前线情况，不仅可以提高情报获取的实时性和综合处理能力等，还可以有效防止非法行为（例如偷渡、出逃、走私和贩毒等）的频繁发生。

在当前市场一体化和经济全球化形势下，很多企业通过在世界各地建立分支机构来提高自身的竞争能力。通过远程视频传输系统，企业管理部门就可以随时随地观察到其在各个地区的机构的生产、工作状况，这种方式与传统形式上的电话汇报相比，既直观真实又方便快捷。

虽然智能监控的范围很广，但目前来说在人们日常生活当中应用最为广泛、最受到关注的就是智能视频监控，因此本章将对其重点分析。

二、智能视频监控系统

物联网智能监控指的是在嵌入式视频服务器中集成智能行为识别算法对视频场景中物体的行为进行识别、判断，并在适当的条件下通过预警装置提示用户，进而起到监控的作用。^①

当今社会各个方面都日新月异，全球经济和科学技术都正在飞速发展，金融银行、交通运输、电力供应、仓储管理、军事安全等部门虽然所设计的行业各不相同，但对与安全防范的需求却同样是与日俱增的，对安全防范等级的要求也在不断提高，智能视频监控

^① 洪涛. 物联网经济学 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2011.

系统就是在这样的社会需求下得到了快速发展，但同时也出现了“视觉信息膨胀”的现象。

虽然智能监控系统的普及已经极为迅速，但由于涉及面广、技术难度较高等原因，目前大部分监控系统的工作模式依然没有根本性质上的改变，仍旧需要监控工作人员日夜值守，不间断地监视分析场景内的活动，对于很多工作人员来说这样的工作量是相当繁重的，而且即使耗费了大量的时间与精力，“视觉信息膨胀”和监控实时性二者矛盾却并没有得到改善，反而日渐突出。因此，智能视频监控的出现与普及具有重要的意义，具备“视觉智能”的视频监控系统能够在不需要人为干预的情况下，利用机器视觉和视频分析的方法，通过所捕获到的视频图像，对实际的物体和场景做出有意义的判定；通过对摄像机捕获的图像序列进行自动分析，实现对动态场景中目标的定位、识别和跟踪，并对其行为进行理解和语义描述，从而完成与人类生物视觉（包括眼睛和大脑）所具备的功能相类似的任务。现在由监控工作人员亲自进行的监控工作模式效率低下、错误率高，出现了很多问题，例如进行监控工作的相关人员容易疲劳、很难实时监控每路视频、报警精确度差、误报和漏报现象多、报警响应时间长、录像数据分析困难等。虽然智能视频监控系统还无法像眼睛一样时刻保持警戒，但即便是有人盯着屏幕，也同样很难保证这一点。根据权威的数据显示表明：正常情况下，人类的注意力仅仅能够坚持 20 分钟而已，超过了 20 分钟之后，90% 以上的信息都会出现丢失、缺失等情况。目前来说，智能视频监控的实时特性还没有完全被发掘出来，因此现在智能视频监控主要应用于两种模式之中，作为威慑的工具和事后取证的工具。真正实现“实时监控，即时反应”是智能视频监控系统的最重要、最迫切的任务和目标，这个目标的实现将会会在最大程度上减少甚至于及时阻

止危险事件的发生。^①

三、智能视频监控系统的发展历程

智能视频监控系统在短短的二十几年时间里迅速成长起来，从最早的模拟视频监控系统，到前些年火热的数字视频监控系统，再到现在方兴未艾的网络数字视频监控，智能视频监控系统已经发生了翻天覆地的变化。物联网智能监控系统的发展历程经历了以下三个阶段。

（一）模拟视频监控系统时代

早在 20 世纪 90 年代初期，第一代视频监控系统出现了，它是传统模拟闭路视频监控系统，是以摄像机、电缆、录像机和监视器（电视机）等专用设备组成的纯模拟的视频监控系统。

这种系统的局限性很大，容易受到很多外界因素的影响而导致系统不能够顺利运行，对其产生影响的因素例如有线模拟视频信号的传输对距离十分敏感；无法进行联网导致只能以点对点的方式监控现场，布线工程量非常大；图像数据存储消耗大量的存储介质（如录像带等），检索内容时过程十分繁琐复杂；录像带易于丢失、被盗或无意中被擦除，监控结果无法长久保存或者是随时随地查看。

模拟视频监控系统的特点是一台摄像机对应一台监视器或者电视机，导致监控范围非常小，监控图像一般只能在控制中心查看，因为它的图像信息通过视频电缆以模拟方式进行传输，一般传输的距离不能过远。不过后期出现了视频切换设备，这改变了原本的摄像机与监视器或电视机的一对一形式。通过运用不断完善的单片机技术，模拟视频监控系统陆陆续续具备了多录视频切换、摄像机云

^① 丁莹，杨华民，范静涛．复杂环境运动目标检测技术及应用 [M]．北京：国防工业出版社，2014．

台/镜头控制和报警联动等一系列的数字控制功能，进而实现了数字控制的模拟视频监控系统，上述所有的系统则被统一称为第一代视频监控系统。

(二) 数字视频监控系统时代/半数字监控时代

20 世纪 90 年代中期，多媒体技术、视频编码压缩技术飞速发展，以数字技术为核心的视频监控系统迅速崛起，人们开始利用计算机的高速数据处理能力对视频进行采集和处理。

数字硬盘录像机 DVR 成为了核心，从摄像机到 DVR 采用同轴电缆输出视频信号，通过 DVR 同时支持录像和回放，并且可以支持有限 IP 网络访问。视频的采集和处理过程当中运用了计算机的高速数据处理能力，通过提高图像质量显著地增强了视频监控的功能。数字视频监控系统一般在远端有若干个摄像机、检测和报警探头与数据设备等，各自的传输线路把获取图像信息汇接到多媒体监控终端上，再将这些信息通过通信网络传到一个或多个监控终端。

数字视频监控系统也具有一定的局限性，例如，可扩展的摄像机数目并不是无限制的；无法直接访问摄像机，只能通过 DVR 间接访问；十分有限的远程监视/控制能力等。

第二代视频监控系统就是这种基于多媒体计算机为基础构建的系统，也就是模拟输入与数字压缩、显示和控制系统。

(三) 网络数字视频监控时代/全数字监控时代

20 世纪 90 年代末期至 21 世纪初期，随着网络宽带、计算机处理能力和存储器容量不断提高，各种实用视频信息处理技术相继出现，视频监控系统开始进入了数字化的网络时代。网络数字视频监控系统的核心是数字视频的压缩、传输、存储和播放，其特色是智能实用的图像分析，视频监控行业的技术革命便是由这一系统引发而来的。

网络数字视频监控系统的优势十分明显，主要有以下几个方面。被监控的地理区域不断的拓宽得力于大量的摄像头被应用到监控系统之中，局域网、无线网、互联网传输使网络数字视频监控系统的布控区域大大超过了前两代系统；开放式架构的采用，使网络数字视频监控系统能够和门禁、报警、巡更、语音等系统无缝集成；嵌入式技术的应用带来了稳定的性能，不再需要专人对其进行管理；监控场景可以实现任意组合、任意调用，大大提高了灵活性；数字化视频通过计算机网络来传输图像数据，传输距离几乎不受限制，信号不容易受到干扰，大幅度地提高了图像的品质和稳定性；对计算机网络充分利利用，无须重复布线而是可复用网络带宽；数字化存储成为可能，查询变得简便快捷，经过压缩的视频数据可存储在磁柱阵列中或保存在光盘中。

21 世纪初期，随着高性能 DSP 的出现（如 TI 公司的 TMS320C6000 系列、PHILIPS 公司的 Trimedia、Equator 公司的 BSP-15 等），由嵌入式处理器来实时完成高速、大数据量的视频/音频编/解码处理成为了可能。通过使用网络通信技术，产生了嵌入式数字视频监控系统，它将变成图像/声音编/解码、本地存储、网络传输和自动化技术集合为一体。嵌入式数字视频监控系统与嵌入式实时操作系统相配合，能够达到以应用为中心，根据应用对功能、稳定性、可靠性、成本和体积等的综合要求，对软件或硬件进行选材，以满足视频监控发展的数字化和网络化。^①

人们对视频监控系统的要求也不断提高，不仅要求其能对监控环境的简单记录和简单的报警，而且要具有智能化。智能视频监控系统通过借助计算机强大的计算能力，帮助视频监控人员实时地鉴别场景中的异常，并能够实现自动报警，将监控人员从枯燥重复性的劳动中解放出来。智能视频监控系统通过应用计算机视觉技术对摄像机采集的视频信息进行分析、理解和处理，自动滤除无关的信

^① 洪涛. 物联网经济学 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2011.

息，只将提取出的有用的信息报告给监控人员进行处理，这一功能实现了预警、防范和主动监测的任务，达到了代替人完成视频监控工作的目的。^①

四、智能监控系统研究背景

社会发展和稳定的重要前提就是安全保障，安全问题不仅直接影响着人民生活水平和生活质量，而且反映着社会发展的现代化程度与和谐文明程度。城市管理及建设中的安全保障问题已经随着科学发展观贯彻的逐步深入而被各领域专家学者们强烈关注，并且引起了越来越多的政府管理部门的高度重视。安全保障的具体内容非常的广泛，其中，安全的重要保障就是安防系统。我国各个地区的街道、广场、学校、居民生活小区等区域都已经配备了相应的安防系统，并且还在逐步加大投入。一方面，城市区域管理、保安人员配备及人员素质正在逐步完善及提高；另一方面，各个场所的安全监测、预防设备越来越先进，例如远红外周边报警系统、视频监控系统、电子巡更系统和门禁对讲系统等。

视频监控系统被广泛应用于生产管理、保安等场合是由于其直观、方便、信息内容详实的诸多优点。视频监控系统的一般过程包含了几个不同的阶段。首先在一些重要的场所安放一个或若干个摄像机来拍摄并监控现场情况，然后将视频信号通过一定的传输网络传到指定的监控中心，最后将这些信号存储到存储介质上以便日后查阅，同时还可以根据不同需要和途径在现场安装其他的探测设备作为视频监控系统的辅助设备来使用。

目前国内大部分广场、城市街道、学校、居民生活小区、公共设施等重要场所都安装了视频监控设备，以便实时了解动态情况，这种方法在一定程度上起到防范和管理的作用。但现有的视频监控

^① 丁莹，杨华民，范静涛．复杂环境运动目标检测技术及应用 [M]．北京：国防工业出版社，2014．

系统仍存在较多问题。首先，在上文中已经提到过的视频监控工作人员的问题，虽然监控中心每天二十四小时都有专人值班，但是要求值班人员时刻紧盯着几十个屏幕，随时发现可疑情况还是不现实的。其次，目前用于视频监控的摄像头上一般都具有诸如红外报警等设施，当摄像范围有移动物体出现时可以发出报警以引起值班人员的注意。但这种报警机制有一个很大的缺点——警示太多，甚至于风吹树叶从镜头飘过都会引发警报，不仅会让工作人员感到不堪其扰，长时间下来还会麻痹工作人员的警惕性，因此仪器自带的报警通常情况下都是处于关闭的状态。现在的系统一般都设置为当检测到镜头下有移动物体时，将物体经镜头内活动部分的录像自动记录到硬盘上，以此来避免 24 小时不间断地记录录像而导致的硬盘空间浪费。案件发生后视频监控系统能够发挥其强大的作用，通过提供当时现场的录像资料，帮助公安部门找出有力的证据。但即便如此，由于视频录像占用的存储空间极大，有时候监控中心也不无法将录像内容保存很长的时间，这样的情况有时会导致有些案件无法顺利的找到当时的录像。

由上述可以看出，现在视频临控系统主要以硬件为主，它的利用效率并不是很高。视频录像的自动分析和异常发现是系统深层智能的关键。由于现有的系统均为数字化产品，因此系统内所记录在硬盘上的录像数据都可以作为计算机深入智能数据分析的资源。^①

五、运动目标检测技术应用情况

随着计算机软硬件性能近年来的不断发展，各种面向复杂应用背景的智能视频监控系统也大量涌现出来，商业、国防安全和军事等应用领域中对于智能视频监控系统的需求日益增加。智能视频监控系统具有如此大的应用前景引起许多国家的高度重视，很多国家

^① 李英杰. 数据挖掘算法及在视频分析中的应用 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2014.

和地区都投入了大量资金和科技人员对其进行广泛研究。

智能视频监控系统有着广阔的应用前景和巨大的经济价值，而它的基础和前提是运动目标检测技术，国内外都曾经出现国一大批很有价值的文献及成型系统，下面列举并粗略地讲解几个比较有代表性的研究方面。

(一) 战场视频监视与监控系统 VSAM (Visual Surveillance and Monitoring) 系统

1997 年美国国防高级研究项目署 (Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA) 设立了视频监控重大项目 VSAM, 这个项目以卡内基梅隆大学 (Carnegie Mellon University, CMU) 为首, 并有麻省理工学院 (Massachusetts Institute of Technology, MIT) 等美国十几家高等院校参与其中。项目的主要目标是开发一种自动视频理解和处理技术并将其应用于未来城市和战场监控等场景, 以此来实现战争中人力监控费用昂贵、环境危险或者人力无法到达等场合下的监控等。在战场视频监视与监控系统 (VSAM) 项目的基础之上, 美国麻省理工学院对智能视频监控进行了深入地研究, 其开发的监控系统已成功实现了对行人和车辆的检测与跟踪。

美国国防高级研究计划局在 1996—1999 年间资助卡内基梅隆大学、戴维 SARNOFF 研究中心等著名大学和公司联合研制出了战场视频监视与监控系统 (VSAM)。这个合作的目标是开发自动视频理解技术, 并将其用于实现未来战争等人力费用昂贵、非常危险或者人力无法到达场合的监控。战场视频监视与监控系统 (VSAM) 是一个处于试用阶段的战场监控系统, 其主要功能如下:

1. 融合多种类型的传感器, 对监控地区进行全方位的昼夜监控

信号采集设备包括了摄像机、音频采集头、红外和微波报警探测器、温度探测器、电流电压数据采集器等。可遥控操作设备包括电动三可变镜头、全方位云台、室外电控防护罩、电控自动门、电

灯开关等。

2. 先进的视频分析处理器

功能强大的视频分析处理器不但能检测和识别异常对象的类型，还能分析与预测人的活动。根据运动对象行为的危害性进行自动提示和报警。

3. 由 Internet、Intranet 和局域网构成的先进网络传输系统

先进的网络传输系统支持多种通信线路连接，可以通过光缆将图像信号直接传送到总控中心，还可以在视频分析的基础上将检测到的异常情况以文字形式传送到监控总控制台。这种传输系统不仅有效地减少了网络带宽的压力，而且操作人员只需查看文字信息就可以监控网络上的所有监控点。

4. 使用地理信息和三维建模技术

强大的技术提供了可视化图形操作界面，当视频分析处理器报告了运动对象、对象类别及位置之后，操作人员不仅可以在地理信息界面上使用虚拟的对象（例如人、汽车、坦克等）进行标记，而且还能在辅助窗口观察对象的真实活动情况。

5. 机载航空摄像机

与以往传统的方式不同，机载航空摄像机能够自动对准地面监视目标，不需要经常性的人工操纵，从而实现对重要目标的长时间监视；还能够自动协调多个图像传感器无缝接入，进而达到监视整个战场场景的目的。因此战场视频监视与监控系统（VSAM）不但能进行一般性的军事安全监控，例如军事基地、军械弹药库和边海防线的监控等，而且能够进行局部战争战场的实时监控，例如敌方军力部署及调动情况等。^①

^① 丁莹，杨华民，范静涛．复杂环境运动目标检测技术及应用 [M]．北京：国防工业出版社，2014．

在 2000 年美国国防高级研究项目署 (DARPA) 又资助了远程人类识别重大项目 (Human Identification at a Distance, HID), 其目的是研究开发多模式的监控技术并以此来实现远距离情况下对人的检测、分类和识别, 进而增强国防、民用等场合免受恐怖袭击的保护能力。^①

(二) W^4 (What, Where, When, Who) 系统

战场视频监视与监控系统 (VSAM) 的子项目—— W^4 系统, 是由美国马里兰大学 (University of Maryland) 负责开发的实时监控系统。 W^4 系统的功能不仅可以定位和分割人体, 而且可以实现多人的跟踪、室外环境中人的检测和跟踪等, 同时还可以检测到人是否携带物体, 对人和物体之间的简单交互进行识别和监控, 如遗留一件物品、交换包裹、拿走一件物品等。

W^4 代表 who (谁), When (什么时候), Where (什么地点), What (什么事)。 W^4 系统作为一个实时的智能监视系统用于对人体目标的检测与跟踪, 并对目标的活动进行监视。多数人体目标跟踪系统都是采用颜色线索, 而 W^4 系统则采用单目灰度或红外摄像机作为视觉传感器, 以目标形状分析和跟踪技术实现人体及其头部、手部等定位, 并对目标外观进行建模, 以便在目标交互或遮挡时依然能够进行跟踪。在双 Pentium 处理器的 PC 机上, 对于分辨率为 320×240 的视频序列, W^4 可以以每秒 25 帧速度运行。 W^4 系统所具有的功能有以下三种:

- (1) 基于目标形状分析的人体及其头部、手部等定位;
- (2) 基于自适应背景差技术的前背景分离;
- (3) 区域的分裂与合并, 用来处理目标的交互行为。

^① 万卫兵, 霍宏, 赵宇明. 智能视频监控中目标检测与识别 [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2010.

