

# 第 5 章 网络技术

## 5.1 非接触射频识别系统

无线射频识别技术(Radio Frequency Identification, RFID)的基本原理是电磁理论。RFID 是一种非接触式的自动识别技术,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。RFID 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。

### 5.1.1 RFID 分类与基本组成

#### 1. RFID 的分类

RFID 按使用频率的不同分为低频(LF)、高频(HF)、超高频(UHF)、微波(MW),相对应的代表性频率分别为:低频 135kHz 以下,高频 13.56MHz,超高频 860~960MHz,微波 2.4GHz、5.8GHz。

RFID 按照能源的供给方式分为无源 RFID、有源 RFID 和半有源 RFID。无源 RFID 读写距离近,价格低;有源 RFID 可以提供更远的读写距离,但是需要电池供电,成本要更高一些,适用于远距离读写的应用场合。

#### 2. RFID 系统的基本组成部分

RFID 系统由标签(见图 5.1)、阅读器(见图 5.2)及数据传输和处理系统三部分组成。涉及的主要器件如下。

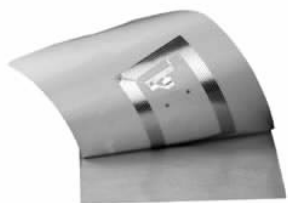


图 5.1 带有天线的标签



图 5.2 阅读器

(1) 标签(Tag/Electric Signature): 由耦合元件及芯片组成,每个标签具有唯一的电子编码,附着在物体上标识目标对象。

(2) 天线(Antenna): 通常和标签组装在一起,在标签和读取器间传递射频信号。

(3) 阅读器(Reader): 读取/写入标签信息的设备,可设计为手持式或固定式。

最常见的是被动射频系统,当阅读器遇见 RFID 标签时,发出电磁波,周围形成电磁场,标签从电磁场中获得能量激活标签中的微芯片电路,芯片转换电磁波,然后发送给阅读器,阅读器把它转换成为相关数据。控制计算器就可以处理这些数据从而进行管理控制。在主动射频系统中,标签中装有的电池在有效范围内活动。

### 5.1.2 RFID 射频电子标签

RFID 电子标签是射频识别的通俗叫法,标签也被称为电子标签或智能标签,它是内存带有天线的芯片,芯片中存储有能够识别目标的信息。RFID 标签具有持久性,信息接收传播穿透性强,存储信息容量大、种类多等特点。有些 RFID 标签支持读写功能,目标物体的信息能随时被更新。

#### 1. 电子标签基本构造

电子标签由天线、集成电路、连接集成电路与天线的部分、天线所在的底层四部分构成。96 位或者 64 位产品电子码是存储在 RFID 标签中的唯一信息。

电子标签可以分为有源电子标签(Active Tag)和无源电子标签(Passive Tag)。有源电子标签内装有电池,无源射频标签没有内装电池。对于有源电子标签来说,根据标签内装电池供电情况不同又可细分为有源电子标签(Active Tag)和半无源电子标签(Semi-Passive Tag)。目前市场上 80% 多为无源电子标签,不到 20% 为有源电子标签。

