

物联网与传统网络的区别在于,前者扩大了传统网络的通信范围,不局限于人和人之间的通信,更能够进行人和物、物和物之间的通信。在物联网的具体实现中,人们如何完成对物的全面感知是急需解决的重要问题之一。本章将针对全面感知问题,对感知识别层及其相关技术展开阐述。

物联网的感知识别层相当于人类的脸面和五官,人通过视觉、听觉、嗅觉、触觉去感知外部世界,而感知识别层通过传感器、数码相机等感应设备采集外部物理世界信息,再通过RFID、条形码、蓝牙等短距离传输技术传递数据。感知识别层由数据采集子层、短距离通信技术和协同信息处理子层组成。数据采集子层通过各种类型的传感器获取物理世界中发生的物理事件和数据信息。物联网的数据主要通过传感器、RFID 标签、多媒体信息采集、条形码和实时定位等技术进行采集。短距离通信技术和协同信息处理子层将采集到的数据在局部范围内进行协同处理,以提高信息的精度,降低信息冗余度,并通过具有自组织能力的短距离传感网接入广域承载网络。

感知层常见的关键技术包括检测技术和短距离无线通信技术,主要有传感器技术、RFID 技术、条形码技术等。

## 3.1 传感器技术

### 3.1.1 传感器简介

传感器(Sensor/Transducer)技术是应用在自动检测和控制系统中,并对系统运行的各项指标和功能起到重要作用的一门技术。系统的自动化程度越高,对传感器的依赖性就越强。传感器技术所要解决的问题是如何准确可靠地获取控制系统中的各类信息,并结合通信技术和计算机技术完成对信息的传输和处理,最终对系统实现控制。传感器技术、通信技术和计算机技术是现代信息技术的三大基础学科,它们分别构成了自动检测控制系统的“感觉器官”“中枢神经”和“大脑”。

传感器技术是研究信息技术各门学科的基础。无论哪一门学科、哪一种技术、哪一个被控制对象,没有科学地对原始数据进行检测,无论是信息转换、信息处理,还是数据显示,乃

至于最终对被控制对象的控制,都将是一句空话。同样地,传感器技术也是物联网的基础技术之一,它与信息科学息息相关,在信息科学领域里,传感器被认为是生物体“五官”的工程模拟物,是自动检测和自动转换技术的总称。

如何看待传感器在信息科学中的地位呢?我们可以用人的五官和皮肤做比喻,人通过感觉器官接收外界信号,将这些信号传送给大脑,大脑把这些信号分析处理后传递给肌体。如果用机器完成这一过程,计算机相当于人的大脑,执行机构相当于人的肌体,传感器相当于人的五官和皮肤。图 3-1 显示出了传感器与人类五官的对比关系。

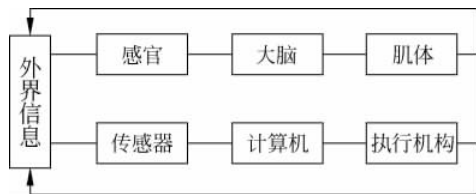


图 3-1 智能机器与人的大脑对比

一般地,可以定义传感器是一种能把特定的被测信号按一定规律转换成某种“可用信号”输出的器件或装置,以满足信息的传输、处理、记录、显示和控制等要求。这里“可用信号”是指便于处理、传输的信号,一般为电信号,如电压、电流、电阻、电容、频率等。在我们每个人的生活里都在使用着各种各样的传感器,如电视机、音响、VCD、空调遥控器等所使用的红外线传感器,电冰箱、微波炉、空调机温控所使用的温度传感器,家庭使用的煤气灶、燃气热水器报警所使用的气体传感器,家用摄像机、数码照相机、上网聊天视频所使用的光电传感器;汽车所使用的传感器就更多,如速度、压力、油量、角度线性位移传感器等。这些传感器的共同特点是利用各种物理、化学、生物效应等,实现对被测信号的测量。

我国国家标准(GB 7665—1987)对传感器(Sensor/Transducer)的定义是:“能够感受规定的被测量,并按照一定规律转换成可用输出信号的器件和装置。”

以上定义表明传感器有这样三层含义:①传感器是测量装置,能完成检测任务;②它的输入量是某一被测量,可能是物理量,也可能是化学量、生物量等;③它的输出量是某种物理量,这种量要便于传输、转换、处理、显示等,这种量可以是气、光、电量,但主要是电量;④输出和输入有对应关系,且应有一定的精确程度。

需要指出的是,国外在传感器和敏感元件的概念上也不完全统一,能完成信号感受和变换功能的器件名称较多。我国也曾出现过多种名称,如变换器、转换器、检测器、敏感元件、换能器等,这些不同的称谓是根据同一类型的器件在不同领域中的应用而得来的,它们的内涵相同或相似,所以近来已逐渐趋向统一,大都使用传感器这一名称了。

近年来,由于信息科学和半导体微电子技术的不断发展,使传感器与微处理器、微机有机地结合,传感器的概念又得到了进一步的扩充。如智能传感器,它是集信息检测和信息处理于一体的多功能传感器。与此同时,在半导体材料的基础上,运用微电子加工技术发展起各种门类的敏感元件,有固态敏感元件,如光敏元件、力敏元件、热敏元件、磁敏元件、压敏元件、气敏元件、物敏元件等。随着光通信技术的发展,近年来利用光纤的传输特性已研究开发出不少光纤传感器。

下面来看看传感器的组成结构。传感器一般由敏感元件、转换元件、转换电路三部分组

成,组成框图见图 3-2。敏感元件是直接感受被测量,并输出与被测量成确定关系的某一物理量的元件。转换元件以敏感元件的输出为输入,把输入转换成电路参数。上述电路参数接入转换电路,便可转换成电量输出。

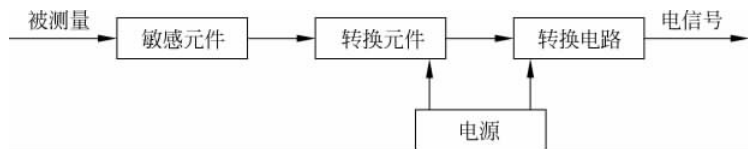


图 3-2 传感器结构框图

实际上,有些传感器很简单,仅由一个敏感元件(兼作转换元件)组成,它感受被测量时直接输出电量,如热电偶。有些传感器由敏感元件和转换元件组成,没有转换电路。有些传感器的转换元件不止一个,要经过若干次转换。图 3-3 是简单自感式装置的原理图。当一个简单的单线圈作为敏感元件时,机械位移输入会改变线圈产生的磁路的磁阻,从而改变自感式装置的电感。电感的变化由合适的电路进行测量,就可从表头上指示输入值。磁路的磁阻变化可以通过空气间隙的变化来获得,也可以通过改变铁芯材料的数量或类型来获得。

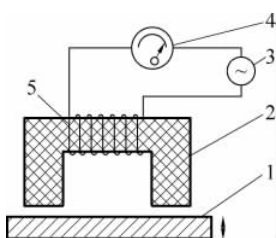


图 3-3 简单自感式装置  
工作原理图

1—衔铁; 2—永久磁铁; 3—激励  
电源; 4—测量仪表; 5—线圈

电感传感器的敏感元件与转换元件是电感线圈,其转换原理基于电磁感应原理。它把被测量的变化转换成线圈自感系数  $L$ (或互感系数  $M$ ) 的变化(在电路中表现为感抗  $X_L$  的变化),从而达到被测量到电参量的转换。

### 3.1.2 传感器的作用和分类

正如前面所说,传感器是人类五官的延伸。随着新技术革命的到来,世界开始进入信息时代。在利用信息的过程中,首先要解决的问题就是如何获取准确可靠的信息,而传感器是获取自然和生产领域中信息的主要途径与手段。在现代工业生产尤其是自动化生产过程中,要用各种传感器来监视和控制生产过程中的各个参数,使设备工作在正常状态或最佳状态,并使产品达到最好的质量。因此可以说,没有众多优良的传感器,现代化生产也就失去了基础。在基础学科研究中,传感器更具有突出的地位。现代科学技术的发展,进入了许多新领域,例如,在宏观上要观察上千光年的茫茫宇宙,微观上要观察小到纳米的粒子世界,纵向上要观察长达数十万年的天体演化,短到秒的瞬间反应。此外,还出现了对深化物质认识、开拓新能源、新材料等具有重要作用的各种极端技术的研究,如超高温、超低温、超高压、超高真空、超强磁场、超弱磁场等。显然,要获取大量人类感官无法直接获取的信息,没有相适应的传感器是不可能的。许多基础科学研究的障碍,首先就在于对象信息的获取存在困难,而一些新机理和高灵敏度的检测传感器的出现,往往会导致该领域内的突破。一些传感器的发展往往是一些边缘学科开发的先驱。传感器早已渗透到诸如工业生产、宇宙开发、海洋探测、环境保护、资源调查、医学诊断、生物工程甚至文物保护等极其广泛的领域。可以毫不夸张地说,从茫茫的太空到浩瀚的海洋,以至各种复杂的工程系统,几乎每一个现代化项

目都离不开各种各样的传感器。由此可见,传感器技术在发展经济、推动社会进步方面的重要作用是十分明显的。

工业革命以来,传感器为提高和改善机器的性能发挥了巨大的作用。传感器技术大体可分为三代:第一代是结构型传感器,它利用结构参量变化来感受和转化信号;第二代是20世纪70年代发展起来的固体型传感器,这种传感器由半导体、电介质、磁性材料等固体元件构成,利用材料的某些特性制成;第三代传感器是刚刚发展起来的智能型传感器,它是微型计算机技术与检测技术相结合的产物,使传感器具有一定的人工智能。

现代传感器利用新的材料、新的集成加工工艺使传感器技术越来越成熟,除了使用半导体材料、陶瓷材料外,光纤以及超导材料的发展也为传感器的发展提供了物质基础。未来还会有更新的材料,如纳米材料,更有利于传感器的小型化。目前,现代传感器正从传统的分立式,朝着集成化、智能化、数字化、系统化、多功能化、网络化、光机电一体化、无维护化、低功耗、高精度、高可靠性、高信噪比、宽量程的方向发展。

目前,传感器涉及的领域包括现代流程工业、宇宙开发、海洋探测、军事国防、环境保护、资源调查、医学诊断、智能建筑、汽车、家用电器、生物工程、商检质检、公共安全甚至文物保护等。

正如前面所述,传感器应用范围广泛,种类繁多,其分类方法也较多。目前尚没有统一的分类方法,较为常见的主要有以下几种分类方法。

### 1. 按被测量分类

如被测量分别为温度、压力、位移、速度、加速度、湿度等非电量时,则相应的传感器称为温度传感器、压力传感器、位移传感器、速度传感器、加速度传感器、湿度传感器等。这种分类方法给使用者提供了方便,容易根据被测量对象选择所需要的传感器。

### 2. 按物理工作原理分类

#### 1) 电学式传感器

电学式传感器是非电量电测技术中应用范围较广的一种传感器,常用的有电阻式传感器、电容式传感器、电感式传感器、磁电式传感器及电涡流式传感器等。

电阻式传感器是利用变阻器将被测非电量转换为电阻信号的原理制成。电阻式传感器一般有电位器式、触点变阻式、电阻应变片式及压阻式传感器等。电阻式传感器主要用于位移、压力、力、应变、力矩、气流流速、液位和液体流量等参数的测量。

电容式传感器是利用改变电容的几何尺寸或改变介质的性质和含量,从而使电容量发生变化的原理制成的,主要用于压力、位移、液位、厚度、水分含量等参数的测量。

电感式传感器是利用改变磁路几何尺寸、磁体位置来改变电感或互感的电感量或压磁效应原理制成的,主要用于位移、压力、力、振动、加速度等参数的测量。

磁电式传感器是利用电磁感应原理把被测非电量转换成电量制成的,主要用于流量、转速和位移等参数的测量。

电涡流式传感器是利用金属在磁场中运动切割磁力线,在金属内形成涡流的原理制成的,主要用于位移及厚度等参数的测量。

### 2) 磁学式传感器

磁学式传感器是利用铁磁物质的一些物理效应而制成的,主要用于位移、转矩等参数的测量。

### 3) 光电式传感器

光电式传感器在非电量电测及自动控制技术中占有重要的地位。它是利用光电器件的光电效应和光学原理制成的,主要用于光强、光通量、位移、浓度等参数的测量。

### 4) 电势型传感器

电势型传感器是利用热电效应、光电效应、霍尔效应等原理制成,主要用于温度、磁通、电流、速度、光强、热辐射等参数的测量。

### 5) 电荷传感器

电荷传感器是利用压电效应原理制成的,主要用于力及加速度的测量。

### 6) 半导体传感器

半导体传感器是利用半导体的压阻效应、内光电效应、磁电效应、半导体与气体接触产生物质变化等原理制成的,主要用于温度、湿度、压力、加速度、磁场和有害气体的测量。

### 7) 谐振式传感器

谐振式传感器是利用改变电或机械的固有参数来改变谐振频率的原理制成的,主要用来测量压力。

### 8) 电化学式传感器

电化学式传感器是以离子导电为基础制成的,根据其电特性的形成不同,电化学传感器可分为电位式传感器、电导式传感器、电量式传感器、极谱式传感器和电解式传感器等。电化学式传感器主要用于分析气体、液体或溶于液体的固体成分、液体的酸碱度、电导率及氧化还原电位等参数的测量。

## 3. 按构成原理分类

传感器按构成原理可分为结构型与物性型两大类。

结构型传感器是利用物理学中场的定律构成的,包括动力场的运动定律、电磁场的电磁定律等。物理学中的定律一般是以方程式给出的。对于传感器来说,这些方程式也就是许多传感器在工作时的数学模型。这类传感器的特点是传感器的性能与它的结构材料没有多大关系。以差动变压器为例,无论是使用坡莫合金或铁淦氧做铁芯,还是使用铜线或其他导线作绕组,都是作为差动变压器而工作的。

物性型传感器是利用物质定律构成的,如虎克定律、欧姆定律等。物质定律是表示物质某种客观性质的法则。这种法则大多数以物质本身的常数形式给出。这些常数的大小决定了传感器的主要性能。因此,物性型传感器的性能随材料的不同而异。例如,光电管就是物性型传感器,它利用了物质法则中的外光电效应。显然,其特性与涂覆在电极上的材料有着密切的关系。又如,所有半导体传感器以及所有利用各种环境变化而引起的金属、半导体、陶瓷、合金等性能变化的传感器都属于物性型传感器。

## 4. 按能量转换方式分类

根据传感器的能量转换情况,可分为能量控制型传感器和能量转换型传感器。

能量控制型传感器在信息变换过程中其能量需要外电源供给。如电阻、电感、电容等电路参量传感器都属于这一类传感器。基于应变电阻效应、磁阻效应、热阻效应、光电效应、霍尔效应等的传感器也属于此类传感器。

能量转换型传感器主要由能量变换元件构成,它不需要外电源。如基于压电效应、热电效应、光电动势效应等的传感器都属于此类传感器。

按照我国传感器分类体系表,传感器分为物理量传感器、化学量传感器以及生物量传感器三大类,下含 11 个小类:力学量传感器、热学量传感器、光学量传感器、磁学量传感器、电学量传感器、射线传感器(以上属于物理量传感器)、气体传感器、离子传感器、温度传感器(以上属于化学传感器)以及生化量传感器与生物量传感器(属生物量传感器),各小类又按两个层次分成若干品种。

此外,还有从材料、工艺、应用角度进行分类的。这些分类方式从不同的侧面为我们提供了探索和开发传感器的技术空间。在这些传感器分类体系中,按被测量分类的方案简单、实用,在实际应用习惯上使用最多。按能量转换原理分类也是较好的分类方法,但是由于一些传感器涉及的转换原理尚在探索之中,难以给出固定的模式和框架,因而多局限于学术领域的交流。传感器种类繁多,随着材料科学、制造工艺及应用技术的发展,传感器品种将如雨后春笋大量涌现。如何将这些传感器加以科学分类,是传感器领域一个重要的课题。

### 3.1.3 传感器的特性参数

传感器的特性主要是指输出与输入之间的关系。当输入量为常量或变化极慢时,这一关系就称为静态特性;当输入量随时间变化时,这一关系就称为动态特性。

如图 3-4 所示,系统输出信号  $y(t)$  与输入信号(被测量)  $x(t)$  之间的关系是传感器的基本特性。根据传感器输入信号  $x(t)$  是否随时间变化,其基本特性分为静态特性和动态特性,它们是系统对外呈现出的外部特性,与其内部参数密切相关。不同的传感器内部参数不同,因此其基本特性也表现出不同的特点。一个高精度传感器必须具有良好的静态特性和动态特性,才能保证信号无失真地按规律转换。

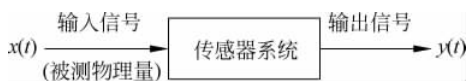


图 3-4 传感器系统

传感器除了描述输出输入关系的特性之外,还有与使用条件、使用环境、使用要求等有关特性。本节主要针对静态特性和动态特性进行讨论。

#### 1. 传感器的静态特性

传感器的静态特性是指传感器转换的被测量(输入信号)数值是常量(处于稳定状态)或变化极缓慢时,传感器的输出与输入的关系。

人们总是希望传感器的输出与输入有唯一的对应关系,而且最好成线性关系。但一般情况下,输出与输入不会符合所要求的线性关系,同时由于存在着迟滞、蠕变、摩擦、间隙和松动等各种因素的影响,以及外界条件的影响,使输出输入对应关系的唯一性也不能实现。

考虑这些情况之后,传感器的输出输入作用图大致如图 3-5 所示。图中的外界影响不可忽视,影响程度取决于传感器本身,可通过传感器本身的改善来加以抑制,有时也可以对外界条件加以限制。图中的误差因素是衡量传感器静态特性的主要技术指标。

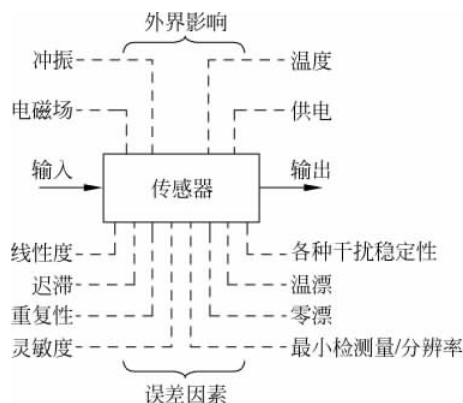


图 3-5 传感器的输出输入作用

(1) 线性度。传感器的线性度是指其输出量与输入量之间的关系曲线偏离理想直线的程度,又称为非线性误差。如不考虑迟滞、蠕变等因素,一般传感器的输出输入特性关系可用  $n$  次多项式表示为

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \cdots + a_nx^n \quad (3.1)$$

式中:  $x$  —— 输入量;

$y$  —— 输出量;

$a_0$  —— 零输入时的输出(也称为零位输出);

$a_1$  —— 传感器线性项系数(也称为线性灵敏度);

$a_2, a_3, \cdots, a_n$  —— 非线性项系数。

传感器的线性度可分为理想线性特性、仅有偶次非线性项、仅有奇次非线性项、一般输入特性 4 种情况,如图 3-6 所示。

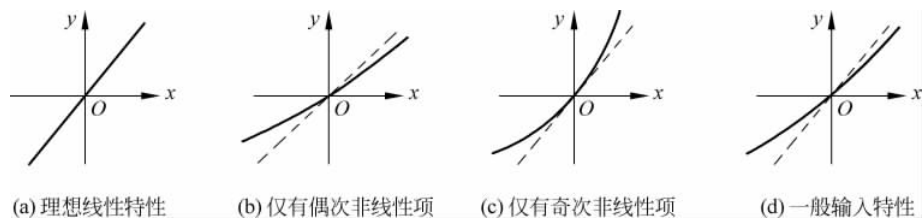


图 3-6 传感器的线性度

① 理想线性特性。如图 3-6(a)所示,此时

$$a_0 = a_1 = a_2 = a_3 = \cdots = a_n$$

传感器的输入/输出特性为

$$y = a_1x \quad (3.2)$$

直线上任意点的斜率相等,传感器的灵敏度为

$$k = a_1 = y/x \quad (3.3)$$

② 仅有偶次非线性项。如图 3-6(b)所示,此特性线性范围较窄,没有对称性,线性度较差,一般传感器设计很少采用这种特性。传感器的输入/输出特性为

$$y = a_0 + a_2x^2 + a_4x^4 + \cdots + a_{2n}x^{2n} \quad n = 0, 1, 2, \cdots \quad (3.4)$$

③ 仅有奇次非线性项。如图 3-6(c)所示,传感器特性相对于坐标原点对称,线性范围较宽,线性度好,是接近理想直线的非线性特性。传感器的输入/输出特性为

$$y = a_1x + a_3x^3 + \cdots + a_{2n+1}x^{2n+1} \quad n = 0, 1, 2, \cdots \quad (3.5)$$

④ 一般输入特性。如图 3-6(d)所示,传感器特性相对于坐标原点对称,其线性范围较宽,线性度较好,是比较接近于理想直线的非线性特性。传感器的输入/输出特性为

$$y = a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \cdots + a_nx^n \quad n = 0, 1, 2, \cdots \quad (3.6)$$

在实际使用非线性传感器时,如果非线性项的次数不高,则在输入量变化范围不大的情况下,可采用直线近似地代替实际输入输出特性曲线的某一段,使传感器的非线性特性得到线性化处理。

(2) 灵敏度。灵敏度是传感器输出量增量与被测输入量增量之比,用  $k$  来表示。

线性传感器的灵敏度就是拟合直线的斜率

$$k = \Delta y / \Delta x \quad (3.7)$$

非线性传感器的灵敏度不是常数,表达式为

$$k = dy / dx \quad (3.8)$$

灵敏度用输出/输入量之比表示。例如,某位移传感器在位移变 1mm 时,输出电压变化 300mV,则其灵敏度为 300mV/mm。有些情况下灵敏度有另一种含义,因为有许多传感器的输出电压与其电源电压有关,在同样输入量的情况下,输出电压是不同的,这时,灵敏度计算中还要考虑单位电源的作用。若电源电压为 10V,则上述位移传感器的灵敏度应为 30mV/(mm·V)。灵敏度  $k$  为定值是有条件的,它有时会随着工作区间的变化而改变;有时会随工作点的不同而不同。即使是利用同一变换原理的传感元件,如改变传感器元件的工作点,灵敏度  $k$  也会随之改变。

(3) 迟滞。迟滞特性表明传感器在正(输入量增大)反(输入量减小)行程中输出与输入曲线不重合的程度,如图 3-7 所示。迟滞大小一般由实验方法测得。迟滞误差以正、反向输出量的最大偏差与满量程输出之比的百分数表示

$$\gamma_H = \pm \frac{1}{2} \times \frac{\Delta H_{\max}}{y_{FS}} \times 100\% \quad (3.9)$$

式中:  $\Delta H_{\max}$ ——正、反行程间输出的最大误差;

$y_{FS}$ ——理论满量程输出值。

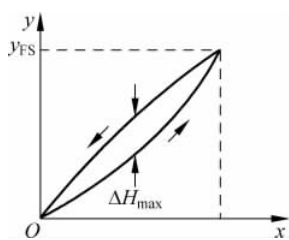


图 3-7 传感器的迟滞特性

传感器材料的物理性质是产生迟滞的主要原因。例如,把应力施加于某弹性材料时,弹性材料产生形变,应力取消后,弹性材料仍不能完全恢复原状。又如,铁磁体、铁电体在外加磁场、电场作用下也均有迟滞现象。此外,传感器机械部分存在不可避免的缺陷,如摩擦、磨损、间隙、松动、积尘等也是造成迟滞现象的重要原因。

(4) 重复性。重复性是指传感器在输入量按同一方向作全程连续多次变动时所得特性曲线间不一致的程度。各条特性曲线越靠近,说明重复性就越好。正行程的最大重复性

偏差为  $\Delta R_{\max 1}$ , 反行程的最大重复性偏差为  $\Delta R_{\max 2}$ 。重复性偏差取这两个最大偏差中的较大者为  $\Delta R_{\max}$ , 再以满量程输出的百分数表示, 这就是重复误差, 如式(3.10)所示。

$$\gamma_R = \pm \frac{\Delta R_{\max}}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (3.10)$$

