



10年口碑积累，成功培养50000多名研发工程师，铸就专业品牌形象

华清远见的企业理念是不仅要良心教育、做专业教育，更要做受人尊敬的职业教育。

《物联网技术与实践》

作者：华清远见

专业始于专注 卓识源于远见

第 4 章 RFID 技术

本章简介

在现实生活中，通过传感器可以获取不同的外界信息。如在出行乘坐动车的时候，细心的乘客可以发现，现在的动车组列车上就装有几种传感器（用来测量温度的传感器、测速使用的传感器、烟雾报警传感器装置），但是有一些信息并不是通过传感器就能够实现的，如关于自身的一些数字信息。那么这些数据又是怎样来存储和操作的呢？

专业始于专注 卓识源于远见

通过物联网的基本概念了解到，物联网的感知层除了使用到传感器技术之外，另外还涉及射频识别（RFID）技术。RFID 技术作为物联网技术的核心技术之一，是感知层的重要基础网络。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，作为条形码的无线版本存在。其应用将给零售、物流等产业带来革命性变化。本章首先介绍 RFID 的基本原理、基本组成、应用领域等，然后介绍 RFID 的基本架构以及各个模块的实现，最后介绍当前 RFID 技术和 EPC 编码的结合。

4.1 RFID 概述

自 2004 年以来，与 RFID 技术相关的文章在各大媒体上不断涌现，相关的报道让这个技术在短时间内成为国际追逐的焦点。从全球巨型商业帝国沃尔玛，到国际 IT 巨头 IBM、HP、微软等，从美国国防部到中国国家标准委员会，他们全都在 RFID 魔棒的指挥下舞蹈起来。

那么什么是 RFID 技术？RFID 射频识别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。作为条形码的无线版本，RFID 技术具有条形码所不具备的防水、防磁、耐高温、使用寿命长、读取距离大、标签上的数据可以加密、存储数据容量更大、存储信息更改自如等优点，其应用将给零售、物流等产业带来革命性变化。

4.1.1 RFID 的基本组成

最基本的 RFID 系统由 3 部分组成。

- (1) 标签（Tag）：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) 阅读器（Reader）：读取（有时还可以写入）标签信息的设备，可设计为手持式或固定式。
- (3) 天线（Antenna）：在标签和阅读器间传递射频信号。

4.1.2 RFID 的工作原理

RFID 技术的基本工作原理是：标签进入磁场后，接收阅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），或者主动发送某一频率的信号（Active Tag，有源标签）；阅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。下面介绍各部件的功能。

- RFID 标签又被称为标签或智能标签，它是内部带有天线的芯片，芯片中存储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。
- 阅读器分为手持和固定两种，由发送器、接收仪、控制模块和收发器组成。利用收发器和控制计算机或可编程逻辑控制器（PLC）连接，从而实现沟通功能。阅读器具有天线接收和传输信息的功能。

- 数据传输和处理系统。解读器通过接收标签发出的无线电波接收读取数据。最常见的是被动射频系统，当解读器遇见 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，然后发送给解读器，解读器把它转换成相关数据。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，标签中装有电池，在有效范围内活动。

4.1.3 RFID 应用领域

RFID 技术最早起源于雷达技术的发展及应用，雷达发射无线电波并通过接收到的目标反射信号来测定和定位目标的位置及其速度，其物理机制是 RFID 技术的工作基础。在过去的半个世纪里，雷达的改进和应用催生了 RFID 技术，20 世纪 70 年代末，美国政府将 RFID 技术转移到民间，进入大发展时期。到了 21 世纪初期，有源标签、无源标签及半无源标签均得到发展。标签成本不断降低，应用规模和行业不断扩大。无源标签的远距离识别、适应高速移动物体的 RFID 正在实现。下面介绍几种 RFID 的应用。

1. 车辆自动识别方面

早在 1995 年，北美铁路系统就采用了射频识别技术的车号自动识别标准，在北美超过 10 万辆货车在 14 个地点安装了射频识别装置。1998 年以来，澳大利亚开发了用于识别和管理矿山车辆的射频识别系统。

2. 在高速公路收费及智能交通方面

中国香港“驾易通”采用的就是射频识别技术，装有射频标签的汽车能被自动识别，无须停车缴费，大大提高了行车速度和效率。

3. 在货物的管理及监控方面

澳大利亚和英国的西思罗机场将射频识别技术应用于旅客行李管理中，大大提高了分拣效率，降低了出错率。同样欧共体从 1997 年开始就要求生产的新车型必须具有基于射频识别技术的防盗系统。

4. 在射频卡应用方面

上海世博会的门票系统全部采用了 RFID 技术，每张门票内都含有一个自主知识产权的“世博芯”，通过采用特定的密码算法技术，确保数据在传输过程中的安全性，使外界无法对数据进行篡改或窃取。

5. 在生产线的自动化及过程控制方面

德国 BMW 公司为保证汽车在流水线各位置准确完成装配任务，将射频识别系统应用在汽车装配线上。而摩托罗拉公司则采用了射频识别技术的自动识别工序控制系统，满足了半导体生产对于环境的特殊要求，同时提高了生产效率。