#### 2. 各类标签

采用不同的天线设计和封装材料可制成多种形式的标签,如车辆标签、货盘标签、物流



图 5.3 各类标签

标签、金属标签、图书标签、液体标签、人员门禁标签、门票标签、行李标签等,如图 5.3 所示。客户可根据需要选择或订制相应的电子标签。

**Inlay(镶嵌):** 封装成多种形式的电子标签,用于大批量 OEM 客户的标签生产。

**Label(标签):** 剥离底纸直接粘贴于纸质包装箱上,实现“即贴出货”的过程,适用于物流、供应链管理等。

**标准卡:** PVC 层压的标准卡挂于胸前,应用于人员管理、图书管理和车辆管理等。

**金属标签:** 直接粘贴于带金属外壳的设备上,适用于机箱、板卡等资产管理领域。

**车辆标签:** 直接粘贴于汽车挡风玻璃上部内表面,主要适用于汽车管理等领域。

**吊牌标签:** 吊附在待识别物品上,主要应用于高档服装管理和资产管理。

**动物标签:** 装于牲畜的耳朵上,主要用于种畜繁育、疫情防治、肉类检疫。

**托盘标签:** 使用时用钉子穿过定位孔将标签固定于木质托盘正中央。

**门票标签:** 持在手中或挂于胸前,适用于会议出入证明及门票管理等领域。

**行李标签:** 剥离底纸直接粘贴于被识别物体上,主要适用于航空行李管理、邮政包裹管理、物流跟踪管理。

图书标签：直接粘贴于书内，主要应用于图书馆、书店等场所。

珠宝标签：使用时将各类珠宝挂到标签的环上，即可正常使用，便于珠宝行业对各类珠宝产品的管理。

### 3. 电子标签工作原理

#### 1) 有源电子标签

又称为主动标签，标签的工作电源完全由内部电池供给，同时标签电池的能量供应也部分地转换为电子标签与阅读器通信所需的射频能量。主动标签自身带有电池供电，读/写距离较远（在 100~1500m），体积较大，与被动标签相比成本更高，也称为有源标签，一般具有较远的阅读距离，能量耗尽后需更换电池。

#### 2) 无源电子标签

又称为被动标签，没有内装电池，在阅读器的读出范围之外时，电子标签处于无源状态，在阅读器的读出范围之内时，电子标签从阅读器发出的射频能量中提取其工作所需的电源。无源电子标签一般均采用反射调制方式完成电子标签信息向阅读器的传送。

无源电子标签在接收到阅读器发出的微波信号后，将部分微波能量转化为直流电供自己工作，一般可做到免维护，成本很低并具有很长的使用寿命，比主动标签更小也更轻，读写距离则较近（1~30mm），也称为无源标签。相比有源系统，无源系统在阅读距离及适应物体运动速度方面略有限制。

#### 3) 半无源射频标签

也有内装电池，但标签内的电池供电仅对标签内要求供电维持数据的电路或者标签芯片工作所需电压进行辅助支持。标签未进入工作状态前，一直处于休眠状态，相当于无源标签，标签内部电池能量消耗很少，因而电池可维持几年，甚至长达 10 年有效。

当标签进入阅读器的读出区域时，受到阅读器发出的射频信号激励，进入工作状态时，标签与阅读器之间信息交换的能量支持以阅读器供应的射频能量为主（反射调制方式），标签内部电池的作用主要在于弥补标签所处位置的射频场强不足，标签内部电池的能量并不转换为射频能量。

### 4. 降低电子标签成本举措

电子标签的高成本成为这一技术大规模推广的一个最大障碍，因此 EPC 标签能在单品追踪中发挥作用的关键之一就是大幅度降低标签的成本。为达到以上目的，现已采取了以下措施。

#### 1) 缩小芯片

降低被动和只读标签成本的关键是减小所用微芯片的大小。8 英寸硅晶片的价格相对稳定，但把晶片割成小片，每一小片价格都会较低。目前，大部分晶片是用金刚石锯切开的，这个方法可以产生最多 15 000 块微芯片，大小为 1 平方毫米。另有一种方法叫做蚀割，它能产生最多 25 万块芯片，大概每块芯片 150 平方微米，或大概是人的头发宽度的三倍。蚀割就是将酸性液体倒在晶片上，然后腐蚀割开晶片。

#### 2) 开发新型天线

另一个构造低成本标签的关键是降低天线成本。目前，大多数 RFID 天线是利用酸去

除铜和铝这类导体中的元素,再锻造成型制成的。全球最大的打印纸生产商已经开创了高速电镀技术,天线使用导体墨水绘制,然后将一层金属印在它的顶部。利用这项技术,在大批量生产天线的情况下,可以将天线成本控制在1美分左右,与用现有技术生产的普通天线的5~15美分的成本形成鲜明对比。

### 3) 寻找硅的替代品

有几家公司正在研究利用硅的廉价替代品生产EPC标签的技术,甚至是纯粹利用磁性的“无芯片标签”。这种努力很可能成功。任何标签,只要使用正确的语言,满足基本的性能要求,无论硅或其他材料制作的,都能够与任何阅读器交流信息。

