

高等学校计算机及其应用系列

# 物联网与嵌入式导论

主 编 李建平 潘俊辉 王 辉



**HEUP** 哈尔滨工程大学出版社  
Harbin Engineering University Press

013041449

TP393.4  
510

# 物联网与嵌入式导论

主 编 李建平 潘俊辉 王 辉  
副主编 周 凯 苏冬娜 杨冬黎



TP393.4  
510

哈尔滨工程大学出版社



北航

C1649917

## 内 容 简 介

本书作为一本物联网与嵌入式技术的导论性教材,涵盖了当前物联网与嵌入式领域的各种新技术及其研究成果。主要介绍了智能信息处理的技术基础,以及未来智能信息处理的发展方向;物联网技术的基本概念、产生背景、技术架构、关键技术,以及主要应用领域与发展;自动识别技术与射频识别(RFID)工作原理,RFID系统的基本组成以及RFID的典型应用;以传感器及检测技术为背景,重点介绍了传感器的基本知识和现代智能检测技术;与物联网相关的无线通信与网络技术及其关键支撑技术等。

本书适用作为普通高等院校物联网工程、电子信息科学与技术及相关专业“物联网导论”、“嵌入式导论”等课程的教材,也可供硬件课程初学者学习参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

物联网与嵌入式导论/李建平,潘俊辉,王辉主编.  
—哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2012.12  
ISBN 978-7-5661-0510-3

I. ①物… II. ①李… ②潘… ③王… III. ①互联网  
络-应用-教材②智能技术-应用-教材③微型计算机-  
系统设计-教材 IV. ①TP393.4②TP18③TP360.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 000779 号

---

出版发行 哈尔滨工程大学出版社  
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号  
邮政编码 150001  
发行电话 0451-82519328  
传 真 0451-82519699  
经 销 新华书店  
印 刷 黑龙江省地质测绘印制中心  
开 本 787mm×1092mm 1/16  
印 张 17  
字 数 400 千字  
版 次 2012 年 12 月第 1 版  
印 次 2012 年 12 月第 1 次印刷  
定 价 34.00 元  
<http://www.hrbeupress.com>  
E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn

---

# 前言

近年来,物联网逐步发展为国家新兴战略产业中信息产业的核心领域,必将在国民经济发展中发挥重要作用。同时,嵌入式技术作为一个正在兴起的热门领域,涵盖了计算机技术、信息技术和微电子技术等诸多方面的科技成果,正以前所未有的速度渗透到社会生活的每一个角落。目前,物联网与嵌入式技术的有机结合是全球研究的热点问题,国内外都把它们的发展提到了国家级的战略高度,称之为继计算机、互联网之后世界信息产业的第三次浪潮。

本书作为一本物联网与嵌入式技术的导论性教材,涵盖了当前物联网与嵌入式领域的各种新技术及其研究成果。第1章主要介绍智能信息处理的技术基础、各类主要处理,以及未来智能信息处理的发展方向;第2章主要介绍物联网技术的基本概念、产生背景、技术架构、关键技术,以及主要应用领域与发展;第3章介绍自动识别技术与射频识别(RFID)工作原理、RFID系统的基本组成以及RFID的典型应用;第4章以传感器及检测技术为背景,重点介绍传感器的基本知识和现代智能检测技术;第5章介绍与物联网相关的无线通信与网络技术及其关键支撑技术等;第6章介绍嵌入式系统的定义、嵌入式系统的基本特点、嵌入式系统的分类及应用、嵌入式系统软硬件各部分组成、嵌入式系统的开发流程;第7、8章分别以TIC6000和ARM为主,介绍其相关的嵌入式芯片工作原理、流水线结构,以及各种指令等;第9章重点介绍嵌入式系统的开发流程、嵌入式系统应用软件开发,以及嵌入式操作系统的工作原理;第10章介绍物联网与嵌入式系统的智能信息的采集与海量信息存储;第11章介绍物联网处理数据的各种数据挖掘基本方法;第12章以RFID为主介绍物联网信息的安全;第13章介绍各种大规模的物联网与嵌入式综合应用。通过阅读本书,读者不仅可以从技术理论上对物联网与嵌入式系统有较全面的了解,而且可以根据应用实例对物联网与嵌入式技术有更直观的认识。

