

RFID 技术和防碰撞算法

谢振华, 赖声礼, 陈 鹏

XIE Zhen-hua, LAI Sheng-li, CHEN Peng

华南理工大学 电信学院, 广州 510640

School of Electronic and Information Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China

E-mail: xiezhenhua05@163.com

XIE Zhen-hua, LAI Sheng-li, CHEN Peng. RFID technology and anti-collision algorithm. Computer Engineering and Applications, 2007, 43(6): 223-225.

Abstract: The RFID technology and the unavoidable collision problem are analyzed detailedly in this article. It brings forward a binary-tree searching anti-collision algorithm based on dynamic adjustment. Using this algorithm, the tags collision problem can be solved effectively. The advantage will be proved by the analysis of time and space complexity. The algorithm has important significance for the development and application of RFID.

Key words: RFID; anti-collision; tags collision; dynamic adjustment

摘 要: 论文详细介绍了 RFID 技术, 并针对 RFID 技术中不可避免的碰撞问题进行分析。提出一种动态调整二进制搜索树防碰撞算法, 可以有效解决 RFID 标签冲突问题。在时间复杂度和空间复杂度等方面比较验证其优越性。该算法对于 RFID 技术的发展和推广有重要意义。

关键词: RFID; 防碰撞; 标签冲突; 动态调整

文章编号: 1002-8331(2007)05-0223-03 文献标识码: A 中图分类号: TP301

1 引言

随着自动识别技术的发展, 射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术逐渐兴起, 对供应链管理、物流、生产控制和零售等领域产生重要影响, 并将成为未来自动识别技术的主流。RFID 技术是利用无线射频方式进行非接触双向通信, 以达到识别目的并交换数据。

RFID 系统主要由阅读器和标签(即射频卡)组成。阅读器通过天线发送能量并接收返回数据, 将接收到的数据传送给主机进行处理。当阅读器的射频场作用范围内存在多个标签, 并有两个或者以上的标签同时响应阅读器时将会产生冲突, 称为标签冲突。解决冲突的算法称为防碰撞算法。良好的防碰撞算法可以有效解决标签的冲突问题, 实现标签的快速、高效的读取。

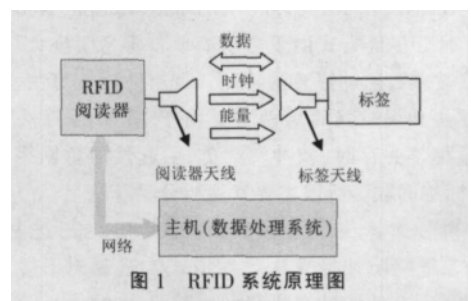
2 RFID 技术

RFID 技术在近几年才显出大规模发展的态势。种种迹象表明, RFID 正在加快商业化进程, 成为零售、物流业炙手可热的主流技术趋势, 而市场咨询公司 Forrester 更是将 RFID 列为未来 IT 业的四大发展趋势之一。

2.1 RFID 系统

RFID 的系统主要包括以下几个部分: (1) 射频卡: 载有目标物相关信息的 RFID 单元, 射频卡内存储了用于识别的唯一

的 ID 号; (2) RFID 单元间传输射频信号的天线; (3) 射频识别阅读器: 产生射频信号和接收从射频卡返回的射频 RF 调制信号并将其解码; (4) 主机: 控制阅读器通讯获取数据信息并作应用层的软件处理。其中, 射频卡与相应天线统称标签。收发天线和射频识别阅读器统称阅读器。具体的系统组成原理图如图 1。



标签按照能量供给方式, 可分为有源电子标签(active tags)和无源电子标签(passive tags)。通常, 有源电子标签需要专用电池来提供芯片工作的能量。而无源电子标签内不含电池, 其所需工作能量需要从阅读器发出的射频波束中获取能量, 经过整流、存储后提供电子标签所需的工作电压。

RFID 有两种常见的工作方式 RTF(Reader Talks First, 阅读器先发言)和 TTF(Tag Talks First, 标签先发言)。RTF 为: 阅读器首先发送指令, 标签收到指令后回复数据。而 TTF 为标签