## 5.1.3 RFID 阅读器

射频识别系统中,阅读器又称为读出装置,也称为扫描器、通信器、阅读器(取决于电子标签是否可以无线改写数据)。RFID阅读器通过天线与RFID电子标签进行无线通信,可以实现对标签识别码和内存数据的读出或写入操作。典型的阅读器包含有高频模块(发送器和接收器)、控制单元以及阅读器天线。

### 1. 阅读器基本工作原理

阅读器基本工作原理是阅读器使用多种方式与标签交互信息,近距离读取被动标签中信息最常用的方法就是电感式耦合。只要贴近,盘绕阅读器的天线与盘绕标签的天线之间就形成了一个磁场。标签就是利用这个磁场发送电磁波给阅读器。这些返回的电磁波被转换为数据信息,即标签的EPC编码。

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,实现能量的传递、数据的交换。

发生在阅读器和电子标签之间的射频信号的耦合类型有两种。

(1) 电感耦合。变压器模型,通过空间高频交变磁场实现耦合,依据的是电磁感应定律。

(2) 电磁反向散射耦合。雷达原理模型,发射出去的电磁波,碰到目标后反射,同时携带回来目标信息,依据的是电磁波的空间传播规律。

电感耦合方式一般适合于中、低频工作的近距离射频识别系统。典型的工作频率有125kHz、225kHz和13.56MHz。识别作用距离小于1m,典型作用距离为10~20cm。

电磁反向散射耦合方式一般适合于高频、微波工作的远距离射频识别系统。典型的工作频率有433MHz、915MHz、2.45GHz、5.8GHz。识别作用距离大于1m,典型作用距离为3~10m。



图 5.4 手持式 RFID 阅读器

### 2. 阅读器的类型

阅读器分为手持(见图5.4)和固定两种,由发送器、接收仪、控制模块和收发器组成。收发器和控制计算机或可编程逻辑控制器(PLC)连接从而实现它的沟通功能。阅读器也有天线接收和传输信息。数据传输和处理系统:阅读器通过接收标签发出的无线电波接收读取数据。

在由EPC标签、阅读器、Savant服务器、Internet、ONS服务器、

PML 服务器以及众多数据库组成的实物互联网中,阅读器读出的 EPC 只是一个信息参考(指针),由这个信息参考从 Internet 找到 IP 地址并获取该地址中存放的相关的物品信息。而采用分布式 Savant 软件系统处理和管理由阅读器读取的一连串 EPC 信息。由于在标签上只有一个 EPC 码,计算机需要知道与该 EPC 匹配的其他信息,这就需要 ONS 来提供一种自动化的网络数据库服务,Savant 将 EPC 传给 ONS,ONS 指示 Savant 到一个保存着产品文件的 PML 服务器查找,该文件可由 Savant 复制,因而文件中的产品信息就能传到供应链上。

### 3. 标签的识读

RFID 技术的基本工作原理并不复杂:标签进入磁场后,接收解读器发出的射频信号,凭借感应电流所获得的能量发送出存储在芯片中的产品信息(Passive Tag,无源标签或被动标签),或者主动发送某一频率的信号(Active Tag,有源标签或主动标签);解读器读取信息并解码后,送至中央信息系统进行有关数据处理。

一套完整的 RFID 系统,是由阅读器(Reader)与电子标签(Tag)也就是所谓的应答器(Transponder)及应用软件系统 3 个部分所组成,其工作原理是 Reader 发射一特定频率的无线电波能量给 Transponder,用以驱动 Transponder 电路将内部的数据送出,此时 Reader 便依序接收解读数据,送给应用程序做相应的处理。

以 RFID 卡片阅读器及电子标签之间的通信及能量感应方式来看大致上可以分成感应耦合(Inductive Coupling)及反向散射耦合(Backscatter Coupling)两种,一般低频的 RFID 大都采用第一种方式,而较高频大多采用第二种方式。