本书由李建平、潘俊辉、王辉、周凯、苏冬娜、杨冬黎共同编写完成。其中,第8、9章由李建平编写;第5章由潘俊辉编写;第10~12章由王辉编写;第4、6章由周凯编写;第7、13章由苏冬娜编写;第1~3章由杨冬黎编写。在编撰过程中,尽管我们力求精益求精,及时吸纳最新的物联网与嵌入式研究成果及技术,但囿于作者理论水平和时间所限,错误与不妥之处在所难免,恳请广大读者不吝赐教,批评斧正。

编者

2012年9月

# 目 录

<b>第 1 章 智能信息处理技术</b> .....	1
1.1 智能信息概述 .....	1
1.2 信息及信息处理技术基础 .....	2
1.3 智能信息处理的主要技术 .....	4
<b>第 2 章 物联网</b> .....	11
2.1 基本定义 .....	11
2.2 产生背景 .....	13
2.3 物联网的发展 .....	15
2.4 技术架构 .....	18
2.5 关键技术 .....	19
<b>第 3 章 自动识别技术与 RFID</b> .....	20
3.1 自动识别技术 .....	20
3.2 RFID 的历史和现状 .....	27
3.3 RFID 标签冲突 .....	28
3.4 RFID 应用实例 .....	31
<b>第 4 章 传感器技术</b> .....	34
4.1 传感器概述 .....	34
4.2 传感器技术发展史 .....	47
4.3 设计需求 .....	48
4.4 硬件平台 .....	49
4.5 操作系统 .....	51
<b>第 5 章 无线传感网络</b> .....	54
5.1 无线传感网络概述 .....	54
5.2 互联网 .....	58
5.3 无线宽带网络 .....	76
5.4 无线低速网络 .....	86
5.5 移动通信网络 .....	90
<b>第 6 章 嵌入式系统开发基础</b> .....	98
6.1 嵌入式系统的基本概念 .....	98
6.2 嵌入式系统的组成结构 .....	104
6.3 嵌入式系统的硬件组成 .....	108
6.4 嵌入式系统的发展趋势 .....	115
<b>第 7 章 TIC6000 体系结构</b> .....	117
7.1 TMS320C6000 系列概述 .....	117
7.2 C6000 系列 CPU 的结构 .....	119
7.3 流水线 .....	128

7.4 中断 .....	137
<b>第8章 ARM 体系结构 .....</b>	<b>145</b>
8.1 ARM 处理器概述 .....	145
8.2 ARM 体系结构概述 .....	146
8.3 ARM 指令集 .....	159
8.4 Thumb 指令集 .....	189
8.5 IEEE 浮点指令集简介 .....	199
8.6 ARM 指令时序 .....	204
8.7 32 位 ARM 处理器调试技术 .....	205
<b>第9章 嵌入式系统软件 .....</b>	<b>208</b>
9.1 嵌入式系统的开发流程 .....	208
9.2 嵌入式应用软件开发 .....	210
<b>第10章 信息采集与存储 .....</b>	<b>218</b>
10.1 数据库系统 .....	218
10.2 海量信息存储 .....	230
10.3 搜索引擎 .....	234
<b>第11章 智能决策 .....</b>	<b>245</b>
11.1 数据挖掘 .....	245
11.2 数据挖掘的基本方法 .....	248
11.3 智能决策与物联网 .....	250
<b>第12章 物联网信息安全 .....</b>	<b>251</b>
12.1 信息安全概述 .....	251
12.2 RFID 安全与隐私 .....	253
12.3 RFID 安全和隐私保护机制 .....	254
12.4 位置信息与个人隐私 .....	255
<b>第13章 综合应用 .....</b>	<b>257</b>
13.1 智能电网 .....	257
13.2 智能交通 .....	259
13.3 智能物流 .....	262
<b>参考文献 .....</b>	<b>265</b>

# 第1章 智能信息处理技术

本章介绍了智能信息处理的基础知识,从信息技术革命、智能信息处理的发展及由来、信息的基本概念、智能信息处理的主要相关技术等方面进行了介绍,涉及智能信息处理的基本内容,可使读者系统地理解智能信息处理技术的整体概念。

## 1.1 智能信息概述

### 1.1.1 信息技术革命

当今社会正面临着一场深刻的技术革命,这场革命的特征是以信息技术为先导。一个国家的信息技术水平代表着国家整体的科技水平和综合国防实力。

信息的获取、组织、传输、存储、挖掘、加工处理及其应用的各个环节所采用的技术、理论方法和结构模型等已成为目前计算机、自动控制、通信、经济、军事等各个领域研究的热点。对于信号与信息处理问题,已有许多基于物理、微电子学等模型基础上建立的处理技术和算法,但由于研究系统对象和领域越来越复杂,信息越来越综合,传统信息处理技术和方法在许多方面已不能满足实际需要。