(三) Prinder 系统

MIT 媒体实验室开发的实时人体跟踪与行为理解系统——Pfinder 系统可恢复单个人体的 3D 描述，并在复杂场景中跟踪。类似的单人跟踪还有用于室内场景的 TI 系统。复杂背景中多运动目标跟踪系统开始采用多摄像机协同工作的方式来解决单摄像机监控中多运动目标在相互遮挡时难以得到准确的目标信息等问题，同时扩大监控范围。在交通监视管理中视觉监控技术也有着重要的应用和发展，美国的喷气动力实验室资助了五个关于大范围交通检测技术的研究项目：Autoscope, CMS, Mobilizes, Mastor Traffic Vision, Autocolor, Road-Watch, 其中前三个项目成果已经应用于实用的商业系统中。系统都是通过图像区域的像素强度或颜色的变化来实现目标检测，利用区域的块特征或颜色特征来实现目标的跟踪。Pfinder 的运行环境是标准 SGI 工作站，其主频为 1GHz，数以千计的应用实例表明 Pfinder 在复杂环境下能够进行可靠的人体跟踪与理解，Pfinder 已经被成功应用在许多领域，例如手语识别、交互式游戏等。

除此之外还有很多其他类似的研究。英国雷丁大学 (University of Reading) 开展了对车辆和行人的跟踪及交互作用识别的相关研究，继而开发了 VIEWS 车辆交通监控原型系统。美国的 ARDA 机构在 2003 年开始主持一项高级研究计划 VACE (Video Analysis and Content Extraction)，目的是利用对目标的检测、识别和跟踪以达到检测、识别和理解目标的行为。佛罗里达中央大学 (University of Central Florida) 研发的 KNIGHT 智能监控系统利用机器视觉技术来检测监视区域目标的变化，它能够识别重要事件并且描述出人的行为。基于视觉的手势识别接口也被 IBM 与 Microsoft 等公司应用于商业领域中。

我国在这方面的研究也已经全面展开并有所发展。智能化监控技术在中国的推广得到国家的高度重视，并为此开展了重大项目研

究。公安部在全国开展了城市报警与监控系统建设“3111”试点工程。中国科学院自动化研究所在相关研究领域取得了重大进展,这方面研究成果的集中展示是自动化研究所生物识别与安全技术研究中心研究开发的CBSR(Center for Biometrics and Security Research)智能视频监控系统。该系统主要功能包括了人和车辆的多目标检测、跟踪和分类;目标异常行为的识别与报警;人体异常动作识别报警;监控状态下的人脸跟踪与识别;异常的物体滞留或丢失检测;人群和交通流量评估、车辆计数和拥堵报警等。

在前人理论研究的基础上,中国科学院自动化所模式识别国家重点实验室视觉监控小组,设计开发了一套交通监控原型系统(Vstar, Visual Surveillance Star),利用车辆的二维线框模型、运动模型、地平面约束、弱透视模型、层次化的概念模型以及语法句法模型,实现并强化了车辆运动检测、姿态初始化、预测、优化等功能;从单目序列图像恢复人体的二维运动,及采用遗传算法跟踪、识别人体;建立基于主元分析的主动轮廓模型,采用Condensation算法,进行手势跟踪并用于模拟鼠标。这个系统能够实时地检测、跟踪车辆,对光照变化、斑马线干扰、边界遮挡等具有一定的鲁棒性。

除了科研就够以外,国内的一些高校及相关机构,例如上海交通大学航空航天信息与控制研究所、华中科技大学图像识别与人工智能研究所、西安电子科技大学工程学院模式识别与智能控制研究所、桂林电子科技大学图像所等研究机构等,都在这个领域开展了相关的研究。近年来我国大学和研究机构已经开展的相关研究有很多,例如北京航空航天大学机器人实验室开发的面向生物的微操作机器人的视觉系统;浙江大学人工智能研究所采用单目视觉对人体没有被遮挡部位的动作进行跟踪,但无法准确估计被遮挡部位的位置,手工干预较多;中国科学院计算机所的研究主要用于手语

识别, 被测人带有数据手套, 是基于身体传感器的方法等。^①

六、智能监控技术发展趋势

智能监控中对人的运动分析的研究和其他相关技术的不断发展使得下述几个方面已经成为未来的发展趋势。

(一) 音频与视觉相结合的多模态接口

语言是人与人之间相互交流的主要方式, 以往许多工作是语音理解, 但距离和环境噪声对语音识别的影响很大, 尤其在机场、商业街等高噪声环境中, 会严重影响语音识别的性能。人的可视化描述与语音解释一样重要, 研究人员正在逐步将语音与视觉信息集成起来, 进而产生更加自然的高级接口。当前一些接口系统在视觉方面仅仅做了脸的表情、身体姿势等的大尺度分析, 但对于大多数人的正常姿势还不能进行分析, 也就是说人机之间的通信仅局限于几个特定的姿势, 人的姿势结构的不易理解是造成这个局限的主要原因, 而且跟踪多人的系统由于摄像机的分辨率、计算机处理能力和视角的影响而不能准确地估计身体姿势。为了完成优化尺度和广域的分析, 可以寻求准确实时的多摄像机的信息融合方法, 以便机器更好地理解人的通信行为。现在音频和视频的信号处理相对独立, 但如何更好地集成音频和视频信息用于多模态用户接口是研究人员正在面对的一个严峻的挑战。

(二) 人的运动分析与生物特征识别相结合

人的运动分析与生物特征识别相结合的研究显得日益重要, 这主要表现在智能房间的门禁系统、军事安全基地的视觉监控系统、高级人机交互等应用中。在人机交互中不仅需要机器能知道人是否

^① 丁莹, 杨华民, 范静涛. 复杂环境运动目标检测技术及应用 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2014.

存在、人的位置和行为，而且还需要利用特征识别技术来识别与其交流的人是谁。目前来说，研究内容主要是对人脸识别、步态识别或特定行为的识别。距离较近的时候一般可以通过跟踪人脸来识别身份；但如果是远距离的监控，人脸的特征很有可能被隐藏起来，或者由于分辨率太低而导致不易识别。然而无论人脸特征如何，进入监控领域的人的运动步态却总是可见的，这激活了把步态作为一个独特的生物行为特征应用于人的身份鉴别的可行性。由于人的步态具有易于感知、非侵犯性、难于伪装等优点。近来已引起了计算机视觉研究人员浓厚的研究兴趣。

（三）人的运动分析向行为理解与描述高层处理的转变

需要引起高度注意并且是最具挑战的研究方向就是人的行为理解，因为观察人的最终目标就是分析和理解人的个人行为、人与人之间及人与其他目标的交互行为等。

现在的研究中对于人的运动理解还是集中于人的跟踪、标准姿势识别、简单行为识别等问题，例如人的一组最通常的行为（跑、蹲、站、跳、爬、指等）的定义和分类。近几年来，对于利用机器学习工具构建人的行为的统计模型的研究已经有了一定的进展，但是行为识别仍旧处于初级阶段，连续特征的典型匹配过程中常引入人运动模型的简化约束条件来减少歧义性，而这些限制与一般的图像条件却是不吻合的，因此特征选择和机器学习仍然是行为理解的难点。

当前的研究方式中，通常在计算代价和运动识别的准确度之间进行折中来取得用于行为识别的状态空间方法和模板匹配方法，因此仍然需要寻找和开发新的技术，才能够在提高行为识别性能的同时，又能够有效地降低计算的复杂度。除此之外，现在研究人员主要解决的计算机视觉低、中层次的处理推向高层抽象思维的关键问题就是：怎样才能借助先进的视觉算法和人工智能等领域的科研成果，把现在已有的简单的行为识别与语义理解推广到更为复杂的场

景下的自然语言描述。^①

第二节 智能监控的应用

一、智能监控技术的应用及走向

强大马力的发动机可以为一部好的汽车带来非凡的时速，ABS、GPS 等系统可以保障行驶过程中的安全与可靠；同样，一套好的服务器系统需要追求出色的处理能力，但如何保证在高速的数据处理过程中做到不间断地稳定运行，还必须有一套足够智能、足够完善的监控与管理方案。

Internet 应用的普及范围越来越广，近几年服务器系统的安装数量呈直线上升趋势，但是作为一种企业级应用产品，并不是每一个人都有能力将这些服务器研究透彻，这样的情况导致了系统管理员的工作空前忙碌。对于只有几台服务器的一个小网络环境来说，服务器运行过程中的管理问题也许还不会特别严重，但是当面对一个拥有几十台甚至上百台服务器的网络环境，而且这个网络环境可能是一个大的电子商务公司的网络环境，或许承担着成千上万的手机用户收发短信等关键应用的时候，如果只依靠管理员的力量恐怕就很难保证系统的正常运转。

有的情况下即使服务器的数量并不是很多，但是如果服务器上运行的是关键应用或重要数据，不允许有任何突然的系统中断，同样也需要服务器本身有一些技术特性来帮助管理员提前预知系统的健康状态。

基于上述种种原因，越来越多的用户在考虑部署信息系统时，不再像过去那样只考虑硬件的采购费用，而是开始理性地考虑在服

^① 付先平，宋梅萍．多媒体技术及应用（第2版）[M]．北京：清华大学出版社，2012．

务器的维护工作大量增加的情况下如何更好地管理。例如怎样才能随时随地监控服务器的静态和动态状态；怎样获取故障或潜在故障信息的通知，并帮助管理员尽快判断和排除故障；怎样利用软件搜集和管理自己的服务器资源，以此来提高系统的可用性等，这些都是针对服务器的监控管理技术提出的新需求。

目前对于系统的整体运行情况进行监控的过程中，高性能服务器普遍采用了专用的服务处理器（Service Processor）。系统中的一些关键部件的工作情况都通过一条被称为 I2C 总线的串行通信接口，传送到服务处理器并通过专用的监控软件监视各个部件的工作状态。服务处理器可以对服务器的所有部件进行集中管理，随时可以监控内存、硬盘、网络、系统温度等多个参数，大大加强了系统的安全性，同时还使管理更为方便。智能监控管理技术正逐渐由单 CPU 向多处理器方向发展，服务器系统中的重要部件都会由独立的专用监控处理器进行管理，再通过 I2C 总线将各个监控处理器连接在一起，形成一个独立于系统的智能监控网络。这样的好处就在于即使在服务器系统瘫痪时，系统管理员依旧可以通过服务处理器恢复系统。服务处理器还可以实现系统故障分析预测以及协助进行性能优化，消除系统性能瓶颈等。服务器智能监控管理技术的发展适应了现代服务器技术向高可用性、易于管理方向发展的潮流，作为服务器设计技术的一个重要组成部分将会发挥更大的作用。

通过安装、运行在服务器系统中的软硬件系统，在不停止服务器主应用服务的前提下实现对服务器整体系统的运行参数、状态参数的检测、分析和实现对服务器的控制就是线监控技术。传感器技术的发展和智能芯片技术的应用，为在线采集服务器状态参数提供了方法。用于采集信息的传感器和智能监控芯片被嵌入了很多硬件制造厂商生产的硬件中，这一做法使得监控系统可以方便地通过系统总线、I2C 总线等来采集硬件的状态信息，在 BIOS 级或应用系统级实现对服务器系统的监控。由于与硬件通信的是一个十分消耗系统资源的过程，即使是有了智能芯片和传感器，直接通过服务器

的主应用平台实时采集服务器信息也是一种比较耗费资源的方法。因此，只有在定期或随机运行监控系统以实现服务器监控的情况下才能运用这一方法。

人们又陆续提出了各种通过某种运行于主平台之外的智能监控系统，采集和处理信息的解决方案，就是为了实现既能实时监控，又尽可能少地占用服务器系统资源的目标。1998年，Intel提出了智能平台管理系统（Intelligent Platform Management Interface, IPMI）规范。这个规范通过使用一个独立于主系统平台的主板管理控制器（Baseboard Management Controller, BMC），采集和预处理服务器各硬件的状态信息，分析和决断可能出现的故障，产生错误日志，采用规范的接口定义，实现信息的传输。这一规范的采用，用于与大量硬件通信的资源占用量大大减少，为实现服务器实时在线监控提供了良好的基础。

服务器监控技术再一次得到了提高得力于网络技术的发展和應用。通过通用的服务器网络服务功能，将监控系统采集到的服务器系统原始监控信息实时发送到远端平台进行处理和输出。处于远端的控制平台可根据对监控信息的处理和分析，对服务器发送远程控制指令，实现远程监控。一方面，这一技术的使用扩大了服务器监控的空间范围，方便了服务器管理员对服务器的监控；另一方面，极大地减少了服务器系统在实时监控中的资源消耗。

从单一提高元器件可靠性，到采用冗余技术、在线监控技术、实时监控技术，再到今天的远程实时监控技术，服务器技术不断地发展与提高，将来必定会有更多更好的服务器可靠性技术出现，为服务器的广泛应用提供基础与保障。

智能监控技术不是一个单一的服务器技术，它是一系统智能管理技术的总称，其中包括 EMP（应急管理端口），ISC（Intel 服务器控制），IPMI（智能平台管理接口）和 SNMP（简单网络管理协议）等技术。下面介绍这个系列中的几种主要服务器智能管理技术。

EMP (Emergency Mangement Port, 应急管理端口) 是服务器主板上所带的一个用于远程管理服务器的接口, 远程控制机可以通过 Modem 与服务器相连, 控制软件安装于控制机上。远程控制机通过 EMPConsole 控制界面可以对服务器进行很多工作, 例如打开或关闭服务器的电源; 重新设置服务器, 甚至包括主板 BIOS 和 SMOS 的参数; 监控服务器内部情况, 如温度、电压和风扇情况等。

(2) ISC 是一种网络监控技术, 现在已经改名为 ISM (Inter Server Mangagemnet), 它只使用于使用 Intel 架构的带有集成管理功能的主板的服务器。采用这种技术后, 用户可以在一台普通的客户机上通过局域网或广域网对服务器进行启动、关闭或重新置位, 还可以检测网络上所有使用 Intel 主管的服务器运行情况, 例如机箱、电源、风扇、内存、处理器、系统信息, 温度和电压等。

(3) IPMI (Intelligent Platform Mangagement Interface, 智能平台管理接口) 结构的核心是被称为“基板管理控制器”(BMC) 的微处理器, BMC 可以用来提供智能管理平台, 控制系统的管理软件和平台硬件之间的接口, 提供自主监视、事件记录和恢复控制等功能。

(4) SNMP (简单网络管理协议), 一个管理工作站可以通过利用 SNMP 进行对所有支持这种协议的网络设备的远程管理, 包括网络状态, 修改网络设备配置和接收网络事件警告等。

二、智能视频监控技术的应用

从功能上来看, 智能视频监控技术可用于安全防范、信息获取和指挥调度等方面, 可以提供生产流程控制、大型公共设施的安防, 也能为医疗监护、远程教育等提供各种服务。

从应用领域上来看, 智能视频监控技术在各行各业都得到了广泛的应用, 除了档案室、文件室、金库、博物馆等重要部门的监视和报警, 在公共场所进行安全监控, 在其他经济和生活领域进行管