阅读器根据使用的结构和技术不同可以是读或读/写装置,是 RFID 系统信息控制和处理中心。阅读器通常由耦合模块、收发模块、控制模块和接口单元组成。阅读器和应答器之间一般采用半双工通信方式进行信息交换,同时阅读器通过耦合给无源应答器提供能量和时序。在实际应用中,可进一步通过 Ethernet 或 WLAN 等实现对物体识别信息的采集、处理及远程传送等管理功能。应答器是 RFID 系统的信息载体,目前应答器大多是由耦合原件(线圈、微带天线等)和微芯片组成无源单元。

## 5.1.4 阅读器关键技术

阅读器需要解决的关键技术问题主要有 3 个。

### 1. 避免阅读器冲突

利用阅读器遇到的一个问题就是,从一个阅读器发出的信号可能与另一个覆盖范围重叠的阅读器发出的信号互相干扰。这种现象称为阅读器冲突,可以利用一种称为时分多址(TDMA)机制来避免冲突。简而言之,就是阅读器被指示在不同时段读取信息,而不是在同一时刻都试图读取信息,这保证了它们不会互相干扰。但是这意味着处于两个阅读器重叠区域的任何一个 RFID 标签都将被读取两次信息,为此开发出了删除冗余信息的系统。

### 2. 避免标签冲突

阅读器遇到的另一个问题就是在同一范围内要读取多个芯片的信息,当在同一时刻超

过一个芯片向阅读器返回信号,这样标签冲突就发生了,它使阅读器不能清晰判断信息。目前已经采用了一个标准化的方法来解决这个问题。

阅读器只要求第一位数符合它所要求的数字的标签回应阅读器。从本质上来讲,就是阅读器提出要求:“产品电子码以 0 开头的标签回应阅读器。”如果超过一个标签回应,则阅读器继续要求:“产品电子码以 00 开头的标签回应阅读器。”这样操作直到仅有一个标签回应为止。这一过程非常迅速,一个阅读器在 1s 之内可以读取 50 个标签的信息。

### 3. 读取距离

阅读器读取信息的距离取决于阅读器的能量和使用的频率。通常来讲,高频率的标签有更大的读取距离,但是它需要阅读器输出的电磁波能量更大。一个典型的低频标签必须在一英尺内读取,而一个超高频 UHF 标签可以在 10~20 英尺的距离内被读取。

在某些应用情况下,读取距离是一个需要考虑的关键问题,例如,有时需要读取较长的距离。但是较长的读取距离并不一定就是优点,如果人们在一个足球场那么大的仓库里有两个阅读器,也许知道有哪些存货,但是阅读器不能帮人们确定某一个产品的具体位置。对于供应链来讲,在仓库中最好有一个由许多阅读器组成的网络,这样它们能够准确地查明一个标签的确切地点。通常的设计是一种在 4 英尺距离内可读取标签的灵敏阅读器。

## 5.1.5 Savant 系统

每件产品都加上 RFID 标签之后,在产品的生产、运输和销售过程中,阅读器将不断收到一连串的产品电子编码。整个过程中最为重要同时也是最困难的环节就是传输和管理这些数据。自动识别产品技术中心于是开发了一种名叫 Savant 的软件技术,相当于该新式网络的神经系统。

### 1. 分布式结构

Savant 与大多数的企业管理软件不同,它不是一个拱形结构的应用程序。而是利用了一个分布式的结构,以层次化进行组织、管理数据流。Savant 将被利用在商店、分销中心、地区办公室、工厂,甚至有可能在卡车或货运飞机上应用。每一个层次上的 Savant 系统将收集、存储和处理信息,并与其他 Savant 系统进行交流。例如,一个运行在商店里的 Savant 系统可能要通知分销中心还需要更多的产品,在分销中心运行的 Savant 系统可能会通知商店的 Savant 系统一批货物已于一个具体的时间出货了。Savant 系统需要完成的主要任务是数据校对、阅读器协调、数据传送、数据存储和任务管理。

