

一种基于码分复用机制的超高频 RFID 防碰撞方法

王 平 胡爱群 裴文江
(东南大学信息科学与工程学院 南京 210018)

摘 要: 在超高频射频识别的防碰撞技术中, 射频码分复用和扩频通讯因其具有抗干扰、保密性和抗多径等特性而具有优势。该文设计了一种基于码分复用的射频识别数据接收和发送、ID 识别的工作机制。该文对这种机制的运行作了仿真分析和对比, 得出了待识别的 Tag 数目和识别时间以及碰撞次数之间的关系, 从而对实际应用提供依据。

关键词: 码分复用; 防碰撞; 超高频; 射频识别

中图分类号: TN91

文献标识码: A

文章编号: 1009-5896(2007)11-2637-04

The Design of Anti-collision of UHF RFID System Based on CDMA

Wang Ping Hu Ai-qun Pei Wen-jiang

(School of Information Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210018, China)

Abstract: CDMA is superior to others methods in the anti-collision of UHF RFID systems for its anti-jamming, security features. A mechanism of anti-collision base on CDMA and its circuits is designed in this paper. This mechanism is simulated, so the relationship of time consumption of identification with the count of Tags is educed and discussed.

Key words: CDMA; Anti-collision; UHF; RFID

1 引言

在射频识别技术中, 防碰撞技术是信号识别与处理的关键技术之一。当在读写器的天线区域中有多个 Tag 到达时, 它们几乎同时发送信号, 产生信道争用, 信号互相干扰, 即发生了碰撞。在高速移动这样的场合, 防碰撞技术设计的优劣很大程度上决定了射频识别过程的耗时性能, 从而在有限的系统作用范围限制下制约了系统的识别成功率。

通常的防碰撞技术有如下几种^[1]。

频分多址接入(FDMA): 特点是各个标签(Tag)采用不同的载波频率向阅读器(Reader)传递信号。这种方式要求 Reader 和 Tag 能够以一定的机制更换载波频率, 大大增加了 Reader 和 Tag 双发的实现复杂度, 同时也要求整个系统的覆盖更大的带宽。

时分多址接入(TDMA): 特点是整个识别过程分成若干个时隙(slot)^[2], 每个Tag在不同的时隙中向Reader传递信号^[3]。这种方式实现结构相对简洁, 成本较低。具体的实现方式上, 有动态时隙ALOHA法^[4]、二进制搜索算法等。其中, 占主流地位的是二进制检索碰撞规避机制^[5], 其思路是, 通过定义Reader与多个Tag之间一组规定的指令序列, 通过多次比较, 不断筛选出一个Tag, 在无碰撞的情况下完成这个Tag与Reader之间的数据通讯。对于少量的Tag的防碰撞识别

而言, 二进制检索具有较短的识别时间^[6], 但是在应用中随着标签数量的扩大, 性能将急剧恶化。在同时需要被读取的卡的数目比较大时, 例如在远距离读取移动通过的集装箱内的所有带有RFID标识物品时, 读取过程的实时性难以保证。

解决这个问题另外一个方法是采用码分多址接入(CDMA)的机制, 即各个 Tag 采用不同的调制码来对所发数据进行调制, 从而在 Reader 端利用码的自相关特性对不同 Tag 所发的数据进行解调, 从而达到防碰撞的目的。采用这种方法除了解决碰撞问题之外的原因还在于: 随着在 RFID 的应用中 Tag 所携带的信息越来越多, 阅读器和 Tag 之间的数据交互量越来越大, RFID 的系统使用环境也越来越复杂, RFID 系统对无线通讯链路的抗干扰性能和保密性能要求也越来越高。而码分复用的方式, 因扩频通信在空间传输时所占有的带宽相对较宽, 而接收端又采用相关检测的办法来解扩, 单位频带内的功率很小, 信噪比很高, 抗干扰性强, 保密性好, 同时可以在接收端从多径信号中提取和分离出最强的有用信号而抗多径干扰。