基金项目: 广东省科技公关计划(the Key Technologies R&D Program of Guangdong Province, China under Grant No.2003C40406)。

作者简介: 谢振华(1984-), 硕士, 主要从事 RFID 阅读器和系统防碰撞研究; 赖声礼(1939-), 教授, 博士生导师, 主要研究领域为微波天线与射频识别系统; 陈鹏(1979-), 博士, 从事射频识别与嵌入式系统开发。

直接发送数据。

2.2 RFID 的国际标准

目前 RFID 技术还没有形成一个统一的国际标准。RFID 的标准化包括标识编码规范、操作协议及应用系统接口规范等多个部分的标准化。当前主要的 RFID 相关规范有欧美的 EPC (Electronic Product Code) 规范、日本的 UID (Ubiquitous ID) 规范和国际标准化组织 ISO 基于物品管理的射频识别标准 ISO 18000 系列规范。其中, 欧美的 EPC 标准和 ISO 18000 标准, 由于应用较广泛, 成为当前主流的 RFID 标准。

2.3 RFID 系统的冲撞问题

在很多应用场合, 阅读器要在很短时间内尽快识别多个标签。由于阅读器和标签通信共享无线信道, 阅读器和标签的信号可能发生冲突, 使阅读器不能正确识别标签, 即发生了碰撞 (collision)。因此, 需要一种防冲撞技术减少冲突达到快速准确识别多个标签的目的。由于 EPC 标准和 ISO 标准在 RFID 系统上主要采用无源标签和 RTF 的工作方式, 所以一般的防冲撞技术都基于无源标签和 RTF 方式。

RFID 系统中的冲撞分为标签冲撞和阅读器冲撞。标签冲撞是指多个标签同时响应阅读器的命令而发送信息, 引起信号冲突, 使读写器无法识别标签。阅读器冲撞指多个阅读器之间由于工作范围重叠, 导致信息读取失败所产生的冲突。由于整个阅读器系统一般是一个静止的体系, 只需在全球上合理分配时间和频率就可有效地克服阅读器碰撞问题。对于阅读器碰撞问题比较容易解决, 而标签碰撞问题却成为 RFID 系统发展的瓶颈。

3 RFID 防冲撞算法

由于 RFID 的冲撞问题主要是标签冲撞问题, 故以下针对 RFID 的标签防冲撞问题进行分析。对 RFID 冲撞问题的解决一般有 4 种方式: SDMA (Space Division Multiple Access), FDMA (Frequency Division Multiple Access), CDMA (Code Division Multiple Access), TDMA (Time Division Multiple Access)。其中, TDMA 时分多址方式由于应用简单, 容易实现大量标签的读写, 所以被多数防冲撞算法采用。现有防冲撞算法主要包括 ALOHA 算法和树分叉算法两种。由于 ALOHA 算法^[1]随机性大, 当大量标签并存时, 帧冲突严重, 引起性能急剧恶化, 不宜大规模标签读取。所以主要发展树分叉算法。

目前树分叉算法主要有 ISO18000-6B 的二进制搜索算法^[2]、动态二进制防冲撞算法^[3]、后退式二进制树形搜索算法^[4]等。ISO Type B 的防冲突机制利用随机产生的 0、1 信号达到二进制树形搜索的目的, 本质上仍然是基于概率的, 不适合大规模标签读写。动态二进制算法对发送指令长度进行了研究, 但未对多个标签的连续有序性读取进行分析。后退式二进制树形搜索算法: 碰撞发生时, 根据碰撞的最高位, 跳跃式向前搜索; 无碰撞时, 采取后退策略, 实现标签的有序读取。但其发送指令长度比较固定, 仍需进一步改善。本文提出动态调整二进制树形搜索算法, 保持标签读取的有序性, 并动态调整发送指令长度, 高效地利用信道。

3.1 动态调整二进制树形搜索法

本文用 Manchester 编码判别位碰撞, 保持后退式二进制树算法的后退机理, 提出动态调整二进制树形搜索的改进算法。

该算法能更快速、有效地对数据进行读写。动态调整二进制树形搜索法具有以下两个特点:

(1) 发送指令长度动态调整, 只发送位数高于或等于冲突位的指令位, 有效减少发送指令长度。

(2) 基于一位冲突直接识别, 当只检测到一位碰撞位时, 可直接识别出两个标签。

Manchester 编码与防冲撞

该编码用逻辑“1”表示发送数据由 1 到 0 的转变即下降沿跳变, 用逻辑“0”表示发送数据由 0 到 1 的转变即上升沿跳变。若无状态跳变, 视为非法数据, 作为错误被识别。当两个或多个标签同时返回的数位有不同之值时, 则上升沿和下降沿互相抵消, 以至无状态跳变, 阅读器可知该位出现碰撞, 产生了错误, 应进一步搜索。利用 Manchester 编码识别碰撞位示意图如图 2。假如有两个标签, 其 ID 号为 10011111 和 10111011, 利用 Manchester 可识别出 3 和 6 位碰撞。

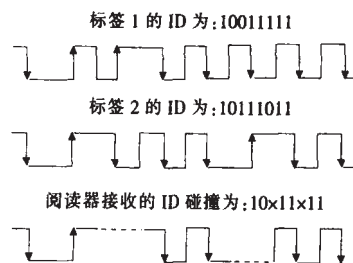


图 2 Manchester 按位识别碰撞位

防碰撞指令规则

Request (ID) — 请求指令。该 ID 长度小于或等于标签的 ID 长度。与 Request (ID) 携带的 ID 值匹配的标签回送其 ID 值给阅读器。如 Request (10) 表示 ID 开始两位为 10 的所有标签应答。并规定发送指令 Request (1) 后射频场内所有非“静默”状态下的标签都应答。

Select (ID) — 选择指令。与 Select 携带相同 ID 值的标签被激活。

Read-Write — 读写指令。对被 Select 指令激活的标签进行读写操作。

Quiet (ID) — 静默指令。对匹配标签进行静默操作, 使其不对阅读器的任何指令作出反应。当标签离开阅读器的作用范围 (等于没有供应电压) 后复位。

算法要点和实现

算法要点:

首先, 阅读器发送 Request (1) 命令, 要求区域内所有标签应答。

检测是否有 1 位碰撞位发生。当无碰撞或只有 1 位碰撞位时, 直接识别标签。若有多位碰撞发生时, 将碰撞的最高位置 0, 高于该位的数值位不变, 低于该位的数值位忽略, 得到下一次 Request 命令所需的 ID 参数。直到识别出两个标签。

(3) 识别标签后, 判断刚才发送的指令是否为 Request (1), 若为 Request (1) 则发送结束, 否则下一次 Request 命令所需的 ID 参数, 采用后退策略, 由其相邻的上次发送指令确定。

算法实现:

假设 ID (电子产品代码) 为 8 位, 阅读器作用范围内有 4 个标签:

TAG	ID
1	11001011
2	11001001
3	11010100
4	11011100

开始, 阅读器对区域内标签处于未知状态, 所以发送 Request(1) 命令, 要求区域内所有的标签应答。详细执行过程如下:

第 1 次, 阅读器发送 Request(1) 命令; TAG1、2、3、4 应答; 阅读器根据 Manchester 编码原理, 可解码得数据 110xxxx, D4 到 D0 位发生碰撞。碰撞的最高位为 D4 位。算法作以下的处理: 将 D4 置 0; 高于 D4 位的数位不变, 即 D7D6D5=110; 低于 D4 位的数位全部忽略。可得下一次 Request 命令所需的 ID 参数为: 1100。

第 2 次, 阅读器发送 Request(1100) 命令; 标签 ID 前 4 位与 1100 匹配的标签应答, 即 TAG1、2 应答; 同理阅读器可解码得 ID 数据为: 110010x1。因为只有一个碰撞位, 阅读器可以直接识别出存在 ID 为 11001001 和 ID 为 11001011 的两个标签。此时, 可对标签进行 Select 选择, 和 Read-Write 读写操作。最后分别执行 Quiet 指令, 屏蔽掉两个标签, 使它们都处于“静默”状态。算法采用后退策略, 从相邻的上次发送指令(此时为第 1 次指令)获得下一次 Request 命令为: Request(1)。