### 2. 数据校对

处在网络边缘的 Savant 系统,直接与阅读器进行信息交流,它们会进行数据校对。并非每个标签每次都会被读到,而且有时一个标签的信息可能被误读,Savant 系统能够利用算法校正这些错误。

### 3. 阅读器协调

如果从两个有重叠区域的阅读器读取信号,它们可能读取了同一个标签的信息,产生了

相同且多余的产品电子码。Savant 的一个任务就是分析已读取的信息并且删掉这些冗余的产品编码。

#### 4. 数据传送

在每一层次上,Savant 系统必须要决定什么样的信息需要在供应链上向上传递或向下传递。例如,在冷藏工厂的 Savant 系统可能只需要传送它所储存的商品的温度信息就可以了。

#### 5. 数据存储

现有的数据库不具备在一秒钟内处理超过几百条事务的能力,因此 Savant 系统的另一个任务就是维护实时存储事件数据库。本质上来讲,系统取得实时产生的产品电子码并且智能地将数据存储,以便其他企业管理的应用程序有权访问这些信息,并保证数据库不会超负荷运转。

#### 6. 任务管理

无论 Savant 系统在层次结构中所处的等级是什么,所有的 Savant 系统都有一套独具特色的任务管理系统(TMS),这个系统使得它们可以实现用户自定义的任务来进行数据管理和数据监控。例如,一个商店中的 Savant 系统可以通过编写程序实现一些功能,当货架上的产品降低到一定水平时,会给储藏室管理员发出警报。

#### 7. 对象名解析服务

只将产品电子码存储在了标签中,计算机还需要一些将产品电子码匹配到相应商品信息的方法。这个角色就由对象名称解析服务(ONS)担当。它是一个自动的网络服务系统,有点类似于域名解析服务,DNS 是将一台计算机定位到万维网上的某一具体地点的服务。

#### 8. 服务过程

当一个阅读器读取一个 EPC 标签的信息时,产品电子码就传递给了 Savant 系统。Savant 系统利用 ONS 对象名解析服务找到这个产品信息所存储的位置。ONS 给 Savant 系统指明了一个服务器,这个产品的有关文件就存储在这台服务器上。接着这个文件就能够在 Savant 系统中找到,并且存储在这个文件中的关于这个产品的信息将会被传递过来,从而应用于供应链管理。

### 5.1.6 RFID 标准

目前,世界一些知名公司各自推出了自己的很多标准,这些标准互不兼容,表现为在频段和数据格式上的差异,这也给 RFID 的大范围应用带来了困难。目前全球有两大 RFID 标准阵营:欧美的 Auto-ID Center 与日本的 Ubiquitous ID Center(UID)。欧美的 EPC 标准采用 UHF 频段,为 860~930MHz,日本 RFID 标准采用的频段为 2.45GHz 和 13.56MHz;日本标准电子标签的信息位数为 128 位,EPC 标准的位数则为 96 位。

### 5.1.7 RFID 应用

RFID 的典型应用领域包括门禁考勤、图书馆、医药管理、仓储管理、物流配送、产品防伪、生产线自动化、身份证防伪、身份识别等。两个 RFID 的应用案例如下。

#### 1. 铁路车号自动识别系统(ATIS)

国内最早应用 RFID 的系统,也是应用 RFID 范围最广的系统,开发于 20 世纪 90 年代中期;该系统可实时、准确无误地采集机车、车辆运行状态数据,如机车车次、车号、状态、位置、去向和到发时间等信息,实时追踪机车车辆;该系统已遍及全国及 18 个铁路局、7 万多千米铁路,超过 55 万辆机车和车厢安装了无源 RFID 标签。

#### 2. 北京奥运会门票

北京奥运会期间,共发售了 1600 万张 RFID 门票;这种门票防伪性能良好,观众入场时手持门票通过检票设备即可,省去了人工验票过程;门票使用了国内自主开发的最小的 RFID 芯片,芯片最小面积  $0.3\text{mm}^2$ ,厚度最小达到  $50\mu\text{m}$ ,可嵌入到纸张内。