基于如上原因, 本文对射频识别的工作机制进行了研究, 提出了一种利用简化的码分复用的射频识别通讯和防碰撞方法, 并进行了仿真和试验。

2 基于码分复用的 RFID 防碰撞工作机制

该机制设计的基本思想是: 各个 Tag 按照一定的条件随机地产生各自的调制码(此处采用了 Gold 序列作为调制码),

间。

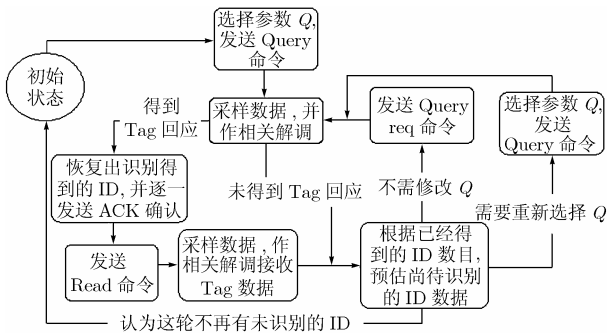


图 2 Reader 工作状态机

由于未识别的 Tag 使用新的 Gold 码对识别数据进行调制并发送, 并等待 Reader 的 Ack 命令。这样, 又回到系统的第 2 步。直到 Reader 收不到新的数据为止, 识别过程结束。

3 Reader 端的实现

读取设备 Reader 端包含发射天线与接收天线、放大、下变频解调、A/D 采样、移位存储队列(长度由 Gold 序列码长决定)、Gold 码发生逻辑和移位累加(相关运算)逻辑单元。

Reader 中, Gold 码用一对优选的周期和速率均相同的 M 序列模 2 加后得到。Reader 将信号解调之后以 2 倍的 Gold 序列发送速率进行采样, (假设采样分辨率为 12bit)并将采样值压入一个 2×码长×12bit 的采样数据存储队列。同时, 接收端有一个本地 Gold 序列发生器, 产生符合码长的 Gold 序列。当采样数据存储队列每移入 2 个采样值, Gold 序列发生器将依次生成 N 个(待分辨的)Gold 序列, 并分别扩展为 2 倍码长, 各自与采样数据存储队列一一对应的相乘并累加, 这就完成了每个序列与信号相关运算的一个基本单元步骤。当采样信号移入 2 倍码长个值后, 一共可以得到 N 个长度为 1024 的相关运算结果, 与 N 个 Gold 序列相对应。

据此, Reader 进行判决是否存在某个 Gold 序列所对应的标识端。

4 仿真试验

仿真试验中, 分别采用 256~4096 范围内几种码长的 Gold 序列, 以及同时处在 Reader 范围内 Tag 数目由 1 增加到 1900 的各种情况。试验结果的碰撞次数和识别耗时数据如表 1 所示。其中, 识别耗耗时用比率表示, 即识别单位长度的 Tag ID 需要的耗费的识别比特数目。在图中, 列出了采用二进制搜索实现的识别过程耗时, 作为对比。

仿真试验中, 作为对比的二进制搜索机制耗时比的期望模型如式(1)所示:

$$T(N) = N \cdot \left\{ \frac{1}{N} (\log_2 N + 1) + \frac{1}{N-1} (\log_2 (N-1) + 1) + \dots + 1 \right\} \quad (1)$$

式(1)中, N 表示待识别的标签数量, T(N)表示标签数量为 N 情况下的期望耗时比。

仿真试验结果如表 1 所示。其中(1)码长 256 bit; (2)码长 512 bit; (3)码长 1024 bit; (4)码长 2048 bit; (5)码长 4096 bit (6)采用二进制搜索方式实现。

表 1 表明: 在同时待识别的 Tag 数目较少的情况下, 采用小的码长可以节约耗时, 而在 Tag 数目较多的情况下, 采用较大的码长可以减少碰撞次数而节约耗时。在 Tag 数目为 1500~1900 左右的情况下, 采用 1024bit 的 Gold 序列比较合适。本文的机制允许 Reader 对于 Tag 的码长进行设置, 就是基于这种考虑, 能够比较灵活地适应当前存在的 Tag 数目。当然, 长的码长意味着更好的扩频性能和更复杂的阅读器结构。

仿真实验也表明, 在 Tag 数量很小的情况下(数目小于 50), 采用二进制搜索机制具有较高的效率。但是, 当 Tag 数目增加时, 该机制的耗时比快速的增大。所以, 可以得出结论, 二进制机制适应于标签数目较小的场合, 而本文中提出的机制适应于大量标签需要同时分辨的情况。