### 1.1.2 智能信息处理的发展

近年来,智能信息处理已成为众多学科领域研究的热点。随着科学技术的高速发展和系统越来越复杂,数据积累成倍增大,需要处理的信息量迅速增加。要把大量的数据作为信息,从数据中发现有用的知识,特别是对于一些不精确、不完整、不确定数据信息的处理,把知识变成指导进一步针对性研究和系统开发的先验基础,这些已使传统信息处理方法无能为力。

智能信息处理技术的出现为解决上述问题提供了一种有效途径和方法,它是基于人工智能、机器学习、数据库技术领域知识以及软硬件环境的一种融合技术。

### 1.1.3 计算智能的概念

计算智能(Computational Intelligence)是目前人工智能研究领域十分活跃和比较成功的一个分支。计算智能是用计算的手段或方法来获取和表达知识,并模拟实现智能行为的一个学科。认知科学认为“认知即计算”,把智能与计算紧密地联系在一起,形成了计算智能的新概念。所谓计算是指从某一符号集出发按照一定的规则进行各种反复运算(包括数字的或模拟的)的过程。知识的获取、表示和处理都可归结为这种计算过程。智能是人们认识客观世界并运用知识解决实际问题的能力,它集中表现在反映客观事物深刻、正确、完整的程度上,以及应用知识解决问题的速度和质量上。一般通过观察、记忆、判断、联想和创造等表现出来。因此,智能信息处理系统也应具有这种计算能力,以完成其相应的功能。

目前,计算智能最活跃的领域有:模糊计算、神经计算、进化计算以及三者的结合。

## 1.2 信息及信息处理技术基础

### 1.2.1 信息的基本概念

信息科学、材料科学和能源科学一起被称为当代文明的“三大支柱”。一位美国科学家说:“没有物质的世界是虚无的世界,没有能源的世界是死寂的世界,没有信息的世界是混乱的世界。”可见信息的重要性。随着社会信息化进程的加速,人们对信息的依赖程度会越来越高。

#### 1. 信息的定义

信息是认识主体(生物或机器)所感知的或所表述的相应事物的运动状态及其变化方式,包括状态及其变化方式的形式、含义和效用。

#### 2. 信息的特征

- (1)信息来源于物质,又不是物质本身;
- (2)信息来源于精神世界,但又不局限于精神领域;
- (3)信息与能量息息相关,但又与能量有本质的区别;
- (4)信息具有知识的本性,但又比知识的内涵更广泛;
- (5)信息可以被认识主体获取和利用。

#### 3. 信息的性质

- (1)存在的普遍性;
- (2)有序性;
- (3)相对性;
- (4)可度量性;
- (5)可扩充性;
- (6)可存储、传输与携带性;
- (7)可压缩性。

### 1.2.2 信息处理

#### 1. 信息载体

信息必须依附于一定的物质形式存在,这种运载信息的物质被称为信息载体。

人类交换信息的形式丰富多彩,使用的信息载体非常广泛。概括起来有语言、文字和电磁波。语言是信息的最早载体;文字和图像使信息保存得更持久、传播范围更大;电磁波则使载荷信息的容量和速度大为提高。

#### 2. 信号

信号是信息的物理表现形式,或者说是传递信息的函数,而信息则是信号的具体内容。例如,交通红绿灯是信号,它传递的信息是:红——停止,绿——通行。根据载体的不同,信号可以是电、磁、声、光、机械、热等各种信号。



### 3. 数字信号处理

数字信号处理是把信号用数字或符号表示的序列,通过计算机或通用(专用)信号处理设备,用数字的数值计算方法处理(例如滤波、变换、压缩、增强、估计、识别等),以达到提取有用信息的目的。

#### 4. 数字信号处理的特点

- (1)精度高;
- (2)灵活性强;
- (3)可靠性强;
- (4)容易大规模集成;
- (5)可获得高性能指标。

#### 5. 数字信号处理的应用

- (1)语音、语言;
- (2)图像、图形;
- (3)消费电子;
- (4)工业控制与自动化;
- (5)军事。

### 1.2.3 实时数字信号处理

#### 1. 实时数字信号处理的概念

实时指的是系统必须在有限的时间内对外部输入信号完成指定的处理,即信号处理的速度必须大于或等于输入信号更新的速度,而且从信号输入到处理后输出的延迟必须足够小,如一个制导系统的输出延迟就要求在几毫秒之内。