理和控制也是必不可少的。

智能视频监控技术具体的应用实例可以分为如下几种。

金融领域：金库的监控、营业大厅的监控、自动提款机及自助银行的监控等。

社区物业管理：住宅小区、办公室的安全防范，智能大厦、停车场的无人监控等。

电信/电力领域：交换机房、无线机房、动力机房等的远程监控，变电站、电厂等的远程无人值守监控。

商业市场：商场的保安监控、超级市场的出入口监控，码头、货柜、大型仓库的监控等。

军事领域：基地安防、公安侦破、监狱法庭管理等。我国有上万千米的海岸线和边境线，与多个国家毗邻接壤。准确及时地掌握边海防区域的军事情况具有极其重要的意义。

交通领域：高速公路收费管理，交通违章和流量监控，公共交通工具牌照管理，公路桥梁、铁路、机场等场所的远程图像监控等。有效的交通管理是我国各大城市面临的难题。智能视频交通控制系统能及时提供各路段的车辆流量和路况信息，较为详细地记录违章车辆，以便实现准确快速的交通指挥调度，充分利用现有的道路资源，提高突发交通事故的处理能力，从而为人们的出行提供快捷舒适的交通服务。

家庭应用：将 UBS 摄像头和相应的软件系统增加在现有的家庭微机上，就可实现功能强、价格低、性能可靠的数字化家庭监控系统。系统自动检测在家中采集到的图像，当发现异常时可以通过 Internet 和短消息中心向用户指定的电话号码发送短消息，并将现场图像以 E-mail 等方式发送给用户，用户收到短消息后通过检查 E-mail 就可对家中情况有清楚的了解。除此之外，对于家中有老幼病弱，或是宠物的用户来说，出差在外时也可以远程登录到家中计算机观看家中安全情况或家人的生活健康状况。

三、智能监控策略

(一) 监控对象选择

在一个规模较大的网络中，监控的对象可能包括服务器、防火墙、交换机、路由器等设备，以及运行在各对象上的服务。但没必要在这个监控系统中放入所有的监控对象。例如把某些测试系统放到监控中，就会导致管理员整个晚上都收到报警短信。因此实施有效监控的前提是正确选择监控对象，建议监控那些重要级别高的、不能随便停止服务的对象，如在线生产系统等。

(二) 故障报警方式选择

合适的故障告警机制对于监控系统来说是非常重要的。现状常用的告警机制包括邮件、短信、web 页面显示等几种不同的手段，在这几种手段中，短信报警是世最优选。在夜间睡梦中人们没办法随时收发邮件，但是短信却能有效的唤醒沉睡的人，并通知故障的发生。租用 sp 提供的服务对于没有通道的机构来说是一个比较稳妥的方式。或者让监控平台每天下午给管理员发一条短信，不管有没有故障都按时发送，这样可以管理员知道短信接口是否正常。

(三) 故障报警时效和间隔的选择

可能存在故障误报的情况是因为网络通信等不可控因素。如果把报警发送设置成一次探测不成功就发送报警信息就不是个好策略。经验表明探测三至四次都失败再发送信息的方式更为有效，而且并不会耽误工作人员去处理故障。假如探测一次失败就报警，则有可能可以很快把手机短信空间塞满，还会导致工作人员无法正常休息。

故障报警开始发送以后，一般持续发送，直到故障排除恢复正

常才会发一条类似“* * * is ok!”的短信。报警发送间隔设置也需要费一番心思，时间间隔过短会占用手机短信空间、消耗手机电量等，时间间隔过长则恐怕不足以唤醒沉睡的人；如果没有人去处理故障，也没有人去停止这个通知，报警信息就会一直发送下去。

故障报警系统需要定一个合适的范围，比如探测四次失败则开始报警，报警间隔十分钟左右，总共发送八次，然后停止发送，假如第三次没有人去处理，就可以使用电话通知，仍旧得不到回应则取消该对象的监控，并记录该次事件。^①

第三节 智能监控基本技术

一、智能监控技术

目前在商业应用中已经普遍存在的监控摄像机并没有充分发挥实时主动的监督作用，因为它们通常是将摄像机的输出结果记录下来，当异常情况（如停车场中的车辆被盗）发生后，工作人员才通过已记录的结果观察发生的事实，这样的补救方法往往为时已晚。人们所需要的监控系统应能够每天连续 24 小时的实时智能监视，并自动分析摄像机捕捉的图像数据。当有异常情况发生的时候，系统能向相关人员准确及时地发出警报，从而避免犯罪的发生，还可以减少雇佣大批监视人员所投入的人力、物力和财力。

智能视觉监控就是要利用计算机视觉的方法，在不需要人为干预的情况下，通过对摄像机拍摄的图像序列进行自动分析，实现对动态场景中目标的定位、识别和跟踪，并在此基础上分析和判断目标的行为，从而做到既能完成日常管理又能在异常情况发生的时候及时做出反应。

^① 中国石油化工集团公司信息系统管理部. 服务器技术与应用 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2012.

对安全要求敏感的场所是智能监控系统需求的主要来源，例如银行、商店、停车场等。智能监控系统在自助收银机、自动售货机、ATM机、交通管理、公共场所行人的拥挤状态分析及商店中消费者流量统计等方面也有着相应的应用。

二、智能监控技术研究内容

视觉监控的主要目的是从一组包含人的图像序列中检测、识别、跟踪人体，并对其行为进行理解和描述。大体上这个过程可分为底层视觉模块（Low—Level Vision）、数据融合模块（Intermediate—Level Vision）和高层视觉模块（High—Level Vision）。

其中，底层视觉模块主要包括运动检测、目标跟踪等运动分析方法；数据融合模块主要解决多摄像机数据进行融合处理的问题；高层视觉模块主要包括目标的识别，以及有关于运动信息的语义理解与描述等。

如何使系统自适应于环境是场景建模以及更新的核心问题。有了场景模型，就可以进行运动检测，然后对检测到的运动区域进行目标分类与跟踪。接下来是多摄像机数据融合问题。最后一步是事件检测和事件理解与描述。通过对前面处理得到的人体运动信息进行分析及理解，最终给出我们需要的语义数据。下面对其基本处理过程做进一步的说明。

（一）环境建模

要进行场景的视觉监控，环境模型的动态创建和更新是必不可少的。在摄像机静止的条件下，环境建模的工作是从一个动态图像序列中获取并自动更新背景模型。其中最为关键的问题在于怎样消除场景中的各种干扰因素，如光照变化、阴影、摇动的窗帘、闪烁的屏幕、缓慢移动的人体以及新加入的或被移走的物体等的影响。

(二) 运动检测

运动检测的目的是从序列图像中将变化区域从背景图像中提取出来。运动区域的有效分割对于目标分类、跟踪和行为理解等后期处理是非常重要的，因为以后的处理过程仅仅考虑图像中对应于运动区域的像素。然而，由于背景图像的动态变化，如天气、光照、影子及混乱干扰等的影响，使得运动检测成为一项相当困难的工作。

(三) 目标分类

对于人体监控系统而言，在得到了运动区域的信息之后，下面一个重要的问题就是如何将人体目标从所有运动目标中划分出来。不同的运动区域可能对应于不同的运动目标，比如，一个室外监控摄像机所捕捉的序列图像中除了有人以外，还可能包含宠物、车辆、飞鸟、摇动的植物等运动物体。为了便于进一步对行人进行跟踪和行为分析，运动目标的正确分类是完全必要的。但是，在已经知道场景中仅仅存在人的运动时（比如在室内环境下），这个步骤就不是必需的了。

(四) 人体跟踪

人体的跟踪可以有两种含义，一种是在二维图像坐标系下的跟踪，一种是在三维空间坐标系下的跟踪。前者是指在二维图像中，建立运动区域和运动人体（或人体的某部分）的对应关系，并在一个连续的图像序列中维持这个对应关系。从运动检测得到的一般是人的投影，要进行跟踪首先要给需要跟踪的对象建立一个模型。对象模型可以是整个人体，这时形状、颜色、位置、速度、步态等都是可以利用的信息；也可以是人体的一部分如上臂、头部或手掌等，这时需要对这些部分单独进行建模。建模之后，将运动检测到的投影匹配到这个模型上去。一旦匹配工作完成，我们就得到了最

终有用的人体信息，跟踪过程也就完成了。

（五）多摄像机数据融合

采用多个摄像机可以增加视频监控系统的视野和功能。由于不同类型摄像机的功能和适用场合不一样，常常需要把多种摄像机的数据融合在一起。在需要恢复三维信息和立体视觉信息的场合，也需要将多个摄像机的图像进行综合处理。此外，多个摄像机也有利于解决遮挡问题。

（六）行为理解和描述

事件检测、行为的理解和描述属于智能监控高层次的内容。它主要是对人的运动模式进行分析和识别，并用自然语言等加以描述。相比而言，以前大多数的研究都集中在运动检测和人的跟踪等底层视觉问题上，这方面的研究较少。近年来关于这方面的研究越来越多，逐渐成为热点之一。

三、智能监控技术研究难点

智能监控领域尽管已经取得了一定的进展，但是以下几个方面仍是今后研究的难点问题。

（一）运动分割

智能监控领域中一个相当重要又是比较困难的问题就是快速准确的运动分割。这个问题是由于动态环境中捕捉的图像受到多方面的影响（如天气的变化、光照条件的变化、背景的混乱干扰、运动目标的影子、物体之间或者物体与环境之间的遮挡以及摄像机的运动等）而造成的。这些不确定因素都给准确有效的运动分割带来了困难。例如运动目标的影子可能与被检测目标相连，影子扭曲了目标的形状，从而使得以后基于形状和基于状态空间模型的方法定义每个静态姿势作为一个状态，这些状态之间的识别方法不再可靠；

也可能与目标分离，影子有可能被误认为场景中一个完全错误的目标。尽管目前图像运动分割主要利用背景减除方法，但如何建立对于任何具有自适应性的复杂环境中动态变化的背景模型仍是相当困难的问题。一些研究人员利用时空统计的方法构建自适应的背景模型，这对于不受限环境中的运动分割而言是个更好的选择。

(二) 遮挡处理

大部分智能监控系统都不能很好地解决目标之间互遮挡和人体自遮挡的问题，尤其是在拥挤状态下，多人的检测和跟踪问题更是很难处理。由于在被遮挡时人体只有部分是可见的，而且这个过程一般是随机的、无法预测的，简单依赖于背景减除进行运动分割的技术在这种情况下变得不再可靠，为了减少遮挡或深度所带来的歧义性问题，必须开发更好的模型来处理遮挡时特征与身体各部分之间的准确对应问题。除此之外，一般系统也不能完成何时停止和重新开始身体部分的跟踪，也就是说遮挡前后的跟踪初始化缺少自举方法。利用统计方法可获得图像信息中人体姿势、位置等的预测，对于解决遮挡问题最有实际意义的潜在方法应该是基于多摄像机的跟踪系统。

(三) 三维建模与跟踪

在早期智能监控系统中二维方法被证明是很成功的，尤其对于那些不需要精确的姿势恢复或低图像分辨率的应用场合（如交通监控中的行人跟踪）。简单快速是二维跟踪的一大优点，但它的缺点是受摄像机角度的限制。而三维方法则不同，由于采用了行为识别，三维方法在不受限的复杂的人的运动判断（如人的徘徊、握手与跳舞等）、更加准确的物理空间的表达、遮挡的准确预测和处理等方面具有突出的优点；三维恢复对于虚拟现实中的应用也是必需的。基于视觉的三维跟踪研究目前来说仍相当有限，三维姿势恢复的实例也不是很多，而且大部分系统由于要求鲁棒性而引入了简化

的约束条件。三维跟踪导致了图像中人体模型的获取、遮挡处理、人体参数化建模、摄像机的标定等一系列难题，例如建模时，通常使用许多形状参数来表达人体模型。然而，目前的模型很少利用关节的角度约束和人体部分的动态特性；过去的一些研究几乎都假设3D模型依据先验条件而提前被指定，实际上这些形状参数应当从图像中被估计出来。总之，3D建模与跟踪在未来工作中将会起到重要的作用，它应受到更多的关注与研究。

（四）摄像机的使用

使用单一摄像机的三维人体跟踪研究还很缺乏，由于遮挡或深度的影响，身体姿势和运动在单一视角下容易产生歧义现象。因此，使用多摄像机进行三维姿势跟踪和恢复的优点是很明显的，不仅可以扩大监视的有效范围，而且可以提供多个不同的方向视角用于解决遮挡问题。因此多摄像机的使用对于未来的智能监控系统有着极大的好处。对于多摄像机跟踪系统而言，需要确定在每个时刻使用哪一个摄像机或哪一幅图像，多摄像机之间的选择和信息融合是一个比较重要的问题。

（五）性能评估

智能监控系统的三个基本要求是鲁棒性、准确度、速度。例如，系统的鲁棒性对于监控应用特别重要，这是因为监控应用通常被要求自动、连续地工作，因此它们对于如噪声、光照、天气等因素的影响不能太敏感；系统的准确度对于控制应用同样十分重要，例如基于行为或姿势识别的接口控制场合等；而对于那些需要实时高速的监控系统而言，系统的处理速度更是非常的关键。因此，如何选择有效的工作方案来提高系统性能、降低计算代价是个特别值得考虑的问题。除此之外，如何利用来自不同用户、不同环境、不同实验条件的大量数据测试系统的实时性、鲁棒性也相当重要。

四、基于 OpenCV 的智能视频监控

实现智能监控的关键技术是智能视频监控中的运动目标检测与跟踪技术。帧间差分法、背景差分法和光流法是目前比较常用的运动目标检测方法。粒子滤波、基于边缘轮廓的跟踪和基于模板的目标建模等方法是比较受关注的目标跟踪算法。

通过计算机开源视觉库（Open Source Computer Vision Library, OpenCV）中的运动模板检测能对视频图像中运动目标有效地进行检测与跟踪。

OpenCV 是 Intel 开源计算机视觉库。它是可实现图像处理和计算机视觉方面的很多通用算法。OpenCV 拥有包括 300 多个 C 函数的、跨平台的中高层 API，它不依赖于其他的外部库。OpenCV 对非商业应用和商业应用都是免费的；OpenCV 为 Intel 的 IPP 也提供了透明接口，也就是说如果有为特定处理器优化的 IPP 库，OpenCV 将在运行时自动加载这些库以使函数性能达到最好。OpenCV 的优点是开放源代码，具有基于 Intel 处理器指令集开发的优化代码，统一的结构和功能定义，强大的图像和矩阵运算能力，以及方便灵活的用户接口，同时支持 MS—Windows 和 Linux 平台。

最新的 OpenCV 库已经包含了大量的函数和例子，可用来处理计算机视觉领域中常见的问题，其中主要涉及以下几个方面的内容：

- (1) Motion Analysis and Objection Tracking——运动分析和目标跟踪；
- (2) Image Analysis——图像分析；
- (3) Structural Analysis——结构分析；
- (4) Object Recognition——目标识别；
- (5) 3D Reconstruction——3D 重建。

运动模块检测算法的流程分为几个步骤，首先是获得当前帧与

上一帧的差，接着对帧差图像进行二值化，更新缓存图像；然后计算缓存图像的梯度方向，并将整个运动分割为独立的运动部分，再用一个结构序列标记每一个运动分割；最后计算选择区域的全局运动方向，从而获得运动目标的质心位置与运动方向。

这个算法是基于运动目标相邻两帧之间在图像上存在交集这个条件的，它可以清晰地显示出目标的轨迹、速度与方向，而不用外推和相关分析以及轨迹后处理。用该算法检测运动目标前景图像的具体过程有如下几个步骤，首先存储检测出来的目标前景图像，并使过去的帧灰度递减；其次在当前帧中加上时间戳叠加存储到缓存中；再次形成梯度渐变图像；最后由分割得到的梯度渐变图像得到目标位置，并计算渐变梯度，以得到目标的速度和方向，并加上批号标记。

这个算法简化了目标相关性的运算，可在初始状态对于目标运动趋势不了解的情况下实施对目标的稳定跟踪，同时具有良好的实时性能。^①

五、一种智能监控系统构架

（一）一种智能监控系统构架描述

直接识别人的各种行为对于目前的技术水平来说还不可能实现。因此此处所提出的构架目标是识别录像中的异常情况，主要识别指定的行为模式等。通过学习逐步积累行为模式使系统功能不断完善。其构架如图 5-1 所示。

系统的数据由三层构成——原始录像的视频文件、模式和实时数据。模式的种类主要有特征模式、行为模式和异常模式；实时数据主要分为特征数据与行为数据。

^① 付先平，宋梅萍．多媒体技术及应用（第 2 版）[M]．北京：清华大学出版社，2012.