6. 在动物的跟踪及管理方面

许多发达国家采用射频识别技术，通过对牲畜个别识别，保证牲畜大规模疾病爆发期间，对感染者的有效跟踪及对未感染者进行隔离控制。像疯牛病、口蹄疫以及禽流感等，如果防控不当，将给人们的健康带来危害。采用了 RFID 系统之后，可提供食品链中的肉类食品与其动物来源之间的可靠联系，从销售环节就能追查到它们的历史与来源，并能一直追踪到具体的养殖场和动物个体。

除了上述列举的关于 RFID 的应用实例以外，RFID 技术在很多领域都存在它的应用价值，在这里就不再一一列举了。

4.2 RFID 架构

4.2.1 RFID 分类

RFID 系统的分类方式有很多种，都与 RFID 射频标签的工作方式有关，常见的分类方式有以下几种。

根据采用的频率不同，可分为低频系统和高频系统两大类（更详细的分为：低频、高频、超高频和微波）。

(1) 低频系统一般指其工作频率小于 30MHz，典型的工作频率有 125kHz、225kHz、13.56MHz 等，基于这些频点的射频识别系统一般都有相应的国际标准。其基本特点是标签的成本较低、标签内保存的数据量较少、阅读距离较短（无源情况，典型阅读距离为 10cm）、标签外形多样（卡状、环状、钮扣状、笔状）、阅读天线方向性不强等。

(2) 高频系统一般指其工作频率大于 400MHz，典型的工作频段有 915MHz、2450MHz、5800MHz 等。高频系统在这些频段上也有众多的国际标准予以支持。高频系统的基本特点是标签及阅读器成本均较高，标签内保存的数据量较大、阅读距离较远（可达几米至十几米），适应物体高速运动性能好，外形一般为卡状，阅读天线及标签天线均有较强的方向性。

根据读取标签数据的技术实现手段，可将其分为广播发射式、倍频式和反射调制式三大类。

(1) 广播发射式射频识别系统实现起来最简单。标签必须采用有源方式工作，并实时将其储存的标识信息向外广播，阅读器相当于一个只收不发的接收机。这种系统的缺点是标签因需不停地向外发射信息，既耗电又对环境造成电磁污染，而且系统不具备安全保密性。

(2) 倍频式射频识别系统实现起来有一定的难度。一般情况下，阅读器发出射频查询信号，标签返回的信号载频为阅读器发出射频的倍频。这种工作模式对阅读器接收、处理回波信号提供了便利，但是，对无源标签来说，标签将接收的阅读器射频能量转换为倍频回波载频时的水平，其能量转换效率较低，提高转换效率需要较高的微波技巧，这就意味着更高的标签成本。同时这种系统工作须占用两个工作频点，一般较难获得无线电频率管理委员会的产品应用许可。

(3) 反射调制式射频识别系统实现起来要解决同频收发问题。系统工作时，阅读器发出微波查询（能量）信号，标签（无源）将部分接收到的微波查询能量信号整流为直流电供标签内的电路工作，另一部分微波能量信号被标签内保存的数据信息调制（ASK）后反射回阅读器。阅读器接收到反射回的幅度调制信号后，从中解出标签所保存的标识性数据信息。系统工作过程中，阅读器发出微波信号与接收反射回的幅度调制信号是同时进行的。反射回的信号强度较发射信号要弱得多，因此技术实现上的难点在于同频接收。

根据标签内是否装有电池为其供电，又可将其分为有源系统、无源系统及半无源三大类。

(1) 有源标签内装有电池，一般具有较远的阅读距离，不足之处是电池的寿命有限（3~10 年）。

有源标签又称主动标签，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转换为标签与阅读器通信所需的射频能量。

在实际应用中，必须给标签供电它才能工作，虽然它的电能消耗非常低，按照标签获取电能的方式不同，可以把标签分成有源式标签、无源式标签及半无源式标签。

有源式标签通过标签自带的内部电池进行供电，它的电能充足，工作可靠性高，信号传送的距离远。另外，有源式标签可以通过设计电池的不同寿命对标签的使用时间或使用次数进行限制，它可以用在需要限制数据传输量或者使用数据有限制的地方。有源式标签的缺点主要是价格高，体积大，标签的使用寿命受到限制，而且随着标签内电池电力的消耗，数据传输的距离会越来越小，影响系统的正常工作。

(2) 无源标签内无电池，它接收到阅读器（读出装置）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。相对于有源系统，无源系统在阅读距离及适应物体运动速度方面略有限制。

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

无源式标签的内部不带电池，需靠外界提供能量才能正常工作。无源式标签产生电能的装置一般是天线与线圈，当标签进入系统的工作区域，天线接收到特定的电磁波，线圈就会产生感应电流，在经过整流并给电容充电。电容电压经过稳压后作为工作电压。无源式标签具有永久的使用期，常常用在标签信息需要每天读/写或频繁读/写多次的地方，而且无源式标签支持长时间的数据传输和永久性的数据存储。无源式标签的缺点主要是数据传输的距离要比有源式标签短。因为无源式标签依靠外部的电磁感应而供电，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才能可靠识读。

但它的价格、体积、易用性决定了它是标签的主流。

(3) 半无源射频标签。半无源射频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提供辅助支持，或者对本身耗电很少的标签电路供电。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。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。