第 3 次, 阅读器发送 Request(1) 命令; TAG3、4 应答; 同理阅读器可解码得 ID 数据为: 1101x100。也只有一个碰撞位, 阅读器可以直接识别出存在 ID 为 11010100 和 11011100。同样分别执行 Quiet 指令, 屏蔽掉这两个标签, 使它们都处于“静默”状态。因此时判断出执行的指令为 Request(1) 全返回指令, 而只有两个标签应答, 所以可知所有的标签都识别完毕。发送过程如表 1 所示。

表 1 动态调整算法发送过程表

指令	第 1 次发送	第 2 次发送	第 3 次发送
Request	1	1100	1
TAG1	11001011	11001011	(静默)
TAG2	11001001	11001001	(静默)
TAG3	11010100	(不应答)	11010100
TAG4	11011100	(不应答)	11011100
接收解码	110xxxxx	识别 11001011	识别 11010100 11001001 11011100

同样的 4 个标签, 用后退式二进制树算法的详细执行过程如表 2。规定 Request(ID) 为标签把自己的 ID 号与 Request 指令携带 ID 值比较, 若小于或等于, 则此标签回送其 ID 给阅读器。

表 2 后退式算法发送过程表

指令发送	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次
Request	11111111	11001111	11001001	11001111	11111111	11010111	11111111
TAG1	11001011	11001011	(不应答)	11001011	(静默)	(静默)	(静默)
TAG2	11001001	11001001	11001001	(静默)	(静默)	(静默)	(静默)
TAG3	11010100	(不应答)	(不应答)	(不应答)	11010100	11010100	(静默)
TAG4	11011100	(不应答)	(不应答)	(不应答)	11011100	(不应答)	11011100
接收解码	110xxxxx	110010x1	识别	识别	1101x100	识别	识别
			11001001	11001011		11010100	11011100

从表 1 和表 2 对比可知, 识别同样的 4 个标签动态调整算法只需发送 3 次查询指令, 8 位 ID 的平均查询指令发送长度为 2; 而用后退式二进制树形算法为 7 次指令, 平均指令发送

长度为 8。

由此可见, 动态调整二进制树形搜索算法比后退式二进制树形算法有明显的改进, 能更高效、快速进行标签读写。

3.2 算法的复杂度分析

(1) 时间复杂度分析。

后退式二进制算法^[4]阅读器识别 N 个标签的查询次数为:

$$S(N)=2N-1 \quad (1)$$

系统的有效服务率即吞吐率为:

$$K=N/S(N)=0.5 \quad (2)$$

以下对比动态调整算法和后退式算法的复杂度:

一般性分析: 由于动态调整二进制树形搜索算法是基于后退式二进制树形算法, 在最不理想的情况下, 也可以保持 N 个标签的查询次数为 $S(N)=2N-1$ 。

当射频场中发生碰撞的标签数量 N 较大时, 识别出 1 位碰撞的几率较大。设在整个识别过程中探测到 M 次只有 1 个碰撞位, 通过动态调整二进制树形算法的直接识别相当于减少了二进制搜索树的 M 个叶子结点(图 3 所示), 此时只需查询指令发送次数为:

$$S(N)=2^*(N-M)-1 \quad (3)$$

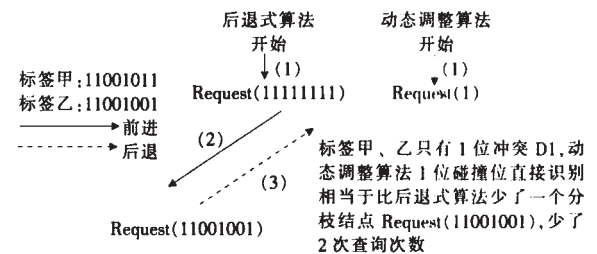


图 3 1 位碰撞直接识别演示图

特别地, 当 2^N 个标签第一次发送 Request(1) 识别指令只探测出 N 个碰撞位时, 可知识别过程中将出现连续的 1 位碰撞, 此时:

$$M=\frac{2^N}{2}=2^{N-1} \quad (4)$$

阅读器识别 2^N 个标签的查询次数为:

$$S(2^N)=2^*(2^N-2^{N-1})-1=2^N-1 \quad (5)$$

系统的有效服务率即吞吐率为:

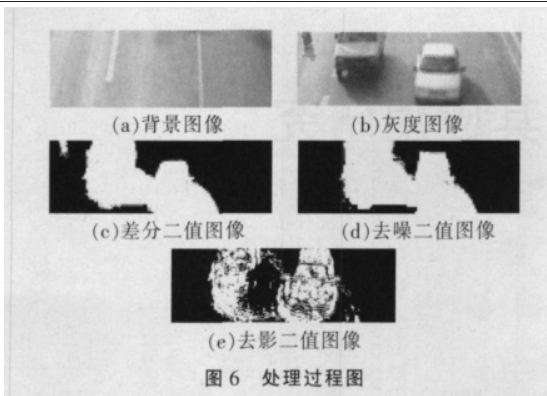
$$K=\frac{2^N}{S(2^N)}=\frac{2^N}{2^N-1}=1 \quad (6)$$

对比后退式二进制树形搜索算法需要发送次数 $S(2^N)=2^{N+1}-1$ 查询指令, 而系统吞吐率为 $K=0.5$ 。可见, 当发生大规模标签碰撞时, 标签 ID 号比较连续, 探测到 1 位碰撞几率比较大, 容易识别到连续的 1 位碰撞, 此时识别过程中动态调整算法的时间复杂度将比后退式算法以倍数级递减。

(2) 空间复杂度分析

特别地, 当识别标签所发查询指令 Request(ID) 的碰撞位服从左右对称分布时, L 位 ID, 用动态调整算法发送的平均查询指令长度为 L/2, 与后退式算法固定的 L 位长度相比, 节省了 50% 的查询信息量。一般情况下, 当射频场碰撞标签的数量比较大时, 可以满足碰撞位发生在 ID 左半部分和右半部分的概率基本一致, 此时应用动态调整算法可以有效减小发送信息量, 提高发送速率。

(下转 239 页)



目。假设车辆平均长度和检测区域对应图像上的宽度都为 3 m, 当车速小于等于 80 km/h 时, 汽车通过检测区域的最短时间为 0.3 s, 当处理帧率达到 10 帧/s 时, 同一车辆通过检测区域时至少可以采集到 3 帧图像, 因此如果车辆区域中心有 3 次以上匹配就可以认为有车通过。如果车速超过 80 km/h, 车辆通过检测区域时采集到的图像帧数将小于 3 帧, 此时会产生漏计数现象。车辆通过处理区域期间采集到的图像越少越容易产生计数误差。

在现场实时计数调试的基础上, 选取了有代表性的 10 min 视频图像进行了具体分析。该段视频图像包括了少车、多车并行、前后连接紧密、有自行车和行人干扰、不同车型、不同车辆颜色等多种情况。在该段视频图像中, 实际通过车辆为 220 辆, 测量输出数目为 213 辆, 正确率达到 97%, 平均处理速率为 15 帧/s, 符合实时计数要求。产生计数误差的原因是, 由于大型车辆经过时, 引起了相机震动, 造成图像混乱。因此, 在实际应用时, 应该增加摄像头的抗震能力, 同时需要进一步提高算法的鲁棒性。

4 总结

本研究提出了一种车流量的计算方法, 首先利用先确定背

景取值范围后精确计算的方法进行道路背景提取, 此后利用逐一替代背景候补图像的方法进行背景更新, 用背景差分法提取出车辆的形状和位置信息, 并利用车影的灰度特征来去除车影, 然后根据汽车自身的纹理特性, 对多车道上的汽车进行区分, 以提高计数准确率, 最后使用前后帧车辆中心连续匹配的方法来确定车辆数目。对上述算法, 在实际道路环境中进行了实验验证, 结果表明该算法不但能适应背景变化的环境, 车辆计数也达到了 97% 的准确率。(收稿日期: 2006 年 6 月)