重复性是反映传感器精密程度的重要指标。同时, 重复性的好坏也与许多随机因素有关, 它属于随机误差, 要用统计规律来确定。

(5) 精度。传感器的精度是指测量结果的可靠程度, 它以给定的准确度表示重复某个读数的能力, 其误差率越小, 则传感器精度越高。传感器的精度表示传感器在规定条件下允许的最大绝对误差相对于传感器满量程输出的百分比, 可表示为

$$A = \frac{\Delta A}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (3.11)$$

式中,  $A$  为传感器的精度;  $\Delta A$  为测量范围内允许的最大绝对误差;  $Y_{FS}$  为满量程输出。

(6) 最小检测量和分辨率。最小检测量是指传感器能确切反映被测量的最低极限量。最小检测量愈小, 表示传感器检测能力越高。由于传感器的最小检测量易受噪声的影响, 所以一般用相当于噪声电平若干倍的被测量为最小检测量, 可表示为

$$M = CN/K \quad (3.12)$$

式中,  $M$  为最小检测量;  $C$  为系数,  $C=1\sim 5$ ;  $N$  为噪声电平;  $K$  为传感器的灵敏度。

例如, 电容式压力传感器的噪声电平  $N$  为  $0.2\text{mV}$ , 灵敏度  $K$  为  $0.5\text{mV/Pa}$ , 若取  $C=2$ , 则根据式(3.12)计算出最小检测量  $M$  为  $0.8\text{Pa}$ 。

数字式传感器一般用分辨率表示, 即输出数字指示值最后一位数字所代表的输入量。

(7) 零点漂移。传感器无输入(或某一输入值不变)时, 每隔一段时间进行读数, 其输出偏离零值(或原指示值), 即为零点漂移(简称零漂)。

$$\text{零漂} = \frac{\Delta Y_0}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (3.13)$$

式中,  $\Delta Y_0$  为最大零点偏差(或相应偏差);  $Y_{FS}$  为满量程输出。

(8) 温漂。温漂表示温度变化时传感器输出值的偏离程度, 一般用温度变化  $1^\circ\text{C}$  时输出最大偏差与满量程的百分比表示:

$$\text{温漂} = \frac{\Delta_{\max}}{Y_{FS} \Delta Y} \times 100\% \quad (3.14)$$

式中,  $\Delta_{\max}$  为输出最大偏差;  $\Delta Y$  为温度变化范围;  $Y_{FS}$  为满量程输出。

## 2. 传感器的动态特性

在实际测量中, 大量被测量是随时间变化的动态信号, 这就要求传感器的输出不仅能精确地反映被测量的大小, 还要正确地再现被测量随时间变化的规律。传感器的动态特性是指在测量动态信号时传感器的输出反映被测量的大小和随时间变化的能力。动态特性差的传感器在测量过程中将会产生较大的动态误差。

静态特性不考虑时间变动的因素, 而动态特性是反映传感器对于随时间变化的输入量的响应特性。在利用传感器测量随时间变化的参数时, 除了要注意其静态指标以外, 还要关心其动态性能指标。实际被测量随时间变化的形式可能是各种各样的, 所以在研究动态特性时, 通常根据正弦变化与阶跃变化两种标准输入来考察传感器的动态特性。传感器的动

态特性分析和动态标定都以这两种标准输入状态为依据。对于任一传感器,只要输入量是时间的函数,其输出量也应是时间的函数。

为了便于分析和处理传感器的动态特性,同样需要建立数学模型,用数学中的逻辑推理和运算方法来研究传感器的动态响应。对于线性系统的动态响应研究,最广泛使用的数学模型是普通线性常系数微分方程。只要对微分方程求解,就可得到动态性能指标。

传感器的动态性能指标有时域指标和频域指标两种。

### 3.1.4 智能传感器

智能传感器是一门现代化的综合技术,是当今世界正在迅速发展的高新技术,至今还没有形成规范化的定义。早期,人们简单、机械地强调在工艺上将传感器与微处理器两者紧密结合,认为“传感器的敏感元件及其信号调理电路与微处理器集成在一块芯片上就是智能传感器”;也有人对智能传感器做了这样的定义:“传感器与微处理器赋予智能的结合,兼有信息检测与信息处理功能的传感器就是智能传感器”;模糊传感器也是一种智能传感器。一般认为,智能传感器是指以微处理器为核心,能够自动采集、存储外部信息,并能自动对采集的数据进行逻辑思维、判断及诊断,能够通过输入输出接口与其他智能传感器(智能系统)进行通信的传感器。智能传感器扩展了传感器的功能,使之成为具备人的某些智能的新概念传感器。

#### 1. 智能传感器的功能

自动化领域所取得的一项最大进展就是智能传感器的发展与广泛使用,智能传感器代表了传感器的发展方向,这种智能传感器带有标准数字总线接口,能够自己管理自己,能将所检测到的信号经过变换处理后,以数字量形式通过现场总线与上位计算机或其他智能系统进行通信与信息传递。和传统的传感器相比,智能传感器具备以下一些功能。

##### 1) 复合敏感功能

智能传感器应该具有一种或多种敏感能力,如能够同时测量声、光、电、热、力、化学等多个物理或化学量,给出比较全面反映物质运动规律的信息;同时测量介质的温度、流速、压力和密度;以及测量物体某一点的三维振动加速度、速度、位移等。

##### 2) 自动采集数据并对数据进行预处理

智能传感器能够自动选择量程完成对信号的采集,并能够对采集的原始数据进行各种处理,如各种数字滤波、FFT变换、HHT变换等时频域处理,从而进行功能计算及逻辑判断。

##### 3) 自补偿、自校零、自校正功能

为保证测量精度,智能传感器必须具备上电自诊断、设定条件自诊断以及自动补偿功能,如能够根据外界环境的变化自动进行温度漂移补偿、非线性补偿、零位补偿、间接量计算等。同时能够利用EEPROM中的计量特性数据进行自校正、自校零、自标定等功能。

##### 4) 信息存储功能

智能传感器应该能够对采集的信息进行存储,并将处理的结果送给其他的智能传感器或智能系统。实现这些功能需要一定容量的存储器及通信接口。现在大多智能传感器都具

有扩展的存储器及双向通信接口。

#### 5) 通信功能

利用通信网络以数字形式实现传感器测试数据的双向通信,是智能传感器的关键标志之一;利用双向通信网络,也可设置智能传感器的增益、补偿参数、内检参数,并输出测试数据。智能传感器的出现将复杂信号由集中型处理变成分散型处理,既可以保证数据处理的质量,提高抗干扰性能,同时又降低了系统的成本。它使传感器由单一功能、单一检测向多功能和多变量检测发展,使传感器由被动进行信号转换向主动控制和主动进行信息处理方向发展,并使传感器由孤立的元件向系统化、网络化发展。在技术实现上可采用标准化总线接口进行信息交换。

#### 6) 自学习功能

一定程度的人工智能是硬件与软件的结合体,可实现学习功能,更能体现仪表在控制系统中的作用。可以根据不同的测量要求,选择合适的方案,并能对信息进行综合处理,对系统状态进行预测。

## 2. 智能传感器的特点

与传统传感器相比,智能传感器具有如下特点。

### 1) 精度高、测量范围宽

通过软件技术可实现高精度的信息采集,能够随时检测出被测量的变化对检测元件特性的影响,并完成各种运算,如数字滤波及补偿算法等,使输出信号更为精确,同时其量程比可达 $100:1$ ,最高达 $400:1$ ,可用一个智能传感器应付很宽的测量范围,特别适用于要求量程比大的控制场合。

### 2) 高可靠性与高稳定性

智能传感器能够自动补偿因工作条件或环境参数变化而引起的系统特性的漂移,如环境温度变化而引起传感器输出的零点漂移,能够根据被测参数的变化自动选择量程,能够自动实时进行自检,能根据出现的紧急情况自动进行应急处理,这些都可以提高智能传感器系统的可靠性与稳定性。

### 3) 高信噪比与高的分辨率

智能传感器具有数据存储和数据处理能力,通过软件进行各种数字滤波、小波分析及HHT等时频域分析,可以有效提高系统的信噪比与分辨率。

### 4) 更强的自适应性

智能传感器的微处理器可以使其具备判断、推理及学习能力,从而具备根据系统所处环境及测量内容自动调整测量参数,使系统进入最佳工作状态。

### 5) 更高的性能价格比

智能传感器采用价格便宜的微处理器及外围部件即可以实现强大的数据处理、自诊断、自动测量与控制等多项功能。

### 6) 功能多样化

相比于传统传感器,智能传感器不但能自动监测多种参数,而且能根据测量的数据自动进行数据处理并给出结果,还能够利用组网技术构成智能检测网络。

### 3. 智能传感器的实现技术

智能传感器视其传感元件的不同具有不同的名称和用途,而且其硬件的组合方式也不尽相同,但其结构模块大致相似,一般由以下几个部分组成:①一个或多个敏感器件;②微处理器或微控制器;③非易失性可擦写存储器;④双向数据通信的接口;⑤模拟量输入输出接口(可选,如 A/D 转换、D/A 转换);⑥高效的电源模块。按照实现形式,智能传感器可以分为非集成化智能传感器、集成化智能传感器以及混合式智能传感器三种结构。图 3-8 为典型的智能传感器结构示意图。

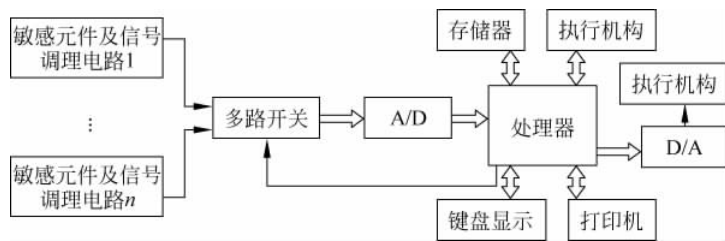


图 3-8 典型的智能传感器结构示意图

#### 1) 非集成化智能传感器

非集成化智能传感器就是将传统的经典传感器、信号调理电路、微处理器以及相关的输入输出接口电路、存储器等进行简单组合集成而得到的测量系统,如图 3-9 所示。在这种实现方式下,传感器与微处理器可以分为两个独立部分,传感器及变送器将待测物理量转换为相应的电信号,送给信号调理电路进行滤波、放大,再经过模数转换后送到微处理器。微处理器是智能传感器的核心,不但可以对传感器测量数据进行计算、存储、处理,还可以通过反馈回路对传感器进行调节。微处理器可以根据其内存中驻留的软件实现对测量过程的各种控制、逻辑推理、数据处理等功能,使传感器获得智能,从而提高系统性能。

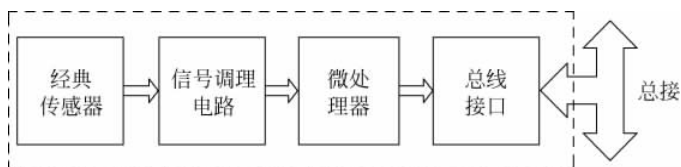


图 3-9 非集成式智能传感器结构示意图

另外,近年来发展极为迅速的模糊传感器也是一种非集成化的新型智能传感器。它是在经典数值测量的基础上,经过模糊推理和知识合成,以模拟人类自然语言符号描述的形式输出测量结果。显然,模糊传感器的核心部分就是模拟人类自然语言符号的产生及其处理。模糊传感器的“智能”在于,它可以模拟人类感知的全过程。它不仅具有智能传感器的一般优点和功能,而且具有学习推理的能力,具有适应测量环境变化的能力,并能够根据测量任务的要求进行学习推理,此外,它还具有与上级系统交换信息的能力,以及自我管理和调节的能力。简单地说,模糊传感器的作用应当与一个具有丰富经验的测量专家的作用是等同的。图 3-10 是模糊传感器的简单结构示意图。

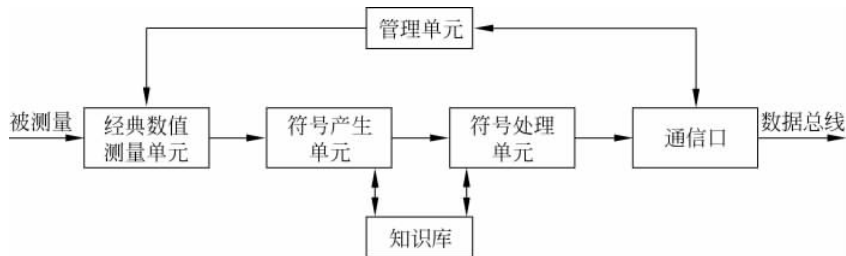


图 3-10 模糊传感器的简单结构示意图

## 2) 集成化智能传感器

传感器的集成化实现技术是指以硅材料为基础,采用微米级的微机械加工技术和大规模集成电路工艺来实现各种仪表传感器系统的微米级尺寸化,国外也称它为专用集成微型传感技术。由此制作的智能传感器的特点如下。

### (1) 微型化。

微型压力传感器已经可以小到放在注射针头内送进血管测量血液流动情况,装在飞机或发动机叶片表面用以测量气体的流速和压力。美国最近研究成功的微型加速度计可以使火箭或飞船的制导系统质量从几千克下降至几克。

### (2) 一体化。

压阻式压力传感器是最早实现一体化结构的。传统的做法是先分别由宏观机械加工金属圆膜片与圆柱状环,然后把二者粘贴形成周边固支结构的“金属杯”,再在圆膜片上粘贴电阻变换器(应变片)而构成压力传感器,这就不可避免地存在蠕变、迟滞、非线性特性。采用微机械加工和集成化工艺,不仅“硅杯”一次整体成型,而且电阻变换器与硅杯是完全一体化的。进而可在硅杯非受力区制作调理电路、微处理器单元甚至微执行器,从而实现不同程度的,乃至整个系统的一体化。

### (3) 精度高。

比起分体结构,传感器结构一体化后,迟滞、重复性指标将大大改善,时间漂移大大减小,精度提高。后续的信号调理电路与敏感元件一体化后可以大大减小由引线长度带来的寄生参量的影响,这对电容式传感器有特别重要的意义。

### (4) 多功能。

微米级敏感元件结构的实现特别有利于在同一硅片上制作不同功能的多个传感器,如霍尼韦尔公司生产的 ST-3000 型智能压力和温度变送器,就是在—块硅片上制作了感受压力、压差及温度三个参量的,具有三种功能(可测压力、压差、温度)的传感器。这样不仅增加了传感器的功能,而且可以提高传感器的稳定性与精度。

### (5) 阵列式。

微米技术已经可以在 1cm 大小的硅芯片上制作含有几千个压力传感器阵列,如丰田中央研究所半导体研究室用微机械加工技术制作的集成化应变计式面阵触觉传感器,在 8mm×8mm 的硅片上制作了 1024 个敏感触点,基片四周还制作了信号处理电路,其元件总数达 16 000 个。敏感元件构成阵列后,配合相应图像处理软件,可以构成多维图像传感器。

### (6) 使用方便,操作简单。

它没有外部连接元件,外接连线数量少,包括电源、通信线可以少至 4 条,因此,接线极

其简便。它还可以自动进行整体自校,无须用户长时间反复多环节调节与校验。“智能”含量越高的智能传感器,它的操作使用越简便,用户只需编制简单的使用主程序。

要在一块芯片上实现智能传感器系统存在着许多棘手的难题,如直接转换型 A/D 变换器电路太复杂,制作敏感元件后留下的芯片面积有限,需要寻求其他 A/D 转换的型式;由于芯片面积的限制,以及制作敏感元件与数字电路的优化工艺的不兼容性,微处理器系统及可编程只读存储器的规模、复杂性与完善性也受到很大限制。

### 3) 混合式智能传感器。

根据需要将系统各个集成化环节,如敏感单元、信号调理电路、微处理器单元、数字总线接口等,以不同的组合方式集成在两块或三块芯片上,并封装在一个外壳里,如图 3-11 所示。

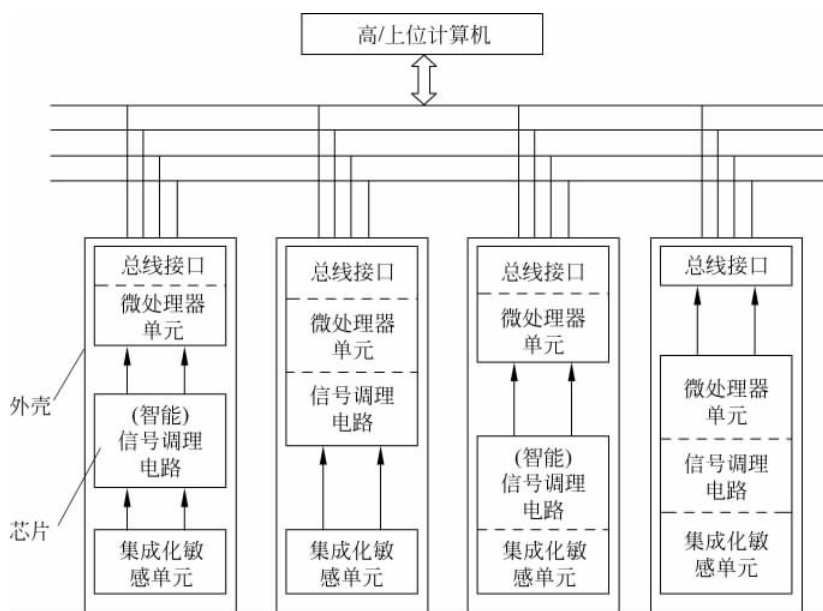


图 3-11 一个封装中可能的混合集成实现方式

集成化敏感单元包括各种敏感元件及其变换电路,信号调理电路包括多路开关、放大器、基准源、模/数转换器(ADC)等,微处理器单元包括数字存储器、I/O 接口、微处理器、数/模转换器等。

## 4. 智能传感器的新进展及应用发展方向

随着 MEMS(Micro-Electro-Mechanical System, 微机电系统)、激光技术、高科技材料等的技术进步,传感器的研发呈现多样化的趋势,下面通过盘点这两年热门的新型传感器技术来了解新型智能传感器的发展方向。

2016 年,英国国防部公布了一种新型可穿戴传感技术,定位士兵位置和防止误伤事件。这一套徒步近战传感系统(DCCS)可以让指挥官在没有 GPS 的情况下定位士兵位置,同时提供更好的周围环境感知能力。更甚者,在 2017 年瑞士联邦材料科学与技术研究所(EMPA)研究员在 *Journal of the Royal Society Interface* 发表的一项新研究中,研究人员

发布了一种光纤材料,可以快速生产,然后编织、针织或刺绣到现有的织物中,形成柔性、可穿戴的传感器,无缝集成到衣服中。该材料还能够机洗,甚至能够耐受医用级别的消毒水和洗涤剂。

2016年,中国哈尔滨工业大学材料科学教授何晓东以及其同事在新型人造毛发传感器方面进行了创新,他们研发的新技术能够模仿人体表面的细微毛发,人类正是通过这些毛发将感觉信息传递到皮肤神经。研究人员采用 $30\mu\text{m}$ 的细线代替毛发,他们在硅脂橡胶中嵌入一排细微电线,这排电线的作用就是给人造皮肤带来外界信息。

致力于糖尿病患者健康监测的创企 Siren Care 于 2016 年研发了一款智能袜子,该袜子通过温度传感器来检测患者是否出现炎症,进而实时检测糖尿病患者健康状况。

美国研究人员于 2016 年开发出一种类似皮肤贴纸的柔性传感器,可监测心率和识别语音。该器件的潜在应用包括诊断病情、操纵机器人,以及在无手柄的情况下玩计算机游戏等。例如,用户只需说出“上、下、左、右”就可控制吃豆人游戏,语音识别率可达 90%。据悉,这种新型传感器类似于一个小的创可贴,只有 20mm 厚,213.6mg 重,具有足够的灵活性和可伸展性,可穿戴在颈部这样的人体弯曲部位。

据报道,日本研究人员最新发明了一种廉价的像创可贴一般的集成传感器。这种创可贴集成传感器是一种可随意贴在身体上的柔性设备,能监测人体活动量、心跳次数以及紫外线强度等,可用于健康管理和物联网等领域。

美国范德堡大学的一组科学家通过对荧光素酶这种生物酶进行基因改造而发明出一种生物发光传感器。据研究人员介绍,这一新型传感器可用来追踪大脑中大型神经网络的内部互动情况。

随着智慧城市概念的提出,民用传感器领域也将迎来市场“蓝海”。2016年,上润利用传感器技术自主研发了智慧水务系统,并计划从 2016 年到 2025 年投入 3~5 亿元,在福州供水管网中安装八万多个无线传感器等智能设备,用于城市供水漏损治理项目的实施。

不仅是智慧水务,在智慧城市的建设中,有多个领域都需要以传感器技术为基础。目前,许多城市中的桥梁建筑都已年代久远,开始出现不同程度的质量问题。江苏无锡在蓉湖大桥、开源大桥两座桥梁的桥体各处安装了百余个传感器,通过多个加速度传感器测量这座斜拉索的加速度,来获得其自振频率,从而推断拉索的健康状况。

此外,在城市的地铁建设中传感器也被广泛应用。在地铁的环境控制系统里,需要使用室内温湿度传感器、管道温湿度传感器以及  $\text{CO}_2$  浓度传感器,以监测车站实时的温度、湿度、空气质量。还有环境监测、可穿戴设备等领域也需要大量使用各种各样的传感器技术。

由此可见,新型传感器的发展将更加快捷迅猛,给人们的生活带来翻天覆地的变化,笔者认为其未来应用发展主要集中在以下三个领域。

(1) 健康领域,主要是可穿戴设备,研究的焦点在于可穿戴设备将配备多种传感器,比如测量血压、心跳、运动频率等传感器指数可以整合提供给到用户界面,给用户带来独特的体验。

(2) 物联网领域,多种移动设备和工业设备接入物联网,使得智能传感器无处不在,包括保证网络安全的重要传感器。

(3) 智能手机的快速迭代和新功能的应用都让智能传感器有了更大的舞台。

## 3.2 自动识别技术

### 3.2.1 自动识别技术概述

随着人类社会步入信息时代,人们所获取和处理的信息量不断加大。传统的信息采集输入是通过人工手段完成的,不仅劳动强度大,而且数据误码率高。以计算机和通信技术为基础的自动识别技术可以对信息自动识别,并可以在各种环境之下,使人类得以对大量数据信息进行及时、准确的处理。自动识别技术是物联网体系的重要组成部分,可以对每个物品进行标识和识别,并将数据实时更新,是构造全球物品信息实时共享的重要组成部分,是物联网的基石。

自动识别技术(Auto Identification and Data Capture, AIDC)是一种高度自动化的信息或数据采集技术,对字符、影像、条形码、声音、信号等记录数据的载体进行机器自动识别,自动地获取被识别物品的相关信息,并提供给后台的计算机处理系统以完成相关后续处理。

自动识别技术是用机器识别对象的众多技术的总称,具体地讲,就是应用识别装置,通过被识别物品与识别装置之间的接近活动,自动地获取被识别物体的相关信息。自动识别技术可以在制造、物流、防伪和安全等领域中应用,可以采用光识别、磁识别、电识别或射频识别等多种识别方式,是集计算机、光、电、通信和网络技术为一体的高技术学科。本节主要介绍生物识别技术、磁条和 IC 卡识别技术和光学字符技术,后面章节再继续介绍 RFID 技术和条形码技术。

完整的自动识别计算机管理系统包括自动识别系统(Automatic Identification System, AIDS)、应用程序接口(Application Interface, API)或者中间件(Middleware)和应用系统软件(Application Software),如图 3-12 所示。其中,自动识别系统完成数据的采集和存储工作;应用系统软件对自动识别系统所采集的数据进行应用处理;而应用程序接口/中间件则提供自动识别系统和应用系统软件之间的通信接口(包括数据格式),将自动识别系统采集的数据信息转换成应用软件系统可以识别和利用的信息并进行数据传递。