根据标签内保存的信息注入方式，可将其分为集成电路固化式、现场有线改写式和现场无线改写式三大类。

(1) 集成电路固化式标签内的信息一般在集成电路生产时即将信息以 ROM 工艺模式注入，其保存的信息是一成不变的。

(2) 现场有线改写式标签一般将标签保存的信息写入其内部的 E2 存储区中，改写时需要专用的编程器或写入器，改写过程中必须为其供电。

(3) 现场无线改写式标签一般适用于有源类标签，具有特定的改写指令，电子标签内保存的信息也位于其中的 E2 存储区。

一般情况下，改写标签数据所需时间远大于读取标签数据所需时间。通常，改写所需时间为秒级，阅读时间为毫秒级。

4.2.2 RFID 硬件体系结构

RFID 最基本的硬件体系结构由 RFID 标签、RFID 射频天线和 RFID 读/写器组成。

RFID 标签中存有识别目标的信息，由耦合元件及芯片组成，有的标签内置天线，用于和 RFID 射频天线进行通信。RFID 标签中的存储区域可以分为两个区：一个是 ID 区——每个标签都有一个全球唯一的 ID 号码，即 UID。UID 是在制作芯片时存放在 ROM 中的，无法修改。另一个是用户数据区，是供用户存放数据的，可以进行读/写、覆盖、增加的操作。

RFID 射频天线（Antenna）的主要作用是在 RFID 标签和 RFID 读/写器之间传递射频信号，负责连接两个部分以实现通信。

RFID 读/写器（Reader）是读取（或写入）RFID 标签信息的设备，可以分为手持类型和固定类型两种。阅读器对标签的操作大致有 3 种：识别读取的 UID 信息、读取用户数据和写入用户数据。绝大多数的 RFID 系统还要有数据传输和处理系统，用于对 RFID 读/写器发出命令以及阅读器读取的信息进行处理，以实现对整个 RFID 系统的控制管理。

有些系统还通过阅读器的 RS232 或 RS485 接口与外部计算机（上位机主系统）连接，进行数据交换。系统的基本工作流程是：RFID 读/写器通过 RFID 射频天线发送一定频率的射频信号，当 RFID 射频卡进入射频天线工作区域时产生感应电流，RFID 射频卡获得能量被激活；RFID 射频卡将自身编码等信息通过内置天线发送出去；系统接收天线接收到从 RFID 射频卡发送来的载波信号，经天线调节器传送到 RFID 读/写器，读/写器对接收的信号进行解调和解码，然后送到后台主系统进行相关处理；主系统根据逻辑运算判断该卡的合法性，针对不同的设定做相应的处理和控制在，发出指令信号控制执行机构动作。

在耦合方式（电感-电磁）、通信流程（FDX、HDX、SEQ）、从射频卡到阅读器的数据传输方法（负载调制、方向散射、高次谐波）以及频率范围等方面，不同的非接触传输方法有根本的区别，但所有的阅读器在功能原理上，以及由此决定的设计构造上都很相似，所有阅读器均可简化为高频接口和控制单元两个基本模块。高频接口包含发送器和接收器，其功能包括：产生高频发射频率以启动射频卡并提供能量；对发射信号进行调制，用于将数据传送给射频卡；接收并解调来自射频卡的高频信号。不同射频识别系统的高频接口设计具有一些差异。

RFID 读/写器的控制单元的功能包括：与应用系统软件进行通信，并执行应用系统软件发来的命令；控制与 RFID 射频卡的通信过程（主-从原则）；信号的编解码等。对于一些特殊的系统还有执行反碰撞算法，对射频卡与读/写器之间要传送的数据进行加密和解密，以及进行射频卡和读/写器之间的身份验证等附加功能。无线射频识别系统的读/写距离是一个很重要的参数。目前，长距离无线射频识别系统的价格还

很高，因此寻找提高其读/写距离的方法很重要。影响射频卡读/写距离的因素包括天线工作频率、阅读器的 RF 输出功率、阅读器的接收灵敏度、射频卡的功耗、天线及谐振电路 Q 值、天线方向、RFID 读/写器和 RFID 射频的耦合度，以及射频卡本身获得的能量和发送信息的能量等。大多数 RFID 系统的读取距离和写入距离是不同的，写入距离大约是读取距离的 40%~80%。

4.3 RFID 标签

一个 RFID 标签包括一片集成电路芯片（用于保存该标签所在物品的个体信息）、一根天线（通常是印制电路天线，用于接收来自阅读器的 RF 信息并发送信息）和含有标签的某种外壳。使用 RFID 标签的可以是许多不同的物体，从各类物品到动物，也包括人。标签到阅读器的距离是一个很重要的系统变量，它直接受该标签技术的影响。常用的各种标签技术有以下几种。

1. 无源标签

最简单的标签类型是无源标签，它专门利用阅读器发送的 RF 能量来供电，所以它没有集成电池的尺寸和成本问题。无源标签非常便宜，机械鲁棒性好，而且外形尺寸非常小，约为指甲大小。但是，因为无源标签的接收功率与它到 RFID 阅读器的物理距离成比例，所以这类标签的缺点是其阅读范围有限。范围与选用的 RF 频率与连接的实际范围有很大关系。低频（LF）标签通常采用 125~135kHz 频段，因为它们的范围受到限制，所以其主要用途就是访问控制和动物标签。高频（HF）标签主要工作在 13.56MHz 频段，允许的工作范围大约为 0.3~0.6m。HF 标签的主要用途是简单的一对一的对象读取，如访问控制、收费及跟踪图书馆的书籍等物品。