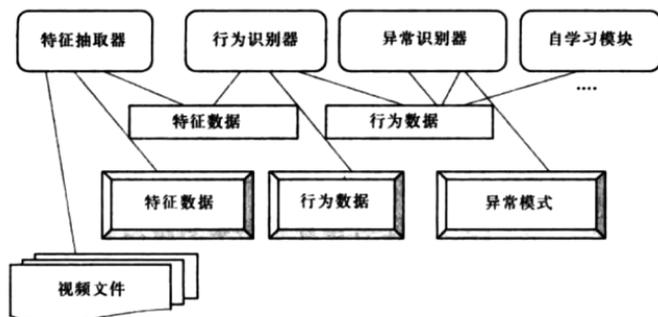


图 5-1 一种智能监控系统的构架图

(二) 三种主要模式

1. 特征模式

特征模式反映要从录像中提取的数据特征。提取的重点是人或物体的运动特征。系统根据需要提取的特征建立特征模式，特征提取模块根据特征模式从录像中提取实时的特征数据。

2. 行为模式

行为模式反映移动物体的行为。行为识别模块主要根据系统定义的行为模式来识别特征数据的行为，生成实时的行为数据。

3. 异常模式

异常模式反映行为数据中的异常。异常关系到时间、地点等因素，开发过程中首先应根据系统背景对异常行为进行抽象。

异常识别模块从三个方面定义与识别异常，第一个方面是根据背景抽象出的异常行为定义为异常模式，符合异常模式的行为数据被识别为异常行为。第二个方面是使用数据挖掘的异常挖掘算法来识别异常情况，数据挖掘中的异常挖掘可以从大量记录中识别每个记录的异常程度，将异常程度高的行为识别为异常。第三个方面是

系统通过积累不断进行自学习来定义异常或正常。但系统是无法识别怀有异常目的却没有行为表现的情况的。

除了上述三个方面以外，系统还应有适当的人机交互和自学习等功能，不仅仅是第三个方面中的从异常片断中的自学习，系统学习模块还应当根据原始录像不断总结出新的特征模式、行为模式供用户来确认，进而不断提高识别的精度和效力。

(三) 特征数据模式和提取方法

图像和视频中可提取的特征数据很复杂，提取全部数据是不可能的也是不必要的。特征模式的建立要在速度和精度间进行权衡，一方面，提取尽量多的数据可以保留更多录像中的信息；另一方面，系统的输入录像是多路的，应尽量丢掉无关的信息来保证实时性和效率。

研究提取视频特征可以大致分为两大类，第一类是为识别人或物体位置、方向、速度等而提取的特征。第二类则是为识别人的动作、行为而提取的特征，这一类中的特征模式定义及数据提取较复杂。特征模式建立及数据提取应分以下几个层次进行。

(1) 提取进入视频范围内的移动物体的位置、运行方向、速度、轨迹和外形等特征；

(2) 提取进入视频范围内的移动物体的外形及活动部分特征，以判断其是人，还是其他物体；

(3) 提取进入视频范围内的单个的人的头部、躯干、四肢的位置、方向及速度等特征，以识别人的简单行为；

(4) 提取进入视频范围内的多人的未被遮蔽部分的特征数据，以识别个人行为 and 互行为。

由于每个人的形态各异、进入视频时的角度可能不完全相同、可能骑着自行车或携带物品、多个人可能互相遮蔽等不定因素的存在

在，定义特征模式及提取数据非常复杂，模糊识别与数据挖掘技术的发展将会带来巨大的改变。

（四）行为模式及异常模式建立与识别的数据分析理论、算法

系统中的行为模式识别分为两个不同的方面，根据系统现存的行为模式识别特征数据的行为和当特征数据不能与现有行为模式匹配时总结生成新的行为模式。

特征数据可以用来定义行为模式，但只有少数的行为属于简单行为（如越线、出现、消失等），大多数行为的特征数据都是模糊的。例如跑和走是两个行为，速度是人用来区别跑和走的直观特征，但移动速度达到多少就是跑而不是走这个问题很难有一个硬的界线；对某种同一速度的运动，在室外的广场上也许就是正常的行为，但在室内或走廊中可能就变成了是异常的行为。因此行为模式的定义与识别和异常模式的定义与识别均是模糊的，没有办法给出绝对的标准，它们都与背景、时间密切相关。模式识别和异常识别实际上是模糊的数据分析，涉及到模式匹配、数据挖掘与模糊理论及方法的融合等问题。相应的算法研究应以系统目标为主线，结合背景开发数据分析算法。^①

第四节 智能监控实例研究

一、应用背景

如今智慧城市快速发展，使得人们对于重要场所的自动实时监控要求越来越高。现代车站、地铁、机场、港湾、商场、商业区等

^① 李英杰. 数据挖掘算法及在视频分析中的应用 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2014.

大型的视频监控系统往往包含成百上千的摄像头。一个“平安城市”的安防系统往往拥有数十万个摄像头。如此众多的摄像头采集的实时视频图像大多是由专业监控人员来看管，但如前文所提到过的，即使是在专业监控人员仅仅监视两个监视器的情况下，10分钟之后就将错过45%的行为，22分钟之后将错过95%的行为。由于人类具有自身生理上的弱点，在很多情况下监控人员并非一个可以完全信赖的观察者，无论是在观看实时的视频流还是在观看录像回放的时候，监控人员经常无法察觉安全威胁，从而导致误报和漏报现象的发生。

开发智能化视频监控技术是解决这一问题的最有效的方法。智能视频监控（IV—Intelligent Video）是网络化视频监控领域最前沿的应用模式之一，它的基础是数字视频监控系统，借助于计算机强大的数据处理功能，对视频画面中的海量数据进行高速分析，将用户不关心的信息过滤掉，仅为监控者留下有用的关键信息。智能化视频监控技术能把监控人员从枯燥无味的简单劳动中解放出来，加强了应急反应处理各项报警情况的能力，同时还减轻了人力、物力、财力方面的压力。

二、总体设计

一般由目标检测模块、目标跟踪模块、目标分类模块和目标识别模块等部分共同组成智能视频监控系统。视频信号的分析处理是智能视频监控系统的核心技术。根据技术处理的层次高低，智能视频监控技术在软件实现上可以分为视频信号的基本处理和高级处理。动态目标的检测、分类和跟踪等是智能视频监控系统的基本处理技术，视频模式识别技术，有人脸识别技术和行为模式分析技术等是高级处理技术。目前对视频信号的基本处理技术已经比较成熟并得到了应用。还没有得到实际应用和推广的视频分析处理技术尚

处于研究阶段。

三、目标检测

目标检测就是从背景（静止的或运动的）中提取出运动的前景目标。智能化视频分析的基础是动态视频运动目标检测技术，也是关系到整个系统功能的重要步骤。下面着重介绍目标检测的几种典型方法——背景减法、帧间差分法和光流法。

（一）背景减除方法

目前运动检测中最常用的一种方法就是背景减除方法，它是利用当前图像与背景图像的差分来检测出运动区域的一种技术。背景减除方法首先选取背景中的一幅或几幅图像的平均作为背景图像，然后把以后的序列图像当前帧和背景图像相减进行背景消去。当所得到的像素数大于某一阈值的时候，就可以判定被监视场景中有运动物体，进而得到运动目标。

用公式表示如下：

$$d = |I_L(x, y, i) - B_L(x, y)|$$
$$ID_L(x, y, i) = \begin{cases} d, & d \geq T \\ 0, & d < T \end{cases}$$

式中， ID_L 是背景帧差图； B_L 是背景图像的亮度分量； I_L 是当前某一帧图像的亮度分量； i 表示帧数（ $i=1, 2, 3, \dots, N$ ）； N 为序列总帧数； T 为阈值。

背景减除方法的优点是原理和算法设计简单，可以根据实际情况确定阈值进行处理，运动目标的位置、大小、形状等信息直接被反映在所得结果中，得到的运动目标信息比较精确。这种算法的缺点是受光线、天气等外界条件变化的影响较大，在有些情况下静止背景是无法直接获得的。

(二) 帧间差分法

帧间差分法也叫作相邻帧差分法。帧间差分法的原理是当监控场景中出現异常物体运动时，帧与帧之間会出现较为明显的差别，前后两帧或三帧图像相减得到两帧图像亮度差的绝对值，判断这个绝对值是否大于阈值并以此来分析视频或图像序列的运动特性、确定图像序列中是否有物体运动。图像序列逐帧差分，相当于对图像序列进行了时域上的高通滤波。

帧间差分法算法的优点是实现简单，程序设计复杂度低，对光线等场景变化不太敏感，对各种动态环境的适应性良好，稳定性较强。它的缺点是不能提取出对象的完整区域，只能提取出其边界，而且依赖于选择的帧间时间间隔。

人们往往仅对差分运算结果中图像的某些部分感兴趣，这些部分常称为目标或前景（其他部分成为背景），它们一般对应图像中特定的具有独特性质的区域。需要将这些有关区域分离出来才能辨识和分析目标，在此基础上进一步对目标进行处理（如进行特征提取和测量）。把图像空间划分成若干个具有某些一致性属性的不重叠区域并提取出感兴趣目标的技术和过程就是图像分割，图像分割中十分古老而又简单有效的常用方法是基于阈值的分割方法，通过阈值分割方法可以将灰度图像转换成二值图像。阈值分割以后，虽然基本上可以很好地分割出运动目标，但是还包含一些由于背景运动引入的噪声及杂散点，因此必须进行滤波处理（中值滤波、形态学滤波等）。滤波以后就得到了理想的前景提取结果。

上述的处理之后，就可以检测出运动目标区域，从而在原图像帧中提取该区域并进行跟踪、识别等后续处理。今后目标的提取识别等还有更多的发展空间，值得引起更多学者的关注。

(三) 光流法

光流法是目标检测的另外一种方法。Gibson 于 1950 年首先提出了光流的概念——指图像中模式运动的速度。光流场是一种二维速度场，其中的二维速度矢量是景物中可见点的三维速度矢量在成像表面的投影，它的基本思想是由计算出来的光流场来模拟运动场，通过分析光流场来分析运动场。一般情况下光流场与运动场没有太大区别。

光流法的优点是能够检测独立运动的对象，只需要知道相邻视频帧之间的像素运动信息，而不需要预先知道场景的任何信息。然而，大多数的光流计算方法有着相当复杂、实时性比较差、抗噪性能弱、如果没有特别的硬件装置则不能被应用于全帧视频流的实时处理等缺点。

四、目标跟踪

传统监控系统中目标跟踪是由监控人员手工操作来完成的。用人工操作的方法来实现控制非常困难，因为所有的目标的运动特性都是非线性的，速度和方向都在随时发生改变，即使目标的速度、方向不变，与摄像机的距离也在变化，引入很强的非线性因素。

智能化视频监控技术提供有效的自动目标跟踪的工具，在用计算机自动处理视频流的过程中，一旦发现和跟踪感兴趣的目标，就会提示监控人员加以关注，并可以控制灵巧快球摄像机，对移动目标实现自动跟踪。统算法流程图如图 5-2 所示。

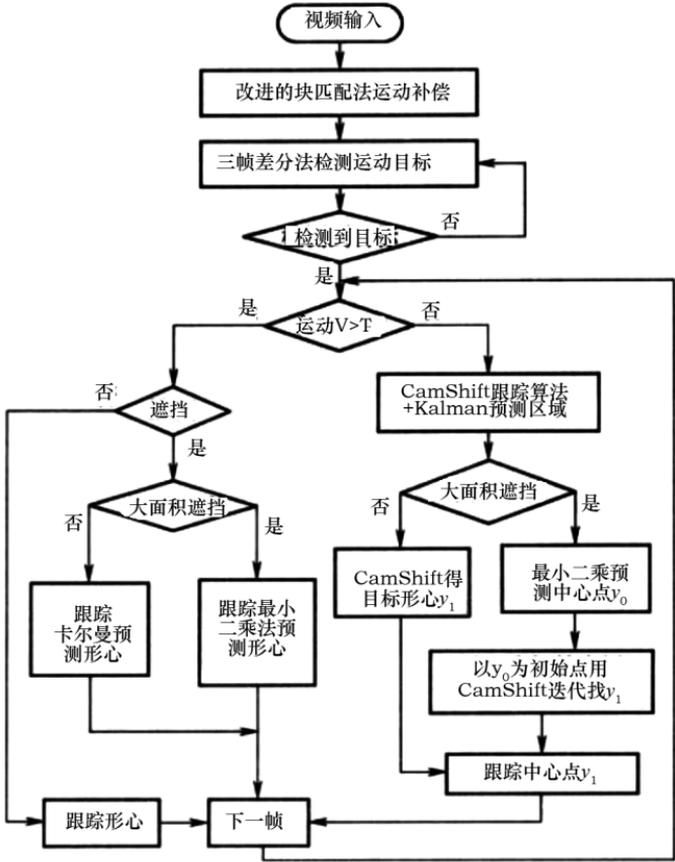


图 5-2 系统算法流程图

五、目标识别

特征提取和匹配是目标识别的两个基本方法。人脸识别和行为模式分析技术等是目标识别技术的主要内容。人脸识别及时在数据库中寻找匹配相应的人脸；可以简单地把行为模式分析问题理解为时变数据的分类问题，也就是说将视频图像中目标的动态行为时间

序列与预先标定的代表典型行为模式的参考序列进行匹配。行为分析技术的简单应用包括设置虚拟的监测边界，当有目标闯入虚拟边界的时候就启动报警功能。目标识别决策树如图 5-3 所示。^①

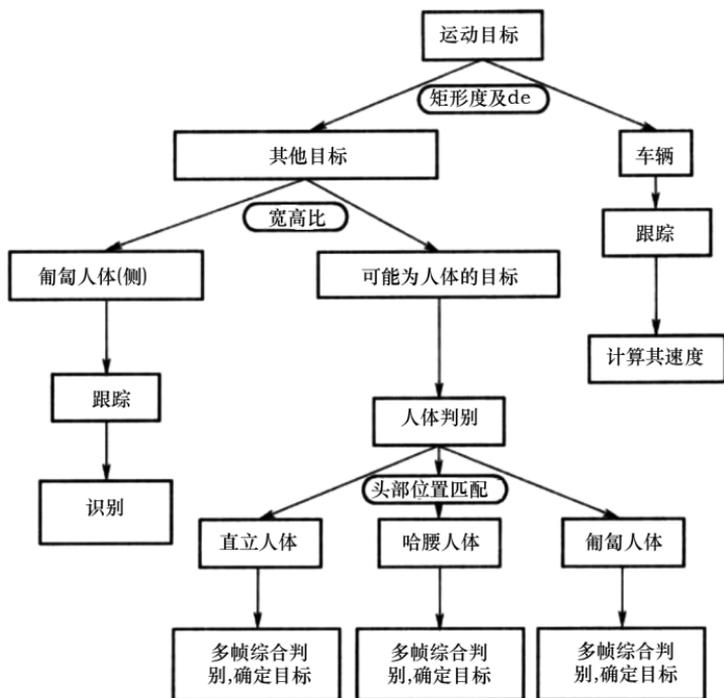


图 5-3 运动目标识别决策树

^① 徐贵力, 陈智军, 郭瑞鹏. 光电检测技术与系统设计 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2013.