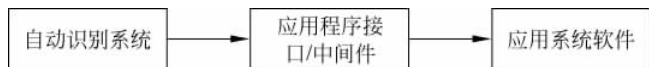


图 3-12 完整的自动识别计算机管理系统的简单模型

自动识别技术的主要特征包括:准确性,自动数据采集,彻底消除人为错误;高效性,信息交换实时进行;兼容性,自动识别技术以计算机技术为基础,可与信息管理系统无缝连接。

自动识别系统根据识别对象的特征可以分为两大类,分别是数据采集技术和特征提取技术。这两大类自动识别技术的基本功能都是完成物品的自动识别和数据的自动采集。

数据采集技术的基本特征需要被识别物体具有特定的识别特征载体(如标签等、光学字符识别例外);而特征提取技术则根据被识别物体本身的行为特征(包括静态、动态和属性特征)来完成数据的自动采集。自动识别技术的基本范畴如表 3-1 所示。

表 3-1 自动识别技术的基本范畴

数据采集技术	特征提取技术
光存储器 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 条形码(一维、二维)</li> <li>• 矩阵码</li> <li>• 光标读写器</li> <li>• 光学字符识别(OCR)</li> </ul> 磁存储器 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 磁卡</li> <li>• 非接触磁卡</li> <li>• 磁光存储</li> <li>• 微波</li> </ul> 电存储器 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 触摸式存储</li> <li>• RFID 射频识别(无芯片、有芯片)</li> <li>• 存储卡(智能卡、非接触式智能卡)</li> </ul>	静态特征 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 视觉识别</li> <li>• 能量扰动识别</li> </ul> 动态特征 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 声音(语音)</li> <li>• 键盘敲击</li> <li>• 其他感觉特征</li> </ul> 属性特征 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 化学感觉特征</li> <li>• 物理感觉特征</li> <li>• 生物抗体病毒特征</li> <li>• 联合感觉系统</li> </ul>

## 3.2.2 生物识别技术

### 1. 生物识别技术概述

生物识别技术是指通过计算机利用人类自身生理或行为特征进行身份认定的一种技术,如指纹识别和虹膜识别技术等。据介绍,世界上某两个人指纹相同的概率极为微小,两个人的眼睛虹膜一模一样的情况也几乎没有,人的虹膜在两到三岁之后就不再发生变化,眼睛瞳孔周围的虹膜具有复杂的结构,能够成为独一无二的标识。与生活中的钥匙和密码相比,人的指纹或虹膜不易被修改、被盗或被人冒用,而且随时随地都可以使用。

生物识别技术是依靠人体的身体特征来进行身份验证的一种解决方案,由于人体特征具有不可复制的特性,这一技术的安全系数较传统意义上的身份验证机制有很大的提高。

生物识别是用来识别个人的技术,它以数字测量所选择的某些人体特征,然后与这个人的档案资料中的相同特征做比较,这些档案资料可以存储在一个卡片中或存储在数据库中。被使用的人体特征包括指纹、声音、掌纹、手腕上和眼睛视网膜上的备管排列、眼球虹膜的图像、脸部特征、签字时在键盘上打字时的动态。

指纹扫描器和掌纹测量仪是目前最广泛应用的器材。不管使用什么样的技术,操作方法都总是通过测量人体特征来识别一个人。

生物特征识别技术适用于几乎所有需要进行安全性防范的场合,遍及诸多领域,在包括金融证券、IT、安全、公安、教育、海关等行业的许多应用系统中都具有广阔的应用前景。随着电子商务越来越广泛的应用,必须有更好的技术来实现身份认证。

所有的生物识别工作大多进行了这样 4 个步骤:原始数据获取、抽取特征、比较和匹配。生物识别系统捕捉到生物特征的样品,唯一的特征将会被提取并且被转化成数字的符号,接着,这些符号被用作那个人的特征模板,人们同识别系统交互,与存放在数据库、智能卡或条形码卡中的原有模板比较,根据匹配或不匹配来确定他或她的身份。生物识别技术

在我们不断增长的电器世界和信息世界中的地位将会越来越重要。

生物特征识别技术是一门利用人的生理上的特征来识别人的科学。和传统识别方法的不同在于,生物特征识别方法依据的是我们身体所特有的东西。

生物识别有时候也叫生物特征识别,有的时候也叫生物认证,这几个词都是一个含义,都是指通过获取和分析人体的身体或行为特征来实现人的身份的自动鉴别,这就是生物识别的基本概念。

## 2. 生物识别技术的分类

生物特征分为物理特征和行为特点两类。物理特征包括指纹、掌形、眼睛(视网膜和虹膜)、人体气味、脸型、皮肤毛孔、手腕/手的血管纹理和 DNA 等。行为特点包括签名、语音、行走的步态、按键的力度等。

### 1) 基于生理特征的识别技术

#### (1) 指纹识别。

指纹识别技术是通过取像设备读取指纹图像,然后用计算机识别软件分析指纹的全局特征和指纹的局部特征,特征点如脊、谷、终点、分叉点和分歧点等,从指纹中抽取特征值,从而非常可靠地通过指纹来确认一个人的身份。

指纹识别的优点表现在:研究历史较长,技术相对成熟;指纹图像提取设备小巧;同类产品中,指纹识别的成本较低。其缺点表现在:指纹识别是物理接触式的,具有侵犯性;指纹易磨损,手指太干或太湿都不易提取图像。

#### (2) 虹膜识别。

虹膜识别技术是利用虹膜终身不变性和差异性的特点来识别身份的,虹膜是一种在眼睛中瞳孔内的织物状的各色环状物,每个虹膜都包含一个独一无二的基于水晶体、细丝、斑点、凹点、皱纹和条纹等特征的结构。虹膜在眼睛的内部,用外科手术很难改变其结构;由于瞳孔随光线的强弱变化,想用伪造的虹膜代替活的虹膜是不可能的。目前世界上还没有发现虹膜特征重复的案例,就是同一个人的左右眼虹膜也有很大区别。除了白内障等原因外,即使接受了角膜移植手术,虹膜也不会改变。虹膜识别技术与相应的算法结合后,可以达到十分优异的准确度,即使全人类的虹膜信息都录入到一个数据中,出现假认和假拒的可能性也相当小。

和常用的指纹识别相比,虹膜识别技术操作更简便,检验的精确度也更高。统计表明,到目前为止,虹膜识别的错误率是各种生物特征识别中最低的,并且具有很强的实用性,386 以上计算机和 CCD 摄像机即可满足对硬件的需求。

#### (3) 视网膜识别。

人体的血管纹路也是具有独特性的,人的视网膜上面血管的图样可以利用光学方法透过人眼晶体来测定。用于生物识别的血管分布在神经视网膜周围,即视网膜 4 层细胞的最远处。如果视网膜不受损伤,从三岁起就会终身不变。同虹膜识别技术一样,视网膜扫描也是最可靠、最值得信赖的生物识别技术,但它运用起来的难度较大。视网膜识别技术要求激光照射眼球的背面以获得视网膜特征的唯一性。

视网膜技术的优点:视网膜是一种极其固定的人体生物特征,因为它是“隐藏”的,故而不易磨损、老化或是受疾病影响;非接触性的;视网膜是不可见的,故不会被伪造。缺

点:视网膜技术未经过任何测试,可能有损使用者的健康,还需要进一步研究;对于消费者,视网膜技术没有吸引力;很难进一步降低它的成本。

#### (4) 面像识别。

面像识别技术通过对面部特征和它们之间的关系(眼睛、鼻子和嘴的位置以及它们之间的相对位置)来进行识别。用于捕捉面部图像的两项技术为标准视频和热成像技术:标准视频技术通过视频摄像头摄取面部的图像,热成像技术通过分析由面部的毛细血管的血液产生的热线来产生面部图像。与视频摄像头不同,热成像技术并不需要较好的光源,即使在黑暗情况下也可以使用。

面部识别技术的优点:非接触性。缺点:要比较高级的摄像头才可有效高速地捕捉面部图像;使用者面部的位置与周围的光环境都可能影响系统的精确性,而且面部识别也是最容易被欺骗的;另外,对于因人体面部如头发、饰物、变老以及其他的变化引起的误差可能需要通过人工智能技术来得到补偿;采集图像的设备会比其他技术昂贵得多。这些因素限制了面部识别技术的广泛运用。

#### (5) 掌纹识别。

掌纹与指纹一样也具有稳定性和唯一性,利用掌纹的线特征、点特征、纹理特征、几何特征等完全可以确定一个人的身份,因此掌纹识别是基于生物特征身份认证技术的重要内容。目前采用的掌纹图像主要分为脱机掌纹和在线掌纹两大类。脱机掌纹图像,是指在手掌上涂上油墨,然后在一张白纸上按印,再通过扫描仪进行扫描而得到数字化的图像。在线掌纹则是用专用的掌纹采样设备直接获取,图像质量相对比较稳定。随着网络、通信技术的发展,在线身份认证将变得更加重要。

#### (6) 手形识别。

手形指的是手的外部轮廓所构成的几何图形。手形识别技术中,可利用的手形几何信息包括手指不同部位的宽度、手掌宽度和厚度、手指的长度等。经过生物学家大量实验证明,人的手形在一段时期具有稳定性,且两个不同人手形是不同的,即手形作为人的生物特征具有唯一性。手形作为生物特征也具有稳定性,且手形也比较容易采集,故可以利用手形对人的身份进行识别和认证。

手形识别是速度最快的一种生物特征识别技术。它对设备的要求较低,图像处理简单,且可接受程度较高。由于手形特征不像指纹和掌纹特征那样具有高度的唯一性,因此,手形特征只用于满足中低级安全要求的认证。

#### (7) 红外温谱图。

人的身体各个部位都在向外散发热量,而这种散发热量的模式就是一种每人都不同的生物特征。通过红外设备可以获得反映身体各个部位的发热强度的图像,这种图像称为温谱图。拍摄温谱图的方法和拍摄普通照片的方法类似,因此,可以用人体的各个部位来进行鉴别,比如可对面部或手背静脉结构进行鉴别来区分不同的身份。

温谱图的数据采集方式决定了利用温谱图可以进行隐蔽的身份鉴定。除了用来进行身份鉴别外,温谱图的另一个应用是吸毒检测,因为人体服用某种毒品后,其温谱图会显示特定的结构。

温谱图的方法具有可接受性,因为数据的获取是非接触式的,具有非侵犯性。但是,人体的温谱值受外界环境影响很大,对于每个人来说不是完全固定的。目前,已经有温谱图身

份鉴别的产品,但由于红外测温设备的价格昂贵,使得该技术不能得到广泛应用。

#### (8) 人耳识别。

人耳识别技术是20世纪90年代末开始兴起的一种生物特征识别技术。人耳具有独特的生理特征和观测角度的优势,使人耳识别技术具有相当的理论研究价值和实际应用前景。从生理解剖学上,人的外耳分为耳廓和外耳道。人耳识别的对象实际上是外耳裸露在外的耳廓,也就是人们习惯上所说的“耳朵”。一套完整的人耳自动识别一般包括以下几个过程:人耳图像采集、图像预处理、人耳图像的边缘检测与分割、特征提取、人耳图像的识别。目前的人耳识别技术是在特定的人耳图像库上实现的,一般通过摄像机或数码相机采集一定数量的人耳图像,建立人耳图像库。动态的人耳图像检测与获取尚未实现。

与其他生物特征识别技术相比较,人耳识别具有以下几个特点。

与人脸识别方法比较,人耳识别方法不受面部表情、化妆品和胡须变化的影响,同时保留了面部识别图像采集方便的优点,与人脸相比,整个人耳的颜色更加一致,图像尺寸更小,数据处理量也更小。

与指纹识别方法比较,耳图像的获取是非接触的,其信息获取方式容易被人接受。

与虹膜识别方法比较,耳图像采集更为方便。并且,虹膜采集装置的成本要高于耳采集装置。

#### (9) 味纹识别。

人的身体是一种味源,人类的气味虽然会受到饮食、情绪、环境、时间等因素的影响和干扰,其成分和含量会发生一定的变化,但作为由基因决定的那一部分气味——味纹却始终存在,而且终生不变,可以作为识别任何一个人的标记。

由于气味的性质相当稳定,如果将其密封在试管里制成气味档案,足足可以保存三年,即使是在露天空气中也能保存18小时。科学家告诉我们,人的味纹从手掌中可以轻易获得。首先将手掌握过的物品,用一块经过特殊处理的棉布包裹住,放进一个密封的容器,然后通入氮气,让气流慢慢地把气味分子转移到棉布上,这块棉布就成了保持人类味纹的档案。可以利用训练有素的警犬或电子鼻来识别不同的气味。

#### (10) 基因(DNA)识别。

DNA(脱氧核糖核酸)存在于一切有核的动(植)物中,生物的全部遗传信息都储存在DNA分子里。DNA识别依据的是不同的人体细胞中具有不同的DNA分子结构。人体内的DNA在整个人类范围内具有唯一性和永久性。因此,除了对双胞胎个体的鉴别可能失去它应有的功能外,这种方法具有绝对的权威性和准确性。不像指纹必须从手指上提取,DNA模式在身体的每一个细胞和组织都一样。这种方法的准确性优于其他任何生物特征识别方法,它广泛应用于识别罪犯。它的主要问题是使用者的伦理问题和实际的可接受性,DNA模式识别必须在实验室中进行,不能达到实时以及抗干扰,耗时长是另一个问题,这就限制了DNA识别技术的使用;另外,某些特殊疾病可能改变人体DNA的结构组成,系统无法正确地对这类人群进行识别。

生物识别技术是一种十分方便与安全的识别技术,它不需要你记住身份证号和密码,也不必随身携带各种卡片;生物测定你就是你,没有什么能比它更安全或更方便了。由于“生物识别”技术以人的现场参与不可替代性作为验证的前提和特点,且基本不受人造的验证干扰,故较之传统的钥匙、磁卡、门卫等安全验证模式具有不可比拟的安全性优势;更由于其

软件、硬件设施的普及率上升、价格下降等因素,使其在金融、司法、海关、军事以及人们日常生活的各个领域扮演着越来越重要的角色。

## 2) 基于行为特征的生物识别技术

### (1) 步态识别。

步态是指人们行走时的方式,这是一种复杂的行为特征。步态识别主要提取的特征是人体每个关节的运动。尽管步态不是每个人都不相同的,但是它也提供了充足的信息来识别别人的身份。步态识别输入的是一段行走的视频图像序列,因此其数据采集与面像识别类似,具有非侵犯性和可接受性。但是,由于序列图像的数据量较大,因此步态识别的计算复杂性比较高,处理起来也比较困难。尽管生物力学对步态进行了大量的研究工作,基于步态的身份鉴别的研究工作却刚刚开始。到目前为止,还没有商业化的基于步态的身份鉴别系统。

### (2) 按键识别。

按键识别是基于人按键时的特性。如按键的持续时间、按不同键之间的时间、出错的频率以及力度大小等而达到进行身份识别的目的。20世纪80年代初期,美国国家科学基金和国家标准局研究证实,按键方式是一种可以被识别的动态特征。

### (3) 签名识别。

签名作为身份认证的手段已经使用几百年了,而且我们都很熟悉在银行的格式表单中签名作为我们身份的标志。将签名数字化是这样一个过程:测量图像本身以及整个签名的动作——在每个字母以及字母之间的不同的速度、顺序和压力。签名识别易被大众接受,是一种公认的身份识别技术。但事实表明,人们的签名在不同的时期和不同的精神状态是不一样的,这就降低了签名识别系统的可靠性。

## 3) 兼具生理特征和行为特征的声纹识别

声音识别本质上是一个模式识别问题。识别时需要被识别人讲一句或几句实验短句,对它们进行某些测量,然后计算量度矢量与存储的参考矢量之间的一个(或多个)距离函数。语音信号获取方便,并且可以通过电话进行鉴别。语音识别系统对人们在感冒时变得嘶哑的声音比较敏感;另外,同一个人的磁带录音也能欺骗语音识别系统。

由以上介绍我们能够得到用来鉴别身份的生物特征应该具有以下特点。

- (1) 广泛性:每个人都应该具有这种特征。
- (2) 唯一性:每个人拥有的特征应该各不相同。
- (3) 稳定性:所选择的特征应该不随时间变化而发生变化。
- (4) 可采集性:所选择的特征应该便于测量。

实际的应用还给基于生物特征的身份鉴别系统提出了更多的要求,如:性能要求,所选择的生物统计特征能够达到多高的识别率;对于资源的要求,识别的效率如何;可接受性,使用者在多大程度上愿意接受所选择的生物统计特征系统;安全性能,系统是否能够防止被攻击;是否具有相关的、可信的研究背景作为技术支持;提取的特征容量、特征模板是否占用较小的存储空间;价格是否为用户所接受;是否具有较高的注册和识别速度;是否具有非侵犯性等。

遗憾的是,到目前为止,还没有任何一种单项生物特征可以满足上述全部要求。基于各种不同生物特征的身份鉴别系统各有优缺点,分别适用于不同的范围。但对于不同的生物

特征身份鉴别系统应有统一的评价标准。

另外,每种生物特征都有自己的适用范围。比如,有些人的指纹无法提取特征;患白内障的人虹膜会发生变化等。在对安全有严格要求的应用领域中,人们往往需要融合多种生物特征来实现高精度的系统识别。数据融合是一种通过集成多知识源的信息和不同专家的意见以产生一个决策的方法,将数据融合方法用于身份鉴别,结合多种生理和行为特征进行身份鉴别,提高鉴别系统的精度和可靠性,这无疑是身份鉴别领域发展的必然趋势。

### 3. 生物识别系统

生物识别系统包括“生物特征采集子系统”“数据预处理子系统”“生物特征匹配子系统”和“生物特征数据库子系统”,以及系统识别的对象——人。

“生物特征采集子系统”是通过采集系统自动获得生物特征数据的部分,如图 3-13 所示,它对识别对象的生物体进行采样,并把采样信号转化为数字代码。它以特定的规则来表示当前采集到的生物特征,并通过某种安全的方式传送到数据预处理子系统。

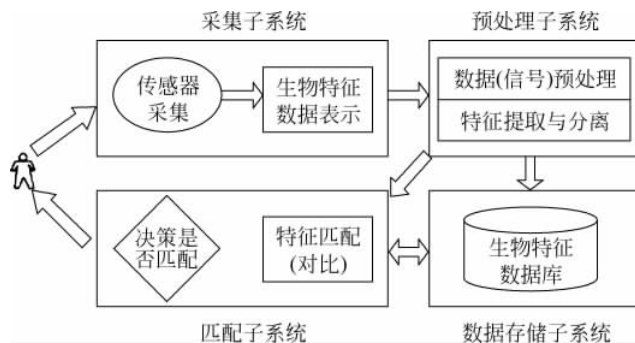


图 3-13 生物识别系统框图

“数据预处理子系统”对采集到的生物数据进行信号预处理。一般包括滤波去噪、去伪存真、信号平滑处理等。之后通过特定的数学方法,从处理过的数据信号中提取和分离出一系列具有代表性的生物特征值,形成特征值模板,存入生物特征数据库子系统中。

在“生物特征数据库子系统”中,需要建立生物特征与身份信息的关联关系,并且保证数据存储的安全和可靠。

“生物特征匹配子系统”通过模式识别算法,把待识别的生物特征与数据库子系统中的生物特征进行比对,并按照事先确定的筛选条件(阈值)决策是否匹配成功。如果匹配成功,输出库中的人员身份信息。

常见的生物识别系统有自动指纹识别系统(AFIS)、自动脸形识别系统、掌形识别系统和虹膜识别系统等。

作为生物识别系统,最为人们关注的两点是准确性和易用性。准确性是生物识别系统存在的前提。但这并不意味着如果不能达到百分之百的准确,就毫无价值。在刑警办案的许多场合,生物识别系统,如脸形识别系统充当的是一个非常有效的辅助排查手段,但不起决策作用。一般在需要监督人参与的业务系统或者是非面向公众的系统中,以及采集对象较少的情况下,采用准确度不是百分之百的生物识别系统,也不失为一个可行而正确的选择。但对于特别强调自动化、无人监督的业务系统中,以及面向公众的公共事务系统,准确

性要放在首位来考虑。因此,在这种场合,准确性高的指纹识别和虹膜识别系统,相对比较受欢迎。

易用性是生物识别系统的另一个被关注点。生物识别系统离不开与人的交互。人每天都会频繁使用身份认证系统。系统操作的方便性、友好性、响应的快速性、操作结果的可获得性、可理解性,都是使用者每天感受到的事情。尤其对于公众应用来讲,单人单次操作的时间,如果在 30s 以上,会大大影响公众对该系统的看法。当然作为一个新生事物,生物识别系统正在不断朝着易用的方向迈进。在这个过程中,系统会不断适应人提出来的便利性要求,同时,也需要人去了解和适应系统的一些操作规范。就像自动售票机需规定一些操作序列一样,人们一开始是需要经过学习和适应的。

为了有效地且规范性地获得足够多的生物特征,被识别对象需要按采集子系统的提示进行操作,如在虹膜识别系统中,会要求人注视采集器特定位置多长时间,以便能获得有效的数据。在掌形识别系统中,要求手指按一定的角度分开放置。而在脸形识别系统中,则对人的注视角度和环境光线有一定的要求。在目前众多的生物识别系统中,指纹识别系统在易用性上让人更容易接受。

### 3.2.3 磁卡和 IC 卡识别技术

#### 1. 磁卡识别技术

磁卡在 20 世纪 70 年代出现于银行业。当提出标准之后,磁卡变成了为顾客方便服务的有效途径。自动取款机(ATM)的运用使银行能提供更新的服务项目,在适应用户不断增长的同时,可不必要求提高雇员水平或引进昂贵的设施。

目前磁卡已广泛应用于银行、零售业、电话系统、访问控制、机票和运输费用的收取上。事实上,现有的磁卡读写设备网点是如此广泛,因而要想将其改变成另一种技术则是一个非常缓慢而又需很高费用的过程。

##### 1) 主要功能

磁卡技术应用了物理学和磁力学的基本原理。对自动识别设备制造商来说,磁卡就是一层薄薄的由定向排列的铁性氧化粒子组成的材料(也称为涂料),用树脂胶合在一起并粘贴在诸如纸或者塑料这样的非磁性基片上。

磁卡介质为保存和修改信息提供了既便宜又灵活的方法。磁卡是由磁性材料掺以黏合剂而制成的,在干燥之前要在磁场中加以处理,使磁性材料的磁极取向更适合于进行读写。信息通过各种形式的读卡器在磁卡上写入或读出。读卡器中装有磁头,可在卡上写入或读取信息。卡上的信息采用二进制编码。

磁卡技术的优点是数据可读写,即具有现场改写数据的能力。数据存储量能满足大多数需求,便于使用,成本低廉,还具有一定的数据安全性。它能黏附于许多不同规格和形式的基材上。这些优点使之在很多领域得到了广泛应用,如信用卡、银行 ATM 卡、机票、公共汽车票、自动售货卡、会员卡、现金卡(如电话磁卡)、地铁自动取款设备等。磁卡的价格也很便宜,但是很容易磨损。磁卡不能折叠、撕裂,数据量较小。

磁卡技术是接触识读,它与条形码有三点不同:一是其数据可进行部分读写操作,二是

给定面积编码容量比条形码大,三是对于物品逐一标识成本比条形码高。接触性识读最大的缺点就是灵活性太差。

#### 2) 通信

磁卡与读卡器之间的通信是通过磁场进行的。读出是通过将磁卡划过读卡器,读卡器再通过磁头拾取磁卡上磁极性的变化。在写入时,读卡器要产生一个磁场,从而能够在磁卡上一个较小的区域内有效地改变磁极性的取向,以向磁卡上写入信息,磁卡与读写装置之间交换信息的速率一般为 12 000b/s。

与磁卡有关的通信参数有下列几个:记录介质的物理特性、磁卡上磁道的定位、编码技术、译码技术和数据格式等。国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)对这些参数有两个技术要求,但有许多应用并不遵守这些标准,未能完全遵守这些标准的原因是现有设备的灵活性不够或保密性要求提高等。