#### 2. 实时数字信号处理芯片(DSPs)

20世纪70年代末出现了专门的可编程数字信号处理器,简称DSPs。在DSPs出现之前,实时信号处理一般是在通用处理器(8086和80286等)中完成的。目前单片DSPs的处理能力已达到每秒48亿条指令和每秒10亿次浮点操作的水平,使实时信号处理的应用空间越来越广阔。

#### 3. DSPs芯片的结构特点

- (1)算术单元;
- (2)总线结构;
- (3)专用寻址单元;
- (4)片内存储器。

#### 4. 流水线技术

除多功能单元外,流水技术是提高DSPs程序执行效率的另一个主要手段。流水技术可以使2个或更多不同的操作重叠执行。在处理器内,每条指令的执行分为取指、解码和执行等若干个阶段,每个阶段称为一级流水。流水处理使得若干条指令的不同执行阶段可以并行执行,因而能够提高程序的执行速度。

## 1.3 智能信息处理的主要技术

### 1.3.1 模糊计算技术

#### 1. 模糊计算技术

模糊计算是以模糊集理论为基础,从某一论域出发按照一定的模糊推理规则进行的各种模糊逻辑运算的过程。

1965年,Zadeh L. A. 教授针对客观世界中存在着的大量很难用经典的二值逻辑或多值逻辑描述的模糊概念和模糊现象的问题,提出了模糊集合理论,为模糊问题的解决提供了强有力的描述和分析工具,开辟了解决模糊问题的科学途径。实际上,基于模糊集理论的模糊逻辑体系本身并不模糊,而是用来对模糊问题进行处理以达到消除模糊的逻辑系统。模糊逻辑是一种解决和分析不精确、不完全信息的方法,通过模糊集的工作,可以比较自然地模拟人类思维和推理的过程。模糊集合具有灵活的隶属关系,允许元素在一个集合中部分隶属,即元素在模糊集合中的隶属度可以是0到1之间的任何值。这样,一些模糊概念和模糊问题就很容易在模糊集合中得到有效表达。

逻辑是人类思维和推理的理论基础,是一门讨论前提和结论之间关系的科学。在实际中,人们经常运用的逻辑推理中的前提和结论之间的关系有些本身并不是一清二楚的,而是包含着各种模糊性。因此,逻辑又有精确逻辑与模糊逻辑之分。抽象而言,任何一种逻辑都可以认为是一种代数,其元素为具有某种真值的合式逻辑公式,其中的运算由一些逻辑运算(例如“与”“或”“非”等)和推理规则组成。

模糊逻辑的一般规则可描述为:

设有  $K$  条模糊 If-then 规则,规则  $k$ : 如果  $x_1$  为  $A_{k1}$ ,  $x_2$  为  $A_{k2}$ ,  $\dots$ ,  $x_n$  为  $A_{kn}$ , 则  $y_1$  为  $B_{k1}$ ,  $\dots$ ,  $y_m$  为  $B_{km}$ 。其中,  $A_{ki}$  和  $B_{kj}$  分别为论域  $U_i$  和  $V_j$  上的模糊集。由典型的中心平均反模糊化器、乘积推理规则和模糊产生器构成的模糊逻辑系统的数值型输出具有如下形式:

$$y_j = \frac{\sum_{k=1}^K b_{kj} \left( \prod_{i=1}^n \mu_{ki}(x_i) \right)}{\sum_{k=1}^K \prod_{i=1}^n \mu_{ki}(x_i)} \quad (1-1)$$

式中,  $\mu_{ki}$  表示模糊集  $A_{ki}$  的隶属函数,可用高斯型或 Sigmoid 型等隶属函数表示。

#### 2. 在信息处理中的应用

- (1) 建立专家系统;
- (2) 模糊信息的分类和识别;
- (3) 领域规则的建立和数据挖掘;
- (4) 模糊控制;
- (5) 信息主动式服务(信息 Agent);
- (6) 图像处理;
- (7) 模式识别。

### 1.3.2 神经计算技术

神经计算是受生物学的启发,仿照生物神经系统的信息处理机制建立起来的一种并行、非算法的信息处理模型。神经计算以互连结构将人脑模型抽象为连续时间的非线性动力学系统,即人工神经网络,以模拟人脑机制来实现计算行为。在这种互连机制中,以大量互连人工神经元(基本信息处理元)之间连接权值的分布表示来代替以往的符号结构化表示,在算法中通过向环境的学习来实现输入输出之间的映射关系,而不需要建立精确的数学模型。