第六章 物联网应用——远程康复

第一节 远程康复简介

一、远程康复的定义

远程康复指的就是在综合运用通信技术、远程感知技术、远程控制技术、计算机技术、信息处理技术的基础上，实现跨越地区的康复医疗服务。

远程康复涉及康复工程的康复评定、康复预防、康复治疗、康复训练、辅助设备设计、康复信息管理等领域，是帮助康复专家进行康复服务，提高工作能力的有力工具。

首先，远程康复系统是康复专家本体感受器的外延，如康复专家可以通过摄像机看到远方残疾人的肢体损伤情况、运动失能情况，以及残疾人的家居和工作环境；可以通过麦克风听到远方残疾人的语音，进而确定他的构音障碍；对残疾人嵌入含有传感器的人工皮肤，康复专家通过这些传感器感知其身体表面的温度分布、湿度分布、压力分布；还可以通过力觉传感器获取远方残疾人的肌肉力量状况等。

其次，康复专家通过远程操作控制这些医疗及康复设备，对残疾人进行各种检测，如超声检查、肌电检查、脑电检查，并且残疾人使用的智能化辅助设备的参数也可以被远程操作，可以更好的提供残疾人的个性化需要。例如，可以远程调整动态轮椅坐垫的运动模式，可以有效的防止坐疮。

再次，远程康复系统为康复专家与残疾人之间、康复专家与康复专家之间、残疾人与残疾人之间，提高信息交流与合作能力提供了一个有力的平台。借助远程康复系统，康复专家组的组成可以更加灵活和高效，康复专家的知识 and 经验交流更加方便快捷，康复专家与残疾人及熟悉残疾人状况的相关人员之间的信息交互可以更加频繁和深入，残疾人群的个体之间也可以更方便地交流康复经验和感受。

最后，远程康复系统是康复专家进行信息处理的得力助手：一方面，远程康复系统可以在网络上广泛搜集各种与康复相关的信息，并借助于计算机的运算能力对数据进行融合处理，进而提高专家的工作质量，同时也会相应的减少医生的工作负担；另一方面，由于康复门诊的许多指标主观性比较强，各个专家对评定标准的掌握有一定差异，容易造成康复诊断的一些偏差，而传感器所采集的信号客观性较好，经过合理的组织之后，可以为专家们提供比较统一和可靠的参考依据。

远程康复属于远程医疗的一个组成部分。与远程医疗领域的其他学科相比，远程康复具有以下几个方面的技术特点。

第一，远程康复系统所采集、处理、显示的数据通常是二维、三维和多维数据，包括声音数据、视觉数据和触觉数据等。如为残疾人设计轮椅时，需要将残疾人的人体三维运动图像、身体局部（特别是臀部）的压力分布情况、残疾人的居室及工作场所图像进行综合，轮椅的最佳设计方案才可以确定。

第二，远程康复系统对应的计算机网络状况的差异和变化较大。在不同的时间、不同的地点，残疾人和每个康复专家都可能采用不同的方式接入网络。如在第一次康复评定中，残疾人使用公共电话入网，理疗师采用 ADSL 入网，辅助器具设计师采用光纤入网；而在第二次康复评定中，残疾人使用 ISDN 入网，理疗师采用

DDN 专线入网，辅助器具设计师采用公共电话入网。因此，远程康复系统应具备这样的能力：根据通信带宽的变化、网络拥挤程度的变化以及康复服务的内容，动态调整数据采集、压缩、传送和显示。

第三，远程康复系统所对应的设备类型多种多样，技术标准问题显得特别重要。康复服务对象人数众多，情况各异，所需使用的通信设备、辅助器具、计算机操作系统、微传感器等种类繁多。由于系统中存在着大量并非医疗领域专用的设备，每个领域都拥有自己的通用技术标准，而如果强制要求厂商为这些设备实现医疗标准的接口，那么这些产品的成品会大大的提高，使康复服务的代价大大提高。因此，在远程康复系统的设计过程中，必须以用户为中心，尽量支持各类通用技术标准，以降低系统的使用费用。

二、远程康复的价值

远程康复技术为解决由于康复资源分布不均匀而造成康复成本提高和残疾人不能享受康复服务等问题提供了一种新的途径。在传统的康复门诊模式中，一个残疾人如果想要做高质量的康复评定，就必须到大医院或康复中心去，或者一个康复专家组必须到这个残疾人的住所或社区去。然而，世界范围的康复资源与康复服务对象在地理分布上非常不平衡。康复服务的医疗技术资源、医疗设备资源和人才资源主要集中在富裕地区和大中城市的医院以及康复机构中。而大部分残疾人居住在相对偏远和不发达的地区，尤其是在发展中国家，80%的残疾人居住在农村，并且他们通常都存在着各种各样的活动障碍，经济收入也比较低。这种矛盾局面大大增加了残疾人接受康复服务的成本，甚至经常出现旅行费用超过诊治费用，或因旅行过于困难而放弃就医的现象。这种状况造成众多的残疾人很少甚至完全不能获得个性化的康复服务。

随着计算机、通信、传感器等多学科快速发展，使得远程康复具备了较好的技术可行性，为解决或缓解上述困难局面展现了良好的前景。远程康复使我们能够跨越地理区域的限制，实现康复专家与残疾人之间的信息交互，同时不产生大量附加的康复服务代价，如交通费用、时间消耗等。远程康复的价值还体现在它可以使现有的康复服务人力资源配置更加优化。我们有时可以在新闻和专题报道中看到，某个公众人物受到突发性伤害后，多个国家、多个康复中心的优秀专家飞赴此人所在的医院，联合组成治疗小组，发挥各自的专长，最终取得良好的康复效果。在传统的“面对面”诊疗模式下，这种康复服务只能是特例，不具备推广的可能性，而远程康复则可以非常简便和成本低廉地实现专家之间这种跨越国界、跨越具体康复机构的优势互补，使得更多的人能够享受到过去可望而不可及的高质量康复服务。

远程康复可以使康复处方拥有更广泛的信息依据。由于个性化的康复服务需要综合考虑残疾人的生理状况、病理状况、家居环境、工作环境、职业特点、个人爱好、经济状况等多个方面的数据，而这些数据保存在不同的数据库中，由不同的部门来维护、更新和知识化，如病理信息由医院管理，地理信息由国土资源部门管理，环境污染信息由环境保护部门管理，因此收集和综合这些信息的工作量非常巨大；传统的康复服务在这方面的处理能力难以胜任；而通过计算机网络以及各类管理部门之间的协调，充分发挥远程康复系统的信息管理优势，就有可能获得大量与康复服务相关的信息。在此基础上，建立和更新康复服务数据库及知识库，一方面可以使康复专家更准确地掌握残疾人的个性化特征，另一方面也可以降低康复专家的劳动强度，提高其工作效率。

远程康复还可以提供更加及时、有效的康复服务。当前的康复服务通常是残疾人每隔一段时间作一次康复评定，康复专家根据前

一段时间残疾人的综合状况开出康复处方，设计下一阶段的辅助器材，确定相应的康复治疗、康复训练计划等。这种方式有一些缺点：第一，由于两次康复评定的间隔时间可能相当长，因而无法及时发现这个期间出现的问题，从而丧失最佳的干预机会；第二，由于康复评定所处的环境与残疾人的实际生活环境有差异，对残疾人的评定及对辅助设备进行检测的持续时间也比较短，从而造成康复专家所得到的数据不够准确和完整。当采用远程康复时，可以让残疾人随身佩戴一系列智能化的传感器，或将这些传感器安装在辅助设备上，从而可以在残疾人的日常生活中随时采集和记录相关的康复数据，如果发现异常问题则立即向远方的康复专家报警，远方的专家对数据经过分析处理之后，可以调整康复方案，也可以通过智能化设备直接进行远程干预。此外，远程康复在康复教育、康复咨询等方面也有着传统方式无法比拟的优势。

综上所述，远程康复的价值体现在：解决或缓解康复资源分布的不平衡性所造成的康复服务成本上升；进一步实现康复资源的优化配置；建立更广泛的信息支持，提高康复服务的质量和效率；提供了新的康复资源，能够使康复专家更准确、全面、及时地掌握残疾人的康复数据和需求，提供更加优良的康复服务。

三、远程康复的发展

最早的远程医疗服务可追溯到 1935 年，当时人们使用无线电台，建立了为海上航行人员提供医疗咨询服务的远程系统。20 世纪 40 年代末，在第二次世界大战后的日本也出现了一些非常简单的远程监护系统，系统设备仅仅由按键、导线、电铃组成，一些独自居住的老年人和病患者感觉不适时，可以按下按键，使远方的电铃发出声响，通知医护人员。可以说这些简单的系统已经具备了一些远程医疗或远程康复的特征。

具有视频信号的远程医疗系统出现在 20 世纪 50 年代末，1959 年 Wittson 等人在美国内布拉斯加州建立了一个小型的交互式电视系统，用来进行远程心理健康服务。1964 年，内布拉斯加精神病院与 Norfolk 州立医院之间通过闭路电视网实现了相距 112 英里的远程医疗服务。1967 年，在马萨诸塞州总医院与波士顿洛根国际机场之间又建立了一个交互式电视系统，并实际开展了远程的临床诊断和治疗。这一阶段，即 20 世纪 50 年代末到 60 年代末的尝试性工作，证明了可以通过通信线路实现远程医疗服务。

20 世纪 60 年代末到 70 年代中期，研究者将研究重点放在远程医疗的组织形式、实施环境、资源需求等方面，主要采用闭路电视和电话两种通信方式。这一阶段的工作主要是评估远程医疗的可行性，并对比闭路电视和电话两种通信方式的优劣。从当时的情况来看，电话系统的优势明显一些。

从 20 世纪 70 年代后期开始，欧美多个国家的政府资助了许多远程医疗项目，建立了多个试点网络，探索远程医疗的特点和运作规律。至 90 年代以后，由于计算机技术、通信技术的进步，特别是 Internet 网的建立，远程医疗得到快速发展。1996 年的数据显示，欧洲有 17 个国家建立了远程医疗系统；美国则在全国大部分地区建立了远程医疗网络，包括 HP、IBM、Intel 在内的为数众多的公司和企业投入到远程医疗系统的研究开发之中；日本对远程医疗也非常重视，其重点放在家庭监护和远程手术方面；一些发展中国家，如中国、韩国、墨西哥、纳米比亚等也开展了一系列相关的研究。

远程康复的许多技术来源于已建立起来的各类远程医疗系统，但主要用于康复服务的远程系统则在 20 世纪 90 年代才建立起来，如，1998 年美国辅助技术中心和澳大利亚 Adelaide 失能者技术研究会之间建立的压力检测系统。

目前在远程康复方面有代表性的国外研究机构有：美国匹兹堡大学辅助技术研究中心（Center for Assistive Technology, CAT）美国肯塔基大学人类发展学院、美国 Pangborn Catholic 大学的生物医学工程系等。

国内有关远程康复的研究也已经取得了一系列成果，如上海交通大学研制的定做式人工关节 CAD/CAM 系统，实现了 CT 图像的传输、股骨数据的三维重建、人工关节的异地制造；西安交通大学研制的远程康复系统，基于 Java2 平台，实现了视频、声音、压力、温度等数据的远程采集和同步传输。该系统支持远程评定、远程监护、远程康复教育等功能，还可以通过虚拟人体模型将数据库中的个性化人体特征数据形象地显示出来。

国内外现有的这些系统为康复科学与技术的发展展现了良好的前景，但整体来说，远程康复技术仍处在发展的初期阶段，还有许多问题有待解决。^①

四、远程康复系统及终端设备

远程康复的发展起源于远程医疗系统的发展。远程医疗指的是对于一些不能前来就医的远地病人，医疗机构可借助现代互联网或通信技术实现对于远地对象的医疗服务系统，利用远程医疗系统可以对远地对象进行检测、监护、诊断等。这个定义类似于远程康复，它的应用范围针对的是居家的功能障碍患者或老年人，且含义更宽泛，如远程跌倒检测、痴呆老人的定位等也可以属于远程康复的范畴。最新的远程康复系统则是利用物联网技术与云计算技术，来面向社区及城市大量康复对象，实现基于物联网的远程康复。

^① 王珏. 辅助技术 康复工程基础 [M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2010.

(一) 国外的发展背景与趋势

远程康复是远程医疗应用到康复领域的具体体现。目前, 研究远程康复工作的人员数量非常多, 世界各国都充分认识到了远程康复隐藏着巨大的市场潜力。

计算机技术特别是多媒体及计算机网络技术包括 Internet 的发展, 传统的医学教学模式将会受到巨大的冲击。Internet 正以一种全新的多媒体形式走进大众生活, 它不受时间和空间的限制, 缩短了人与人之间的距离, 有效地实现了资源共享。Internet 远程康复网站的建立, 患者及患者家属都可以直观地看到相关的康复教学, 患者可以更好的进行康复训练。康复治疗的最终目标是使肢体残障患者尽可能地恢复独立正常的生活。远程医疗技术的应用从最初的高科技领域扩展到后来的军用、民用, 到现在的社区和家庭渗透, 远程医疗普及家家户户。基于家庭的远程康复系统成为未来康复技术发展的新趋势, 使得肢体残障患者可以更加方便快捷地得到康复服务, 接受康复治疗, 恢复肢体功能。

目前, 远程康复系统在国外的研究和应用主要集中在以下几个方面。

第一, 医疗信息集成与交换协议 (如 DCOM3、HL7 等), 其目标主要在于将医疗信息系统 (包括信息系统、医疗设备等) 集成起来, 形成以病人为中心的服务体系, 形成跨地区、跨国家的病人资料 (如病史、X 射线、CT 图像等) 传送、存取等集成健康电子记录信息管理中心。

第二, 远程康复保健信息服务系统结构, 即在一个能保证安全和认证策略下的连续性的协作环境中, 建立集成的面向用户的区域医疗保健系统。提供分布式计算机服务、信息管理服务、应用协同服务、用户接口服务、财务服务 (支持商业和个人财务交易)。

第三，远程康复环境中的智能图像管理技术，基于联合自治信息系统功能和数据集成，研究开发以病人记录作为中心元素，借助内容和结构来访问信息资源。采用分布式分层存储策略获得和处理区域级或一个单个医院级的智能图像信息。

第四，可穿戴设备引发的科技浪潮正变革着传统的康复治疗手段。穿戴式传感器技术是组成社区或整个康复服务网络，甚至更大范围的远程康复系统的关键技术。利用穿戴式传感器进行健康评价和康复指导，不影响患者的正常生活。穿戴式传感器具有小巧紧凑、坚固耐久、能量消耗低、无线数据交换、即插即用、并在长期佩戴中能保持使用者舒适的特点。根据市场研究机构 ABI Research 发布的最新数据显示，2012 年大约有三千万元的无线可穿戴健康传感器应用在医疗电子领域，这比 2011 年增长了 37%。ABI 预计，未来 5 年内可穿戴式无线体育器材和医疗设备市场需求将从 2011 年的 2077 万台增长至 2017 年的 1.695 亿台。

另外，智能手机普及范围越来越广泛，物联网技术呈现与智能手机相结合实现智能远程康复的趋势。基于智能手机平台的远程康复主要体现在三个方面：一是居家生理参数监测；二是老人居家安全监测与预警；三是远程康复治疗与训练。

目前，在远程康复方面处于领先水平比较具有代表性的国外康复机构主要有美国匹兹堡大学辅助技术研究中心、美国肯塔基大学人类发展学院、美国 PangbornCatholic 大学的生物医学工程系等。

国外现有的远程康复系统来源于已建立起来的各类远程医疗系统。在科学技术的推动下，这些远程医疗系统已经发展为移动医疗系统，通过对世界各国在移动医疗领域的理论研究和实践经验总结来看，移动信息化技术与医疗、急救、护理、康复等的结合已经成为新的发展趋势。不管是发达国家还是发展中国家，对于这一新领域开发牟足了尽头。美国的医疗系统发展得比较完善，完全有能力

开发和部署高级通信和数据服务，其主要应用在信息通信方面；全球一半以上的移动医疗服务应用在美国。

早在 20 世纪 70 年代，美国国家航空和宇宙航行局（National Aeronautics and Space Administration, NASA）就运用远程监护技术实现了对太空中宇航员生理参数的监视。随后，人体状态监护仪（PSM, Personnel Status Monitor）的微型设备应用于作战士兵，能够实时监控携带者的体温、血压、心率等各项生理参数。在研究领域，1996 年美国马里兰州立大学医学中心与 TRW 公司联合开发的移动医疗项目 mobile telemedicine tested 项目取得了良好的成效。此项目旨在构建能够实时监控中风病人的移动救护车系统，并在项目的第一阶段就实现了移动中的救护车与医生办公室计算机之间双向音频与视频通信。这一系统受到世界其他国家（如瑞典、塞浦路斯、希腊、意大利）的喜爱，并投入使用。欧洲在遭受欧债危机重创后经济水平正处于恢复期，他们最关注的是研究新技术的成本，节约成本也就成为医疗卫生部门研究开发新技术的重要前提，因此研究主要集中在监测方面；而发展中国家受制于医疗水平，极易爆发地区性传染病，而且解决突发性疾病的能力不强，因而其研究重点就放在了监控类应用方面。移动医疗系统为康复科学与技术的发展展现了良好的前景，综合来说，远程康复技术仍处在发展的初级阶段。

（二）我国的发展布局与态势

随着我国信息化基础建设的逐步完善，远程医疗系统将在多种通信线路并存的情况下，向移动性、多样性、实时性方向发展。上海交通大学、上海医科大学、北京医科大学信息中心、清华大学、军事医学科学院、西北大学可视化技术研究所等研究机构和中心都在开发和设计适合我国国情的远程医疗系统，有些系统已用于临床