#### 3) 存储器

当磁卡放在一个有极性的磁场上时,在磁卡上一个指定的小区域就会感受到一个相似的磁场的作用。这一过程在抹去数据或存储新数据的过程中是重复进行的。

磁卡上的信息容易被其他磁场更改或被抹除,或由于环境的因素而造成损害。为避免这样的损坏,许多制造商、组装厂商和应用工程师往往需要开发抗磁性能更强的磁卡。磁卡的抗磁性能主要以矫顽力来衡量,矫顽力以 kA/m(1kA/m 约 12.560e)为单位。矫顽力的定义是抹去磁带上已记录的编码信息所需要的磁力。一般矫顽力低的磁卡(3000e)比矫顽力高的磁卡(30 000e)更易于被抹去信息或重新被编码。对采用的矫顽力也要有一个限度,当采用磁卡的矫顽力超过 3000~50 000e 时,一般的读写装置很难对其所记录信息进行修改。

读卡器的磁头要设计成能与磁卡进行直接的接触才能保证其可靠性。任何脏物、化工材料或污垢附着在卡上都会产生干扰,从而显著降低其阅读性能。经实践研究表明,普通磁卡的识读错误率为 0.06%。

磁卡的寿命与读卡器的质量、制卡用的材料以及磁卡和读写设备维护和运行的环境有很大的关系。在大多数情况下,在磁卡信息的完整性问题出现之前可能是遭受机械损伤。然而,实际的经验表明,大多数正常使用的磁卡在读取 200 万次以后就会坏掉而需要更换。显然,对于易于损坏的薄纸磁卡来说,这样的读取次数还要低得多。

磁卡上不需要安装电源。使用和存放磁卡的最佳环境是凉爽、干燥和清洁的地方。一般存放磁卡的温度为  $-40\sim 80^{\circ}\text{C}$ ,操作温度为  $0\sim 55^{\circ}\text{C}$ ,操作时允许的相对湿度为 5%~95%(非冷凝温度)。此时,磁场可以修改或抹除存储在磁卡上的信息,或降低磁卡的性能。任何形式的脏物和积聚物在磁卡上都会引起严重磨损或妨碍读写装置对其读出或编码。

#### 4) 系统的运作

磁卡的厚度一般符合 ISO 标准或稍薄一些。选用作磁卡的材料包括聚氯乙烯(Polyvinyl Chloride, PVC)、聚酯(Polyester, PET)、纸张或其他类似的材料。磁卡的重量取决于所选用的材料。但磁卡设计方案的选择应根据具体的应用、所预期的每张卡的价格以及预定的有效期来决定。磁卡的厚度尺寸根据所采用纸张或塑料的不同而有所变化,可以选择各种各样的读写装置,并根据应用而选择不同的尺寸。有些读写设备是完全独立的,并且在嵌入存储设备之后再安装到中央处理设备中。

标准的项目系统配置包括磁卡、读写装置及信息分析平台。由于这些部件可能具有不同的类型,因而可能有几千种不同的配置,每种类型都可具有一种特有的配置。读卡器的控制器接口则可能变化较大,最常用的接口是 RS232 和 RS424。

#### 5) 发展趋势

预期使用磁卡的系统不会有更大的发展,但在安全性方面若有新的改进措施,则还会有少量的进展。由此可见,磁卡技术在许多方面已接近理论或实际的极限。例如,ISO 标准的磁卡的存储容量将近 1Kb,虽然一张卡上可以存入更多的信息,但由于配置的显著差异,将使符合 ISO 标准的读卡器不能读出磁卡上的信息。

有关的磁卡上存储信息和格式化的方法,已经有了 ISO 标准。但由于大多数实际应用并不遵守这些标准(由于现有设备的灵活性和出于提高保密性的原因),因而有可能对现行的 ISO 标准做出一些修改,以便适应市场的这些变化。

## 2. IC 卡识别技术

IC(Integrated Circuit,集成电路)卡是 1970 年由法国人 Roland Moreno 发明的,他第一次将可编程设置的 IC 芯片放于卡片中,使卡片具有更多功能。通常说的 IC 卡多数是指接触式 IC 卡。由于接触式 IC 卡对通用设备的需求,最终使得国际标准化组织(ISO)在 1987 年通过了收(付)费卡尺寸标准、I/O(Input/Output,输入输出)格式、物理触点在卡片上的定位等方面的标准。

#### 1) 主要功能

接触 IC 卡可包含一个微处理器使其成为真正的智能卡,或者只是简单地成为一个存储卡(作为保密信息存储器件)。通过使用微处理器在卡片上进行认证和对信息访问的控制,从而使接触 IC 卡达到更高一级的保密性。

接触式 IC 卡的两种主要形式是预付费卡(Prepaid Card)和信用/借记卡(Credit/Debit Card)。预付费卡通常其中含有少量金额,当使用时金额会减少。预付费卡的典型应用是电话卡和交通卡。信用卡通常记录交易金额,并将其转入用户账户中进行结算。信用卡一般应用于银行卡和零售收(付)费卡上。由于通常信用卡有较高的交易额,所以需要信用卡有较高的保密性。在预付款的大多数应用中,都假定持卡人本身是收(付)费卡的拥有者,然而信用卡则几乎都要采用一种或多种组合的鉴别技术来对用户身份加以认证(例如用个人身份证的编号等)。

接触式 IC 卡和磁卡比较有以下特点:安全性高;接触式 IC 卡的存储容量大,便于应用,方便保管;接触式 IC 卡防磁、防静电,抗干扰能力强,可靠性比磁卡高,使用寿命长,一般可重复读写 10 万次以上;接触式 IC 卡的价格稍高些;由于它的触点暴露在外面,有可能因人为的原因或静电损坏。

在日常生活中,接触式 IC 卡的应用也比较广泛。人们接触得比较多的有电话 IC 卡、购电(气)卡、手机 SIM(Subscriber Identity Module,用户身份模块)卡、牡丹交通卡(一种磁卡和 IC 卡的复合卡)以及即将大面积推广的智能水表卡、智能气表卡等。

#### 2) 通信

接触式 IC 卡内的信息是通过收(付)费卡表面的电接触点与读写装置之间进行接触而实现通信的,因而在实际操作时收(付)费卡必须插入读卡器中才能传送信息。

接触式 IC 卡收(付)费卡与读写装置之间的信息传递速度通常为 9600b/s。接触式 IC 卡的 ISO 标准通信指标(包括通信方式和规程)在 ISO 7816 第 II 部分中已有说明。

大多数接触式 IC 卡,其电源是由读写器通过收(付)费卡表面的触点提供的。在有些情况下,电池也可装入收(付)费卡中。依照 ISO 的规定,IC 卡应当在 $(5 \pm 0.5)V$  及  $1 \sim 5\text{MHz}$  之间的任何频率(时钟速率)下正常工作。

通常的安全防护措施是为增加保密措施而提出的,适用于所有类型的接触卡以及其他高存储容量技术,这些安全防护措施主要包括基本识别(无验证)、个人识别码(Personal Identification Numbers, PIN)验证、公共按键数据输入系统(Data Entry System, DES)、生物识别技术(如指纹、视网膜扫描和声音波纹等)。

接触式 IC 卡的保密性会受到如下因素的影响:在卡上执行验证程序的处理能力;在该项目中存储器的类型;信息传递中用的编译码方式以及对卡内部电气和存储模块的物理渗透的防护等。

可靠性的首要问题是物理接触造成的磨损及对读/写设备的损坏行为。当接触式收(付)费卡能恰当地插入读卡器中时,数据传输的准确性是很高的;而在采用非接触式 IC 卡(如射频耦合卡)时,则经常会发生干扰的问题,但这对于接触式 IC 卡来说却不是大问题。

### 3) 存储器

接触式 IC 卡的存储容量一般在 2000~8000B 之间,或等效于两张标准文稿纸的容量。由于现在已采用了容量较大、功耗要求较低的芯片,因而未来接触式 IC 卡的容量还要增大。

接触式 IC 卡能够在  $0 \sim 40^{\circ}\text{C}$  的温度范围内准确地工作。大多数 IC 卡可以存放或暴露在  $35 \sim 80^{\circ}\text{C}$  的温度范围内,而不会损坏或丢失数据。读卡器也可以经受住同样的存储温度,但会有更严格的工作温度范围要求。

接触式收(付)费卡工作的相对湿度(不冷凝)一般在  $20\% \sim 90\%$  之间,读卡器则可在  $25\% \sim 85\%$  的相对湿度下工作。

接触式收(付)费卡一般可承受下雨和水溅湿,而读卡器则不能在雨中工作。另外,接触式收(付)费卡放入读卡器时必须擦干。接触式收(付)费卡能够承受住一定程度的脏物、烟雾和紫外线辐射的影响。

### 4) 系统的运作

接触式 IC 卡系统主要由三个部分组成:收(付)费卡,读卡器,中央控制单元(Central Processing Unit, CPU)。

接触式 IC 卡有两种基本类型:存储器卡和微处理器卡。微处理器卡一般用于信用/借记场合,通常会包括一个容量达 8000B 的存储器和一个 8b 的微处理器,具有较高的保密性。

用于接触式 IC 卡的读写装置可分为 4 种类型:智能独立装置、非智能装置、手提型装置和综合性装置。智能独立型装置含有微处理器、存储器、键盘和显示器,能够在不连接中央控制单元的情况下完成所有处理功能;非智能装置通常只是简单地为中央控制单元提供一个接口,一般用 RS232 连接;手提式装置是小电池供电设备,一般只有一个键盘和一个小显示屏;综合式装置是非智能式装置,是较大、较复杂设备的一部分(如自动提款机)。中央控制单元执行的功能是协调系统通信,编辑动态信息,管理用户接口或信息显示。中央控制单元由协调一个或多个读卡器的局部设备构成,也可以是通过无线通信链路连接的远程

系统。

标准配置涉及对收(付)费卡、读卡器和中央控制单元的利用。根据应用的不同,可以采用上述任何一种类型的读写装置。在一些远距离应用中,在读卡器和中央控制单元之间也可以设立正式的通信链路。在这种情况下,处理过程可能记录在读卡器和收(付)费卡中,过后再及时将汇总信息送到中央控制单元。

IC卡的物理尺寸在ISO 7816第1部分有规定(卡的尺寸为 $54\text{mm}\times 85.6\text{mm}\times 0.76\text{mm}$ )。卡的重量一般为 $1\sim 29\text{g}$ ,读卡器的尺寸会因选择的类型而异。

IC卡的标准接口在ISO 7816第IV部分已有规定,大多数读卡器和控制单元的接口涉及RS232接口的应用。

#### 5) 发展趋势

目前接触式IC卡市场的比例是:存储器卡占90%,微处理器卡占10%。今后,预计硅芯片在价格和尺寸方面的进一步改进有可能改变这种比例。微处理器卡将来会凭借其较高的保密性和多功能的特点而在整个市场上占有较大的比例。

对接触式IC卡的寿命周期一般有两个限制因素:其一是卡的表面触点可承受的磨损程度;其二是读写卡存储器上可操作的读写次数。物理的电学接触是任何电气系统中最为麻烦的问题。虽然黄金镀层可以防止腐蚀,但会使成本加大,并易磨损。到目前为止,欧洲在接触式智能卡应用方面有比较好的经验。但是,在触点的性能和耐磨损寿命问题上,任何新系统的设计人员都要加以考虑。非接触式IC卡则可以避免这些潜在的问题。

ISO 7816为接触式IC卡制定了合理的物理标准。然而,随着容量更高的存储器的应用和付费卡的用途多元化,其标准信息格式和存储器定位标准等还要正式制定。

## 3.2.4 光学字符技术

### 1. 光学字符识别技术概述

光学字符识别(Optical Character Recognition, OCR)是最快的输入方法之一,也是目前办公室自动化讨论的一个主要课题。OCR的特殊功能是通过扫描把打印、印刷、手写体字符转换成数字信息,以便存储或送入其他电子办公设备。这样可以节省大量输入操作时间,是目前解决系统输入瓶颈问题的重要途径。

OCR出现于20世纪50年代中期,是随着模式识别和人工智能的发展而产生的文字识别技术,至今已有几十年的历史。20世纪70年代后期,由于LSI(Large Scale Integration,大规模集成电路)及CCD(Charge Coupled Device,电荷耦合器件)的出现,使其进入崭新的实用阶段,在计算机自动录入、票据识别、信函分拣和资料分析等很多方面得到广泛应用。

OCR技术的识别原理可以简单地分为相关匹配识别、概率判定准则和句法模式识别三大类。相关匹配识别是根据字符的直观形象提取特征,用相关匹配进行识别。这种匹配既可在空间域内和时间域内进行,也可在频率域内进行。相关匹配又可细分为图形匹配法、笔画分析法、几何特征提取法等。利用文字的统计特性中的概率分布,用概率判定准则进行识别称为概率判定准则法。如利用字符可能出现的先验概率,结合一些其他条件,计算出输入字符属于某类的概率,通过概率进行判别。根据字符的结构,用有限状态文法结构,构成形

式语句,用语言的文法推理来识别文字的方法就是语句模式识别法。近年来,人工神经网络和模糊数学理论的发展,对 OCR 技术起到了进一步的推动作用。

OCR 的优点是人眼可视读、可扫描;但输入速度和可靠性不如条形码,数据格式有限,通常要用接触式扫描器。对于一般文本,通常以最终识别率、识别速度、版面理解正确率和版面还原满意度 4 个方面作为 OCR 技术的评测依据;而对于表格和票据,通常以识别率或整张通过率和识别速度作为测定 OCR 技术的实用标准。

OCR 的三个重要的应用领域是:办公自动化中的文本输入;邮件自动处理;与自动获取文本过程相关的其他领域,这些领域包括零售价格识读,订单数据输入,证件、支票和文件识读,微电路及小件产品状态特征识读等。由于在识别手迹特征方面的进展,目前正在探索 OCR 技术在手迹分析及签名鉴定方面的应用。

## 2. 光学字符识别过程

在 OCR 中有许多光电管,排成一个矩阵。当光源照射被扫描的一页文件时,文件中空白的白色部分会发射光线,使光电管产生一定的电压,而有字的黑色部分则把光线吸收掉,光电管不产生电压,这些有、无电压的组合便形成一个模拟信号图案,OCR 再把这些模拟信号图案形状转化为数字信号,即成为二进制数据的矩阵。这些矩阵存储在 RAM 中,以便和预先存储在 PROM 里的字符表进行比较。一旦比较成功,就可确定扫描的是哪个字符,然后把该字符转换成 ASCII 码存储起来。

由于识别对象不同而有不同型式的设备。用来识别字符的设备即为 OCR,它大体上可分为三类:单据标签阅读机,文件阅读机和页式阅读机。其输入速度比键盘输入快 25 倍以上,机器主要由文件传送机构、扫描检视、识别处理、控制和输出等部分组成。常用的扫描方法有光栅扫描法、笔画跟踪法、人工视网膜法等。

识别处理分为三个阶段进行工作,即预处理、特征抽取和判定等。

预处理就是将要处理的字形信号进行规格化:把需要读出字形的高度和宽度调整到标准尺寸,定出字形的中心点位置等。

特征抽取是在经过规格化调整的字形信息中,确定能表征字与字间区别的属性和特征信息。需要抽取的特征和所用的识别方法有关。若用矩阵匹配法时,字形的特征是由对字符进行光栅扫描或用相当于人工视网膜神经元摄像方法所获得的矩阵图像中的黑白点,若用笔画分析法,则其特征就是与字形线走向相似的不规则多边形。

判定处理是对扫描读出的字符进行识别确定。故应先在机器内存储每个参考字符的特征数据,然后将从需要读出的字符的字形信息中抽取的特征数据同参考字符的特征数据进行比较匹配,直到找到特征相符的参考字符,并认定需要读出的字符即为该参考字符为止。实际上是找出匹配度最大的参考字符作为识别出的字符,其识别的流程图如图 3-14 所示。

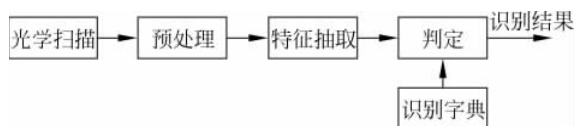


图 3-14 光学字符识别流程

### 3. 印刷汉字的光学字符识别

光学字符识别常用英文缩写 OCR 表示,工作时只需给计算机配上一台扫描仪及 OCR 印刷汉字识别软件,就可完成长篇文字的录入工作。

实用印刷汉字识别系统的技术指标有以下几项。

#### 1) 系统识别的字符类总数

识别系统所识别的汉字字符集,一般可分为三级:第一级包括国标第一级汉字,有 3755 个汉字;第二级包括国标一、二级两级汉字,共有 6763 个;第三级可包括扩大的近万个汉字。识别汉字字符集的确定应根据需要和可能综合考虑。由于一级汉字的使用频度已达到 99.7%,而目前 OCR 系统识别率均不可能高于此百分比,因此,扩大字符数对识别率的增加并无效果,反而会加重对计算机内存的要求,识别速度也会显著下降。目前国内研究的系统主要以国标一级汉字为主,也可以适当增加一些较常用的二级汉字和专用汉字。实用汉字识别系统的识别字符应由汉字、标点符号、数字、英文(或其他外文)字母等各部分组成,字符总数在 4000~8000 个之间。

#### 2) 识别的字体种类

我国汉字字体总计有 16 种以上,常用的印刷字体大致分为宋、仿宋、黑、楷 4 大字体,保证这 4 大字体的高识别率,其他变化接近字体的识别问题也就基本解决了。

#### 3) 识别的字号

我国铅字字号约有 16 种,从特大号到 7 号字,大小比例相差约 9.3 倍。只要对不同字号汉字进行一定比例的归一化处理,原则上就可解决所有各种字号汉字的识别问题。

#### 4) 正确识别率

识别率是系统最重要的指标,如果只有高速度而没有高的正确识别率,系统的速度最终将会由于纠错而下降。识别率分为两种,一种识别率是指被正确切分的汉字图像被正确识别的概率,称为单字识别率,另一种是识别结果相对原始文稿而言的正确识别的概率,称为系统识别率。

我国常用的印刷方式有铅印、胶印、激光印刷和点阵打印机打印等,油印已很少使用,喷墨印刷才开始使用,除了印刷方式外,印刷文稿的纸张质量将直接影响到印刷体文字的识别率。在正常条件下,实用汉字识别系统的单字识别率应达到 98%~99% 以上,系统识别率也应在 95%~96% 以上。

#### 5) 识别速度

可分为单字识别速度和系统识别速度两种。单字识别速度可以是单位时间内从特征提取到识别结果输出所完成的字数,也可以是单位时间内计算从行切割、字切割、特征提取到识别结果输出完成的字数,这两种一般都称为单字识别速度。另一种是从文本扫描输入开始,直到识别结果输出,其中可能会有一些辅助操作(如选择识别区域、识别等)在内,这样计算出的单位时间内平均识别的字数称为系统识别速度。

#### 6) 印刷汉字文本的识别过程

(1) 原始文稿的扫描输入。一般图像扫描仪将文稿扫描输入,再选择适当阈值二值化,得到二值的文稿图像。

(2) 文稿版面分析。将输入后整个版面原始文稿图像数据分割成一些方块,再将这些

方块按版面中不同篇章中的标题、摘要、作者、正文、图像和表格等,对其属性和互连关系加以理解和标注。

(3) 字符的切割。将文字块中每一个字符切割出来,包括先将文字行图像切割出来,称为行切割,然后再将每个文字行的字符一个一个地顺序切割出来,称为字切割。

(4) 归一化处理。单个字符图像在特征提取以前,一般要进行归一化处理,包括位置归一化和大小归一化,以便对各种大小的字符都能正确识别。

(5) 特征提取。对归一化处理后的单个字符图像进行特征提取,得到每个字符图像的特征描述。

(6) 字符的单字识别。根据每一个字符的特征进行预分类,得到待识字符较少的候选字符集合,然后再从候选字符集中将待识字符识别出来。

(7) 后处理。通常利用词组、词条和上下文关系对单字识别结果进行后处理纠错。

(8) 输出识别结果。最后识别的结果可以显示、打印或利用语音合成设备作声音读出,也可作为文件存入计算机文档系统或直接写入有关数据库中,作为可供查询的文稿文件。

#### 4. 中文手写输入设备

用计算机录入汉字编码时需要牢记大量的词根、规则,编码方式也扰乱了人们的正常思维,因此,编码输入方式目前还局限于专业录入人员使用,非专业人员最常使用的汉字输入方式为汉语拼音方式。但是,汉语拼音并不是一种最佳的输入方式,而能实时地把人们手写的汉字笔迹识别成计算机能处理的中文输入设备可以帮助用户解决此问题。

目前已流行的中文手写输入设备有:台湾地区的中华第一笔、中自汉王笔、北大方正的如意笔、唐人笔和香港地区的易达笔等。中华第一笔最新加强版蒙恬第一笔 V3.0 以创新的文字切割技术开发出一套整句书写、一次辨认的手写系统,它不限字数及大小,可一次识别屏幕显示,可兼容国内绝大部分中文系统。

汉王联机手写汉字识别系统(即汉王笔)由手写板和笔组成,有“压力”及“电磁”两种型号,可用于2MB以上内存、386以上的微机,使用时只需接在RS232串口上,无须插卡,也可用于笔记本。汉王笔手写板可识别1.3万多个简、繁、异体字,不限笔顺,可实时识别,识别率可达98%以上,是国内对用户使用限制最少的手写系统。

由北京大学研制的如意笔是能支持方正内码汉字系统的笔输入汉字系统。如意笔的配置与汉王笔相同,新版如意笔采用以部件为基础的汉字结构判别算法和抗笔画变形干扰的字典匹配算法,高度容忍笔画变形和连笔书写,能混合识别繁、简体汉字,识别率达95%,符号识别性能好。

唐人笔是一种能在普通计算机屏幕上直接书写指点的光笔,具有简单、实用、直观的特点,集鼠标、数字化仪、触摸屏三位为一体。它的笔尖处配有高精度的传感器,分辨率可达 $1024 \times 768$ ,定点快速准确。唐人笔所写即所见,非常适合CAD/CAE、多媒体、广告创意、美术绘画、图形处理、商业自动售货等系统的开发和应用。唐人笔手写输入识别部分采用汉王笔的识别系统,汉字识别率可达98%;输入屏可切换成五屏:手写、拼音、英数、中文符号、英文符号5种输入方式,可取代全部键盘操作;唐人笔还支持远程网汉字输入。

近年来,中文手写输入已为广大的计算机用户所认知,手持式个人数据处理(PDA)、电

子记事簿、计算机词典等设备的出现,使联机手写汉字识别技术的应用更为广泛。目前,虽然中文手写输入技术已日趋成熟,但商品化程度还不高,存在着使用不方便、识别率不高等不足之处。

### 3.3 RFID 技术

#### 3.3.1 RFID 技术的概念与特点

射频识别(Radio Frequency Identification,RFID)技术,又称电子标签、无线射频识别,是一种非接触式自动识别技术。它通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据,识别工作无须人工干预,可工作于各种恶劣环境;射频识别技术可识别高速运动物体并可同时识别多个标签,操作快捷方便,其识别距离可达几十米。

20 世纪 40 年代,雷达的改进和应用催生了 RFID 技术,到了 20 世纪 60 年代,RFID 技术的理论得到了发展,开始了一些应用尝试:进军商业领域,并出现了第一个商用 RFID 系统——电子商品监视设备(Electronic Article Surveillance,EAS)。随后,RFID 技术逐渐应用在电子收费系统、物体跟踪、安防等各个领域。防碰撞技术、加密技术等新技术的研制成功使得 RFID 的应用领域进一步扩大。下面仅就 RFID 系统和特点做一些概括介绍。

##### 1. RFID 系统

最简单的 RFID 系统由电子标签和读写器组成。当带有电子标签的物品通过读写器时,标签被读写器激活并通过无线电波将标签中携带的信息传送到读写器中,读写器接收信息,完成自动采集工作,如图 3-15 所示。



图 3-15 RFID 工作原理

典型的 RFID 系统包括硬件部分和软件部分两部分。其中,硬件部分由电子标签和阅读器组成,软件部分由中间件和应用软件组成。在实际应用中,电子标签中保存有约定格式的电子数据,附在待识别物体的表面,而读写器通过天线发送出一定频率的射频信号。当标签进入磁场时产生感应电流从而获得能量,发送出自身编码等信息,被读写器读取并解码后送至主机中的 RFID 中间件。RFID 中间件对接收到的信息进行相关处理后提供高层信息给上层企业应用。

