

设计 RFID 系统要选择合适的频率

射频识别 (radio frequency identification, 以下简称 RFID) 是一种将数据存储于电子数据载体 (如集成电路) 上, 并通过磁场或电磁场以无线方式进行应答器/标签 (Transponder/Tag) 和询问器/读写器 (Interrogator/Reader) 之间双向通信, 从而达到识别目的并交换数据的新兴技术。该技术能实现多目标识别和运动目标识别; 具有抗恶劣环境、高准确性、安全性、灵活性和可扩展性等诸多优点; 便于通过互联网实现物品跟踪和物流管理, 因而受到广泛的关注。因此, RFID 被公认为本世纪最有发展前途的 10 项技术之一。

1. 前言

RFID 系统事实上已经存在和发展了几十年, 从供电状态来看可以分为“有源”和“无源”两大类; 从工作频率来看, 可以分为低频 (125KHz~135KHz), 高频 (13.56MHz), 超高频, 微波 (2.45GHz, 5.8GHz) 等几大类。不同的射频识别系统的硬件价格差别是巨大的, 而系统本身的特性也各不相同, 系统的成熟度也有所不同。很多问题, 甚至连业内人士也不能轻易给出一个明确的解答。因此用户在选择射频识别技术的时候常常觉得无所适从。笔者结合自身的开发和应用经验, 同时在参考了相关的应用资料和技术数据基础上, 力图通过本文给读者一个较为全面和客观的认识, 希望能够给用户在选择合适频率的射频识别系统时提供一些帮助。

2 不同频段 RFID 技术特性简述

2.1 低频 (Low Frequency) :

使用的频段范围为 10KHz~1MHz, 常见的主要规格有 125KHz、135KHz 等。一般这个频段的电子标签都是被动式的, 通过电感耦合方式进行能量供应和数据传输。低频的最大的优点在于其标签靠近金属或液体的物品上时标签受到的影响较小, 同时低频系统非常成熟, 读写设备的价格低廉。但缺点是读取距离短、无法同时进行多标签读取 (抗冲突) 以及信息量较低, 一般的存储容量在 128 位到 512 位。主要应用于门禁系统、动物芯片、汽车防盗器和玩具等。虽然低频系统成熟, 读写设备价格低廉, 但是由于其谐振频率低, 标签需要制作电感值很大的绕线电感, 并常常需要封装片外谐振电容, 其标签的成本反而比其他频段高。

2.2 高频 (High Frequency) :

使用的频段范围为 1MHz~400MHz, 常见的主要规格为 13.56MHz 这个 ISM 频段。这个频段的标签还是以被动式为主, 也是通过电感耦合方式进行能量供应和数据传输。这个频段中最大的应用就是我们所熟知的非接触式智能卡。和低频相较, 其传输速度较快, 通常在 100kbps 以上, 且可进行多标签辨识 (各个国际标准都有成熟的抗冲突机制)。

该频段的系统得益于非接触式智能卡的应用和普及，系统也比较成熟，读写设备的价格较低。产品最丰富，存储容量从 128 位到 8K 以上字节都有，而且可以支持很高的安全特性，从最简单的写锁定，到流加密，甚至是加密协处理器都有集成。一般应用于身份识别、图书馆管理、产品管理等。安全性要求较高的 RFID 应用，目前该频段是唯一选择。

2.3 超高频 (Ultra High Frequency) :

使用的频段范围为 400MHz~1GHz, 常见的主要规格有 433MHz、868~950MHz。这个频段通过电磁波方式进行能量和信息的传输。主动式和被动式的应用在这个频段都很常见，被动式标签读取距离约 3 ~ 10 m 传输速率较快，一般也可以达到 100kbps 左右，而且因为天线可采用蚀刻或印刷的方式制造，因此成本相对较低。由于读取距离较远、信息传输速率较快，而且可以同时进行大数量标签的读取与辨识，因此特别适用于物流和供应链管理等领域。但是，这个频段的缺点是在金属与液体的物品上的应用较不理想同时系统还不成熟，读写设备的价格非常昂贵，应用和维护的成本也很高。此外，该频段的安全性特性一般，不适合安全性要求高的应用领域。