## 5.2 EPC 信息网络系统

以简单 RFID 系统为基础,结合已有的网络技术、数据库技术、中间件技术等,构筑一个由大量联网的读取器和无数移动的标签组成的,比 Internet 更为庞大的物联网成为技术发展的趋势。在这个网络中,系统可以自动地、实时地对物体进行识别、定位、追踪、监控并触发相应事件。较为成型的分布式网络集成框架是 EPC Global 提出的 EPC 网络。EPC 网络主要是针对物流领域,其目的是增加供应链的可视性(Visibility)和可控性(Control),使整个物流领域能够借助 RFID 技术获得更大的经济效益。

EPC 系统是一个先进的、综合性的和复杂的系统。它由 EPC 编码体系、RFID 系统及信息网络系统 3 部分组成,主要包括 6 个方面: EPC 编码、EPC 标签、读写器、EPC 中间件、对象名称解析服务(Object Name Service, ONS)和 EPC 信息服务(EPC Information Service, EPCIS),如图 5.5 所示。

### 5.2.1 物联网 EPC 网络系统构成

EPC 系统是一个先进的、综合性很强的复杂系统,是以由大量联网的读取器和无数移动的标签组成的简单的 RFID 系统为基础,并结合已有的计算机互联网网络技术、数据库技术、中间件技术等,构建出一个可以覆盖全球万事万物的网络。其网络结构如图 5.6 所示。EPC 系统最终目标是为每一件单件产品建立全球性与开放的标识标准。

在 EPC 网络中,所有有关商品的信息都以物理标记语言 PML 来描述,PML 是 EPC 网络信息存储和交换的标准格式。



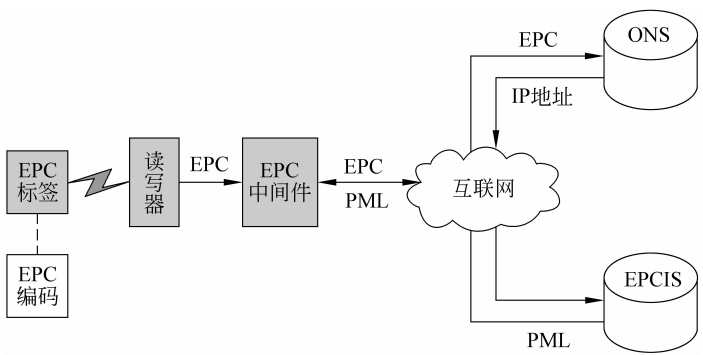


图 5.5 EPC 物联网：系统结构

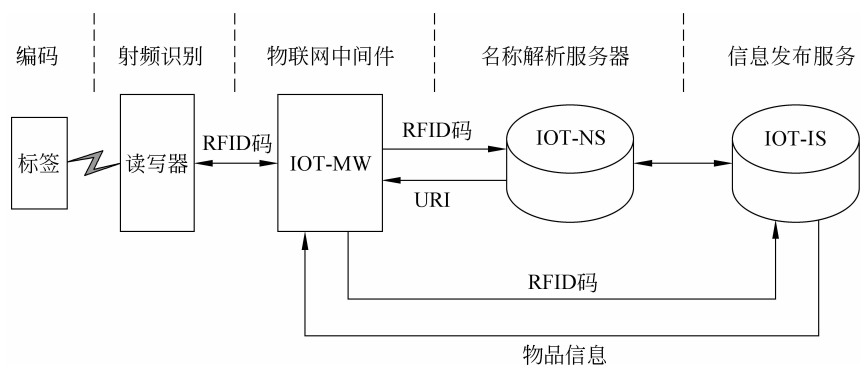


图 5.6 物联网（IOT）EPC 网络结构示意图

- EPC 网络的特点如下。
- (1) 不像传统的条码,该网络不需要人的干预与操作,而是通过自动技术实现网络运行。
  - (2) 无缝连接。
  - (3) 网络的成本相对较低。
  - (4) 该网络是通用的,可以在任何环境下运行。
  - (5) 采纳一些管理实体的标准,如 UCC、EAN、ANSI、ISO 等。