##### 1) 电子标签

电子标签,也称应答器,是 RFID 系统真正的数据载体,它由标签芯片和标签天线构成。标签天线接收阅读器发出的射频信号,标签芯片对接收的信息进行解调、解码,并把内部保存的数据信息编码、调制,再由标签天线将已调的信息发射出去。

## 2) 阅读器

阅读器,也称读写器,主要完成与电子标签之间的通信,与计算机之间的通信,对阅读器与电子标签之间传送的数据的编码、解码、加密、解密等,且具备防碰撞功能,能够实现同时与多个标签通信。阅读器由射频模块和基带控制模块组成。射频模块用于产生高频发射能量,激活电子标签,为无源式电子标签提供能量;对于需要发送至电子标签的数据进行调制并发射;接收并解调电子标签发射的信号。基带控制模块用于信号的编码、解码,加密、解密;与计算机应用系统通信,并执行从应用系统发来的命令;执行防碰撞算法。

## 3) 中间件

随着 RFID 的广泛使用,不同硬件接口的 RFID 硬件设备越来越多。软件上,应用程序的规模越来越大,出现了各式各样的系统软件及用户数据库。如果每个技术细节的改变都要求衔接 RFID 系统各部分的接口改变,那么 RFID 的发展将会受到严重制约,后期维护、管理的工作量也会大大增加。RFID 中间件不仅屏蔽了 RFID 设备的多样性和复杂性,还可以支持各种标准的协议和接口,将不同操作系统或不同应用系统的应用软件集成起来。当用户改变数据库或增加 RFID 数据时,只需更改中间件的部分设置就可以使整个 RFID 系统仍然继续运行,省去了重新编写源代码的麻烦,也为用户节省了费用。

## 4) 应用软件

应用软件是直接面向 RFID 应用的最终用户的人机交互界面。在不同的应用领域,应用软件各不相同,因此需要根据不同应用领域的不同企业专门制定,很难具有通用性。它以可视化的界面协助使用者完成对阅读器的指令操作以及对中间件的逻辑设置,逐级将 RFID 技术事件转化为使用者可以理解的业务事件。

## 2. RFID 特点

RFID 是自动识别技术的一个重要的分支,在众多自动识别技术中最具有竞争优势,发展最迅速。在感知识别层的 4 大感知技术中,RFID 居于首位,是物联网的核心技术之一。

RFID 技术最大的优点在于非接触,整个识别工作不需要像条形码那样,必须扫描仪“看到”条形码才能读取,它的识读距离可以从十厘米到几十米不等;并且 RFID 不再像条形码那样需要扫描,在 RFID 的标签中存储着规范可以互用的信息,通过无线数据通信网络可以将其自动采集到中央信息系统,RFID 磁条可以以任意形式附带在包装中,不需要像条形码那样占用固定空间;另一方面,RFID 不需要人工去识别标签,读卡器每 250ms 就可以从射频标签中读出位置和商品相关数据;最后,RFID 还具有识别速度快、可识别高速运动物体、抗恶劣环境、保密性强、可同时识别多个识别对象等突出特点。

由于 RFID 的种种特点,使得它适用的领域较广,包括物流跟踪、运载工具和货架识别等要求非接触数据采集和交换的场合,且对于需要频繁改变数据内容的场合尤为适用。当然,RFID 在物流领域的应用并不仅涉及 RFID 技术本身,而是一个庞大的应用系统,涉及技术、管理、硬件、软件、网络、系统安全、无线电频率等许多方面。

同样,RFID 识别也存在一些缺点,比如标签成本相对较高,而且一般不能随意扔掉等。但是制约射频识别系统发展的主要问题是不兼容的标准。射频识别系统的主要厂商提供的都是专用系统,导致不同的应用和不同的行业采用不同厂商的频率和协议标准,这种混乱和割据的状况已经制约了整个射频识别行业的增长。许多欧美组织正在着手解决这个问题,

并已经取得了一些成绩。标准化必将刺激射频识别技术的大幅度发展和广泛应用。

### 3.3.2 RFID 技术的原理和分类

#### 1. RFID 的系统构成

从系统的工作原理来看,RFID 系统一般都由标签、阅读器、编程器、天线几部分组成,如图 3-16 所示。

射频识别系统实际上就是阅读器与标签之间用无线电频率进行通信的无线通信系统,射频标签是信息的载体,应置于要识别的物体上或由个人携带;阅读器可以具有读或读/写功能,这取决于系统所用射频标签的性能。

##### 1) 标签

在 RFID 系统中,信号发射机为了不同的应用目的,会以不同的形式存在,典型的形式是标签(Tag)。标签相当于条形码技术中的条形码符号,用来存储需要识别传输的信息,在实际应用中,电子标签附着在待识别物体的表面。标签一般是带有线圈、天线、存储器与控制系统的低电集成电路。典型的电子标签结构如图 3-17 所示。

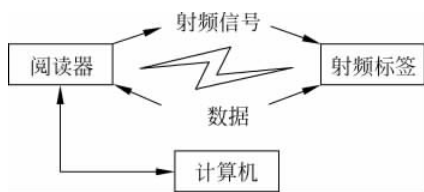


图 3-16 射频识别系统的组成

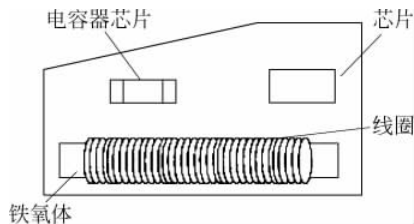


图 3-17 典型的电子标签结构图

##### 2) 阅读器

在 RFID 系统中,信号接收机一般叫作阅读器。阅读器又称为读出装置,可无接触地读取并识别电子标签中所保存的电子数据,从而达到自动识别物体的目的,进一步通过计算机及计算机网络实现对物体识别信息的采集、处理及远程传送等管理功能。阅读器的组成,如图 3-18 所示。其各部分的功能包括如下几方面。

- (1) 发送通道:对载波信号进行功率放大,向应答器传送操作命令及写数据。
- (2) 接收通道:接收射频标签传送到阅读器的响应及数据。
- (3) 载波产生器:采用晶体振荡器,产生所需频率的载波信号,并保证载波信号的频率稳定度。

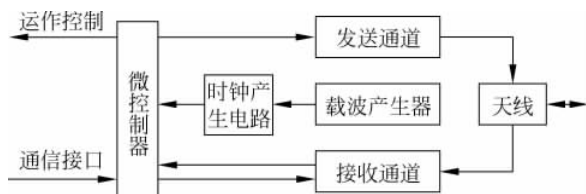


图 3-18 阅读器组成结构图

(4) 时钟产生电路：通过分频器形成工作所需的各种时钟。

(5) MCU：微控制器是读写器工作的核心，完成收发控制、向应答器发命令及写数据、数据读取与处理、与高层处理应用系统的通信等工作。

(6) 天线：与射频标签形成耦合交联。

### 3) 编程器

只有可读可写的标签系统才需要编程器。编程器是向标签写入数据的装置。编程器写入数据一般来说是离线(Off-line)完成的,也就是预先在标签中写入数据,等到开始应用时直接把标签黏附在被标识项目上。也有一些 RFID 应用系统,写数据是在线(On-line)完成的,尤其是在生产环境中作为交互式便携数据文件来处理时。

### 4) 天线

天线是标签与阅读器之间传输数据的发射、接收装置。除了系统功率、天线的形状和相对位置影响数据的发射和接收,还需要专业人员对系统的天线进行设计、安装。

RFID 系统的组成结构如图 3-19 所示。

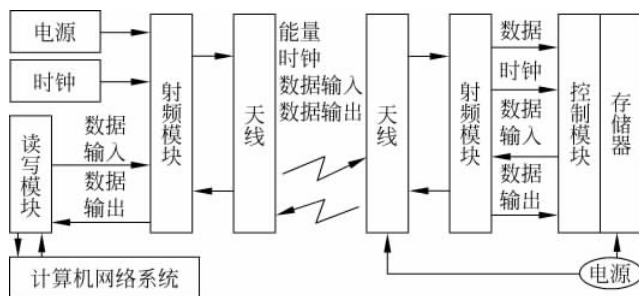


图 3-19 射频识别系统结构框图

## 2. RFID 的工作原理

射频技术的基本原理是电磁理论,利用无线电波对记录媒体进行读写。射频技术利用无线射频方式在阅读器和射频卡之间进行非接触双向数据传输,以达到目标识别和数据交换的目的。

射频自动识别装置发出微波查询信号时,安装在被识别物体上的电子标签将接收到的部分微波的能量转换为直流电,供电子标签内部电路工作,而将另外部分微波通过自己的微带天线反射回电子标签读出装置。由电子标签反射回的微波信号携带了电子标签内部储存的数据信息。反射回的微波信号经读出装置进行数据处理后,得到电子标签内储存的识别代码信息。射频识别的工作原理如图 3-20 所示。

目前,RFID 已经得到了广泛应用,且有国际标准 ISO 10536、ISO 14443、ISO 15693、ISO 18000 等几种。这些标准除规定了通信数据帧协议外,还着重对工作距离、频率、耦合方式等与天线物理特性相关的技术规格进行了规范。

电子标签与阅读器之间通过耦合元件实现射频信号的空间(无接触)耦合,在耦合通道内,根据时序关系,实现能量传递和数据交换。

图 3-21 是 RFID 系统前端原理图,主要完成能量耦合、数据调制等功能。发生在阅读器和电子标签之间的射频信号的耦合类型有电感耦合与电磁耦合两种形式。

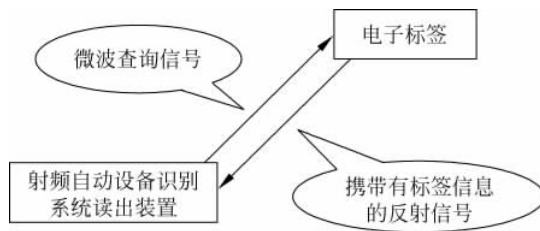


图 3-20 射频识别的工作原理

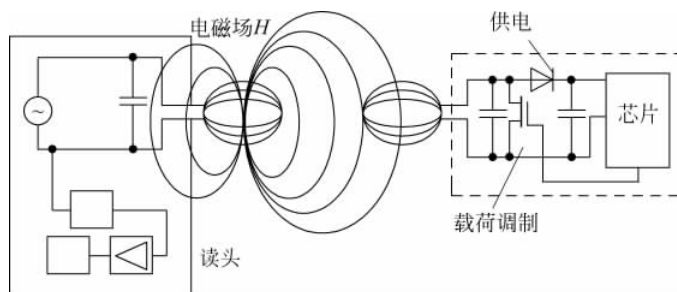


图 3-21 RFID系统前端原理图

仅以只读方式为例,图 3-22 表示只读被动标签与阅读器系统(LF 和 UHF),图 3-23 表示只读主动标签与阅读器系统。

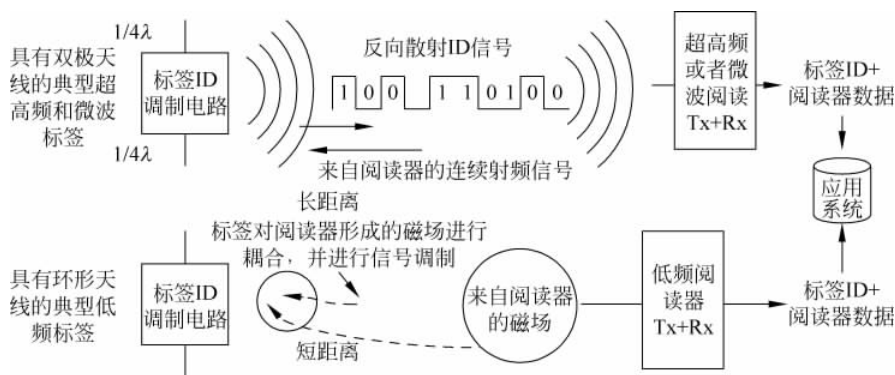


图 3-22 只读被动标签与阅读器系统

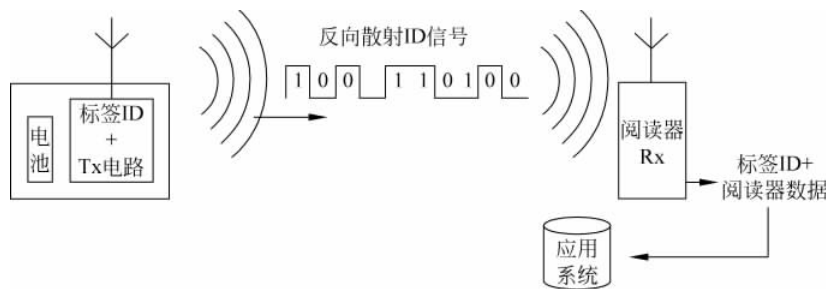


图 3-23 只读主动标签与阅读器系统

### 3. 分类

根据不同的分类方式,RFID 系统可以具有很多不同的分类方式,一般来讲,可以按照如下的方式进行分类(见图 3-24)。

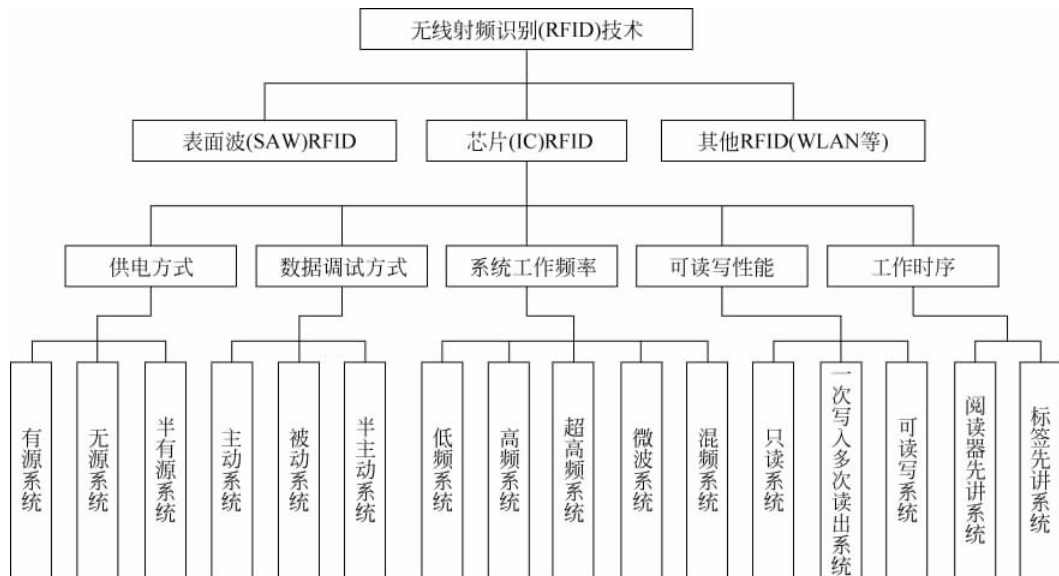


图 3-24 RFID 谱系

#### 1) 根据标签的供电形式分类

根据标签工作所需能量的供给方式的不同,RFID 系统可分为有源、无源以及半有源系统。

有源系统的标签使用标签内部的电池来供电,主动发射信号,系统识别距离较长,可达几十米甚至上百米,但其寿命有限,并且成本较高,另外,由于标签带有电池,其体积比较大,无法制成薄卡(比如信用卡标签)。有源标签的电池寿命理论上可达 5 年或者更长,但是由于电池的质量、使用环境等因素的影响,其寿命会大幅缩减。特别是在日晒等条件下使用,还有可能会造成电池泄漏等。但有的有源标签制造成可以更换的电池,使用成本可以得到控制。

无源系统的标签不含有电池,利用阅读器发射的电磁波进行耦合来为自己提供能量,它的重量轻、体积小,寿命可以非常长,成本低廉,可以制成各种各样的薄卡或者挂扣卡。但它的识别距离受到限制,一般是几十厘米到数十米,且需要有较大的阅读器发射功率。

半有源系统标签带有电池,但是电池只起到对标签内部电路供电的作用,标签本身并不发射信号。

#### 2) 根据标签的数据调制方式分类

根据标签的数据调制方式的不同,RFID 系统可分为主动式、被动式和半主动式系统。一般来讲,无源系统为被动式,有源系统为主动式,半有源系统为半主动式。

主动式系统用自身的射频能量主动发送数据给阅读器,调制方式可为调幅、调频或调相。主动式系统标签是单向的,也就是说,只有标签向阅读器不断传送信息,而阅读器对标

签的信息只是被动地接收,就像电台和收音机的关系。被动式的射频系统,使用调制散射方式发射数据,它必须利用阅读器的载波来调制自己的信号,在门禁或交通的应用中比较适宜,因为阅读器可以确保只激活一定范围内的射频系统。在有障碍物的情况下,采用调制散射方式,阅读器的能量必须来去穿过障碍物两次。而主动式射频标签发射的信号仅穿过障碍物一次,因此在主动方式下工作的射频标签主要用于有障碍物的应用中,距离更远,速度更快。

被动式系统标签内部不带电池,要靠外界提供能量才能正常工作。被动式系统标签典型的产生电能的装置是天线与线圈,当标签进入系统的工作区域时,天线接收到特定的电磁波,线圈就会产生感应电流,在经过整流电路时,激活电路上的微型开关,给标签供电。被动式系统标签具有永久使用期,常常用在标签信息需要每天读写或频繁读写多次的地方,而且被动式系统标签支持长时间的数据传输和永久性的数据存储。被动式系统标签的缺点主要是数据传输的距离要比主动式系统标签短。因为被动式系统标签要依靠外部的电磁感应来供电,所以它的电能就比较弱,数据传输的距离和信号强度就受到限制,需要敏感性比较高的信号接收器(阅读器)才能可靠识读。

半主动式系统也称为电池支援式(Battery Assisted)反向散射调制系统。半主动式系统标签本身也带有电池,只起到对标签内部数字电路供电的作用,但是标签并不通过自身能量主动发送数据,只有被阅读器的能量场“激活”时,才通过反向散射调制方式传输自身的数据。

### 3) 根据标签的工作频率分类

根据标签的工作频率的不同,RFID系统可分为低频、高频、超高频、微波系统。阅读器发送无线信号时所使用的频率被称为RFID系统的工作频率,基本上可划分为低频(Low Frequency, LF; 30~300kHz)、高频(High Frequency, HF; 3~30MHz)、超高频(Untra Frequency, UHF; 300~968MHz)、微波(Micro Wave, MW; 2.45~5.8GHz)。低频系统一般工作在100~300kHz,常见的工作频率有125kHz、134.2kHz;高频系统工作在10~15MHz左右,常见的高频工作频率为13.56MHz;超高频工作频率为850~960MHz,常见的工作频率为869.5MHz、915.3MHz;还有些射频识别系统工作在2.45GHz的微波段。

自从1980年以来,低频(125~135kHz)RFID技术一直用于近距离的门禁管理。由于其信噪比(Signal Noise Ratio, S/N)较低,其识读距离受到很大限制。低频系统防冲撞(Anti-collision)性能差,多标签同时识读慢。性能也容易受到其他电磁环境的影响。13.56MHz高频RFID产品可以部分地解决这些问题。

13.56MHz高频RFID系统的数据读取速度较快,而且可以实现多标签同时识读,形式多样,价格适中。但是13.56MHz高频RFID产品对可导媒介(如液体、高湿、碳介质等)的穿透性不如低频产品。

860~960MHz超高频RFID产品常常被推荐应用在供应链管理(Supply Chain Management, SCM)上,超高频产品识读距离长,能够实现高速识读和多标签同时识读。但是,超高频电磁波对于可导媒介如水等完全不能穿透,对金属的绕射性也很差。实践证明,由于高湿物品、金属物品对超高频无线电波的吸收与反射特性,超高频RFID产品对于此类物品的跟踪与识读是完全失败的。

RFID系统频谱如图3-25所示。

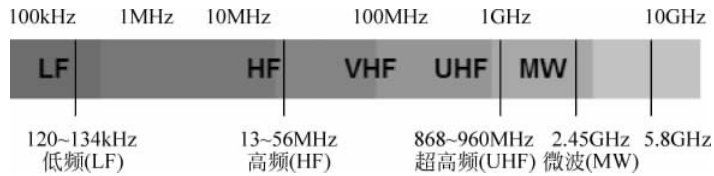


图 3-25 RFID 系统频谱简图

#### 4) 根据标签的可读写性分类

根据标签的可读写性的不同,系统可分为只读、读写和一次写入多次读出系统。

根据射频标签内部使用的存储器类型的不同分为可读写(RW)标签、一次写入多次读出(WORM)标签和只读(RO)标签。RW 标签一般比 WORM 标签和 RO 标签贵得多,如信用卡等。WORM 标签是用户可以一次性写入的标签,写入后数据不能改变,WORM 标签比 RW 标签要便宜。RO 标签存有一个唯一的号码 ID,不能修改,这样既提高了安全性,价格也最便宜。

只读系统标签内部只有只读存储器(Read Only Memory, ROM)和随机存储器(Random Access Memory, RAM)。ROM 用于存储发射器操作系统程序(Programming)和安全性要求较高的数据,它与内部的处理器或逻辑处理单元(Logical CPU Unit)一起完成内部的操作控制功能,如响应延迟时间控制、数据流控制、电源开关控制等。另外,只读系统标签的 ROM 中还存储有标签的标识信息。这些信息可以在标签制造过程中由制造商写入 ROM 中,也可以在标签开始使用时,由使用者根据特定的应用目的写入特殊的编码信息。这种信息可以简单地代表二进制中的 0 或者 1,也可以像二维条形码那样,包含复杂的相当丰富的信息。但这种信息只能是一次写入,多次读出。只读系统标签中的 RAM 用于存储标签响应和数据传输过程中临时产生的数据。另外,只读系统标签中除了 ROM 和 RAM 外,一般还有缓冲存储器,用于暂时存储调制后等待天线发送的信息。

读写系统标签内部的存储器除了 ROM、RAM 和缓冲存储器之外,还有非易失可编程记忆存储器。这种存储器除了具有存储数据的功能外,还具有在适当的条件下允许多次写入数据的功能。非易失可编程记忆存储器有许多种,EEPROM(电可擦除可编程只读存储器)是比较常见的一种,这种存储器在加电的情况下,可以实现对原有数据的擦除和数据的重新写入。可写存储器的容量根据标签的种类和执行的標準存在较大的差异。

#### 5) 根据标签和阅读器之间的通信工作时序分类

根据标签和阅读器之间的通信工作时序的不同,系统可分为标签先讲和读写器先讲系统。这也就是阅读器主动唤醒标签(Reader Talk First, RTF),还是标签首先自报家门(Tag Talk First, TTF)的方式。它涉及阅读器和标签的工作次序问题,即时序。

对于无源标签来讲,一般是读写器先讲的形式;对于多标签同时识读来讲,可以是 RTF 方式,也可以是 TTF 方式。值得一提的是,这里对于多标签同时识读的“同时”只是相对的概念。为了实现多标签无冲撞同时识读,对于 RTF 方式,阅读器先对一批标签发出隔离指令,使得阅读器识读范围内的多个电子标签被隔离,最后只保留一个标签处于活动状态,并与阅读器建立无冲撞的通信联系。通信结束后,发送指令使该标签进入休眠,指定一个新的标签执行无冲撞通信指令。如此往复,完成多标签同时识读。对 TTF 方式,标签在随机的时间内反复地发送自己的识别 ID,不同的标签可在不同的时间段最终被阅读器正确

读取,完成多标签的同时识读。而与 RTF 方式相比,TTF 方式的系统通信协议比较简单,速度更快,但是如果技术处理不当,TTF 也会带来一些诸如性能不够稳定、数据读取与写入误码率较高等不良后果。EPC 标准和 ISO 标准在 RFID 系统上主要采用无源系统标签和 RTF 方式,因此,一般的防冲撞技术都是基于无源标签和 RTF 方式的。