2.4 微波 (Microwave) :

使用的频段范围为 1GHz 以上，常见的规格有 2.45GHz、5.8GHz。微波频段的特性与应用和超高频段相似，读取距离约为 2 公尺，但是对于环境的敏感性较高。由于其频率高于超高频，标签的尺寸可以做得比超高频更小，但水对该频段信号的衰减较超高频更高，同时工作距离也比超高频更小。

一般应用于行李追踪、物品管理、供应链管理...等。

2.5 根据应用选择合适频段的射频识别技术

前一部分中，我们已经简要介绍了各个频段的射频识别技术的特点。这一部分中我们将重点说明如何来选择合适的射频识别技术。

第一，一个射频识别系统的成本，包含硬件成本、软件成本和集成成本等。而硬件成本不仅仅包括读写器和标签的成本，还包括安装成本。很多时候，应用和数据管理软件和集成是整个应用的主要成本。如果从成本出发考虑，一定要根据系统的整体成本进行，而不仅仅局限于硬件，如标签的价格。这里，我们不进一步讨论和分析这部分的问题，但读者需要对此有一个了解和认识。下面我们主要讨论从技术层面来看，如何选择合适的频段。

第二，我们知道，即使是在同一个频段内的射频识别系统，其通信距离也是差异很大的。因为通信距离通常依赖于天线设计、读写器输出功率、标签芯片功耗和读写器接收灵敏度等等。我们不能简单地认为某一个频段的射频识别系统的工作距离大于另一个频段的射频识别系统。

第三，虽然理想的射频识别系统是长工作距离，高传输速率和低功耗的。然而，现实的情况下这种理想的射频系统是不存在的，高的数据传输率只能在相对较近的距离下实现。反之，如果要提高通信距离，就需要降低数据传输率。所以我们如果要选用通信距离远的射频识别技术，就必须牺牲通信速率。选择频段的过程常常是一种折中的过程。

第四，除了考虑通信距离以外，在我们选择一个射频系统时，通常还要考虑存储器容量、安全特性等因素。根据这些应用需求，才能够确定适合的射频识别频段和解决方案。从现有的解决方案来看，超高频和微波射频识别系统的操作距离最大（可以达到 3 到 10 米），并具有较快的通信速率，但是为了降低标签芯片的功耗和复杂度，并不实现复杂的安全机制，仅限于写锁定和密码保护等简单安全机制。

而且，该频段的电磁波能量在水中衰减严重，所以对于跟踪动物（体内含超过 50% 的水）、含有液体的药品等是不合适的。低频和高频系统的读写距离较小，通常不超过一米。高频频段为技术成熟的非接触式智能卡采用，非接触式智能卡能够支持大的存储器容量和复杂的安全算法。如前所述，囿于通信速率和安全性需求，非接触式智能卡的工作距离一般在 10cm 左右。高频频段中的 ISO15693 规范通过降低通信速率使通信距离加大，通过大尺寸天线和大功率读写器，工作距离可以达到 1 米以上。低频频段由于载波频率低，比高频 13.56MHz 低 100 倍以上，因此通信速率最低，而且通常不支持多标签的读取。

3 案例分析

3.1 动物跟踪管理

动物跟踪和管理传统上是采用低频频段的射频识别技术，并且有国际规范规范编码及空间信号接口，相应的国际规范分别为 ISO11784 和 ISO11785。由于高频和低频的射频识别技术各有优缺点，所以现在国际上关于动物跟踪管理的频段也存在着争论。

支持采用低频技术方案的理由主要有：

- (1) 事实上存在的国际规范，兼容性要求。
- (2) 如果采用单天线的解决方案，通常低频系统比高频系统的读写距离要大 20% 到 30%。因为低频系统的数据率低，所以标签芯片的功耗可以做到微瓦以下。
- (3) 虽然低频系统的数据传输速率低，但是鉴于其信号的强壮性，在实际应用中读取效率并不低。
- (4) 低频系统可以穿透动物组织，是植入式的电子标签唯一的频率选择。