或即将用于临床，如家庭监护、心电超声图像的远距离传输、妇幼保健等某些科目。与国外对远程医疗的研究相比，我国的研究工作涉及范围比较小，研究人员数量非常少，研究面也较狭窄，而且大多都集中在以下几个方面：基于视频会议系统的远程会诊系统；远程家庭康复；基于 Web 网站的医疗信息咨询；某些疾病数据库系统。我国的相关研究还主要停留在理论层面，实际应用和实践操作较少，对于构建移动医疗体系的主体、客体、内容及服务递送的研究也较少涉猎，这将是移动医疗研究在我国进一步发展的方向和趋势。

目前，由于国内对于整个远程医疗系统的架构模型、医疗信息交换与集成、医疗图像的智能处理与管理技术研究还处于空白或薄弱的状态。因此，给我国远程医疗系统的建立、国民健康医疗保障系统的建立以及远程康复服务系统的建立带来了巨大的困难。

（三）上海的产业与研发基础

上海的移动医疗技术为远程康复系统与终端设备的开发奠定了基础。上海中医药大学附属龙华医院作为其中的“试水者”，利用新型信息技术与医疗业务相结合，在上海金仕达卫宁和英特尔的联合推动下，对医院的移动医疗应用进行了全面优化。在龙华医院已与电信运营商共建了 802.11n 的无线网络环境，其采用的移动医生站系统是一套运行在主流平板电脑之上的医生站系统。主要应用场景为移动状态下的医生医疗行为的实施。该系统建立在医院原有信息系统基础之上，集成了 HIS、PACS、RIS、LIS、电子病历等多个医院信息系统，医生可以在患者病床边随时调阅相关病历，实时记录病患生命体征，直接下达医嘱和医嘱修改等工作，所有信息将实时传回医生工作站，减轻医生负担，提高诊疗效率，将更多时间还给病人。

由于上海的康复医学和康复服务处水平高于其他城市，故在远程康复平台的建设方面走在了全国的前列。最近几年，上海积极推进多中心家庭网络康复平台的建设。多中心家庭网络康复平台与康复机构紧密联系，让残疾人足不出户就可享受到康复评估、康复指导、康复训练、健康咨询等便捷服务，降低了残疾人在康复医疗、交通食宿等方面的巨额费用，目的在于提高上海现有康复医疗资源的利用率，最大范围地扩大残疾人的康复受益面。由于上海的老龄化程度较高，以及残疾人对于自身的生活水平和后期康复相对较重视，因此基于家庭网络的康复平台将成为未来康复医学中的主要手段之一。2012年底，浦东家庭康复网络平台课题获得浦东新区科委立项，浦东已有几十户脑卒中患者家庭试点远程康复。患者利用一台联网的计算机就可以在家接受中心医生的远程康复训练、咨询和服务。患者根据医生制订的方案，平日里在家里就可以进行康复训练及进行视频咨询。在未来的几年，远程康复平台的覆盖范围将会更加广泛，还有望立足长三角，辐射全国，方便残疾人在家中进行康复训练，减少家庭支出。另外，多中心家庭网络康复平台将进一步促进上海地区康复服务的转型发展，进一步节省医疗开支，减轻政府负担，上海地区家庭康复网络平台的建立也将会促进家庭终端康复产品产业化发展。

上海正在努力将自己建设成为国际经济、金融、贸易中心之一，成为长江流域经济发展的“龙头”。医学的进步，计算机及高速通信工具的应用使远程康复、远程医学教育、建立多媒体医疗保健资讯系统等医学计算机信息应用成为现实。和全国其他城市相比较，上海的科学技术水平名列全茅，具有的康复医疗资源相对丰富，故在进行远程康复的研究和开发方面具有优势。

（四）需求与产业应用前景

脑卒中患者和残疾人必须在医院和专业机构进行康复训练，经

济成本和时间成本较高。因此，很大一部分脑卒中患者在出院后就停止了康复训练，留下多种卒中后遗症，和欧美国家相比较，我国的脑中风患者康复率处于很低的水平。

据民政部印发的《2014 年社会服务发展统计公报》显示，截至 2014 年底，全国 60 岁及以上老年人口 21242 万人，占总人口的 15.5%，其中 65 岁及以上人口 13755 万人，占总人口的 10.1%。中国残联发布我国最新残疾人口数据：全国残疾人口逾 8500 万。大部分人可以通过康复治疗、配备康复器具和康复训练，部分或全部地改善或恢复其丧失的肢体功能，提高生活质量。于是辅助患者实施功能康复训练的智能系统的研究引起了人们的极大兴趣。由于肢体残障患者生活在不同的区域内、交通设施状况和身体条件的限制，无法独立或坚持定期到专业康复中心接受康复治疗；处于偏远地区的患者难以得到或及时得到康复治疗；经济力量薄弱的患者由于不能承担沉重的康复治疗费用，而延误了康复治疗的最佳时机。另外，基层医院专业技术力量薄弱，缺少专业的康复治疗人员，而且很多从业人员缺乏康复知识和临床经验。远程康复将缓解以上矛盾。远程康复的价值主要体现在：缓解由于康复资源分布的不平衡性所造成的康复服务成本的上升；使康复专家能够克服时间和空间的限制，更准确、全面、及时地掌握残疾人士的康复数据和需求，进而提供更加优质的康复服务。截止到 2008 年年底，上海共有 3590 个居委会，1783 个村委会。到 2025 年，如果每个居（村）委会建立一套基于社区的远程康复系统，每套康复平台系统约 50 万元（仅具备基本康复评估和视频设备，以及网络通信终端），仅上海地区的远程康复产值“容量”至少有 25 亿元，这还不包括老年人和残疾人在自己家中根据自身情况配置的远程康复终端设备，这将是一个巨大的市场。

从目前国内外的的发展情况来看，远程康复各方面的研究都有较

大局限，均处在起步阶段。

(五) 目标产品与指标

1. 基于物联网的交互式远程康复系统

以物联网技术为基础的交互式远程康复系统在进行康复训练评估、康复治疗指导、康复过程中的医患沟通方面发挥着重要的作用。该系统对病人的各类肢体恢复进展进行精确测量，为设计康复方案提供宝贵的参考依据。该系统应具有以下特点。

(1) 实现多种系统和多种技术之间的资源共享的交互平台。

(2) 多种常规的家用健康监测仪器和康复训练设备，并通过网络进行通信。

(3) 一套能够沟通家庭和医院的网络及软件平台、数据库。

(4) 以传感器为基础的传感器节点网络，传感器成为康复专家本体感受器的外延。

(5) 以手机为个人移动平台，通过远程互联网，将康复局域或体域物联网与家庭成员、医生、社区及医院之间建立联系，使远程康复系统与移动通信完美结合，具有低成本、便利性及可移动性的特点。

2. 基于社区平台的老年人行为安全检测与防护系统

专门针对老年群体服务，集生理信息监测、环境安全监测、定位急救、疾病监护、认知障碍评估、日常运动监测和各种康复训练指导与服务于一体，构建老年人健康服务平台，作为“居家养老——社区养老”的有力技术支撑。该系统应具有以下特点。

(1) 利用网络和虚拟现实技术建立能够更新数据的认知功能评估系统，通过该系统与健康服务平台互通，提高老年人的社会参与度。

(2) 利用便携式生理信息检测设备的检测数据作为老年人行为监测和健康监护的依据。

(3) 依据预警的数据，基于专家智能库系统进行辅助诊断。

图 6-1 是基于社区平台的老年人行为安全检测与防护系统构架的示意图。

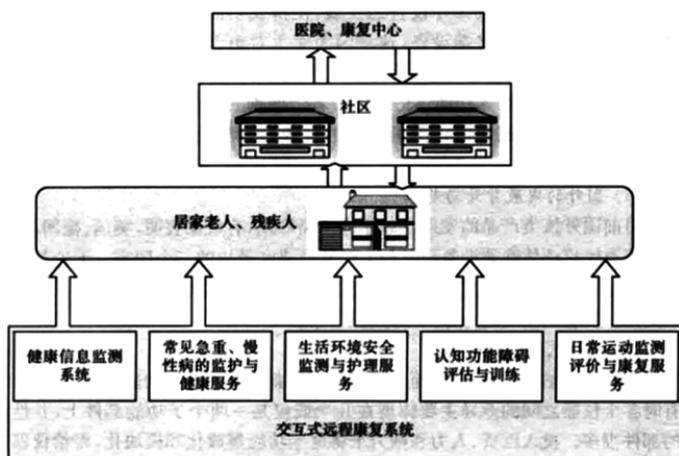


图 6-1 基于社区平台的老年人行为安全检测与防护系统构架示意图

在此系统中，包括以下几个子系统实现其功能：一是老年人健康信息监测系统；二是老年人常见急重、慢性病的监护与健康服务系统；三是老年人生活环境安全监测与护理服务系统；四是老年人认知功能障碍评估与训练系统；五是老年人日常运动监测评价与康复服务系统。

(六) 推进实施的重点内容

推进重点实施主要包括以下两方面的内容。

1. 基于家庭的远程康复系统

康复服务的接受者在家中进行治疗。利用家里的设备，尤其是电视机或电脑、摄像机和照明灯，模拟常规的面对面（一对一）治疗形式，不用和医生进行身体的接触，只需要患者借助电子媒体的交互作用就能得到康复训练指导。系统设计应重点考虑怎样选择和安装传感器，如何让残疾人正确使用这些传感器。

2. 移动性远程监护服务系统

残疾人有可能在不同的环境中生活和学习。因此，需要残疾人使用佩戴式传感器。残疾人通过这些自身佩戴的传感器，与无线通信相结合，使远方的康复服务人员可以对残疾人的健康状况进行监测。此时，远程监护系统需要解决移动通信、智能化传感器的无线连接和设备的微型化、舒适化等问题。^①

第二节 远程康复的应用

一、远程康复会诊

现在大部分国内的医院建立的远程会诊系统是基于电话线点对点的连接，设备的投入较少，数据传输速度较慢，一般为28.8Kbps，不能进行图像的实时传输。同时由于通信费按长话费收取，会诊的成本较高也使远程会诊工作开展受到限制。基于帧中继，DDN（数字数据网），卫星通信等方式的会诊系统传输速度快，传输带宽可达到数百K甚至过千K，可以真正的实现实时的多媒体传输。但成本和维护费用太大，系统的整体效益很难提高，

^① 喻洪流，石萍．康复器械技术及路线图规划 [M]．南京：东南大学出版社，2014．

目前还难于普及。

ISDN（综合业务数字网）是一种成本和费用相对较低、传输速度又较快的方式，但目前国内开通了此项服务的医院寥寥无几。通过 Internet 的远程会诊（即 Store and forward 方式）是以电子邮件的方式进行数据传输的。随着网络技术和硬件的更新，通过电话线连接的传输速度已达到 33.6Kbps 甚至 56Kbps。这种方式也可达到很好的效果，与通过电话线点对点的会诊方式的主要差异是软件集成及界面等的不同。它突出的优点就是可将资料在网站上发布，综合许多专家的意见以利于取得更准确的结果。

此外，患者面对的选择也相应的增加，他们可通过 Internet 将医学资料传输给不同医疗机构的医生以利做出更全面准确的诊断。由于 Internet 远程通讯费用的收取是按市话费计算的，加上网络费其成本也很低，所以非常适合中国国情，为边远地区的医疗单位提供了一个经济的远程会诊方式。国内的网络康复医学网站在这方面进行的开创性的尝试也证明了它的优点，在目前阶段，它仍然是远程康复会诊的一种主要方式。

二、远程康复评定

伴随着信息技术的飞速发展，越来越多的康复评定设备利用计算机辅助康复的评定，在功能不断提高的同时，价格也大幅度上升，导致这些设备资源不能很好的被利用。远程康复评定技术为这些康复评定设备的充分使用提供了可能。目前通过 Internet 成功进行远程康复评定。边远地区及其他不具备步态分析系统的单位，将病人行走的动态图像压缩后通过 Internet 传输至有步态分析系统的实验室，图像在步态分析实验室经步态分析系统软件处理后，将结果传回请求分析的单位。网络的普及范围越来越广泛、康复评定设备计算机化程度的增加，远程康复评定将在现代康复医疗中发挥着

更重要的作用。

三、远程康复治疗

计算机技术、网络技术及虚拟现实技术的发展为远程康复治疗提供了实施的可能，特别是对骨科疾病的训练和康复。国外已有部分康复机构试用远程虚拟力反馈康复训练系统，它是针对手功能康复的一套远程康复训练系统，在远程康复治疗中初步应用取得良好的康复训练效果，其基本构造介绍如下：

（一）系统的组成

1. 硬件组成

系统硬件主要由康复中心的服务器及患者家中的康复训练工作站组成，服务器与工作站通过 Internet 连接。康复训练工作站由力反馈数据手套、计算机、网络摄像机等设备组成。中心的服务器与康复训练工作站的配置基本相同，但不配图形加速器及 3D 轨迹球。

2. 软件组成

康复中心服务器主要安装数据库系统，储存及分析病人的训练信息。康复训练工作站主要安装虚拟康复训练系统软件，软件中包括虚拟橡皮球的抓捏、虚拟手指插板等训练程序，这些程序目的是为了训练手指的力量及关节的活动度，每个训练程序有不同难度等级，训练世界也可调。康复中心的服务器通过 Internet 与患者的家中的虚拟康复训练系统进行连接，（如图 6-2 所示）。



图 6-2 图远程康复训练示意图

(二) 训练程序

病人的相关资料储存在康复中心服务器的数据库中，数据库的治疗信息根据病人的训练情况不断更新。数据库中包含有患者的病例号、训练方式、训练时间及其他有关训练的参数。

这些训练参数通过 Internet 传到病人图形界面的工作站上，治疗师可以通过网络随时修改治疗参数，了解患者治疗方式是否正确、效果进展等，并随时指导病人训练。

(三) 应用概况

此系统在美国斯坦福大学试用结果表明，通过虚拟远程力反馈康复训练，患者手的抓握力及眼手协调能力有明显提高，提示远程康复训练运用的可能。

但是，远程康复医学的运用也存在一些问题，如网络的安全性较差，有关的法规未建立或不完善，网络传输速度不尽人意等。相

信随着 Internet 以及相关技术的发展,网络带宽的扩展,Internet 远程康复医学方面将会起着越来越重要的作用。^①

第三节 远程康复基本技术

一、计算机网络

如果有多个计算机,它们之间地理位置分散,但是可以通过铜线、光纤、微波或通信卫星等设备来相互交换信息,这样的系统即被称为计算机网络。计算机网络包括网络硬件和网络软件两个方面。

(一) 网络硬件

从硬件方面来分类,网络一般可以分为局域网、城域网、广域网、无线网和互联网。

局域网(Local area network, LAN)指处在同一建筑物、同一公司、同一医院或几公里地域区域内的专用网络,往往都是私用的,即专门为某个团体所使用,如一个医院内部通过同轴电缆连接起来的门诊服务网络。这种网络的覆盖范围较小,通常采用一条电缆连接所有的计算机,网络的时间延迟低,通常只有几十个毫秒,通信的出错率非常低。低速 LAN 的数据传输速率在 10Mb/s~100Mb/s 之间,高速 LAN 的数据传输速率可达几百 Mb/s。

城域网(metropolitan area network, MAN)基本上是一种大型的 LAN,它所使用的技术与局域网相似,网络覆盖范围非常广泛,可能包括若干企业、社区、医院,或是一个城市。这种网络既共用私用都可以。城域网采用一条或两条电缆将所有计算机互联,一般使用两条单向电缆,典型覆盖范围 160 公里,传输速率为

^① 余瑾,刘夕东.康复工程学[M].上海:上海科学技术出版社,2009.