### 3.3.3 RFID 关键技术

RFID 关键技术主要包括产业化关键技术和应用关键技术两方面。

RFID 产业化关键技术主要包括以下几项。

(1) 标签芯片设计与制造。例如,低成本、低功耗的 RFID 芯片设计与制造技术,适合标签芯片实现的新型存储技术,防冲突算法及电路实现技术,芯片安全技术,以及标签芯片与传感器的集成技术等。

(2) 天线设计与制造。例如,标签天线匹配技术,针对不同应用对象的 RFID 标签天线结构优化技术,多标签天线优化分布技术,片上天线技术,读写器智能波束扫描天线阵技术,以及 RFID 标签天线设计仿真软件等。

(3) RFID 标签封装技术与装备。例如,基于低温热压的封装工艺,精密机构设计优化,多物理量检测与控制,高速高精运动控制,装备故障自诊断与修复,以及在线检测技术等。

(4) RFID 标签集成。例如,芯片与天线及所附着的特殊材料介质三者之间的匹配技术,标签加工过程中的一致性技术等。

(5) 读写器设计。例如,密集读写器技术,抗干扰技术,低成本小型化读写器集成技术,以及读写器安全认证技术等。

RFID 应用关键技术主要包括以下几项。

(1) RFID 应用体系架构。例如,RFID 应用系统中各种软硬件和数据的接口技术及服务技术等。

(2) RFID 系统集成与数据管理。例如,RFID 与无线通信、传感网络、信息安全、工业控制等的集成技术,RFID 应用系统中间件技术,海量 RFID 信息资源的组织、存储、管理、交换、分发、数据处理和跨平台计算技术等。

(3) RFID 公共服务体系。提供支持 RFID 社会性应用的基础服务体系的认证、注册、编码管理、多编码体系映射、编码解析、检索与跟踪等技术与服务。

(4) RFID 检测技术与规范。例如,面向不同行业应用的 RFID 标签及相关产品物理特性和性能一致性检测技术与规范,标签与读写器之间空中接口一致性检测技术与规范,以及系统解决方案综合性检测技术与规范等。

其中,最关键的技术就是天线技术、RFID 中间件技术以及 RFID 中的防碰撞技术与算法。

#### 1. RFID 中的天线技术

天线技术对于 RFID 系统十分重要,是决定 RFID 系统性能的关键部件。RFID 天线可以分为低频、高频、超高频和微波天线,每一频段天线又分为电子标签天线和读写器天线。这两种天线按方向性可分为全向天线和定向天线等;按外形可分为线状天线和面状天线

等；按结构和形式可分为环形天线、偶极天线、双偶极天线、阵列天线、八木天线、微带天线和螺旋天线等。RFID系统可采用的天线形式多样，用以完成不同的任务。

#### 1) RFID 天线的应用要求

(1) 电子标签天线。一般来讲，RFID 电子标签天线一般要满足如下条件。

- ① RFID 天线必须足够小，以致能够附着在需要的物品上。
- ② RFID 天线必须与电子标签有机地结合成一体，或贴在表面，或嵌入到物体内部。
- ③ RFID 天线的读取距离依赖于天线的方向性，一些应用需要标签具备特定的方向性，例如，有全向或半球覆盖的方向性，以满足零售商品跟踪等的需要。
- ④ 无论物品在什么方向，RFID 天线的极化都能与读写器的询问信号相匹配。
- ⑤ RFID 天线具有应用的灵活性。各种恶劣环境和干扰下都能保证标签识别的快速无误。

⑥ RFID 天线具有应用的可靠性。保证因温度、湿度、压力和标签插入、印刷和层压处理中的存活率。

⑦ RFID 天线的频率和频带满足技术标准。

⑧ RFID 天线具有鲁棒性。

⑨ RFID 天线价格低廉。

#### (2) 读写器天线。

① 读写器天线既可以与读写器集成在一起，也可以采用分离式。

② 读写器天线设计要求低剖面、小型化。

③ 读写器天线设计要求多频段覆盖。

④ 对于分离式读写器，还涉及天线阵的设计问题。

#### 2) 低频和高频 RFID 天线技术

在低频和高频频段，读写器与电子标签基本都采用线圈天线，线圈之间存在互感，使一个线圈的能量可以耦合到另一个线圈。读写器天线与电子标签天线是近场耦合，电子标签处于读写器的近区，当超出范围时，近场耦合就失去作用，开始过渡到远距离的电磁场。

(1) 低频和高频 RFID 天线可以有不同的构成方式，并可以采用不同的材料，如图 3-26 所示。它们具有如下特点：天线都采用线圈的形式，线圈可以是圆形环也可以是矩形环；天线的尺寸比芯片的尺寸大得多；有些天线的基板是柔软的，适合粘贴在各种物体表面；由天线和芯片构成的电子标签可以很小，也可以批量生产。

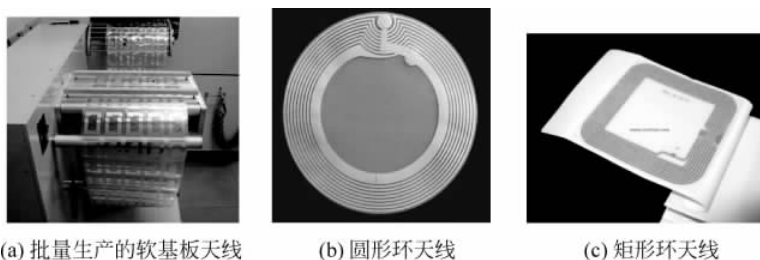


图 3-26 低频和高频 RFID 天线及芯片

(2) 低频和高频 RFID 天线的磁场。电流在周围会产生磁场,不同的电流分布,在周围会产生不同的磁感应强度。长直电流周围产生的磁场强度为

$$H = e_{\varphi} \frac{I}{2\pi r} \quad (3.15)$$

很多低频和高频 RFID 天线是圆环结构,采用了“短圆柱形线圈”,其在周围产生的磁场为

$$H_z = \frac{INR^2}{2(R^2 + z^2)^{3/2}} \quad (3.16)$$

还有些低频和高频 RFID 天线是矩形圈结构,当被测点沿线圈轴离开线圈  $z$  时,矩形线圈结构在轴线产生的磁场为

$$H = \frac{INab}{4\pi \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2 + z^2}} \left[ \frac{1}{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + z^2} + \frac{1}{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + z^2} \right] \quad (3.17)$$

(3) 低频和高频 RFID 天线的最佳尺寸。线圈电线的最佳尺寸,是指线圈上的电流  $I$  为常数,且与天线的距离  $z$  为常数时,线圈尺寸与磁场的关系。以圆环形线圈为例,对式(3.16)中的磁场求导,计算出拐点,得到最大磁场与线圈尺寸的关系为

$$R = \sqrt{2}z \quad (3.18)$$

虽然增大线圈的半径  $R$ ,会在线圈的较远处  $z$  获得最大的磁场,但由式(3.16)可以看出,随着距离  $z$  的增大,会使磁场值减小,影响电子标签与读写器线圈之间的耦合强度,导致对电子标签能量的供给降低。

### 3) 微波 RFID 天线技术

微波 RFID 技术是目前 RFID 技术最为活跃和发展最为迅速的领域,微波 RFID 天线和低频、高频 RFID 天线相比有本质的不同。微波 RFID 采用电磁辐射的方式工作,读写器天线与电子标签天线之间距离较远,一般超过 1m,典型值为 1~10m;微波 RFID 的电子标签较小,使天线的小型化成为设计的重点;微波 RFID 天线形式多样,可以采用对称振子天线、微带天线、阵列天线和宽带天线等;微波 RFID 天线要求造价低廉,因此出现了很多天线制作的新技术。

(1) 微波 RFID 天线的结构,如图 3-27 所示。微波 RFID 天线具有如下特点:微波 RFID 天线结构多样;很多天线的基板是柔软的;天线的尺寸比芯片的尺寸大很多;很多天线和芯片构成的电子标签能在条带上批量生产;有些天线提供可扩充装置,来提供短距离和长距离的 RFID 电子标签。

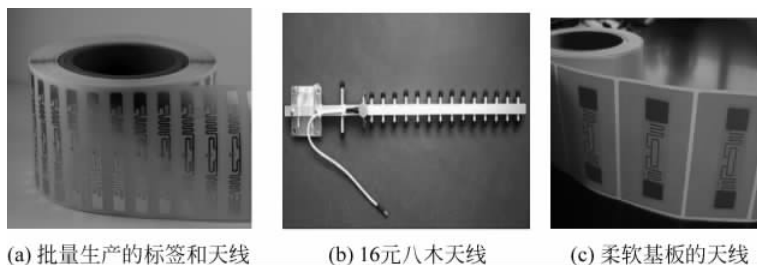


图 3-27 低频和高频 RFID 天线及芯片

(2) 微波 RFID 天线的设计。微波 RFID 天线的设计,需要考虑天线采用的材料、尺寸、作用距离,还需要考虑频带宽度、方向性和增益等电参数。微波 RFID 天线主要采用偶极子天线、微带天线、非频变天线和阵列天线。

偶极子天线即振子天线,是微波 RFID 常用的天线。为了缩短天线的尺寸,在微波 RFID 中偶极子天线常采用弯曲结构。弯曲偶极子天线纵向延伸方向至少折返一次,从而具有至少两个导体段,每个导体段分别有一个延伸轴,这些导体段借助于一个连接段相互平行且有间隔地排列,如图 3-28 所示。

为了更好地控制天线电阻,增加了一个同等宽度的载荷棒作为弯曲轮廓;弯曲轮廓的长度和载荷棒可以变更,以获得适宜的阻抗匹配。弯曲天线有几个关键参数,如载荷棒宽度、距离、间距、弯曲步幅宽度和弯曲步幅高度等,通过调整这些参数,可以改变天线的增益和阻抗,并改变电子标签的谐振、最高射程和带宽。

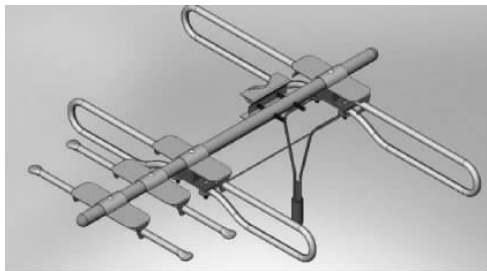


图 3-28 弯曲偶极子天线

微波 RFID 常采用微带天线。微带天线属于平面型天线,具有小型化、易集成、方向性好等优点,可以作成共形天线,易于形成圆极化,制作成本低,易于大量生产。

微带天线按结构特征分类,可以分为微带贴片天线和微带缝隙天线两大类;微带天线按形状分类,可以分为矩形、圆形和环形微带天线等;微带天线按工作原理分类,可以分成谐振型(驻波型)和非谐振型(行波型)微带天线。

阵列天线是一类由不少于两个天线单元规则或随机排列,并通过适当激励获得预定辐射特性的天线。就发射天线来说,简单的辐射源比如点源、对称振子源是常见的,阵列天线是将它们按照直线或者更复杂的形式,排成某种阵列的样子,构成阵列形式的辐射源,并通过调整阵列天线馈电电流、间距、电长度等不同参数来获取最好的辐射方向性。

目前随着通信技术的迅速发展,以及对天线诸多研究方向的提出,都促使了新型天线的诞生,其中就包括智能天线。智能天线技术利用各个用户间信号空间特征差异,通过阵列天线技术在同一信道上接收和发射多个用户信号而不发生相互干扰,使无线电频谱的利用和信号的传输更为有效。

一般来说,若天线的相对带宽达到百分之几十,这类天线称为宽频带天线;若天线的频带宽度能够达到 10:1,这类天线称为非频变天线。非频变天线能在一个很宽的频率范围内保持天线的阻抗特性和方向特性基本不变或稍有变化。现在 RFID 使用的频率很多,这就要求一台读写器可以接收不同频率电子标签的信号,因此读写器发展的一个趋势是在不同的频率使用,这使得非频变天线成为 RFID 的一个关键技术。

非频变天线有多种形式,主要包括平面等角螺旋天线、圆锥等角螺旋天线和对数周期天线等。

#### 4) 天线仿真设计方法

在对天线粗略设计的基础上,要想得到较精确的性能参数,就需要利用现代数值计算技术和软件对天线进行仿真。天线仿真软件功能强大,大大提高了复杂天线的设计效率,天线

仿真和测试相结合,可以基本满足天线设计的需要。

现在天线仿真软件的种类很多,最主要的仿真软件包括 Ansoft HFSS、CST 和 IE3D 等。

## 2. RFID 中间件技术

从 RFID 产业发展的角度来看,中间件是 RFID 大规模应用的关键技术,也是 RFID 产业链的高端领域。RFID 中间件是介于前端读写器硬件模块与后端应用软件之间的重要环节,是介于应用系统和系统软件之间的一类软件,通过系统软件提供基础服务,它可以连接网络上不同的应用系统,以达到资源共享、功能共享的目的。简单来说,中间件的作用就是试图通过屏蔽各种复杂的技术细节,使技术问题简单化。

### 1) RFID 中间件概述

(1) RFID 中间件的架构与分类。RFID 中间件采用分布式的架构,它利用高效可靠的消息传递机制进行数据交流,并基于数据通信来进行分布式系统的集成,支持多种通信协议、语言、应用程序、硬件和软件平台。RFID 中间件逻辑结构包含读写器适配层、事件管理器、应用层接口三个部分。

根据中间件在系统中所起的作用和采用的技术,可以把中间件大致分为以下几种:数据访问中间件,远程过程调用中间件,面向消息中间件,面向对象中间件,网络中间件,事件处理中间件和屏幕转换中间件。

(2) RFID 中间件的特征与作用。目前市场上出现的 RFID 中间件产品可分为非独立中间件和独立的通用中间件两大类。非独立性中间件是将 RFID 技术纳入现有的中间件产品的软件系统中,RFID 作为可选项。独立的通用中间件产品不依赖于其他软件系统,各模块都是由组件构成,根据不同的需要进行软件组合,灵活性高,能满足各种行业应用的需要。一般说来,RFID 中间件具有以下特征:独立架构,数据流,过程流,支持多种编程标准,状态监控和安全功能。

RFID 中间件是一种面向消息的中间件。其中,信息是以消息的形式,采用异步的方式从一个程序传送到另一个或多个程序,传送者不必等待回应。它的作用主要体现在以下方面:控制 RFID 读写设备按照预定的方式工作,保证不同读写设备之间配合协调;按照一定规则过滤数据,筛除绝大部分冗余数据,将真正有效的数据传送给后台信息系统;保证读写器和企业级分布式应用系统平台之间的可靠通信,为分布式环境下异构的应用程序提供可靠的数据通信服务。

### 2) 中间件接入技术和业务集成技术

RFID 中间件是连接读写器与应用系统的纽带,其负责将原始的 RFID 数据转换为面向业务领域的结构化数据形式,发送到企业应用系统中供其使用,同时负责多类型读写设备的即插即用,实现多设备间的协同。从中间件的体系结构上来看,它分为边缘层和业务集成层两个部分。边缘层是一种位置相对靠近 RFID 读写器的逻辑层,负责 RFID 读写设备的接入和管理,通过采用 RFID 中间件的接入技术,边缘层可实现对不同种类的读写器进行参数设置。边缘层还负责过滤和消减海量 RFID 数据、处理 RFID 复杂事件,这样可以防止大量无用数据流入系统。RFID 标签数据通过边缘层过滤和消减,以一定的格式发送到业务集成层,业务集成层是指 RFID 中间件与应用系统的衔接部分。通过采用 RFID 中间件业务

集成技术,业务集成层可以将各个企业的业务流程关联在一起,形成基于 RFID 技术的业务流程自动化。RFID 设备与中间件集成架构如图 3-29 所示。

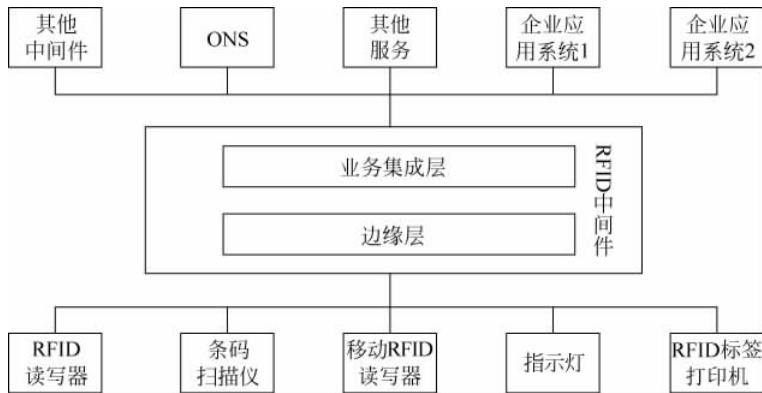


图 3-29 RFID 设备与中间件集成构架

(1) RFID 读写器设备接入技术。RFID 读写器类型千差万别,读写器开发商提供的读写设备开发包多种多样。一方面,根据 RFID 读写设备不同的硬件特征,设备连接构件与读写设备的连接方式分为网口连接、串口连接和 USB 连接。另一方面,针对不同厂商提供的不同开发包,设备连接构件与读写设备接入方式分为 jar 包开发、dll 开发以及串口命令开发。因此,与 RFID 读写器的连接需要选择不同的连接方式,采用不同的连接技术。通过屏蔽 RFID 读写设备的多样性和复杂性,能够为后台业务系统提供强大的支撑,实现各种各样读写设备快速良好地接入中间件系统,从而驱动更丰富的 RFID 应用。

通过 RFID 设备接入技术,主要实现以下功能:对 RFID 读写设备的发现和重新配置;当有新的读写设备加入网络中时,必须能够发现这些新的读写设备,给新的读写设备分配任务,并将它们加入到现有的系统中。

(2) RFID 中间件业务集成技术。RFID 业务集成是将各企业的业务流程关联在一起,实现基于 RFID 技术的业务流程自动化。通过对 RFID 消息的处理,将供应链关联、企业资源计划、客户关系管理等企业信息系统连接起来,使得各企业系统不仅能够实时、快速地获取物理信息,也能够在各企业系统业务流之间高效地协同,从而使企业的信息系统有效地集成在一起,达到改进并提高企业运作效率的目的。

RFID 中间件业务集成平台是企业间基于 RFID 技术进行业务集成的公共基础设施,是可定制、可裁剪、可配置的综合平台。通过灵活易用的平台配置,可以消除集成过程中繁杂的定制开发,为基础 RFID 业务流程的集成提供了必要的支撑环境,是整个 RFID 业务集成的核心。RFID 中间件可在多个平台层次上进行集成,RFID 中间件业务集成平台包括数据层集成、功能层集成、事件层集成、总线层集成、业务层集成和服务层集成。通过启用服务总线、事件处理网络和基于 XML 的信息传输,RFID 中间件业务集成平台为多标准、多协议 RFID 设备和异构系统平台提供一种可靠灵活的基础。RFID 中间件业务集成平台具有的灵活升级、定制裁剪、按需扩展等特性,从整体上保证了平台设计的灵活性和扩展性。

### 3) RFID 中间件的结构

中间件系统结构包括读写器接口(Reader Interface)、处理模块(Processing Module)以

及应用接口(Application Interface)三部分。读写器接口负责前端和相关硬件的连接;处理模块主要负责读写器监控、数据过滤、数据格式转换、设备注册;应用程序接口负责后端与其他应用软件连接。中间件的结构框架如图 3-30 所示。

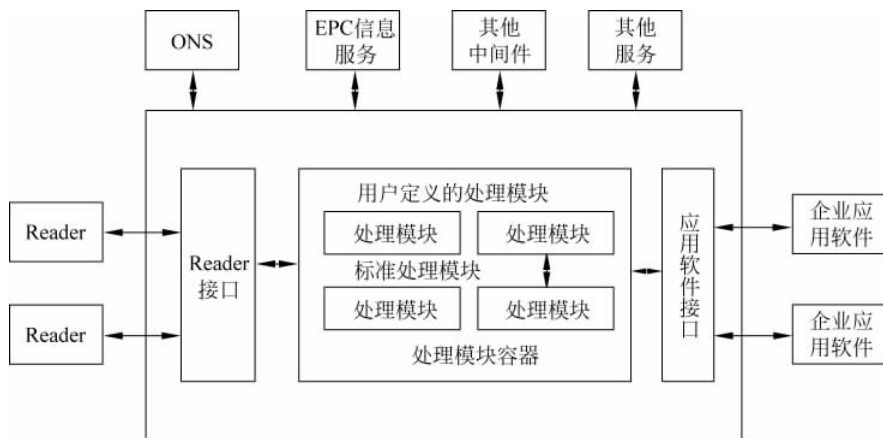


图 3-30 中间件系统结构框架

RFID 中间件处理模块的主要作用是负责数据接收、数据管理和数据转换,同时还具有对读写器的工作状态进行监控、读写器的注册、删除、群组等功能,它是 RFID 中间件的核心模块。RFID 中间件处理模块由 RFID 时间过滤系统、实时内存事件数据库和任务管理系统三部分组成。

RFID 事件过滤系统(RFID Event Management System,RFID EMS)可以与读写器应用程序进行通信,过滤读写器发送的事件流。在中间件系统中,RFID EMS 是最重要的组件,它为用户提供了集成其他应用程序的平台。RFID EMS 支持多种读写器协议,RFID EMS 读取的事件能够在满足中间件要求的基础上被过滤。RFID EMS 可以采集、缓冲、平滑和组织从读写器获得的信息,读写器每秒可以上传数百个事件,每个事件都能在处理中间件请求的基础上被恰当地缓冲、过滤和记录。

实时内存事件数据库(Real-time In-memory Event Database,RIED)是一个用来保存 RFID 边缘中间件信息的内存数据库。RFID 边缘中间件保存和组织读写器发送的事件。RFID 事件管理系统通过过滤和记录事件的框架,可以将事件保存在数据库中。但是,数据库不能在一秒内处理几百次以上的交易。实时内存事件数据库提供了与数据库一样的接口,但其性能要好得多。

任务管理系统(Task Management System,TMS)负责管理由上级中间件或企业应用程序发送到本级中间件的任务。一般情况下,任务可以等价于多任务系统中的进程,TMS 管理任务类似于操作系统管理进程。传输到 TMS 的任务可以获得中间件的所有便利条件,TMS 可以完成企业的多种操作,具有数据交互、PML 查询、删除任务进度、值班报警以及远程数据上传等功能。

#### 4) 中间件标准及产品介绍

中间件技术标准主要有 COM、CORBA、J2EE 这三个标准。目前技术比较成熟的 RFID 中间件主要是国外产品,供应商大多数仍是传统的 J2EE 中间件的供应商,包括 IBM、

BEA、Reva 等公司。这些公司作为应用软件的供应商,在提供 RFID 解决方案的同时,也提供 RFID 中间件产品。微软公司作为目前的主流操作系统供应商,也按计划实施自己的 RFID 中间件计划。深圳立格公司是国内较早涉足这一领域的企业,它已经推出了富有特色的、拥有自主知识产权的中间件产品。

### 3. RFID 中的防碰撞技术与算法

像其他无线通信系统一样,RFID 系统也存在信号干扰问题。主要有两类信号干扰,一类被称为阅读器碰撞,它存在于多个阅读器同时发射信号来识别同一个标签的时候;另一类称为标签碰撞,它存在于多个标签同时响应一个阅读器的时候。碰撞隐藏和减慢了标签的识别过程,因此需要标签防碰撞协议和阅读器防碰撞协议来分别减少标签碰撞和阅读器的碰撞,以便于提高识别过程的性能。

由于标签是从阅读器得到能量的,标签的响应范围(也被称为识别范围)比阅读器的射频信号的传输范围(也被称为干扰范围)要小得多。此外,标签和阅读器具有不同的计算和通信能力。鉴于这种不对称性,我们不能依靠通常在无线局域网中使用的 RTS/CTS 的碰撞避免机制来解决碰撞问题。