超高频（UHF）标签主要工作在 850~950MHz 频段，允许 3m 甚至更远的工作范围。此外，阅读器可以同时查询许多个 UHF 标签，与一对一的 HF 标签读取过程不同。这个特点也有助于满足在限定区域内多个阅读器的需求。因为这项功能，UHF 标签在工业应用中很普遍，用于库存跟踪和控制。但是 UHF 标签的一个主要缺点是不能有效地穿透液体。这使得它们不能用于充满液体的对象，如饮料和人体。在跟踪这些对象时，通常采用 HF 标签来代替。

2. 半有源标签

像无源标签一样，半有源标签将 RF 能量返回到标签阅读器来发送标识信息。但是，它还包含一块电池为标签中的 IC 部分供电，这样就可以支持一些有趣的应用，如在每个标签中放置传感器。采用这种方法，每个应答器不仅可以发送静态的标识数据，还可以发送一些实时的属性，如温度、湿度及时间和日期。通过采用仅仅为 IC 和传感器供电的电池，半有源标签能够实现现在成本、尺寸和范围之间的折中。

3. 有源标签

有源标签采用集成电池为标签 IC（以及所有的传感器）和 RF 发射器供电，所以它比半有源标签更进了一步。有源标签的工作范围扩展了很大（达到 100 多米），这就意味着货物通过阅读器的速度可以比无源和半有源标签系统的速度高得多。另外，有源标签可以携带更多的产品信息，不仅仅是一个简单的产品 ID 码。

4.4 RFID 阅读器

RFID 阅读器提供对各标签和终端进行跟踪与管理系统之间的连接等功能。它虽然可以采用不同尺寸的封装，但通常都很小，以便安装在三角架或墙上。另外，根据不同的应用和工作条件，可以使用多个阅读器以便完全覆盖规定的区域。例如，在仓库中，可能有一个覆盖的网络才能保证当货物从 A 点移动到 B 点时，所有通过的货物能够有 100% 的查询和记录。

总之，阅读器有3个主要的组成部分。第一部分是发送和接收部分，用来与标签和分离的单个物品保持联系；第二部分是对接收信息进行初始化处理；第三部分是连接服务器，用来将信息传送到管理机构。

RFID系统中的阅读器必须能够处理有效区域内同时存在多个标签的情况，这在限定的空间区域内存在多个标签的应用中非常重要。在存在多个阅读器和标签的情况下，主要问题是会发生冲突，因为多个阅读器发出查询，也会有多个标签同时应答。有许多方法可以避免这个问题。最常用的方法就是采用某种时分复用算法。阅读器可以设置在不同的时间查询，而标签可以设置为经过一个随机的时间间隔后应答。如果嵌入式软件中具有实现此功能的程序，那么可以增加灵活性。

通常，RFID阅读器包括一个网络单元，用于将一个RFID读取事件连接到中心服务器。这种后端网络接口可能是有线以太网、无线以太网或者ZigBee以太网。中心服务器运行一个数据库系统，其功能包括匹配、跟踪和存储。在许多应用中，还会有一个“报警”功能。对于供应链和库存管理系统，这可能是重新排列提醒；对于安全应用则是一次向警卫的报警。

当与后端服务器通信时，利用运行 μClinux 操作系统的高性能嵌入式处理器来构建阅读器具有极大的优势。TCP/IP协议族的鲁棒性和SQL数据库引擎的可用性等关键因素降低了开发过程中可能存在的巨大的开发和集成负担。

4.5 RFID 天线技术

4.5.1 人们关注的天线特征

随着RFID应用需求的不断扩大，人们对天线也提出了更高的要求，包括天线的机构、形状、体积、重量、带宽特性、电磁散射等方面。

在研究RFID标签天线的过程中，人们所关注的天线特性主要有以下几个。

1. 天线的匹配

标签天线的匹配，简单地讲就是馈线终端所接负载阻抗 Z_A 等于馈线特性阻抗 Z_0 时，馈线终端的匹配连接。

在匹配的情况下，馈线上只存在传向终端负载的入射波，而没有由终端负载所产生的反射波，因此，当将天线作为终端负载时，匹配保证天线取得全部信号功率。

在不匹配的情况下，馈线上同时存在入射波和反射波。在入射波和反射波相位相同的地方，电压振幅相加得到最大电压振幅，形成波腹；而在入射波和反射波相反的地方，电压振幅相减，得到最小电压振幅，形成波节。其他各点的振幅值介于波腹和波节之间。

2. 天线的极化方式

天线是用于接收或发射电磁波的，因此天线的极化是指天线在给定方向（一般指最大辐射方向）上所辐射或接收的电磁波的变化。而电磁波的极化就是沿波的极化方向看时，其瞬时电场矢量端点的轨迹。

沿波的方向看去，当其瞬时电场矢量的端点轨迹是椭圆时，则称该天线为椭圆极化波，对应的天线称为椭圆极化天线。当椭圆极化的长轴与短轴相等时，则称为圆极化波，对应的天线称为圆极化天线。当椭圆极化的长半轴与短半轴之比为无限大时，则称为线极化波，对应的天线称为线极化天线。