而支持高频技术方案的理由主要有：

(1) 国际标准 IS011784 的动物编码方式完全可以在高频和超高频频段的解决方案中，在应用和系统的层面看来并不存在区别。

(2) 由于频率差异，低频标签需要绕制绕线电感来构成标签天线，制作标签的成本要高于高频标签。高频标签对于信用卡大小的尺寸来说，通常只须绕制 3 圈左右，而且可以采用低成本的印刷工艺。高频标签的整体成本更低。这一点是公认的事实。

(3) 如果实现合理，高频系统也能够取得和低频系统相当的读写距离。而且高频读写器可以通过门式天线来控制作用范围，利于准确而快速地实现数据采集。

(4) 完备的抗冲突机制，可以快速而准确地实现多目标读取。效率和准确性都要高于采用低频手持机进行数据采集。

(5) 高频的频率使用已经成为全球统一的规范，采用高频系统在全球各地都不会面临兼容问题。

编者更加支持在生猪等不需植入 RFID 的动物跟踪管理中采用高频的技术方案。主要原因是基于系统的成本考虑。我国的农产品价格和利润空间都非常低，在生猪等动物跟踪管理中硬件的消耗成本主要来自于标签。从降低这部分成本出发应该采用高频技术。

同时，考虑到生猪养殖等生产单位通常不具备宽带连接电子标签上有可能不仅仅存放一个标号信息，也可能存放一定的相关数据。而高频解决方案中常见的存储空间可以达到 1k 位以上。其次，目前我国主要的 RFID 基础设施是基于高频技术的，采用兼容的技术系统在安装成本和可靠性等方面都是有优势的。

高频技术从芯片、标签封装、读写机具、系统集成等环节来看，我国拥有上百家供应商，这一点是低频技术不能比拟的。另外，在生猪管理等应用中，并不需要植入式的电子标签，可以采用动物耳标的形式。当然，在动物跟踪管理中采用高频技术方案和传统的高频射频系统还是有所不同的，需要在降低环境对操作距离的影响、专用读写设备开发方面开展研发工作，使得高频的技术在操作距离和可靠性方面达到系统要求。

3.2 药品管理

即使到 2006 年的今天，专家仍然认为在消费品领域实现物品级的跟踪管理还是一个需要 3 到 5 年才有可能达到的目标。但是，相对价值较高的药品采用射频识别技术实现单品管理已经是正在发生的现实了。美国食品和药品管理局 (FDA) 要求在 2007 年实现对药品的单品全流程跟踪和管理，实现从原料到家庭药箱的全程管理。

对于药品管理的单品管理而言，目前看来采用高频技术更具有综合优势，具体为：

(1) 高频和超高频都是通过电磁场实现能量和信号的传递的，超高频是通过电场来进行能量和信号的传递的，系统一般工作在远场，对于相距很近的单个物品，标签的失谐会造成标签（物品）的漏读。而高频系统是工作在近场范围内的（即电磁场仍然是束缚在系统内部的，并没有形成电磁波发射出去）能量和信号是通过磁场来进行的，对于系统内部的标签能够准确地进行识别（当然，作用距离仅仅在 1 米以内），有更好地抗电磁干扰(Electromagnetic Interference, EMI) 能力。

(2) 液体和金属的影响。高频信号较超高频而言在水中的衰减减小，更适合用在含有液体的容器上，而药品中有相当一部分是液体形态的。

(3) 存储容量，高频标签的存储容量可以达到 8K 字节，因此可以在标签上存储更多信息而实现一“移动数据库”而不仅仅是一个电子号码。这在目前的超高频解决方案上还没有如此大容量的电子标签。

(4) 高频 13.56MHz 为国际通用的 ISM 频段，没有兼容性问题。而超高频到目前为止全球还不是所有的地区都有相应的射频识别标签频段可以使用。我国的超高频频段就在制定过程中。

4 总结

综上所述，各个频段的 RFID 技术各有自身的特点。即使是在同一个频段内的射频识别系统，其通信距离也是差异很大的。我们不能简单地认为某一个频段的射频识别系统的工作距离大于另一个频段的射频识别系统。而在实际选择射频系统时，需要考虑一个 RFID 系统的整体成本，以及存储器容量、安全特性等因素，根据这些来综合选择合适的 RFID 频段。