#### 1. 人工神经元数学模型

人工神经网络是以大脑神经元结构为参照,用众多简单的人工神经元按照一定结构和逻辑关系组成的复杂网络信息处理系统,人工神经元是其最基本的信息处理单元。因此,人工神经元的的信息处理机制及其连接结构是进行神经网络研究的基础。仿照生物神经元建立的人工神经元的数学模型(M-P模型)可用图1-1表示。

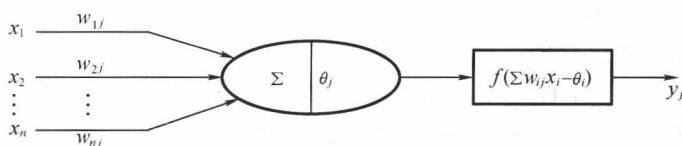


图 1-1 人工神经元模型

人工神经元输入与输出之间的关系为:

$$y_j = f\left(\sum_{i=1}^n w_{ij}x_i - \theta_j\right) \quad (1-2)$$

人工神经元是对生物神经元的一种抽象,在一定程度上较好地模拟了生物神经元的的信息处理过程,但这种模型与生物神经元相比还存在两个方面的不足:

(1) 信息处理过程中没有涉及时间,输入和输出之间没有时间延迟,是一种瞬时的输入/输出关系;

(2) 没有考虑输入对输出的时间累积效应,某瞬时的输出只依赖于当时的输入,与以前的输入信息没有关系。

#### 2. 人工神经网络

由若干个人工神经元按照一定的拓扑结构和逻辑关系连接在一起可构成各种人工神经网络模型。根据网络中各神经元之间连接方式和信息流向的不同,神经网络模型可分为两类:没有信息反馈的前向型网络和具有信息反馈的相互结合型网络,或称反馈神经网络。

目前研究最多和最有成效的是前馈神经网络,它在模式识别、分类聚类、自适应控制和学习等领域获得了成功应用。反馈神经网络由于其结构复杂,运行模式必须考虑对反馈信息的处理问题,因而应用时困难较多,相应的成果也较少。现已证明,任何有限问题(即可用有限自动机求解的问题)都可用神经网络求解,神经网络的求解能力等价于一个有限自动机;多层前馈网络可以逼近任意的  $L_2$  多元函数:  $f: R^n \rightarrow R^m$ 。由此可见,人工神经网络的计算能力是很强的。

#### 3. 过程神经元与过程神经网络

##### (1) 神经生物学的启示

神经生物学研究表明,生物神经系统的信息处理过程包括几个主要特性:空间总和效

应、时间总和效应、阈值特性、自适应性、兴奋与抑制特性、延时特性、传导和输出特性。

由神经元 M-P 模型的定义可以看出,传统人工神经元较好地模拟了生物神经元信息处理中的空间加权聚合、自适应、传导和输出等大部分特性,但缺乏对于时间总和效应和延时特性的描述。

#### (2) 基于神经网络的时变信息处理问题

现已有许多学者针对时变信息的处理和时变系统建模等问题提出了若干神经网络模型,例如,延时单元网络、时空神经元模型、回归网络、部分反馈网络等。这些模型在解决系统过程式输入和时间顺序依赖性问题时,通常是以外部延时环节实现输入/输出之间的延迟,即构成一个时间离散化的循环网络。但这样将使系统结构变得复杂,同时给网络学习算法的构造、算法收敛性和稳定性带来许多难以预知的问题,而且上述模型和学习算法的本质还都是基于传统神经网络,并未改变神经元的的信息处理机制。

因此,更贴切地模拟生物神经系统对外界输入信息的处理方式,对神经元的聚合运算机制和激励方式向时间域进行扩展具有十分实际的意义。

#### (3) 过程神经元和过程神经网络

何新贵院士在 2000 年首次提出了过程神经元和过程神经网络的概念和模型。过程神经元模拟外界对某些生物神经系统的刺激可能持续一段时间,神经元根据所接受到的多个时变输入信息在时间延迟区间上的综合、协调与累积作用来进行信息处理的动力学原理进行工作。过程神经元的输入和连接权均可以是一个时间(过程)函数,并在传统神经元空间聚合运算的基础上,增加了一个对于时间的聚合算子,使过程神经元的聚合运算和激励能同时反映时变输入信号的空间聚合作用和时间累积效应,即过程神经元同时具有对时、空二维信息的直接处理能力。