一般而言，RFID标签天线的结构简单，不宜进行太复杂的设计，均为线极化天线形式。而RFID读写器天线为了能够读出在任意方向摆放的标签，必须设计为圆极化天线形式。

3. 天线的带宽

天线的工作带宽是指当天线的辐射特性基本上满足设计规定要求时的频带宽度。RFID系统对天线的要求不高，这也是具有窄频特性的微带形式的天线等能被普遍应用于RFID系统中的原因。不过，如果考虑到各个国家和地区有着不同的无线通信工作频率标准，还有蓝牙、ZigBee等新型电子设备对RFID工作频段的干扰，以及未来由于RFID系统数据通信量的大规模增加而导致的信道容量不足等潜在问题的存在，

设法研究增加 RFID 天线的频带不失为一项有意义的工作。

需要指出的是，天线所能达到的最大带宽与天线占用的空间成正比。在设计天线结构的过程中，不能因为天线附近具有较大的空余空间，就将金属、磁性材料随意放置在天线周围，这将对天线的实际性能造成带宽严重下降的影响。

4.5.2 天线的分类

根据天线在系统中的不同功能和作用，可以将 RFID 中的天线分为读/写器天线和标签天线。

1. 读/写器天线

读/写器天线发射电磁能量以激活标签，实现数据传输向标签发送指令，同时也要接收来自标签的信息。一般的，由于被识别物体的空间指向可能无法确定，这就要求读/写器天线为圆极化天线，可以在物体空间指向发生变化时，不会出现极化而完全失去匹配。同时，读/写器天线还要求低剖面、小型化，有的要求多频段，甚至有的读/写器需要使用多天线技术或智能波束扫描天线阵技术。

射频系统的读/写器必须通过天线来发射能量，形成电磁场，通过电磁场对射频标签进行识别。可以说，天线所形成的电磁场范围就是 RFID 系统的可读区域。任何 RFID 系统至少应该包含一根天线发射或接收射频信号。有些 RFID 系统是由一根天线来同时完成发射和接收的，但也有些 RFID 系统由一根天线来完成发射，而由另一根天线来完成接收，所采用的天线的形式及数量应视具体应用而定。在电感耦合射频识别系统中，读/写器天线用于产生磁通量，而磁通量用于向射频标签提供电源，并在读/写器以及射频标签之间传送信息。

因此，读/写器天线的设计或选择必须满足以下基本条件：天线线圈的电流最大，用于产生最大的磁通量；功率匹配，以最大限度地利用磁通量的可用能量；足够的带宽，保证载波信号的传输。

2. 标签天线

标签天线的要求如下。

(1) 标签应答器的天线要将标签所存储的信息进行调制反射，同时还要捕获读/写器发射的电磁波，为标签应答器提供能量。

(2) 由于要使标签能够粘贴到被识别的物体上，就要求标签足够小，从而要求标签天线的尺寸也足够小，在大多数情况下需要标签天线全方向或半球形覆盖物体。

(3) 由于标签芯片的阻抗一般不足 50Ω ，这就需要标签天线能够实现非 50Ω 与芯片阻抗的共轭匹配，以提供最大功率给芯片。

(4) 在一般情况下，标签需要大规模使用，这就要求标签天线成本低，加工简单。

RFID 标签天线可以分为有源天线和无源天线两大类。有源天线用于需要电池供电的 RFID 标签，系统对其性能的要求较之无源天线要低一些，但是其性能受电池寿命影响很大；无源天线能够克服有源天线受电池限制的不足，但是系统对天线的性能要求很高。

另外，有的研究人员提出了应用于 RFID 系统的多频段天线，是为了解决读/写器的多天线系统方案，这类读/写器使用两个天线，一个用做发射天线，而另一个用做接收天线，由此可设计一种双频标签天线，既可以接收来自发射天线的信号，也可以发射调制有标签代码信息的电磁波。

4.6 RFID 中间件

4.6.1 中间件概述

在分布式异构环境中，通常存在多种硬件系统平台（如 PC、工作站、小型机等），这些硬件平台上又存在各种各样的系统软件（如不同的操作系统、数据库、语言编辑器等），及各种风格的用户界面，这些硬件系统平台可能采用不同的网络协议和网络体系结构连接。

为了解决如何将这些系统集成起来，人们提出了中间件（Middleware）的概念。

RFID 中间件扮演 RFID 标签和应用程序之间的中介角色，从应用程序端使用中间件所提供的一组通用的应用程序接口（API），即能连到 RFID 读/写器，读取 RFID 标签数据。这样一来，即使存储 RFID 标签信息的数据库软件或后端应用程序增加或改由其他软件取代，或者发生 RFID 读/写器种类增加等情况时，应用端不需修改也能处理，省去多对多连接的维护复杂性问题。

RFID 中间件是一种面向消息的中间件（Message-Oriented Middleware, MOM），信息以消息的形式从一个程序传送到另一个或多个程序。信息可以以异步的方式传送，所以传送者不必等待回应。面向消息的中间件包含的功能不仅是传递信息，还必须包括解译数据、安全性、数据广播、错误恢复、定位网络资源、找出符合成本的路径、消息与要求的优先次序以及延伸的除错工具等服务。