#### 1) RFID 系统的阅读器碰撞

##### (1) 阅读器碰撞问题。

由于标签是由阅读器提供能量的,标签的响应区比阅读器的发送区要小得多。当一个标签在阅读器 A 的识别区内,而在阅读器 B 的干扰区内时,由于阅读器间的干扰,标签不能正确地接收来自阅读器 A 的请求命令,或者阅读器 A 不能正确接收来自标签的响应,这被称为阅读器碰撞。如图 3-31 所示,标签 T 在阅读器 A 的识别区内,而在阅读器 B 的干扰区,在这种情况下,阅读器碰撞将有可能发生。

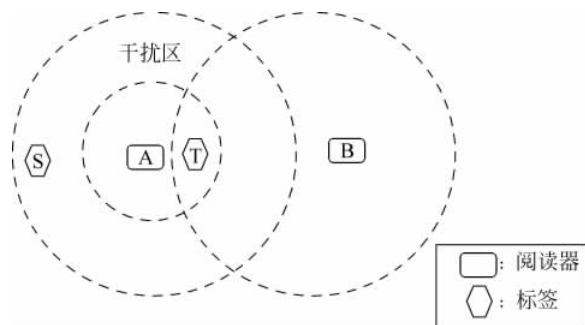


图 3-31 识别区与干扰区之间的关系

##### (2) 阅读器防碰撞协议。

数个碰撞协议已经被提出来解决阅读器的碰撞问题,分为三类: TDMA、FDMA 和 CSMA 协议。

基于 TDMA 的阅读器防碰撞协议的基本思想是把整个时间周期分成若干个时间间隔,并允许一个阅读器只能在它所分配的时间间隔内发送信息。在这种方式下,阅读器碰撞将可以避免。DSC 和 Colorwave 就是基于 TDMA 的两个协议。

DSC 通过提出一个阅读器图来解决阅读器的碰撞,在阅读器图中,阅读器被表示成节

点,阅读器之间存在干扰则对应两节点间连接一条边。然后,给每个阅读器标记上一个色彩,来表示传输信号的一个具体时隙(时隙假设是被周期性地标记为 0,1 和最大色彩的颜 色)。如果所有相邻的节点具有不同的色彩,则阅读器的碰撞就能避免。具体来说,当一个阅读器想要发送信息给标签时,它会把信息放入队列中,直到此阅读器选择的色彩可以使用为止。如果阅读器在它选择的时隙内发送信息时,发现存在着碰撞,阅读器则会重新选择一个新的色彩,并通知相邻阅读器相应地改变它们的色彩。

Colorwave 算法是一个 DCS 的扩展算法,它提出了优化需要标记的阅读器图的色彩数量的机制。如果使用的色彩减少,信号传输的效率将提高。

FDMA 协议把所有可用的频率带划分成若干个互相不干扰的信道。阅读器可以使用不同的信道来同时与标签进行通信。

HiQ 协议是一个基于 TDMA 和 FDMA 的、分级的、分布式的、在线学习的算法,来避免阅读器碰撞。设计的目标是最大化在阅读器 and 标签之间并发通信的信道数量,并通过学习阅读器的碰撞模式来最小化阅读器碰撞的数量,以使得有效地将每个时隙分配给阅读器。HiQ 的分级结构如图 3-32 所示,当某个阅读器需要发送信息给它的识别区域内的标签时,它必须首先从它的主 R-server 处请求资源,即频率信道和时隙。阅读器只有在主 R-server 分配于一个时隙内的具体频率信道后才能发送信息。

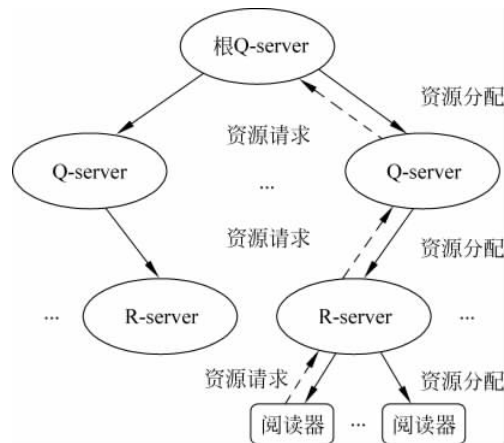


图 3-32 HiQ 协议的分级控制结构

在这样的分布式架构中,相邻阅读器可以在相同的时隙或者相同的频率信道内发送信息,从而会造成碰撞。阅读器需要检测与相邻节点之间的碰撞。每个阅读器需要报道碰撞的数量、碰撞的类型和成功读它的主 R-server 的次数。随后,R-server 能够根据反馈的报告判断哪些从阅读器间有相互干扰,并重新动态地分配资源来避免碰撞。

CSMA 协议在有线或是无线系统中,是一种用来避免碰撞的常规机制。在这个机制中,每个设备在发射信息前,都需要检查信道是否空闲。如果信道是忙的,那么设备会等待,直到信道空闲为止。

## 2) RFID 系统的标签碰撞

### (1) 标签的碰撞问题。

为了识别在识别区内的标签,阅读器会发出一个请求信号要求标签发回它的 ID 号。当

阅读器的识别区内多个标签同时响应阅读器的请求时,碰撞将会发生,从而阅读器不能正常地识别标签,这就被称为标签碰撞。如图 3-31 所示,标签 S 和标签 T 在阅读器 A 的识别区内。如果标签 S 和标签 T 响应阅读器 A 的请求后同时发射它的 ID 号,标签碰撞将会发生,阅读器 A 不能识别到标签 S 和标签 T 中的任何一个标签。

## (2) 标签防碰撞协议。

标签防碰撞协议主要可以分为三类:基于 ALOHA 的、基于树的和基于计数器的协议。

ALOHA 协议是最简单的基于 ALOHA 的标签防碰撞协议。当阅读器请求标签发回它的 ID 号时,在识别区内的每个标签会自己选择一个随机的回退时间,在这个回退时间之后,把标签的 ID 号发送给阅读器。如果在标签 ID 号的发送期间没有碰撞发生,此 ID 号将会被阅读器成功地识别,被识别 ID 号的标签将停止对阅读器的响应。否则,标签会重复地选择一个随机的后退时间,发送它的 ID 号,直到 ID 号被阅读器识别为止。

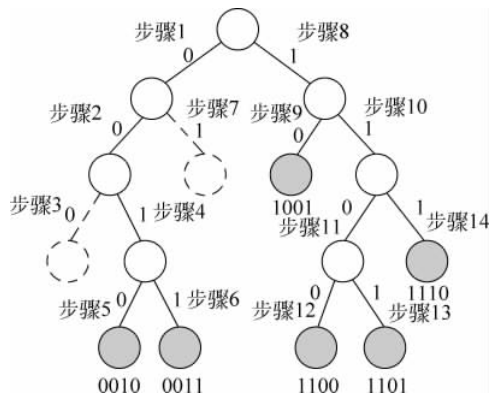
基于树的标签防碰撞协议的基本思想是根据标签的 ID 号,把遇到碰撞的标签重复分裂成数个子群,直到在一个子群中,只有一个标签能够被成功地识别为止。通常情况下,基于树的协议比基于 ALOHA 的协议需要更长的识别标签的时间,但是,基于树的协议不存在标签饥饿问题。另一个不足就是它的性能会受标签 ID 号的长度和分布的影响。查询树、二进制树、EPCglobal Class0、TSA 等协议都是基于树的防碰撞协议。下面主要介绍查询树协议。

在查询树(QT)协议中,阅读器首先广播一个位字符串 S 的请求给标签。ID 号前缀与 S 匹配的标签将会把它的整个 ID 号发给阅读器。如果一次只有一个标签响应,此标签则可以成功地被识别。但是,如果有多个标签同时响应时,碰撞将会发生。此时,阅读器会再次广播一个在字符串 S 后多一位 0 或是 1 的更长的位字符串,即 S0 或者 S1。显然,具有 S 前缀的标签将会被分成 S0 和 S1 两个子群。分裂的过程将会重复发生,直到每个识别区内的标签都能被成功识别为止。查询树协议是一个与存储无关的协议,标签 ID 号的长度和分布会影响查询树协议的识别延迟。

下面将展示一个查询树的例子。假设存在 6 个标签,它们的 ID 号分别是 0010,0011,1001,1100,1101 和 1110。查询树协议的标签识别过程和相关树图如表 3-2 所示。

表 3-2 QT 协议的识别过程

步骤	请求比特串 S	响应
1	0	碰撞
2	00	碰撞
3	000	空
4	001	碰撞
5	0010	0010
6	0011	0011
7	01	空
8	1	碰撞
9	10	1001
10	11	碰撞
11	110	碰撞
12	1100	1100
13	1101	1101
14	111	1110



基于计数器的协议与基于树的协议相似,不存在标签饥饿的问题。此协议的两类基本思想是把遇到碰撞的标签分裂成多个子群,直到在一个子群中,有一个标签能够成功地被识别为止。这两类协议主要的不同是,基于树的协议是使用静态的标签 ID 号来进行确认性的分裂,而基于计数器的协议是使用动态改变的计数器来进行概率性的分裂的。由于基于计数器的协议不需要使用标签 ID 号来进行分裂,所以它具有稳定的性能,不会被标签 ID 号的分布和 ID 号的长度影响。主要的两个基于计数器的防碰撞协议有 ISO/IEC 18000-6B 和 ABS 协议,在此就不详述了,有兴趣的读者可以自己去了解。

## 3.4 条形码技术

### 3.4.1 条形码概述

条形码由一组按一定编码规则排列的条、空和数字符号组成,用以表示一定的字符、数字及符号组成的信息。条形码技术最早诞生于 Westinghouse 实验室,一位名叫 John Kermode 的发明家想对邮政单据实现自动分检,他的想法是在信封上做条形码标记,条形码中的信息是收信人的地址,如同今天的邮政编码。为此,Kermode 发明了最早的条形码标识。最早的条形码标识设计方案非常简单,即一个“条”表示数字“1”,两个“条”表示数字“2”,以此类推。然后,Kermode 又发明了由扫描器和译码器构成的识读设备,Kermode 的扫描器利用当时新发明的光电池来收集反射光,“空”反射回来的是强信号,“条”反射回来的是弱信号,通过这种方法,条形码符号可以直接对信件进行分检。

目前条形码的种类很多,大体可以分为一维条形码和二维条形码两种。一维条形码和二维条形码都有许多码制,条、空图案对数据不同的编码方法,构成了不同形式的码制。不同码制有其固有的特点,可以用于一种或若干种应用场合。条形码识别是对红外光或可见光进行识别,由扫描器发出的红外光或可见光照射条形码标记,深色的条吸收光,浅色的空将光反射回扫描器,扫描器将光反射信号转换成电子脉冲,再由译码器将电子脉冲转换成数据,最后传至后台。

#### 1. 一维条形码

一维条形码有许多种码制,包括 Code25 码、Code39 码、Code93 码、Code128 码、Codabar 码、EAN-8 码、EAN-13 码、ITF25 码、Matrix 码、库德巴码、UPC-A 码和 UPC-E 码等。图 3-33 给出了几种常用一维条形码的样图。

下面就对常用的一维条形码进行简单介绍。

##### 1) EAN 码

EAN 码是国际物品编码协会制定的一种商品用条形码,是国际通用的符号体系,是一种长度固定、无含义的条形码,所表达的信息全部为数字,主要应用于商品标识。EAN 码符号有标准版(EAN-13)和缩短版(EAN-8)两种,我国的通用商品条形码与其等效。我们日常购买的商品包装上所印的条形码一般就是 EAN 码。

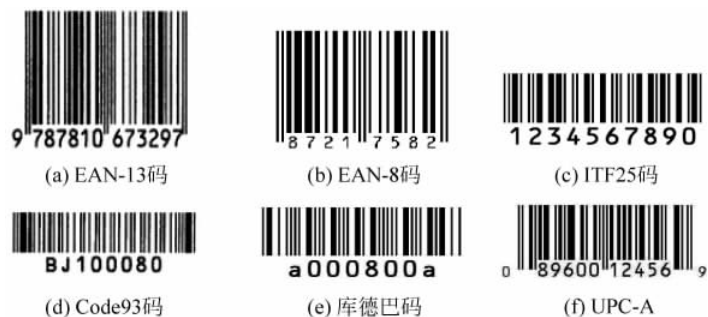


图 3-33 几种常见的一维条形码

## 2) UPC 码

UPC 码是美国统一编码委员会制定的一种商品用条形码,主要用于美国和加拿大地区,在美国进口的商品上可以看到。

## 3) 39 码和 128 码

39 码和 128 码为目前国内企业内部自定义码制,可以根据需要确定条形码的长度和信息,它编码的信息可以是数字,也可以包含字母,主要用于工业、图书及票证的自动化管理,目前使用极为广泛。

## 4) 库德巴(Codabar)码

库德巴码也可表示数字和字母信息,主要用于医疗卫生、图书情报、物资等领域的自动识别。

## 5) 93 码

93 码是一种类似于 39 码的条形码,它的密度较高,能够替代 39 码。

## 6) 25 码

25 码应用于包装、运输以及国际航空系统的机票顺序编号等。

目前最流行的一维条形码是 EAN-13 条形码,EAN 是 European Article Number(欧洲物品编码)的缩写。

## 2. 二维条形码

二维条形码技术是在一维条形码无法满足实际应用需求的前提下产生的。由于受信息容量的限制,一维条形码通常是对物品的标识,而不是对物品的描述。二维条形码能够在横向和纵向两个方位同时表达信息,因此能在很小的面积内表达大量的信息。

二维条形码是用某种特定的几何图形,按一定规律在平面(二维方向)上分布的黑白相间的图形,在代码编制上巧妙地利用计算机内部逻辑基础的 0、1 比特概念,使用若干个与二进制相对应的几何形体来表示文字数值信息,通过图像输入设备或光电扫描设备自动识读以实现信息自动处理。

目前有几十种二维条形码,分为堆叠式二维条形码和矩阵式二维条形码。

堆叠式二维条形码的编码原理是建立在一维条形码的基础上,将一维条形码的高度变窄,再依需要堆成多行,其在编码设计、检查原理、识读方式等方面都继承了一维条形码的特点,但由于行数增加,对行的辨别、解码算法及软体则与一维条形码有所不同。较具代表性

的堆叠式二维条形码有 PDF417、Code16K、Supercode、Code49 等。

矩阵式二维条形码是以矩阵的形式组成,在矩阵相应元素位置上,用点的出现表示二进制的“1”,不出现表示二进制的“0”,点的排列组合确定了矩阵码所代表的意义。其中,点可以是方点、圆点或其他形状的点。矩阵码是建立在计算机图像处理技术、组合编码原理等基础上的图形符号自动辨识的码制,已较不适合用“条形码”称之。具有代表性的矩阵式二维条形码有 DataMatrix、Maxi-Code、Vericode、Softstrip、Code1、Philips Dot Code 等。

图 3-34 给出了几种常用的二维条形码样图。

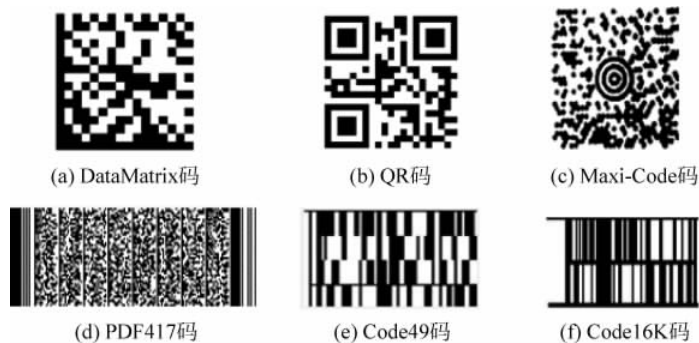


图 3-34 几种常见的二维条形码样图

二维条形码技术自 20 世纪 70 年代初问世以来,发展十分迅速,仅三十多年时间,它已广泛应用于商业流通、仓储、医疗卫生、图书情报、邮政、铁路、交通运输、生产自动化管理等多个领域。

### 3. 条形码的应用

目前,条形码技术是最成熟、应用领域最广泛的一种自动识别技术,现已渗透到了商业、仓储、邮电通信、交通运输、图书管理、医疗卫生、票证、工业生产过程控制、物流配送以及军事装备、工程项目等国民经济各行各业和人民日常生活中。条形码技术已发展成为一项产业,世界各国从事条形码技术及其系列产品开发研究的单位和生产厂商越来越多,条形码技术产品的技术水平越来越高,种类日渐丰富,达到近万种。

二维条形码更是依靠其庞大的信息携带量,能够把过去使用一维条形码时存储于后台数据库中的信息包含在条形码中,可以直接通过阅读条形码得到相应的信息,并且二维条形码还有错误修正技术及防伪功能,增加了数据的安全性。还可把照片、指纹编制于其中,有效地解决了证件的可机读和防伪问题。因此,可广泛应用于护照、身份证、行车证、军人证、健康证、保险卡等。

越来越发达完善的条形码技术不仅在国际范围内为商品提供了一套可靠的代码标识体系,而且为产、供、销等各个环节提供了通用的“语言”,为实现商业数据的自动凭票供应和电子数据交换奠定了基础,推动了电子商务的发展。在商业智能解决方案的帮助下,企业用户可以通过充分挖掘现有的数据资源,捕获信息、分析信息、沟通信息,发现许多过去缺乏认识或未被认识的数据关系,帮助企业管理者做出更好的商业决策,使企业获得最大利润,同时也提高了企业的竞争能力。

## 3.4.2 条形码的识别原理

### 1. 一维条形码

一维条形码是由宽度不同、反射率不同的条和空按照一定的编码规则(码制)编制成的,用以表达一组数字或字母符号信息的图形标识符。常见的条形码是由反射率相差很大的黑条(简称条)和白条(简称空)组成的。

由于不同颜色的物体,其反射的可见光的波长不同,白色物体能反射各种波长的可见光,黑色物体则吸收各种波长的可见光,所以当条形码扫描器光源发出的光经光阑及凸透镜1后,照射到黑白相间的条形码上时,反射光经凸透镜2聚焦后,照射到光电转换器上,于是光电转换器接收到与白条和黑条相应的强弱不同的反射光信号,并转换成相应的电信号输出到放大整形电路。白条、黑条的宽度不同,相应的电信号持续时间长短也不同。但是,由光电转换器输出的与条形码的条和空相应的电信号一般仅10mV左右,不能直接使用,因而先要将光电转换器输出的电信号送放大器放大。放大后的电信号仍然是一个模拟电信号,为了避免由条形码中的疵点和污点导致错误信号,在放大电路后需加一整形电路,把模拟信号转换成数字电信号,以便计算机系统能准确判读。

整形电路的脉冲数字信号经译码器译成数字、字符信息。它通过识别起始、终止字符来判别出条形码符号的码制及扫描方向;通过测量脉冲数字电信号0、1的数目来判别出条和空的数目。通过测量0、1信号持续的时间来判别条和空的宽度。这样便得到了被辨读的条形码符号的条和空的数目及相应的宽度和所用码制,根据码制所对应的编码规则,便可将条形符号换成相应的数字、字符信息,通过接口电路送给计算机系统进行处理与管理,便完成了条形码辨读的全过程。

因此,为了阅读出条形码所代表的信息,需要一套条形码识别系统,它由条形码扫描器、放大整形电路、译码接口电路和计算机系统部分组成。

条形码识读的基本工作过程:光源发光→照射到条形码符号上→光反射→光电转换器接收并进行光电转换产生模拟电信号→信号经过放大、滤波、整形,形成方波信号→译码器译码→数字信号。

为了能够正确地解译条形码,在解译条形码符号所表示的数据之前,需要先进行条形码扫描方向的判别,EAN-13的起始字符和终止字符的编码结构都是“101”,只能通过它进行码制的判别(对于多种条形码识别的时候,其他码制的条形码起始字符和终止字符都不是“101”),但是不能通过起始字符和终止字符来判别它的扫描方向。由EAN-13码的编码结构可知,它的右侧字符为全偶,而左侧字符的奇偶顺序由前置符决定,没有全偶的,从而可以利用此原理来确定EAN-13码的扫描方向。如果扫描到的前6个字符为全偶,即为反向扫描,否则为正向扫描。

### 2. 二维条形码

#### 1) 矩阵式原理

矩阵式二维码(又称棋盘式二维码)是在一个矩形空间通过黑、白像素在矩阵中的不同

分布进行编码。在矩阵元素位置上,出现方点、圆点或其他形状点表示二进制“1”,不出现点表示二进制的“0”,点的排列组合确定了矩阵式二维码所代表的意义。矩阵式二维码是建立在计算机图像处理技术、组合编码原理等基础上的一种新型图形符号自动识读处理码制。具有代表性的矩阵式二维码有: Code One、Maxi-Code、QR Code、DataMatrix 等。

### 2) 行排式原理

行排式二维码(又称:堆积式二维码或层排式二维码),其编码原理是建立在一维码基础之上,按需要堆积成两行或多行。它在编码设计、校验原理、识读方式等方面继承了一维码的一些特点,识读设备与条形码印刷与一维码技术兼容。但由于行数的增加,需要对行进行判定,其译码算法与软件也不完全相同于一维码。有代表性的行排式二维码有 Code49、Code16K、PDF417 等。其中的 Code49 是 1987 年由 David Allair 博士研制,Intermec 公司推出的第一个二维码。

### 3) 二维条形码识别过程

在条形码识读中被广泛使用的另一项技术是光学成像数字化技术。其基本原理是通过光学透镜成像在半导体传感器上,再通过模拟/数字转化(传统的 CCD 技术)或直接数字化(CMOS 技术)输出图像数据。CMOS 将采集到的图像数据送到嵌入式计算机系统处理。处理的内容包括图像获取、解码、纠错、译码,最后处理结果通过通信接口(如 RS-232)送往 PC 等。识别过程如图 3-35 所示。

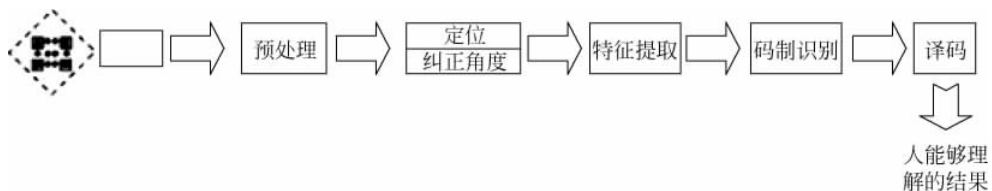


图 3-35 二维条形码识别过程

(1) 图像获取。二维条形码的获取是由光学照相或者扫描设备完成的。一般有两种方法:激光扫描器和面阵 CCD(数码相机或者其他成像设备)。

(2) 预处理。由于分辨率、光线或者其他因素的影响,原始图像可能会带有噪声等,需要通过算法处理,去掉噪声,达到突出码字图像的目标。

(3) 定位和角度纠正。原始图像大,背景复杂,处理起来速度慢;另外,条形码大小和形状不确定,因此需要进行定位。可使用线型滤波器式(3.19)~式(3.21),将条形码图像水平和垂直方向上的梯度分别累加,突出灰度变化频繁的区域,获得粗定位。

$$G_x = \frac{1}{s} \sum_{k=-s/2}^{s/2} |F(x+k+T/2, y) - F(x+k-T/2, y)| \quad (3.19)$$

$$G_y = \frac{1}{s} \sum_{k=-s/2}^{s/2} |F(x, y+k+T/2) - F(x, y+k-T/2)| \quad (3.20)$$

$$G(x, y) = \sqrt{G_x \times G_x + G_y \times G_y} \quad (3.21)$$

(4) 特征值的提取。条形码的尺寸动态变化,为了简化处理,规定提取原图中包含条形码图像,大小为  $256 \times 256$  的子图作为识别对象,码字图像过大时,适当进行压缩。

(5) 码制识别。通过不断学习的码制系统,用提取的特征值进行匹配,识别相应码制。

(6) 译码。调用相应的解码规则,将码字图像符号换成 ASCII 码字符串。条形码的纠错译码功能也在这一步完成。

### 3.4.3 条形码技术的优点

#### 1. 条形码的特点

条形码技术是电子与信息科学领域的高新技术,所涉及的技术领域较广,是多项技术相结合的产物,经过多年的长期研究和应用实践,现已发展成为较成熟的实用技术。在信息输入技术中,采用的自动识别技术种类很多。条形码作为一种图形识别技术与其他识别技术相比有如下特点。