构成人工神经网络的基本信息处理单元为神经元,神经元的的信息处理机制是决定神经网络性质和信息处理能力的关键,网络连接权应只是可调的参数或函数,其聚合运算(时间、空间)和阈值的激励作用应在神经元内完成。从这个角度上来说,过程神经元更好地模拟了生物神经元的的信息处理机制。

过程神经网络是由若干过程神经元和一般非时变神经元按照一定拓扑结构组成的网络模型。同传统神经网络一样,按照神经元之间连接方式和信息传递有无反馈,过程神经网络也可分为前馈型和反馈型两种。根据网络的拓扑结构、输入/输出映射关系、连接权和阈值的类型以及学习算法的不同,可以构建出各种形式的过程神经网络模型,以适应不同实际问题建模和求解的需要。

#### 4. 其他神经计算(网络)模型

- (1) 反馈型神经网络;
- (2) 径向基函数网络;
- (3) 自组织神经网络;
- (4) 双联想记忆网络;
- (5) 脑模型控制器;
- (6) 小波神经网络;
- (7) 对传神经网络;
- (8) B 样条神经网络。

## 5. 神经计算技术的应用

- (1) 信息挖掘;
- (2) 非线性系统辨识与过程控制;
- (3) 系统仿真建模;
- (4) 卫星遥感图像识别与处理;
- (5) 信息安全;
- (6) 系统自适应控制;
- (7) 系统故障自动诊断;
- (8) 模式识别。

### 1.3.3 进化计算技术

大自然或客观世界中的许多现象可能给我们的研究工作以深刻启迪,将生物进化的规律用于解决一些较为复杂的实际问题,可利用这一过程本身的自适应性,而不必非常明确地描述问题的全部特征,只需要根据自然法则来产生新的更好的解。进化计算正是基于这种思想而发展起来的一种通用的问题求解方法。它采用简单的编码技术来表示各种复杂的结构,并通过一组编码表示进行简单的遗传操作和优胜劣汰的自然选择来指导学习和确定搜索的方向。由于它采用种群的方式组织搜索,这使得它可以同时搜索解空间的多个区域,本身具有自组织、自适应、自学习等智能性和本质并行处理等特征。这些特点使得进化计算不仅能获得较高的学习效率,而且具有简单、易于操作和通用等特性,因而受到人们的广泛关注和应。

进化算法是一类借鉴生物界自然选择和遗传机制的随机搜索算法,主要包括遗传算法(Genetic Algorithm,简记为GA)、进化规划(Evolutionary Programming,简记为EP)和进化策略(Evolutionary Strategy,简记为ES),它们可以用来解决优化和机器学习等问题。进化算法的两个主要特点是群体搜索策略及群体中个体之间的信息交换。进化算法不依赖于梯度信息,因此它们的应用范围十分广泛,尤其用于处理传统搜索算法解决不了的复杂问题和非线性问题。下面对遗传算法、进化规划、进化策略作一简单介绍。

#### 1. 遗传算法

遗传算法是模拟生物遗传过程的计算模型,作为一种全局优化搜索算法具有简单通用、鲁棒性强、适于并行处理,以及应用范围广泛等显著特点。遗传算法是一种群体操作,该操作以群体中所有个体为对象。选择、交叉和变异是遗传算法的3个主要操作算子,它们构成了所谓的遗传操作,使遗传算法具有了其他传统算法所没有的特性。

遗传算法中包含了如下5个基本要素:①参数编码;②初始群体的设定;③适应度函数的设计;④遗传操作设计;⑤控制参数设定(主要是指群体大小和对群体中的个体进行遗传操作的概率等)。这5个要素构成了遗传算法的核心内容。在自然界中进化和遗传是一个无限的过程,但作为一种学习算法必须给出一个算法终止的判别准则,而且以群体中适应值最高的个体作为问题的解。遗传算法中选择、交叉和变异等操作的执行顺序可以是串行的,也可是并行的。

目前许多学者对Holland基本遗传算法根据实际应用需求进行了改进和扩展,现已广泛的应用于函数优化、自动控制、图像识别、机器学习等领域,成为计算智能技术中的常用算法之一。