4.6.2 中间件的分类

RFID 中间件可以从架构上分为两种：

(1) 以应用程序为中心（Application Centric）。该架构是 RFID Reader 厂商提供的 API，以 Hot Code 方式直接编写特定 Reader 读取数据的 Adapter，并传送至后端系统的应用程序或数据库，从而达成与后端系统或服务串接的目的。

(2) 以架构为中心（Infrastructure Centric）。随着企业应用系统的复杂度增高，企业无法负荷以 HotCode 方式为每个应用程序编写 Adapter，同时面对对象标准化等问题，企业可以考虑采用厂商所提供标准规格的 RFID 中间件。这样一来，即使存储 RFID 标签信息的数据库软件改由其他软件代替，或读/写 RFID 标签的 RFID Reader 种类增加等情况发生时，应用端不做修改也能应付。

4.6.3 中间件的特征

中间件有以下特征。

(1) 独立于架构（Insulation Infrastructure）。RFID 中间件独立并介于 RFID 读/写器与后端应用程序之间，并且能够与多个 RFID 读/写器以及多个后端应用程序连接，以减轻架构与维护的复杂性。

(2) 数据流（Data Flow）。RFID 的主要目的在于将实体对象转换为信息环境下的虚拟对象，因此数据处理是 RFID 最重要的功能。RFID 中间件可对数据进行收集、过滤、整合与传递等，以便将正确的对象信息传到企业后端的应用系统。

(3) 处理流（Process Flow）。RFID 中间件采用程序逻辑及存储再转送（Store-and-Forward）的功能来提供顺序的消息流，具有数据流设计与管理的的能力。

(4) 标准（Standard）。RFID 为自动数据采样技术与辨识实体对象的应用。EPCglobal 目前正在研究为各种产品的全球唯一识别号码提出通用标准，即 EPC（产品电子编码）。EPC 是在供应链系统中，以一串数字来识别一项特定的商品，通过无线射频辨识标签由 RFID 读/写器读入后，传送到计算机或是应用系统中的过程称为对象命名服务（Object Name Service, ONS）。对象命名服务系统会锁定计算机网络中的固定点，抓取有关商品的消息。EPC 存放在 RFID 标签中，被 RFID 读/写器读出后，即可提供追踪 EPC 所代表的物品名称及相关信息，并立即识别和分享供应链中的物品数据，有效地提供信息透明度。

4.7 RFID 接口

一个完整的射频识别应用系统应当包括读/写器、标签、计算机网络等设备。考虑到数据读取、处理、传输等问题，还应当考虑读/写器天线的安装、传输距离的远近等问题。

下面主要介绍几种 RFID 的接口方式：

1. RJ-45

RF-45 和 5 类线配合使用在以太网中。8 条线分成 4 组，分别由红白、红、绿白、绿、蓝白、蓝、棕白、棕共 8 种单一颜色或者白条色线组成。RJ-45 的接法有两种，分别为 T-568A 和 T-568B，两种接法唯一的区别是线序不同。

RJ-45 传输信号较远，采用的是 TCP/IP。

2. RS-232

RS-232 是目前比较流行的计算机串口。常用的 RS-232 接口有 DB9 和 DB25 两种形式。RS-232 是电子工业联合会开发的实现广泛的串行传输接口，用来连接数据终端设备和数据通信设备。RS-232 指定线和连接器的类型、连接器的接法以及每条线的功能、电压、意义与控制过程。RS-232 与 ITU 的 V.24 和 V.28 兼容。

3. RS-485/RS-422

RS-422 是使用平衡线的全双工接口，比 RS-232 抗干扰能力更强。使用 RS-422，在数据传输速率等条件相同时，低频系统的识别距离最近，其次是中高频系统、微波系统，微波系统的识别距离最远。只要读/写器的频率发生变化，系统的工作频率就会随之改变。

4.8 RFID 与 EPC 技术

4.8.1 EPC 概述

EPC 的全称是 Electronic Product Code，中文称为产品电子代码。EPC 的载体是 RFID 标签，并借助互联网来实现信息的传递。EPC 旨在为每一件单件产品建立全球的、开放的标识标准，实现全球范围内对单件产品的跟踪与追溯，从而有效地提高供应链管理水平和降低物流成本。EPC 是一个完整的、复杂的、综合的系统。

1999 年，美国麻省理工学院的一位天才教授提出了 EPC (Electronic Product Code) 开放网络 (物联网) 构想，在国际条码组织 (EAN.UCC)、宝洁公司 (P&G)、吉列公司 (Gillette Company)、可口可乐、沃尔玛、联邦快递、雀巢、英国电信、SAP、Sun、PHILIPS、IBM 等全球 83 家跨国公司的支持下，开始了这个发展计划，并于 2003 年完成了技术体系的规模场地使用测试，2003 年 10 月国际上成立了 EPCglobal 全球组织，推广 EPC 和物联网的应用。欧洲、美国、日本等全力推动符合 EPC 技术标签应用，全球最大的零售商美国沃尔玛宣布从 2005 年 1 月开始前 100 名供应商必须在托盘中使用 EPC 标签，2006 年必须在产品包装中使用 EPC 标签。美国国防部及美国、欧洲、日本的生产企业和零售企业都制订了在 2004~2005 年实施标签的方案。