44. 736Mb/s。

广域网 (wide area network, WAN) 是一种跨越大的地理区域的计算机网络, 可以包含几个省、市或者是一个国家。在广域网中, 大量的计算机通过通信子网 (由通信线路和路由器构成) 互相连接, 结构复杂。广域网的通信线路包含大量的电缆、电话线、光纤, 也可能包含通信卫星, 覆盖范围可达数千公里, 通常是公用网络, 或是大型组织 (如军队) 的私用网络。网络内部不同结点间的数据传输速率差异较大, 与接入方式相关, 如采用光纤时可达 $1\sim 2\text{Gb/s}$, 而采用电话线时只有几十 Kb/s 。

无线网是指通过无线方式连接的网络, 通信线路可以是无线电波、微波、红外线、毫米波等。无线网络的形式繁多, 可以是一个建筑物内通过无线网卡连接的无线局域网 (WLAN), 也可以是通过蜂窝电话连接的跨越省际的网络, 或是通过通信卫星相连的跨越国家、大洲的远程网络。WLAN 具有易安装、可移动的优点, 但它的通信速率较低, 一般在 $1\sim 2\text{Mb/s}$ 以下, 差错率也比较高。

互联网和因特网: 世界上存在着多种类型的网络, 它们的网络规模不同, 服务目的不同, 技术标准也有差异, 当通过网关将其中的一些网络连接起来。就构成了互联网 (Internet)。网关主要起到信息“翻译”的作用, 使数据格式互不兼容的网络之间可以交换信息。因特网 (Internet) 是指世界范围内的互联网, 它广泛地将全世界大量的科研部门、公司企业、政府机关、个人用户等连接在一起, 成为全球性的信息交流、信息共享平台。

(二) 网络软件

计算机网络软件具有高度结构化的特征。对于远程医疗及远程康复系统设计来说, 网络软件通常比网络硬件更为重要, 系统开发和维护人员需要花费更多的精力。计算机网络软件主要包括网络协议和应用程序。目前比较常见的协议主要有以下几种。

TCP/IP 是一组工业标准协议, 支持多种不同类型计算机的通

信，是不同类型计算机之间进行相互操作的标准协议，是当前 Internet 上最常用和最重要的协议。

Apple Talk 是 Apple 公司的专用协议，用于网络中 Apple Macintosh 计算机之间的文件和打印共享。

OSI 是由国际标准化组织建议的一组协议，包含路由和传输协议、IEEE802 系列协议等，提供全面的网络功能支持，如文件传输、打印、终端仿真等。与 TCP/IP 协议相比，OSI 协议的层次结构较为清晰，在网络技术发生变化时，很容易将某一层次的软件替换掉。但 OSI 协议的设计复杂度比较高，效率比较低，在 Internet 上未能成为主流协议，其接受程度远远不如 TCP/IP 协议。

X.25 是报文交换网络中使用的协议，是一种早期用于连接远程终端与大型机系统的数据协议，主要依靠电话线路来传输数据，传输速率不是很高，一般在 64Kb/s。由于出现的时间较早，在当时应用的范围比较广泛，使得目前仍有许多公用网络在使用该协议。

虽然目前大多数 Internet 用户选用 TCP/IP 协议，但在设计远程康复系统时，为了提高系统的通用性，应对多种常用通信协议加以综合考虑。计算机网络系统的应用程序是建立在网络协议基础之上的服务程序，它是用来给用户提供一个—机界面，支持用户完成多种业务的。

对于远程康复系统来说，康复专家组成员（包括康复医师、物理治疗师、作业治疗师、假肢及矫形器师、辅助器具厂商等）的工作地点在医院或公司里，网络条件性对来说比较好，有时可以在同一个局域网内，数据传输速度非常高；但是大部分残疾人一般都是在家中或偏远的社区诊所中，网络条件较差，与康复专家组成员只能通过 Internet 连接，数据传输速度低，但这部分数据又是特别重要的资料。因此，系统软件设计应根据不同的通信条件，动态调整系统在网络上的工作模式，以使系统达到最佳的综合性能。特别需要关注残疾人所拥有的接入方式和数据传输速度。

目前常见的几种远程网络服务及其典型数据传输速率如下：

DQDB (distributed queue dual bus)，分布式队列双总线，45Mb/s；

SMDS (switched multimegabit data service)，交换式多兆比特数据服务，45Mb/s；

X. 25，64Kb/s；

Frame Relay，帧中继，1.5Mb/s；

ISDN (integrated services digital network)，综合业务数字网，64Kb/s、128Kb/s；

ATM (asynchronous transfer mode)，异步传输模式，155Mb/s。

二、数字图像处理

数字图像处理是指用数字计算机及其他有关的数字技术，对图像施加一系列操作，从而达到所期望的结果。图像不仅包含这些照片、动画等可见图像，而且还包含不可见的温度、压力、密度和阻抗等分布图，以及数学函数图像。对于远程康复系统，二维或三维图像是最为常见的信号形式。数字图像处理的研究内容可概括为以下六个方面。

(一) 图像数字化

图像数字化指的是如何把一幅连续的光学图像表示成一组数字，既不失真又便于计算机处理。对于远程康复系统来说，需要特别注意摄像机的扫描频率，在日常生活中如果是在观察残疾人的生活能力、关节活动范围等速度较慢的运动时，一般家庭用的 CCD 摄像机（通常为 25 帧/秒）即可满足需要，但如果要观察残疾人跳跃、跑步、打球等快速运动情况时，通常需要高速摄像机，如每秒 500 帧以上的摄像机。

(二) 图像增强

图像增强是指强化图像的某些特征，如对边缘、轮廓、对比度等进行强调或尖锐化，削弱干扰和噪声，以便于显示、观察和进一步分析处理。图像增强并不增加图像数据中的相关信息，而是增加所选择特征的动态范围，从而使这些特征更容易被检测和识别。经过增强处理后的图像未必与原来的图像一致，往往会有一部分信息丢失。

图像增强的具体方法通常有：①图像的点运算，包括对比度展宽、噪声限幅、灰度级修正、数字减影、直方图均衡化等；②图像的空间域变换，包括噪声平滑、图像锐化、中值滤波、放大细化、多光谱增强、反对比度影射等；③图像的变换域运算，包括高通滤波、低通滤波、带通滤波、根滤波、同态滤波等；④图像的彩色增强，包括假彩色增强和伪彩色增强等。这些方法在生物医学领域中都得到了广泛的应用，也是远程康复技术中常用的图像处理方法，如观察嘴唇运动时，通过边缘提取方法，使嘴唇的轮廓更加突出；对人体压力分布图像进行伪彩色增强，用不同的色彩表示不同的压力等级，便于康复专家进行观察。

(三) 图像恢复

图像恢复就是把退化、模糊了的图像复原。复原图像要尽量与原图像保持一致。引起图像退化的物理模型有 3 种：①非线性退化，在拍照或摄像时，由于曝光量和感光密度的非线性关系而引起的退化，如曝光过于强或过于弱时，造成感光饱和，而使得图像模糊；②空间模糊，可以解释为光经过有限窗孔，从而发生衍射作用引起的图像退化；③运动模糊，由于物体的平移或旋转，使得空间某些点与图像上像素的一一对应关系变成一个点与多个像素的对应关系，从而造成的图像退化。由于在远程康复系统中经常需要使用移动式摄像机，在这个过程中不可避免地会有抖动、平移和起

伏，而且观察对象常常会有比较快速的运动，所以运动模糊是非常常见的问题。

图像恢复的主要处理方法有：①代数恢复方法，包括无约束最小二乘法、有约束最小二乘法、能量约束、平滑约束、维纳滤波、最大熵约束等；②频域恢复方法，包括反滤波、能量约束、平滑约束、维纳滤波、谱减法、功率谱均衡、几何平均等；③卡尔曼滤波；④人一机会话恢复；⑤几何畸变消除等。

（四）图像压缩

通过图像压缩在满足一定保真度要求的情况下可以简化图像表示，从而大大压缩表示图像的数据量，方便存储和传输。图像数据可以进行压缩的原因主要有：原始图像数据是高度相关的，许多数据图像内相邻像素之间有较强的相关性，存在很大的冗余度，即空间冗余度；序列图像前后帧之间有较强的相关性，即时间冗余度；若用相同码长表示不同出现概率的符号也会造成比特数的浪费，即符号冗余度；允许图像编码有一定的失真也是图像可以压缩的一个重要原因。

数据压缩有两种——无损压缩和有损压缩。无损压缩删除的仅仅是数据中的冗余信息，即重复的信息，有用信息量不会减少，图像在解压缩时可以被精确地恢复，但图像的压缩比不是很大；有损压缩删除的是数据中的冗余信息和不相干信息，信息量会减少一部分，图像在解压缩时只能被近似地恢复，但图像的压缩比可以大大高于无损压缩。远程康复系统由于受到通信带宽的限制，一般都采用有损压缩的方式。例如，针对静态图像的 JPEG 压缩，其压缩比通常在 15~40 之间；针对运动图像的 MPEG 压缩，其压缩比可达 100 以上。

（五）三维图像

我们生活在三维空间中，所见到的大多数二维图像都是用摄像

机通过透视变换，将三维世界降为二维世界得到的。通过建立投影模型，可以对一系列相关的二维图像进行反投影，以获得形成这些图像的原物体的三维信息，重建出三维图像。同样，给出一个三维物体的数学描述，就可以计算出在某一已知视点的二维图像。

从二维图像重建三维图像的一个典型例子是螺旋 CT，其实施步骤如下。

第一步，二维图像重建。在人体横断面图像上按要求任意划线，然后沿着该划线对横断面图像进行二维重建。

第二步，表面再现。对相邻的二维图像进行立体交接算法，产生线条框架模型，将这个模型的表面充满。按照表面数学模式进行计算处理，依靠选定的 CT 衰减阈值确定不同密度的组织是否包含在物体内部，将超过阈值的像素相连形成初步的三维图像。

第三步，使用容积再现技术，获得真实的三维显示图像。

(六) 图像分析

图像分析指的是对图像中的不同对象进行分割、特征提取、识别与分类、描述和解释。图像分割指的是把图像中不同的物体分开；特征提取指的是把已被分开的各物体的特征找出来；识别与分类指的是识别图像中需要找的东西，根据特征进行分类；描述和解释指的是对图像的不同区域进行描述，找出它们之间的相互联系。图像分析是建立高质量的康复工程专家系统必不可少的环节，也是决定远程康复系统效率高低的重要因素。

三、虚拟现实

虚拟现实 (virtual reality, VR) 技术是一种可创建和体验虚拟世界 (virtualworld) 的计算机系统。它以仿真的方式给用户创造一个实时反映实体对象变化与相互作用的三维虚拟世界，并通过头盔式显示器 (head mount display, HMD)、数据手套等辅助传感设备给用户提供一个观测与该虚拟世界交互的三维界面，使用户

可直接参与并探索仿真对象在所处环境中的作用与变化。VR 是人—机接口技术、计算机图形学和人工智能技术三者结合的产物，其逼真性和实时交互性为系统提供了有力的支撑。VR 技术使人们对所研究的对象和环境获得身临其境的感受，进而提高人类认知的深度与广度，人类认识客观世界的认识空间和方法空间也拓宽了，最终达到更本质地反映客观世界的实质。

（一）VR 技术的主要特征

VR 技术主要有沉浸性（immersion）、交互性（interaction）和构想性（imagination）等三个主要特征。

1. 沉浸性

VR 的沉浸性是使人具有逼真感的根本原因。视觉是提高沉浸感的最重要因素。为了更加逼真地模拟视觉功能，VR 技术的图像处理和理解能力起着重要的作用，图像处理的质量愈高，图像处理的速度愈快，图像识别的能力愈强，系统的理解能力愈完善，则系统的视觉沉浸感便愈佳。听觉是 VR 技术中最先达到逼真程度的领域，触觉则是一个刚起步研究与试验的领域，目前触觉反馈信息主要依靠数据手套来提供的。由微处理器和传感器构成的数据手套与视觉、听觉相配合，极大的增强了虚拟现实系统的逼真感。嗅觉与味觉现在还属于一个尚未实质性地开展研究的领域。总体而言，提高 VR 系统的沉浸感还处于初始阶段，需要工作者进行深入的研究。

2. 交互性

VR 的交互性是达到人机和谐的关键因素。VR 系统性能的优劣，很大程度上取决于与计算机相连的高性能传感器及其相应的软件。为与虚拟环境发生交互作用，到目前为止已经研发出了一些传感器，如三维鼠标器、数据手套、跟踪球和超声波头部跟踪器等。每种传感设备都有各自的优势和劣势，选用时应各取所长。针对

VR 系统研制的传感器, 如用红外或其他光学方法跟踪眼睛的活动, 当人的眼睛正注视何处时便可用其实现某些控制。目前这些新型的传感设备还处于发展的阶段, 人们正通过研制新材料、新结构、新工艺或新的控制机理, 以提高其性能。这是当前 VR 技术中颇为活跃的一部分研究工作。

3. 构想性

VR 的构想性是辅助人类进行创造性思维的基础。高性能计算机是构建 VR 系统的基石, 是对多维信息进行处理的加工厂, 是实现各种软硬设备的集成及控制人机协调的工作平台。VR 技术的发展将会对计算机的性能提出更高的要求。

(二) VR 技术在医学和康复领域的应用

当前虚拟现实在医学及康复领域主要有以下 5 个方面的应用。

1. 外科手术

包括远程手术或远程出席手术、真实增强手术, 术前计划和手术过程模拟。

2. 治疗

使用虚拟环境进行诊疗精神病和心理学上的疾病, 并且为病人身体训练提供适当的环境。例如, 采用模拟训练系统, 根据残疾人的活动能力参数的变化, 及时适度地变换训练场景, 调整康复训练内容及训练强度。

3. 教育

由于虚拟环境提供了对大量数据的可视化功能, 因此通过三维可视化, 学生可以对生理学、解剖学有深入了解。通过虚拟环境可以在身体内部的“漫游”, 使得从多角度来观察身体的各个部位。

4. 数据可视化

利用虚拟环境把各种不可见的的数据可视化，并且与可见数据结合。例如，医生可以在由解剖、功能、生理数据共同组合而成的虚拟世界中进行分析，该环境除了可见的解剖结构，还显示了不可见的功能性数据、生理性数据，使得医生对病人的了解更为全面。

5. 设施结构设计

虚拟环境用于医疗设施设计的测试可以节约时间和费用。例如，通过让人坐在轮椅上戴上显示头盔和数据手套来模拟在房子中行走或移动物体，以分析房屋设计是否合理；或是模拟环境的改变，来测试残疾人使用的轮椅的性能是否能够满足需要。

对于远程康复系统来说，虚拟现实技术会使康复训练更为有的放矢，更具有科学性和趣味性，使得训练时间缩短，训练效果更为显著。由于一般情况下，远程康复系统中，残疾人所拥有的数据通信速度较低，加之沉浸式虚拟现实系统设备较为昂贵等原因，目前采用虚拟现实技术实现远程康复系统的难度较大，而非沉浸式虚拟现实技术已在远程康复研究中得到应用，虚拟现实技术在远程康复领域是一种前景光明的技术手段。

四、数据仓库与知识仓库

数据是一系列孤立的事实、数字、图像和声音，是信息和知识的原材料。如果数据不与具体的环境相联系，则它们只是一些符号，本身是没有意义的。数据可以被人们输入到计算机系统中，被系统存储和处理，通过数据处理可将数据转化为有意义的信息。信息是被概括的、提取的、经过过滤的数据，是经过加工、组织的，对决策者有意义的。知识是对既有信息进行解释和评价的结果，可以表述或者预测信息之间的规律性和原理性的联系，并包含确定信息真伪的评价。

(一) 数据仓库

为了更加全面的了解事物，掌握事物的发展规律，人们希望从更多的系统中获得更丰富的数据。但是随着数据量的急剧增加，造成在大量的数据中查找相关的信息难度非常大，各个系统之间的数据可能存在矛盾，缺乏对数据的有效管理给决策者带来诸多不便。在这种条件下，亟需一种技术来解决这样的问题，需要对数据进行分析，从中提取有用的信息来支持决策，数据仓库的出现满足了这样的需求。伴随着信息技术的不断发展，人们逐渐认识到，一个决策是否正确，一个方案是否优良，不仅仅取决于决策者所掌握的信息量的大小，更主要的是取决于决策者所拥有的知识量的大小。所以，决策者需要获取尽可能多的知识来支持决策，为适应这种需要，出现了知识仓库技术。知识仓库实际上是数据仓库的进一步发展。

现在对数据仓库比较普遍的理解是：数据仓库是一个面向主题的、集成的、非易失的并且随时间变化的数据集合，用来支持用户的决策。传统的数据库主要是储存和管理数据，使用户便于对数据进行操作；而数据仓库则主要用于数据分析。数据仓库中的数据包含当前细节数据、历史细节数据和不同粒度级的集成数据，数据进入数据仓库之前必须进行集成。数据仓库中的数据具有非易失性，传统的数据库中的数据可以被访问、添加、修改或删除，而数据仓库中的数据一旦被加载以后，通常只能进行访问操作，而不允许被修改。数据仓库的另一个显著特性是随时间的变化特性：数据仓库中的数据期限较长，是一系列与时间相关的快照，数据仓库中的链码结构总是包含有时间元素。