表 1 以码分复用方式实现的 RFID 防碰撞仿真试验数据

Tag 数目	(1)碰撞次数	(1)识别耗时比	(2)碰撞次数	(2)识别耗时比	(3)碰撞次数	(3)识别耗时比	(4)碰撞次数	(4)识别耗时比	(5)碰撞次数	(5)识别耗时比	(6)识别耗时比
1	1	256	1	512	1	1024	1	2048	1	4096	1
5	1.0	263	1.0	522	1.0	1024	1.0	2068	1.0	4136	10
10	1.2	307	1.1	552	1.1	1095	1.0	2068	1.0	4177	38.4
20	1.7	424	1.4	716	1.2	1177	1.1	2232	1.1	4300	129.5
40	2.0	509	1.8	926	1.6	1587	1.2	2498	1.2	4833	391.0
100	2.9	750	2.3	1157	2.0	2088	1.9	3932	1.8	7249	1522
200	4.0	1013	3.0	1551	2.4	2539	2.0	4280	1.9	8151	4032
500	7.6	1958	4.7	2406	3.4	3481	2.9	6062	2.3	9584	13881
1000	22.0	5639	7.8	3978	4.8	4997	3.6	7434	3.0	12369	34320
1200	35.8	9167	9.4	4812	5.2	5335	3.9	8171	3.1	12574	43992
1500	81.7	20922	12.7	6517	6.1	6277	4.2	8581	3.3	13393	57717
1900	278.7	71362	19.6	10035	7.5	7720	5.0	10199	3.8	15482	77923

此外,值得一提的是,不同的码长在 Tag 数目不同的情况下,在噪声的干扰作用下系统的单次判别的漏检率有所不同,长的码长在 Tag 数目较多时拥有较高的一次判别率。如图 3 显示了存在噪声时, Tag 数目为 15, 20 和 25 时,码长为 1024bit 的 Gold 调制时的一次漏检率。当然,这可以用多次判别来弥补短码长的这一不足,但是意味着更多的碰撞识别和次数更长的识别时间。

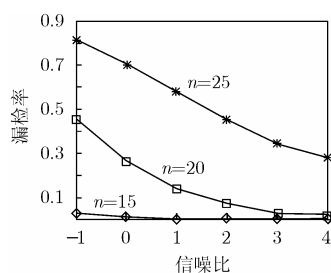


图 3 码长 1024bit, Tag 数目为 n 时单次漏检率

5 结束语

理论和试验均证明,采用码分复用技术,可以有效地实现射频识别的防碰撞要求,同时在抗干扰、保密性和抗多径等多种性能上比别的方法更具有优势。经过具体的数据仿真,本文提出的仿碰撞机制与传统的二进制搜索机制相比,更适应大量标签需要同时辨别的场合。本文对码分复用技术在射频识别防碰撞机制中的应用做了初步设计,与此相关的各种读写机制正在研究中。另一方面,采用相关解调实现的阅读器(Reader)具有一定的实现复杂度,其构建和实现机制正在实验和改进中。

参考文献

- [1] Border L A. RFID multiple access methods. http://www.vs.inf.ethz.ch/ccu/SS2004/DS/reports/06_rfid-mac_report.pdf.
- [2] EPCglobal Inc.EPC™. Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860 MHz-960 MHz Version 1.0.9. EPCglobal Inc.EPC™.2004.
- [3] Hu Jianyun, Li Qiang, and Min Hao. Application of slotted ALOHA to anti-collision of RFID system [J]. *Journal of Applied Sciences*, 2005, 23(5): 489-492.
- [4] 鞠伟成, 俞承芳. 一种基于动态二进制的 RFID 抗冲突算法 [J]. *复旦学报(自然科学版)*, 2005, 44(1): 46-50.
- [5] 余松森. 基于后退式索引的二进制树形搜索反碰撞算法及其实现 [J]. *计算机工程与应用*, 2004, 40(16): 26-28.
- [6] Final Draft International Standard ISO/IEC 14443-3. Identification card — Contactless integrated circuit cards — Proximity cards — Initialization and Anticollision[S]. 2000: 7-13.

王平: 男, 1977 年生, 博士后, 研究方向为射频识别和传感网络。

胡爱群: 男, 1964 年生, 教授, 博士生导师, 研究方向为无线通信信息安全理论与技术。

裴文江: 男, 1971 年生, 教授, 博士生导师, 研究方向为无线网络与信息安全、智能信息处理。