(1) 简单条形码符号制作容易,扫描操作简单易行。

(2) 信息采集速度快。普通计算机的键盘录入速度是 200 字符/分钟,而利用条形码扫描录入信息的速度是键盘录入的 20 倍。

(3) 采集信息量大。利用条形码扫描,一次可以采集几十位字符的信息,而且可以通过选择不同码制的条形码增加字符密度,使采集的信息量成倍增加。

(4) 可靠性高。键盘录入数据,误码率为三百分之一,利用光学字符识别(OCR)技术,误码率约为万分之一。而采用条形码扫描录入方式,误码率仅有百万分之一,首读率可达 98% 以上。

(5) 灵活、实用。条形码符号作为一种识别手段可以单独使用,也可以和有关设备组成识别系统实现自动化识别,还可和其他控制设备联系起来实现整个系统的自动化管理。同时,在没有自动识别设备时,也可实现手工键盘输入。

(6) 自由度大。识别装置与条形码标签相对位置的自由度要比光学字符识别大得多。条形码通常只在一维方向上表示信息,而同一条形码符号上所表示的信息是连续的,这样即使是标签上的条形码符号在条的方向上有部分残缺,仍可以从正常部分识读正确的信息。

(7) 设备结构简单、成本低。条形码符号识别设备结构简单,操作容易,无须专门训练。与其他自动化识别技术相比较,推广应用条形码技术所需费用较低。

(8) 可扩展。目前在世界范围内得到广泛应用的 EAN 码是国际标准的商品编码系统,横向、纵向发展余地都很大,现已成为商品流通业、生产自动管理,特别是 EDI 电子数据交换和国际贸易的一个重要基础,并将发挥巨大作用。

正因为条形码技术具有众多优点,因而被广泛地应用于各行各业。特别是商品流通领域,为整个社会带来了可喜的经济效益。

二维条形码除了具有上述的优点外,同时还有以下特点。

(1) 高密度编码,信息容量大。可容纳多达 1850 个大写字母或 2710 个数字或 1108 个字节或 500 多个汉字,比普通条形码信息容量约高几十倍。

(2) 编码范围广。该条形码可以把图片、声音、文字、签字、指纹等可以数字化的信息进行编码,用条形码表示出来;可以表示多种语言文字;可表示图像数据。

(3) 容错能力强,具有纠错功能。这使得二维条形码因穿孔、污损等引起局部损坏时,

照样可以正确得到识读,损毁面积达 50% 仍可恢复信息。

(4) 译码可靠性高。它比普通条形码译码错误率百万分之二要低得多,误码率不超过千万分之一。

(5) 可引入加密措施,保密性、防伪性好。

(6) 成本低,易制作,持久耐用。

(7) 条形码符号形状、尺寸大小比例可变。

(8) 二维条形码可以使用激光或 CCD 阅读器识读。

尽管似乎二维条形码的优点更多一些,但是一维条形码仍然占据了相当大的应用市场,其特性各有侧重,二者区别如表 3-3 所示。

表 3-3 一维条形码与二维条形码的区别

项目/类型	一维条形码	二维条形码
资料密度与容量	密度低,容量小	密度高,容量大
错误侦测及自我纠正能力	可以检查码进行错误侦测,但没有错误纠正能力	有错误检验及错误纠正能力,并可根据实际应用设置不同的安全等级
垂直方向的数据	不存储资料,垂直方向的高度是为了识读方便,并弥补印制缺陷或局部损坏	携带资料,对印制缺陷或局部损坏等错误可以纠正并恢复
主要用途	主要用于对物品的标识	用于对物品的描述
资料库与网络依赖性	多数场合须依赖资料库及通信网络的存在	可不依赖资料库及通信网络的存在而单独应用
识读设备	可用线扫描器识读,如光笔、线型 CCD、激光扫描枪	对于堆叠式可用线型扫描器多次扫描,或可用图像扫描仪识读,矩阵式则仅能用图像扫描仪识读

## 2. 条形码的功能

条形码是用来收集有关任何人、地或物的资料的自动识别技术中的主要部分。

条形码的应用是无限的。它被用来做物品检索、存货控制、时间和出勤记录、生产过程的监视、质量控制、进出分类、订单的输入、资料的检索、对警戒地区的进入控制、送货与收货、仓库、路线管理、柜台售货,并可以作为照顾病人的帮手,检索药物的应用,还可给病人开账单。

条形码本身不是一个系统,它是一个极端有效率的识别工具,可以为先进的管理体制的资讯要求提供准确、及时的支持。条形码的使用普遍地提高了准确性和工作效率,降低了成本,改善了业务运作。

利用条形码技术经营管理后,消费者可以从中受益。

(1) 可以缩短顾客排队时间;

(2) 准确性高,不用担心数字往计算机里输入时出错;

(3) 商店的经营成本降低,从而使商品价格也随之下降。

### 3.4.4 条形码的结构

#### 1. 条形码的基本术语

条形码由两侧静区、起始字符、数据字符、校验字符和终止字符组成,如图 3-36 和图 3-37 所示。



图 3-36 条形码的组成



图 3-37 条形码的组成结构

条形码的基本术语有以下几种。

(1) 起始字符。条形码符号的第一位字符,标志一个条形码符号的开始。阅读器确认此字符存在后开始处理扫描脉冲。

(2) 数据字符。位于起始字符后面的字符,标志一个条形码符号的值,其结构异于起始字符,可允许进行双向扫描。

(3) 校验字符。校验字符代表一种算术运算的结果,阅读器在对条形码进行解码时,对读入的各字符进行规定的运算,如运算结果与校验字符相同,则判定此次阅读有效,否则不予读入。

(4) 终止字符。终止字符是条形码符号的最后一位字符,标志一个条形码符号的结束,阅读器确认此字符后停止处理。

(5) 静区。静区位于条形码符号的两侧,无任何符号及信息的白色区域,提示条形码阅读器准备扫描。

(6) 符号。符号由静区和一组条形码字符组合而成,表示一个完整数据,即一个物品的条形码。

(7) 元素。元素用来表示条形码的条和空。

(8) 字符。字符是用来表示一个数字或字母或符号的一组条形码元素。

(9) 条和空。条和空是条形码符号中深色和浅色的元素。

(10) 条形码逻辑值。条形码逻辑值是条形码元素表示的逻辑值,用二进制数表示。

(11) 条形码字符集。条形码字符集是某种条形码规则中给定的可标志的数据范围,一般有纯数字集、数字加字母及符号集等。

(12) 对比度(PCS)。对比度表示条形码符号中条的反射率  $R_L$  与空的反射率  $R_D$  的关系。可用公式表示如下:

$$PCS = (R_L - R_D) / R_L \times 100\%$$

## 2. 一维条形码的结构

目前,国际广泛使用的条形码种类有 EAN、UPC 码(商品条形码,用于在世界范围内唯一标志一种商品。在超市中最常见的就是 EAN 和 UPC 条形码)、Code39 码(可表示数字和字母,在管理领域应用最广)、ITF25 码(在物流管理中应用较多)、Codebar 码(可表示数字和字母信息,主要用于医疗卫生、图书情报、物资等领域的自动识别)。其中,EAN 码是当今世界上广为使用的商品条形码,已成为电子数据交换(EDI)的基础;UPC 码主要为美国和加拿大使用;在各类条形码应用系统中,Code39 码因其可采用数字与字母共同组成的方式而在各行业内部管理上被广泛使用;在血库、图书馆和照相馆的业务中,Codebar 码也被广泛使用;ISBN 码、ISSN 用于图书和期刊。

### 1) 39 条形码

39 码是 Intermec 公司于 1975 年推出的一种条形码,它由数字、英文字母以及“-”“.”“/”“+”“%”“\$”“ ”(空格)和“\*”等共 44 个符号组成,其中,“\*”仅作为起始符和终止符,如图 3-38 所示。



图 3-38 39 码

39 码仅有两种元素宽度,分别为宽元素和窄元素。宽元素的宽度为窄元素的 1~3 倍,一般多选用 2 倍、2.5 倍或 3 倍,宽元素二进制逻辑值为“1”,窄元素二进制逻辑值为“0”。

39 码的每一个条形码字符由 9 个元素组成,其中有 3 个宽元素,其余是窄元素,因此称为 39 码。三个宽元素中有两个宽条、一个宽空,6 个窄元素中有三个窄条、三个窄空。39

码可将 ASCII 码的 128 个字符全部编码。

39 码具有编码规则简单、误码率低、所能表示字符个数多等特点,因此在各个领域有着极为广泛的应用。我国也制定了相应的国家标准(GB 12906—1991)。

### 2) ENA 条形码

EAN 码有两种版本,即标准版和缩短版。标准版表示 13 位数字,又称为 EAN-13 码,缩短版表示 8 位数字,又称为 EAN-8 码。两种条形码的最后一位为校验位,由前面的 12 位或 7 位数字计算得出。两种版本的编码方式可参考国家标准 GB 12094—1998。

EAN 码由前缀码、厂商识别码、商品项目代码和校验码组成。前缀码是国际 EAN 组织标志各会员组织的代码,我国为 690、691 和 692;厂商代码是 EAN 编码组织在 EAN 分配的前缀码的基础上分配给厂商的代码;商品项目代码由厂商自行编码;校验码是为了校验代码的正确性。在编制商品项目代码时,厂商必须遵守商品编码的基本原则:对同一商品项目的商品必须编制相同的商品项目代码,对不同的商品项目必须编制不同的商品项目代码,保证商品项目与其标志代码一一对应,即一个商品项目只有一个代码,一个代码只标志一个商品项目。

例如,光明特浓鲜奶的条形码为 6901209312953,其中,690 代表我国 EAN 组织,1209 代表上海光明乳业有限公司,31295 是 950mL 盒装特浓鲜奶的商品代码。这样的编码方式保证了在全球范围内 6901209312953 唯一对应一种商品。

ENA 条形码采用 4 种元素宽度,即每个条或空可以由 1、2、3 或 4 倍的元素宽度组成。

条形码左面的第一个前缀数字不用条形码表示, EAN-13 条形码的前 6 位采用左手符规则, 后 6 位采用右手符规则。

EAN-13 条形码从空白区开始共 113(95+18)个模块, 每个模块长 0.33mm, 条形码符号总宽度为  $113 \times 0.33\text{mm} = 37.29\text{mm}$ , 如图 3-39 所示。

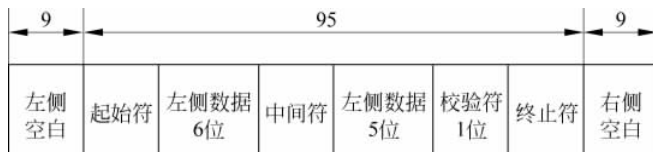


图 3-39 EAN-13 条形码的构成

EAN-13 条形码的起始符与终止符相同, 均为两个细条(101), 中间分隔符为 01010, 我国的 EAN-13 条形码国别代码已开通使用的有 690~692。当前缀码为“690”“691”时, 第 4~7 位数字为厂商代码, 第 8~12 位数字为商品项目代码, 第 13 位数字为校验码; 当前缀码为“692”时, 第 4~8 位数字为厂商代码, 第 9~12 位数字为商品项目代码, 第 13 位数字为校验码, 如图 3-40 所示。

国家代码 (3位)	厂商代码 (4位)	产品代码 (5位)	校验码 (1位)
--------------	--------------	--------------	-------------

图 3-40 EAN-13 条形码结构组成

另外, 图书和期刊作为特殊的商品也采用了 EAN-13 表示 ISBN 和 ISSN。前缀 977 被用于期刊号 ISSN, 图书号 ISBN 用 978 为前缀, 我国被分配使用 7 开头的 ISBN 号, 因此我国出版社出版的图书上的条形码全部为 9787 开头。

EAN-8 条形码是 EAN-13 条形码的缩短码, EAN-8 条形码由 8 位数字组成, 前两位为国别码, 后 5 位为产品码, 最后一位是校验码。EAN-8 条形码从空白区开始共 81(67+14)个模块, 每个模块长 0.33mm, 条形码符号总宽度为  $81 \times 0.33\text{mm} = 26.73\text{mm}$ , 如图 3-41 所示。



图 3-41 EAN-8 条形码构成

### 3) UPC 条形码

1973 年, 美国开始商业领域应用 UPC 条形码, 字符集为数字 0~9。目前, UPC 条形码主要在美国与加拿大使用。UPC 条形码共有 UPC-A、UPC-B、UPC-C、UPC-D、UPC-E 等 5 种版本, 其中, UPC-B 是 UPC-A 的压缩码, UPC-A 及 UPC-B 与 EAN-13 及 EAN-8 兼容。UPC-A 条形码由 11 位数字字符和一个系统字符共 12 位数据组成, 其中, 第 1 位是国别码, 代表商品的国家和地区; 第 2~6 位是厂商码, 代表商品的生产厂商; 第 7~11 位是产品码, 是商品的代码; 最后 1 位是检验码, 作为扫描成功的依据。UPC-A 条形码的构成如



码词用于错误纠正。从数学上讲,这种方法在译码安全性方面要比单一的校验字符高出多个数量级。

每一个 PDF417 条形码至少应有两个错误纠正码词。错误纠正码词提供了错误检查及纠正功能。PDF417 条形码可根据实际需要设置不同的安全等级(0~8 级)。错误纠正码词则是由数据码词通过一个错误纠正多项式计算而得。

不同安全等级所需要的错误纠正码词个数如下。

安全等级:	0	1	2	3	4	5	6	7	8
错误纠正码词个数:	2	4	8	16	32	64	128	256	512

PDF417 条形码为一种多模式条形码,共有三种组合模式。可通过模式转换与模式锁定字符在三种组合模式之间进行转换,从而实现对信息的有效组合。PDF417 二维条形码是一种堆叠式二维条形码,目前应用最为广泛。PDF417 条形码是由美国 Symbol 公司发明的,PDF(Portable Data File)的意思是“便携数据文件”。组成条形码的每一个条形码字符由 4 个条和 4 个空共 17 个模块构成,故称为 PDF417 条形码。

## 2) MaxiCode 条形码

MaxiCode 条形码符号由 884 个六边形模块构成,如图 3-44 所示。这些模块共排成 33 层,每层最多由 30 个模块组成。由三条圆形暗带及相间的三条明带组成的定位图形位于符号的中央,用于扫描定位,6 个由三个模块组成的定位信息均匀分布在定位图形的四周。整个符号的四周由一定尺寸的空白区包围。每个 MaxiCode 条形码符号字符共由 6 个方形模块组成。



图 3-44 MaxiCode 条形码结构

一个 MaxiCode 符号共由 144 个符号字符组成,这些符号字符由主信息和辅助信息两部分组成,符号字符的次序安排由以下规则决定:主信息中的符号字符(1~144)以环定位图形放置。

辅助信息中符号字符(21~144)为自上而下,第一层自左向右,第二层自右向左,第三层自左向右,以此类推。

MaxiCode 二维条形码信息表示的方法为:先将数据流转换成码词(值为 0~63)流,然后将码词对应的符号字符在各种模式之间进行转换,以便有效地表示数据。

MaxiCode 二维条形码错误纠正提供两种错误纠正等级,用于不同要求的错误检测及纠正。

MaxiCode 二维条形码数据结构具有 7 种数据模式(0~6),用于在一个符号中定义数据及纠正错误。

## 3) QR 码

每个 QR 码符号由名义上的正方形模块构成,组成一个正方形阵列,它由编码区域和包括寻像图形、分隔符、定位图形和校正图形在内的功能图形组成。功能图形不能用于数据编码。符号的四周由空白区包围。图 3-45 为 QR 码版本 7 符号的结构图。

QR 码符号共有 40 种规格,分别为版本 1、版本 2……版本 40。版本 1 的规格为 21 模

块×21 模块,版本 2 为 25 模块×25 模块,以此类推,每一版本符号比前一版本每边增加 4 个模块,直到版本 40,规格为 177 模块×177 模块。

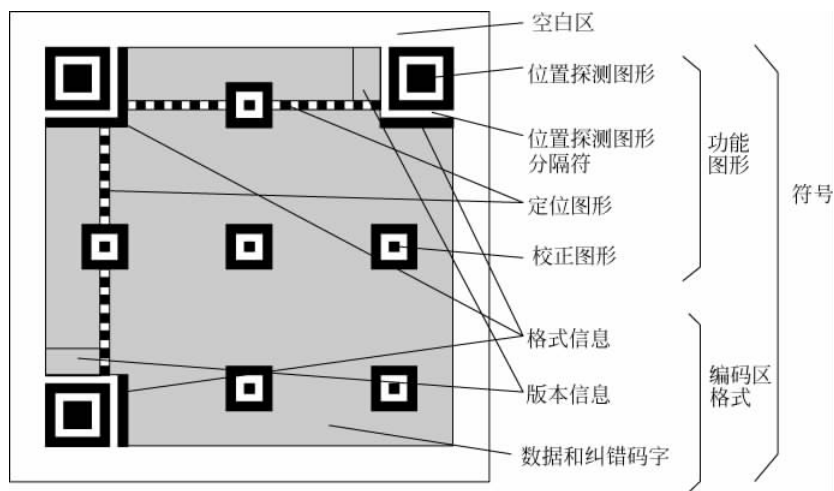


图 3-45 QR 码符号的结构

(1) 寻像图像。寻像图形包括三个相同的位置探测图形,分别位于符号的左上角、右上角和左下角。每个位置探测图形可以看作是由三个重叠的同心正方形组成,它们分别为  $7 \times 7$  个深色模块、 $5 \times 5$  个浅模块和  $3 \times 3$  个深色模块。如图 3-46 所示,位置探测图形的模块宽度比为  $1:1:3:1:1$ 。符号中其他地方遇到类似图形的可能性极小,因此可以在视场中迅速地识别可能的 QR 码符号。识别组成寻像图形的三个位置探测图形,可以明确地确定视场中符号的位置和方向。

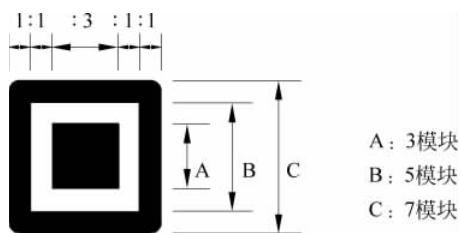


图 3-46 位置探测图形的结构

(2) 分隔符。在每个位置探测图形和编码区域之间有宽度为一个模块的分隔符。

(3) 定位图形。水平和垂直定位图形分别为一个模块宽的一行和一系列,由深色浅色模块交替组成,其开始和结尾都是深色模块。水平定位图形位于上部的两个位置探测图形之间,符号的第 6 行。垂直定位图形位于左侧的两个位置探测图形之间,符号的第 6 列。它们的作用是确定符号

的密度和版本,提供决定模块坐标的基准位置。

(4) 校正图形。每个校正图形可看作是三个重叠的同心正方形,由  $5 \times 5$  个的深色模块,  $3 \times 3$  个的浅色模块以及位于中心的一个深色模块组成。校正图形的数量视符号的版本号而定,在模式 2 的符号中,版本 2 以上(含版本 2)的符号均有校正图形。

(5) 编码区域。编码区域包括表示数据码字、纠错码字、版本信息和格式信息的符号字符。

(6) 空白区。空白区为环绕在符号四周的 4 个模块宽的区域,其反射率应与浅色模块相同。

## 小结

本章主要介绍了感知识别层的几种自动识别技术,每种识别技术各有优缺点,在生产生活中的不同领域发挥着积极的作用。其中,传感器技术是物联网的基础技术之一,RFID技术其前景最为看好,而条形码技术在生活中使用的最为广泛。

下面把应用最广泛的条形码技术与其他自动识别技术做个简单比较。

条形码、OCR(光学字符识别)都是与印刷相关的自动识别技术。OCR的优点是人可读、机可扫描,但输入速度和可靠性不如条形码,数据格式有限,通常要用接触式扫描器。

磁条技术是接触识读,它与条形码有三点不同:一个是其数据可做部分读写操作,另一个是给定面积编码容量比条形码大,还有就是对于物品逐一标识成本比条形码高,而且接触性识读最大的缺点就是灵活性太差。

射频识别和条形码一样是非接触式识别技术,由于无线电波能“扫描”数据,所以RFID标签可作成隐形的,有些RFID识别技术可读数千米外的标签,RFID标签可作成可读写的。RFID识别的缺点是标签成本相当高,而且一般不能随意扔掉,而多数条形码扫描寿命结束时可扔掉。

条形码技术之所以能在商品、工业、邮电业、医疗卫生、物资管理、安全检查、餐旅业、证卡管理、军事工程、办公室自动化等领域中得到广泛应用,主要是由于它具有以下特点。

- (1) 高速键盘,输入12位数字需6s,而用条形码扫描器输入则只要0.2s。
- (2) 准确,条形码的正确识读率达99.99%~99.999%。
- (3) 成本低,条形码标签成本低,识读设备价格便宜。
- (4) 灵活,根据顾客或业务的需求,容易开发出新产品;扫描景深大;识读方式多。有手动式、固定式、半固定式;输入输出设备种类多,操作简单。
- (5) 可扩展,目前在世界范围内得到广泛应用的EAN码是国际标准的商品编码系统,横向、纵向发展余地都很大,现已成为商品流通业、生产自动管理,特别是EDI电子数据交换和国际贸易的一个重要基础,并将发挥巨大作用。

当然,由于几种自动识别技术各有特点,在实际应用时,应具体情况具体分析,综合比较,全面考虑。常用的自动识别技术的属性比较如表3-4所示。

表3-4 常用自动识别技术的属性比较

系统参数	条形码	光学字符	生物识别	磁卡	接触式IC卡	射频识别
信息载体	纸、塑料薄膜、金属表面	物质表面	—	磁性物质(磁卡)	EEPROM	EEPROM
典型的字节长度	1~100	1~100	—	16~64K	16~64K	16~64K
机器识别效果	好	好	费时间	好	好	好
读取方式	CCD/激光束扫描	光电转换	机器识别	电磁转换	电擦写	无线通信
读写性能	读	读	读	读/写	读/写	读/写
人工识别性	受约束	简单	不可	不可	不可	不可

续表

系统参数	条形码	光学字符	生物识别	磁卡	接触式 IC 卡	射频识别
国际标准	有	无	无	有	有	有
识别速度	低	低	很低	低	低	很快
识别距离	0~50cm	<1cm	直接接触	直接接触	直接接触	0~5m
通信速度	低	低	较低	快	快	很快
使用寿命	一次性	较短	—	短	长	很长
多标签同时识别	不能	不能	不能	不能	不能	能
信息量	小	小	大	较小	大	大
方向位置影响	很小	很小	—	单向	单向	没有影响
保密性	无	无	好	一般	好	好
智能化	无	无	—	无	有	好
环境适应性	不好	不好	—	一般	一般	很好
受光遮盖影响程度	全部失效	全部失效	可能	—	—	没有影响
成本	最低	一般	较高	低	较高	较高

## 习题

1. 何为传感器？传感器一般由哪几部分组成？
2. 请说出如图 3-47 所示传感器的敏感元件、转换元件。
3. 简述传感器的分类。
4. 自动识别技术的主要特征有哪些？
5. 在生物识别技术中，用来鉴别身份的生物特征应该具有哪些特点？
6. 简述生物识别技术的分类。
7. 简述磁卡识别技术和 IC 卡识别技术的主要特点。
8. 简述 OCR 技术的主要特点和应用领域。
9. 请概括出 OCR 识别处理的主要过程。
10. 论述为什么说 RFID 技术是物联网感知层的关键技术之一。
11. 简述条形码的识别原理。
12. 简述条形码的结构。
13. 比较 RFID 技术和条形码技术的优缺点。

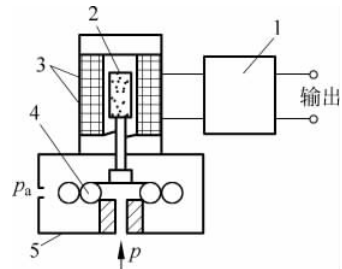


图 3-47 气体压力传感器  
工作原理图

1—测量电路；2—磁芯；3—电感线圈；  
4—膜盒；5—壳体