数据仓库接受来自于环境中的数据，数据被净化、转化、加载后进入到数据仓库中，通过数据分析工具为用户的决策提供支持。数据仓库中的数据提取引擎（extraction engine）采用两种方式从环境中提取数据——被动方式（被动接受来自环境的数据）；主动

方式（主动在环境中检索数据）。被提取的数据被放在数据准备区中，然后数据被净化，数据中的错误被去除掉。接下来，需要对数据进行转化。由于数据来源于不同的应用程序、不同的数据库或是不同的操作系统，因此必然存在着数据的不一致，所以需要将其转化为统一的格式，然后数据就可以被加载。数据的提取、净化、转化和加载被称为数据仓库的 ETML（extraction, transformation, modification, loading）过程。

数据仓库使用一系列数据分析工具对数据进行管理，包括报表和查询系统、信息发布、Web 访问、电子表格、数据挖掘（data mining, DM）、OLAP 等。

（二）知识仓库

知识仓库是建立在数据仓库基础之上，由数据仓库发展而来的。知识仓库被表述为面向主题的、集成的、非易失的并且随时间变化的知识集合，用来支持用户的决策。数据仓库中起主要决策支持作用的是大量的数据，而知识仓库中起主要决策支持作用的则是大量的知识。虽然知识仓库和数据仓库的概念很相似，但是知识仓库的体系结构要复杂得多，管理工具既包括数据管理工具，又包括知识管理工具，对用户决策支持的质量更高。

个性化的远程康复服务需要多种专业技术人员讨论和判定残疾人的功能障碍性质、部位、严重程度、发展趋势、预后、转归，从各自专业角度出发提出短期、中期、长期的康复方案，然后归纳总结出一个完整的、分阶段的康复治疗或康复训练计划，并付诸实施。在此过程中，康复专业人员需要获得残疾人的生理、病理、生活环境、经济状况等多方面的大量数据，既包含相关的当前数据，又包含相关的历史数据；数据来源非常广泛，有可能是门诊数据，也有可能是辅助器材厂家的企业数据，还可能是政府发布的新的政策数据；并且两次康复评定之间，残疾人的各种数据是动态变化的。康复服务的过程就是从这些数据中提取有用信息，发现和运用

大量知识来进行决策的过程。这个过程如果纯粹由人工来完成，或是只用简单的数据查询、存储工具来辅助完成的话，将是一项极为繁重且效率低下的工作。采用数据仓库或知识仓库的方案，一方面充分发挥计算机网络在数据收集方面的优势，另一方面充分发挥计算机系统在处理数据方面的优势，用人工智能来辅助人们进行决策，将使康复处方建立在更坚实的信息基础及知识基础之上，使远程康复服务更加准确、及时和高效。

第四节 远程康复实例研究

一、远程康复训练机器人的系统结构

远程康复训练机器人的是在遥操作机器人的基础上扩展的，并且在此基础上增加了一些新的功能，如设置安全保护、记录病人信息等功能。但是康复训练机器人的技术还是以遥操作机器人技术为基础。远程康复训练机器人主要由康复医师、主机械手、网络通讯环节、从机械手和患者构成。其结构示意图如图 6-3 所示。康复训练的完成主要是依靠康复医师操纵主机械手运动，借助网络通信环节控制从机械手引导患者肢体进行同周期往复运动，此时要求从机械手跟踪主机械手的运动且患者对从机械手的作用力经过上述环节再返回到康复医师手部，使康复医师具有力的身临其境的感觉，下面分别建立主机械手、从机械手和网络通信环节的动力学方程：

主机械手

$$f_m - f_{dm} = m_m \ddot{x}_m + b_m \dot{x}_m + k_m x_m \quad (1)$$

从机械手

$$f_{ds} - f_s = m_s \ddot{x}_s + b_s \dot{x}_s + k_s x_s \quad (2)$$

网络通信环节

$$x_d(t) = x_m(t - T) \quad (3)$$

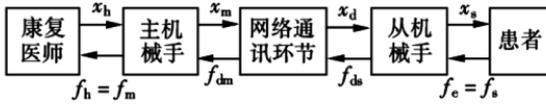


图 6-3 远程康复训练机器人系统结构图

式中， m_m, b_m, k_m 分别表示主机械手的惯性质量、阻尼系数和弹性系数； m_s, b_s, k_s 分别表示从机械手的惯性质量、阻尼系数和弹性系数； $x_m, \dot{x}_m, \ddot{x}_m$ 分别表示主机械手的位移、速度和加速度； $x_s, \dot{x}_s, \ddot{x}_s$ 分别表示从机械手的位移、速度和加速度； f_m 表示主机械手与治疗师手臂之间的作用力； f_{dm}, f_{ds} 分别为主电机的驱动力和从电机的驱动力

而患者（如患者的上肢或下肢）模型，通常来说可以采用质量、弹簧和阻尼二阶系统模型，其动力学方程为

$$f_e = m_e \ddot{x}_e + b_e \dot{x}_e + k_e x_e \tag{4}$$

式中， m_e, b_e, k_e 分别表示患者的惯性质量、阻尼系数和弹性系数； $x_e, \dot{x}_e, \ddot{x}_e$ 分别表示患者的位移、速度和加速度，并有 $x_e = x_s$ ； f_e 表示患者对从手的作用力，并有 $f_e = f_s$ 。

对于主、从机械手定义为经典的 PD 控制策略为

$$f_{dm} = k_1 f_s \tag{5}$$

$$f_{ds} = b_c (\dot{x} - \dot{x}_s) + k_c (x_m - x_s) \tag{6}$$

式中， k_1, b_c, k_c 为比例系数。

在力觉临场感理想状态下，机械手工作稳定，从手的速度等于主手的速度，主手受力等于患者对从手的作用力，即 $\dot{x}_m = \dot{x}_d$ ， $f_{dm} = f_{ds}$ 然而，由于网络通讯环节的时延 T （假定时延不变，且前向和反向传输时延相等）存在， $\dot{x}_d(t) = \dot{x}_m(t-T)$ ， $f_{dm}(t) = f_{ds}(t$

— T)。

国内外的一些研究机构先后开展了康复训练机器人的研究，但针对训练时患者肌肉产生的痉挛严重影响康复训练机器人系统稳定性和训练速度平滑性方面尚未发现相关控制方法的报道。

二、基于 BP 神经网络变参数的控制方法

对于患者产生肌肉痉挛可以等效为质量、弹簧和阻尼二阶系统模型中的弹性系数 k 的变化，即 k_e 值的变化。值得指出的是患者由于肌肉痉挛产生的肌张力的大小有其一定的范围而且由于其生理机理其变化是渐变而非突变，即患者模型中的 k_e 值大小有一定的范围，并且其变化是连续的，不会产生突变现象。当肌肉痉挛 k_e 发生变化时，系统从端的速度也会发生相应地变化（如从机械手的速度会变得很小，甚至停止或向相反方向运行）。如果病人在训练时发生抽搐性痉挛，这时 k_e 就会发生类似锯齿波状的变化，从机械手的速度因此就会相应地产出强烈的颤振现象，这样对康复训练极为不利，也就达不到康复训练的效果。

由于在康复训练过程中患者上肢（或下肢）固定在从机械手上即 $f_e = f_s$ 及 $x_e = x_s$ ，所以将患者动力学等式（4）和从手控制规律式（6）代入从机械手动力学方程（2）中可得

$$b_c(\dot{x}_m - \dot{x}_s) + k_c(x_m - x_s) = (m_s + m_e)\ddot{x}_s + (b_s + b_e)\dot{x}_s + (k_s + k_e)x_s \quad (7)$$

为进一步推导新的控制方法，将式（7）中等号左端的 x_s 移至等号右端，即

$$b_c\dot{x}_m + k_c x_m = (m_s + m_e)\ddot{x}_s + (b_s + b_e + b_c)\dot{x}_s + (k_s + k_e k_{c2})x_s \quad (8)$$

则（8）可以改写成

$$b_{c1}\dot{x}_m + k_{c1}x_m = (m_s + m_e)\ddot{x}_s + (b_s + b_e + b_{c2})\dot{x}_s + (k_s + k_e + k_{c2})x_s \quad (9)$$

即将等号两边的 k_e , b_e 系数分别作为 k_{c1} , b_{c1} , k_{c2} , b_{c2} 四个参数来进行调整。当不同人进行训练时, 其惯性质量 m_e 也有差别, 但可以检测 f_e , x_s , \dot{x}_s , \ddot{x}_s , 然后通过 BP (*back propagation*) 神经网络参数辨识, 计算出此人的 m_e 值, 并改变这 4 个参数的值, 使方程中各项系数均以同样的比例变化, 即与 m_e 变化前的方程 (9) 同解, 进而使训练继续维持。变化前的状态; 当由于痉挛 k_e 发生变化时, 可以通过 BP 神经网络参数辨识计算出 k_e 的当前值, 并改变 k_{c2} 值使 x_s 前的系数 $k_s + k_e + k_{c2}$ 尽量保持一恒定值, 这样 x_s , \dot{x}_s , \ddot{x}_s 将保持 k_e 没有变化时的动态特性, 从而使从手的速度 \dot{x}_s 在一个较小的范围内波动, 起到维持系统稳定和平滑的作用, 这样使患者能够顺利进行康复训练。因此, 在传统的 PD 控制策略的基础上进行改进, 采用如下定义主从机械手控制策略:

$$f_{dm} = k_1 f_s \quad (10)$$

$$f_{ds} = b_{c1}\dot{x}_m - b_{c2}\dot{x}_s + k_{c1}x_m - k_{c2}x_s \quad (11)$$

由于 m_e , k_e 无法直接测量, 所以式 (11) 中的 4 个参数 b_{c1} , b_{c2} , k_{c1} , k_{c2} 的变化要通过检测 \ddot{x}_s , \dot{x}_s , x_s , f_e 间接测量出 m_e , k_e 的变化来改变各自的值, 即为 \ddot{x}_s , \dot{x}_s , x_s , f_e 的函数, 从而抑制 m_e 和 k_e 的变化对系统产生的影响。

三、仿真试验和结果

本文采用的是反向传播 BP 算法, 这种算法思路简洁明了, 且具有自适应、自学习、自组织等功能。考虑到 BP 网络已经成功地

应用于控制系统，并且其结构简单、易于工程实现，而且神经网络很适合用于非线性较强的情况，因此在此选用 3 层神经网络 1，另一个则是针对 m_e 、 k_e 变化的控制器（简称控制器 2）。为了便于实现分析，假设在训练的前 5s， k_e 的值为一定值。通过对 5 组不同的 m_e 及 7 组不同的 k_e 值共 35 组产生的 f_e 、 x_s 、 \dot{x}_s 和 \ddot{x}_s 进行训练，其中每组有 60~80 个样本不等。控制器 1 是由一个 4-9-1 结构的 3 层 BP 神经网络组成，其输入是 \ddot{x}_s 、 \dot{x}_s 、 x_s 和 f_e 。控制器 2 是由一个 5-7-1 结构的 3 层 BP 神经网络组成，其输入是由 \ddot{x}_s 、 \dot{x}_s 、 x_s 和 f_e 和控制器 1 输出的 m_e 组成。经 800 次训练后取得比较好的控制效果。为了比较传统的控制方法和本文提出的基于 BP 神经网络变参数控制方法的控制效果，现设定主机械手的力为阶跃输入，网络通信环节的时延为 1.3s 根据临床康复知识，中风患者的抽搐性痉挛可用周期性的锯齿波近似表示，在此为不失一般性令患者手部刚度 k_e 在 10~30s 的时间段产生周期为 2s 的锯齿波，分别比较了患者的肢体质量分别为 0.6kg，1.0kg，和 1.4kg 下三种情况并绘出其相应的从机械手的运动响应曲线，仿真结果如图 6-4 所示。通过其从机械手运动响应的曲线的比较可以明显看出文本提出的变参数的方法在平滑效果方面要明显优于传统的控制方法，具有较强的抗干扰力，显示了其较好的鲁棒性。^①

^① 郭晓波，宋爱国，翟雁．基于变参数的远程康复训练机器人神经网络控制 [J]．东南大学学报（自然科学版），2008（1）．

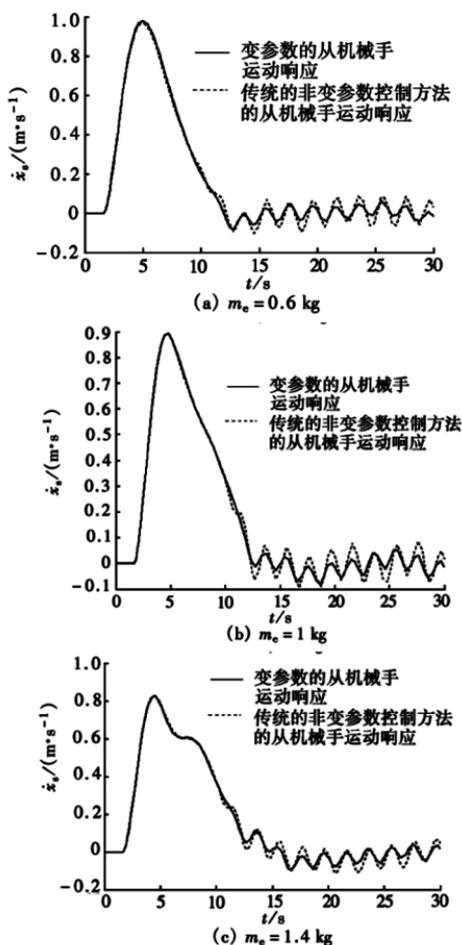


图 6-4 从机械手的运动响应曲线

参考文献

- [1] 杨巨成, 李晓卉, 张茜等. 物联网导论 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2012.
- [2] 祁晓荔. 物联网 [M]. 南京: 江苏人民出版社, 2012.
- [3] 王志良, 王粉花. 物联网工程概论 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [4] 何建军. 智能用电小区关键技术及工程案例 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2012.
- [5] 解相吾等. 物联网技术基础 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2014.
- [6] 张冀英, 杨巨成, 李晓卉等. 物联网导论 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2012.
- [7] 缪兴锋, 别文群等. 物联网技术应用实务 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2014.
- [8] 王志良, 刘欣, 刘磊等. 物联网控制基础 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2014.
- [9] 崔艳荣, 周贤善. 物联网概论 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2014.
- [10] 陈勇, 罗俊海, 朱玉会等. 物联网技术概论及产业应用 [M]. 南京: 东南大学出版社, 2013.
- [11] 李英杰. 数据挖掘算法及在视频分析中的应用 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2014.
- [12] 徐贵力, 陈智军, 郭瑞鹏. 光电检测技术与系统设计 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2013.
- [13] 余瑾, 刘夕东. 康复工程学 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2009.

[14] 王珏. 辅助技术 康复工程基础 [M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2010.

[15] 喻洪流, 石萍. 康复器械技术及路线图规划 [M]. 南京: 东南大学出版社, 2014.

[16] 胡琳琳, 刘远立, 李蔚东. 积极发展健康产业: 中国的机遇与选择 [J]. 中国药物经济学, 2008 (03).

[17] 温诗铸. 关于微机电系统研究 [J]. 中国机械工程, 2003 (02).

[18] 李俊斌, 胡永忠. 基于 CC2530 的 ZigBee 通信网络的应用设计 [J]. 电子设计工程, 2011 (16).

[19] 郭晓波, 宋爱国, 翟雁. 基于变参数的远程康复训练机器人神经网络控制 [J]. 东南大学学报 (自然科学版), 2008 (1).

责任编辑：陆 雨
封面设计：孙一依



温喆，女（1981-5），汉族，河北石家庄人，研究生毕业，毕业于武汉大学，现为石家庄学院计算机科学与工程学院教师，讲师，长期从事计算机教学工作，先后讲授过《操作系统》《数据结构》《C语言程序设计》《软件工程》《大学计算机基础》等多门计算机课程；主持完成河北省科技厅、石家庄市科技局课题三项，作为主研人参与河北省科技厅、河北省教育厅、石家庄市科技局课题十余项，参与省市级精品课建设，获河北省优秀教学成果三等奖、石家庄学院优秀教学成果一等奖；主编教材八部，发表相关学术论文二十余篇，其中核心八篇，EI六篇。



范亚斌，男（1980-1），河北鹿泉人，现任石家庄学院教师，讲师，主要研究方向：计算机技术应用。工作以来主持厅局级课题3项，参与省级课题1项；主持校级科研课题1项、校级教改课题1项；发表专业核心学术论文2篇，省级论文多篇。

ISBN 978-7-206-12410-5



定价：42.00元