5.2.2 系统构成

EPC 系统由产品电子代码、射频识别系统和信息网络系统构成,如图 5.7 所示,主要包括以下 6 个方面,如表 5.1 所示。

EPC 网络的关键技术包括如下几方面。

1. EPC 编码

长度为 64 位、96 位和 256 位的 ID 编码,出于成本的考虑现在主要采用 64 位和 96 位两种编码。EPC 编码分为 4 个字段,分别为: ①头部,标识编码的版本号,这样就可使电子产品编码采用不同的长度和类型; ②产品管理者,如产品的生产商; ③产品所属的商品类别; ④单品的唯一编号。

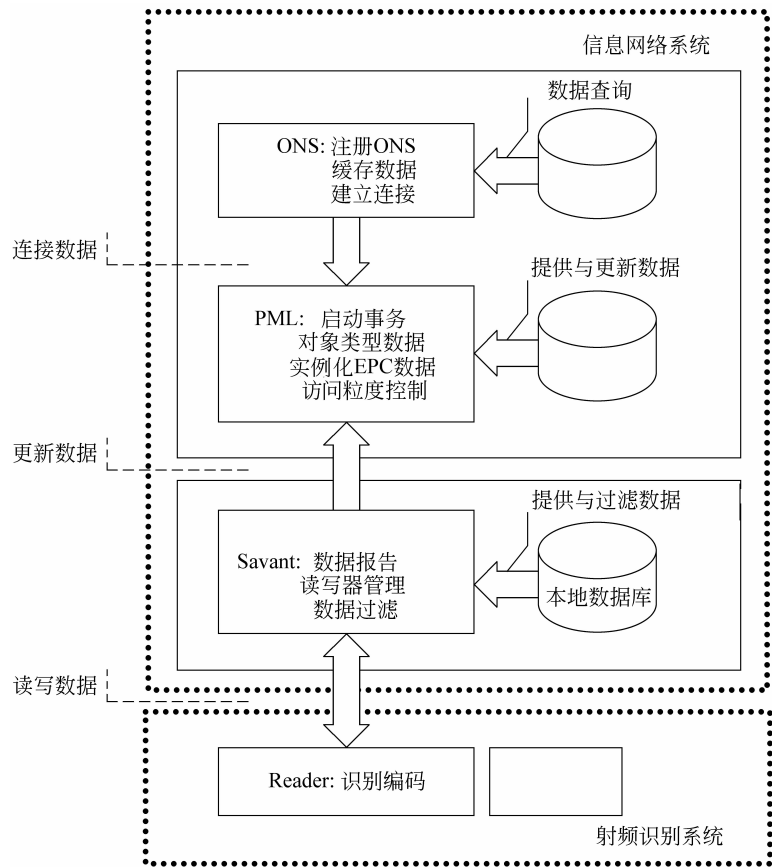


图 5.7 EPC 系统构成

表 5.1 EPC 系统的构成

| 系统构成     | 名称                 | 说明                       |
|----------|--------------------|--------------------------|
| EPC 编码体系 | EPC 编码标准           | 识别目标的特定代码                |
| 射频识别系统   | EPC 标签             | 识读 EPC 标签                |
|          | 射频读写器              | 信息网络系统                   |
| 信息网络系统   | Savant(神经网络软件,中间件) | EPC 系统的软件支持系统            |
|          | 对象名解析服务 ONS        | 类似于互联网 DNS 功能,定位产品信息存储位置 |
|          | 实体标示语言 PML         | 供软件开发、数据存储和数据分析之用        |

2. EPC 标签

EPC 标签由天线、集成电路、连接集成电路与天线的部分、天线所在的底层四部分构成。96 位或者 64 位产品电子码是存储在 RFID 标签中的唯一信息。

EPC 标签有主动型、被动型和半主动型 3 种类型。主动型 RFID 标签有一个电池,这个电池为微芯片的电路运转提供能量,并向解读器发送信号(同蜂窝电话传送信号到基站的原理相同);被动型标签没有电池,相反,它从解读器获得电能。解读器发送电磁波,在标签的