4.8.2 EPC 的特点

EPC 具有如下的特点。

1. 开放的结构体系

EPC 系统采用全球最大的公用网络系统——Internet，这就避免了系统的复杂性，同时也大大降低了系统的成本，并且还有利于系统的增值。

2. 独立的平台与高度的互动性

EPC 系统识别的对象是一个十分广泛的实体对象，因此，不可能有哪一种技术适用所有的识别对象。同时，不同地区、不同国家的射频识别技术标准也不相同。因此开放的结构体系必须具有独立的平台和高度的交互操作性。EPC 系统网络建立在 Internet 系统上，并且可以与 Internet 所有可能的组成部分协同工作。

3. 灵活的可持续发展的体系

EPC 系统是一个灵活的、开放的、可持续发展的体系，可在不替换原有体系的情况下做到系统升级。

EPC 系统是一个全球的大系统，供应链的各个环节、各个结点和各个方面都可受益，但对低价值的识别对象，如食品、消费品等来说，它们对 EPC 系统引起的附加价格十分敏感。EPC 系统正在考虑通过本身技术的进步，进一步降低成本，同时通过系统的整体改进使供应链管理得到更好的应用，提高效率，以便抵消和降低附加价格。

4.8.3 EPC 系统的工作流程

在由 EPC 标签、读/写器、EPC 中间件、Internet、ONS 服务器、EPC 信息服务以及众多数据库组成的实物互联网中，读/写器读出的 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，并采用分布式的 EPC 中间件处理由读/写器读取的一连串 EPC 信息。由于在标签上只有一个 EPC 代码，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，EPC 中间件将 EPC 代码传给 ONS，ONS 指示 EPC 中间件到一个保存产品文件的服务器查找，该文件可由 EPC 中间件复制，因而文件中的产品信息就能传到供应链上，EPC 系统的工作流程如图 4-1 所示。

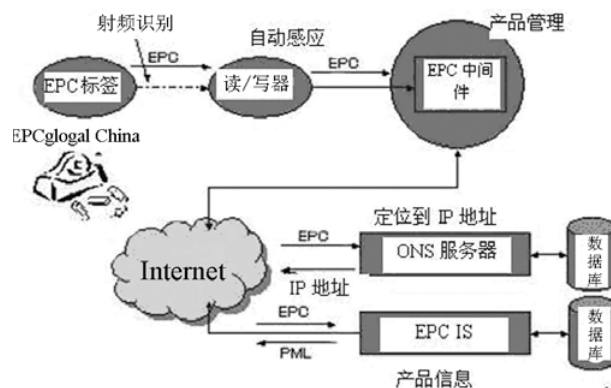


图 4-1 系统工作流程示意图

4.8.4 EPC 信息网络系统

信息网络系统由本地网络和全球互联网组成，是实现信息管理、信息流通的功能模块。EPC 系统的信息网络系统是在全球互联网的基础上，通过 EPC 中间件、ONS 和 EPC 信息服务（EPC IS）来实现全球“实物互联”。

1. EPC 中间件

EPC 中间件具有一系列特定属性的“程序模块”或“服务”，并被用户集成以满足他们的特定需求，EPC 中间件以前被称为 SAVANT。

EPC 中间件是加工和处理来自读/写器的所有信息和事件流的软件，是连接读/写器和企业应用程序的纽带，主要任务是将数据送往企业应用程序之前进行标签数据校对、读/写器协调、数据传送、数据存储和任务管理。

2. 对象名称解析服务（ONS）

对象名称解析服务（ONS）是一个自动的网络服务系统，类似于域名解析服务（DNS），ONS 给 EPC 中间件指明了存储产品相关信息的服务器。

ONS 服务是联系 EPC 中间件和 EPC 信息服务的网络枢纽，并且 ONS 设计与架构都以 Internet 域名解析服务 DNS 为基础，因此，可以使整个 EPC 网络以 Internet 为依托，迅速架构并顺利延伸到世界各地。

3. EPC 信息服务（EPC IS）

EPC 信息服务（EPC IS）提供了一个模块化、可扩展的数据和服务的接口，使得 EPC 的相关数据可以在企业内部或者企业之间共享。它处理与 EPC 相关的各种信息，例如：

(1) EPC 的观测值: What / When / Where / Why, 通俗地说, 就是观测对象、时间、地点以及原因, 这里的原因是一个比较泛的说法, 它应该是 EPC IS 步骤与商业流程步骤之间的一个关联, 例如订单号、制造商编号等商业交易信息。

(2) 包装状态: 如物品放在托盘上的包装箱内。

(3) 信息源: 如位于 Z 仓库的 Y 通道的 X 识读者。

EPC IS 有两种运行模式, 一种是 EPC IS 信息被已经激活的 EPC IS 应用程序直接应用; 另一种是将 EPC IS 信息存储在资料档案库中, 以备今后查询时进行检索。独立的 EPC IS 事件通常代表独立步骤, 比如 EPC 标记对象 A 装入标记对象 B, 并与一个交易码结合。对于 EPC IS 资料档案库的 EPCIS 查询, 不仅可以返回独立事件, 而且还有连续事件的累积效应, 比如对象 C 包含对象 B, 对象 B 本身包含对象 A。