## 2. 进化规划

进化规划方法最初由 L. J. Fogel 等人于 20 世纪 60 年代提出。他们认为,智能行为应具有能预测所处环境的状态,并且可按照确定目标作出适当响应的能力。在研究中,他们将模拟环境描述成是由有限字符集中的符号组成的序列,期望根据当前观察到的符号序列作出响应以获得最大的收益,这里收益的计算是按照环境中将要出现的下一个符号及预先定义好的效益目标来确定。进化规划中常用有限自动机(Finite State Machine, FSM)来表示这样的策略,即借用进化的思想对一组 FSM 进行进化以获取更为有效的 FSM。目前,进化规划已应用到数据诊断、模式识别、数值优化、控制系统的设计及神经网络的训练等问题中,并取得了较好的结果。

## 3. 进化策略

进化策略是在 20 世纪 60 年代初, I. Rechenberg 和 H. Schwefel 等人在进行风洞实验时,由于在设计中描述物体形状的参数难以用传统的方法进行优化,转而采用生物变异的思想来随机地改变参数值并获得了理想的结果。此后,他们对这种方法进行了深入研究和发

展,形成了进化计算的另一个分支——进化策略。

进化策略直接在解空间上进行操作,它强调进化过程中从父代到后代行为的自适应性和多样性,以及搜索方向和步长的自适应调节。

## 4. 进化计算技术的应用

- (1) 控制系统结构优化;
- (2) 系统参数优化;
- (3) 图像处理;
- (4) 信号去噪与滤波;
- (5) 优化算法;
- (6) 非线性规划。

### 1.3.4 混沌与分型信息处理技术

混沌与分型的概念起源于 20 世纪 70 年代。非线性科学研究表明,客观世界中许多表面上服从决定论定律的简单系统,其行为仍然是很难预测的(例如天气变化和地震预报),由此产生了混沌理论。

大自然中许多常见不规则的复杂现象,如山峦和云团的外形、曲折的海岸线,他们处处无规则而言,但整体和局部有相似性,因而产生了分形理论。

#### 1. 混沌信息处理技术

根据物理学的观点,“混沌”指的是自然界中普遍存在的一种运动状态,或确定性的力学系统中呈现的有界的、非周期性的运动。

混沌的特征:非线性、蝴蝶效应、分维性、长期预测的不可能性。

主要应用:决策论中的非线性预测、非线性系统的辨识、模式识别、图像数据压缩、计算机图形。

#### 2. 分形信息处理技术

分形是对没有特征长度,但具有一定意义下的自相似图形和结构的总称。

分形集合具有以下特征:

- (1) 该集具有精细结构,即在任意小的比例尺度内包含整体;

(2) 无论从局部还是从整体来看,分形集都是很不规则的,无法用传统的集合语言来描述;

(3) 通常分形集都具有某种自相似性,可能是近似的,也可能是统计意义上的;

(4) 一般分形集是简单和递归的;

(5) 通常分形集的“分形维数”比它的拓扑维数大。

主要应用:图像压缩处理、信息识别。

## 1.4 集成和融合是未来智能信息处理与控制系统的的发展方向

人类社会经历了农业、工业社会后进入了信息化社会。生活在当今信息化社会里,人们不得不承认在我们周边的“信息场”发生的两个重大变化:一是信息空间的结构越来越复杂,信息源所覆盖的空间越来越大,信息的种类也越来越繁多,信息源的频率范围越来越宽,也就是说,我们的研究对象更加复杂;二是随着信息科学和技术发展,科学家和工程师获取信息的手段与方法越来越多样化。如在医院里,医生获取患者疾病信息的手段不再是单靠过去的听诊器(即单传感器),而是利用一系列电子和生物化学的医疗设备,如CT、核磁共振、B超等多种设备(即多传感器)。

实际上,人们早就不知不觉地进入了多传感器信息融合的年代。因而,人们面临着两个方面的挑战:一是如何构造多传感器系统,并更加有效地综合各种传感器提供的各类信息,以获取更准确而完整的信息,这就是信息空间的结构认识和构造问题;二是如何处理来自不明信号源的、不确定的、非线性、非高斯、非平稳、低信噪比的信号,不仅是数字信号,而且包括用模糊语言表示的语言型模糊信息,并对外部环境变化作出灵活的自适应反应,从而实现高性能智能信息处理与控制。这就是信息的获取、加工、处理、融合问题,这种新的挑战就是信息融合技术的研究对象和目标,信息融合的最终目的是构造高性能智能化系统。