4.8.5 EPC 射频识别系统

EPC 射频识别系统是实现 EPC 代码自动采集的功能模块, 主要由射频标签和射频读/写器组成。射频标签是产品电子代码 (EPC) 的物理载体, 附着在可跟踪的物品上, 可全球流通并对其进行识别和读/写。射频读/写器与信息系统相连, 是读取标签中的 EPC 代码并将其输入网络信息系统的设备。EPC 射频标签与射频读/写器之间利用无线感应方式进行信息交换, 具有以下特点:

(1) 非接触识别。

(2) 可以识别快速移动的物品。

(3) 可同时识别多个物品等。

EPC 射频识别系统为数据采集最大限度地降低了人工干预, 实现了完全自动化, 是“物联网”形成的重要环节。

1. EPC 标签

EPC 标签是产品电子代码的信息载体, 主要由天线和芯片组成。EPC 标签中存储的唯一信息是 96 位或者 64 位产品电子代码。为了降低成本, EPC 标签通常是被动式射频标签。

EPC 标签根据其功能级别的不同分为 5 类, 当前所开展的 EPC 测试使用的是 Class1/GEN2。

2. 读/写器

读/写器是用来识别 EPC 标签的电子装置, 与信息系统相连实现数据的交换。读/写器使用多种方式与 EPC 标签交换信息, 近距离读取被动标签最常用的方法是电感耦合方式。只要靠近, 盘绕读/写器的天线与盘绕标签的天线之间就形成了一个磁场。标签就利用这个磁场发送电磁波给读/写器, 返回的电磁波被转换为数据信息, 也就是标签中包含的 EPC 代码。

读/写器的基本任务就是激活标签, 与标签建立通信并且在应用软件和标签之间传送数据。EPC 读/写器和网络之间不需要 PC 作为过渡, 所有的读/写器之间的数据交换直接可以通过一个对等的网络服务器进行。

读/写器的软件提供了网络连接能力, 包括 Web 设置、动态更新、TCP/IP 读/写器界面、内建兼容 SQL 的数据库引擎。

当前 EPC 系统尚处于测试阶段, EPC 读/写器技术也还在发展完善之中。Auto-ID Laabs 提出的 EPC 读/写器工作频率为 860~960MHz。

4.8.6 EPC 编码体系

EPC 编码体系是新一代的与 GTIN 兼容的编码标准, 它是全球统一标识系统的延伸和拓展, 是全球统一标识系统的重要组成部分, 是 EPC 系统的核心与关键。

EPC 代码是由标头、厂商识别代码、对象分类代码、序列号等数据字段组成的一组数字。具有以下特性。

(1) 科学性: 结构明确, 易于使用、维护。

(2) 兼容性: EPC 编码标准与目前广泛应用的 EAN.UCC 编码标准是兼容的, GTIN 是 EPC 编码结构中的重要组成部分, 目前广泛使用的 GTIN、SSCC、GLN 等都可以顺利转换到 EPC 中去。

(3) 全面性: 可在生产、流通、存储、结算、跟踪、召回等供应链的各环节全面应用。

(4) 合理性: 由 EPCglobal、各国 EPC 管理机构(中国的管理机构称为 EPCglobal China)、被标识物品的管理者分段管理、共同维护、统一应用, 具有合理性。

(5) 国际性: 不以具体国家、企业为核心, 编码标准全球协商一致, 具有国际性。

(6) 无歧视性: 编码采用全数字形式, 不受地方色彩、语言、经济水平、政治观点的限制, 是无歧视性的编码。

当前, 出于成本等因素的考虑, 参与 EPC 测试所使用的编码标准采用的是 64 位数据结构, 未来将采用 96 位的编码结构。

4.9 本章习题

1. 什么是 RFID 技术? RFID 技术在生活中有哪些体现?
2. RFID 技术由哪几个部分组成? 这几部分是如何相互协调进行工作的?
3. EPC 技术是如何与 RFID 技术结合在一起的?
4. 现有的 RFID 安全与隐私的解决方法主要有哪些?

联系方式

集团官网: www.hqyj.com

嵌入式学院: www.embedu.org

移动互联网学院: www.3g-edu.org

企业学院: www.farsight.com.cn

物联网学院: www.topsight.cn

研发中心: dev.hqyj.com

集团总部地址: 北京市海淀区西三旗悦秀路北京明园大学校内 华清远见教育集团

北京地址: 北京市海淀区西三旗悦秀路北京明园大学校区, 电话: 010-82600386/5

上海地址: 上海市徐汇区漕溪路银海大厦 A 座 8 层, 电话: 021-54485127

深圳地址: 深圳市龙华新区人民北路美丽 AAA 大厦 15 层, 电话: 0755-22193762

成都地址: 成都市武侯区科华北路 99 号科华大厦 6 层, 电话: 028-85405115

南京地址: 南京市白下区汉中路 185 号鸿运大厦 10 层, 电话: 025-86551900

武汉地址: 武汉市工程大学卓刀泉校区科技孵化器大楼 8 层, 电话: 027-87804688

西安地址: 西安市高新区高新一路 12 号创业大厦 D3 楼 5 层, 电话: 029-68785218