未来智能信息处理和控制系统的发展方向一是集成(Integration),二是融合(Fusion)。集成只是系统结构和框架,也就是说,系统在外部的硬件结构上采用多传感器框架,而不是单一传感器结构,在内部结构上采用集成的模式,即由各种智能技术(如人工智能、神经网络、模糊推理等)的模块构成,而不是靠单一的技术模式。融合指的是各种模块间的连接和算法,即要求融合(或者综合)多种技术和各类信息。可见,集成是构造信息融合系统的基本前提,是物质基础;融合是个模块的连接,是“上层建筑”,是系统的核心所在。

只有构造集成和融合的系统框架,才能实现系统的取长补短;只有实现集成和融合的统一,才能构造出具有学习、自治、推理能力的高性能智能化系统。图1-2是集成、融合关系图,图中模块表示传感器信息及其对应的算法。可见,一方面融合在系统中起到连接各技术模块的桥梁作用,另一方面通过融合又可生成新的功能模块。在这里,融合的概念更加拓宽了,它在外部的表示多传感器的集成,而在内部表示的是各种处理模块(即各种技术)之间的综合。

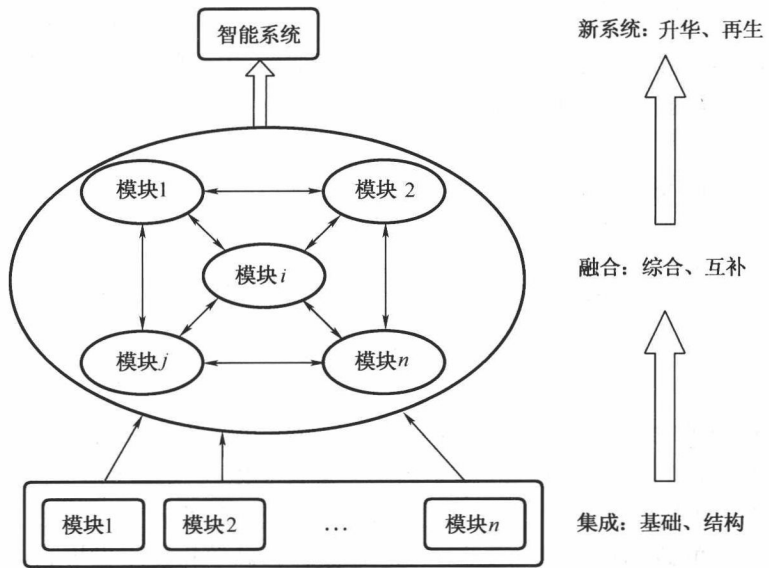


图 1-2 集成、融合关系图



## 第2章 物联网

本章介绍物联网的基础知识,从物联网的定义、物联网的产生背景、物联网的技术架构、物联网的关键技术、物联网的应用模式,以及物联网的发展趋势等方面进行了介绍,涉及物联网的基本内容,可使读者系统地建立起物联网的整体概念。

### 2.1 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“Internet of Things”。顾名思义,“物联网就是物物相连的互联网”。这有两层意思:第一,物联网的核心和基础仍然是互联网,是在互联网基础上的延伸和扩展的网络;第二,其用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间,进行信息交换和通信。因此,物联网的定义是通过射频识别(RFID)、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备,按约定的协议,把任何物品与互联网相连接,进行信息交换和通信,以实现物品的智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。

#### 2.1.1 基本内涵

物联网的英文名为 Internet of Things (IOT),也称为 Web of Things,被视为互联网的应用扩展。应用创新是物联网发展的核心,以用户体验为核心的创新是物联网发展的灵魂。

博欣将物联网定义为通过各种信息传感设备,如传感器、射频识别(RFID)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、物与人,所有的物品与网络的连接,方便识别、管理和控制。

#### 2.1.2 鲜明特征

与传统的互联网相比,物联网有其鲜明的特征。首先,它是各种感知技术的广泛应用。物联网上部署了海量的多种类型传感器,每个传感器都是一个信息源,不同类别的传感器所捕获的信息内容和信息格式不同。传感器获得的数据具有实时性,按一定的频率周期性的采集环境信息,不断更新数据。

其次,它是一种建立在互联网上的泛在网络。物联网技术的重要基础和核心仍旧是互联网,通过各种有线和无线网络与互联网融合,将物体的信息实时准确地传递出去。在物联网上的传感器定时采集的信息需要通过网络传输,由于其数量极其庞大,形成了海量信息,在传输过程中,为了保障数据的正确性和及时性,必须适应各种异构网络和协议。

还有,物联网不仅仅提供了传感器的连接,其本身也具有智能处理的能力,能够对物体实施智能控制。物联网将传感器和智能处理相结合,利用云计算、模式识别等各种智能技