参考文献:

- [1] 严宝杰. 交通调查与分析[M]. 北京: 人民交通出版社, 1997.
- [2] SRF Consulting Group, Inc. Portable traffic management system smart work zone application operational test evaluation report, SRF No. 0942089.7/11[R]. 1997.
- [3] Hourdakakis J, Michalopoulos P, Morris T, et al. Advanced portable wireless measurement and observation station[R]. Minnesota: Intelligent Transportation Systems Institute University of Minnesota, 2005.
- [4] 王琳, 冯海军, 卢朝阳. 一种基于聚类分析的实时交通流量监测系统[J]. 电视技术, 2004, 1: 82-84.
- [5] Mikic I, Cosman P C, Kogut G T, et al. Moving shadow and object detection in traffic scenes [C]//Proceedings 15th International Conference on Pattern Recognition, 2000, 1: 321-324.
- [6] Cucchiara R, Costantino G, Massimo P, et al. Improving shadow suppression in moving object detection with HSV color information [C]//Proceedings IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC2001), Oakland, CA, USA, 2001, 8: 334-339.
- [7] 张懿慧, 徐晓夏, 陈泉林. 基于阴影抑制和自适应背景更新的车辆检测系统[J]. 上海大学学报: 自然科学版, 2005, 11(5): 465-471.

(上接 193 页)

参考文献:

- [1] Feldkamp L A, Davis L C, Kress J W. Paractical cone-beam algorithm[J]. J Opt Soc Am, 1984, 1(A): 612-619.
- [2] Wang G, Lin T H, Cheng P C, et al. A general cone-beam reconstruction algorithm[J]. IEEE Trans Med Imag, 1993, 12: 486-496.
- [3] Wang B, Liu H, Wang G. Generalized feldkamp image reconstruction from equiangular cone-beam projection data[C]//Proceedings 13th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems, 2000: 123-128.
- [4] Kudo H, Satio T. Helical-scan computed tomography using cone-beam projections[C]//Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, IEEE, 1991, 3: 1958-1962.

(上接 225 页)

4 结论

本文详细分析了 RFID 技术并改进了后退式二进制树形搜索算法, 提出动态调整二进制树形搜索算法, 保持标签读取的有序性、动态调整指令发送长度和一位冲突 ID 直接识别, 有效减少识别时间和发送指令长度, 高效地利用了信道。解决约束 RFID 系统快速读取的瓶颈, 提高商品实时数据的采集, 使商品的采购、仓储、配送过程更加便捷, 对商业应用中大批量物品的识别和管理具有重要意义。(收稿日期: 2006 年 6 月)

- [5] Izumi S, Kamata S, Satoh K, et al. High energy X-ray computed tomography for industrial applications[J]. IEEE Trans Nucl, 1993, 40(2): 158-161.
- [6] Miyai H, Kawasaki S, Kitaguchi H, et al. Response of silicon detector for high energy X-ray computed tomography[J]. IEEE Trans Nucl, 1994, 41(4): 999-1003.
- [7] Satoh K, Miyai H, Izumi S. Correction of cross-talk noise in high energy X-ray computed tomography[J]. IEEE, 1995.
- [8] 周日峰, 张平, 张泽宏. 高能 X 射线探测器射线串扰模拟研究[J]. 核技术, 2005, 28(12): 937-939.
- [9] 吴沐新, 钱永庚, 王经瑾. 用 Monte Carlo 方法模拟设计工业 CT 探测器[J]. 核电子学与探测技术, 1999, 16(5): 340-344.
- [10] 李玉兰, 李元景, 王少锋, 等. 高能 X 射线成像系统固体探测器模块的设计[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2003, 43(12): 1594-1596.

参考文献:

- [1] 吴春华, 陈军. 动态 ALOHA 法在解决 RFID 反碰撞问题中的应用[J]. 电子器件, 2003, 26: 173-176.
- [2] ISO/IEC 18000-6, ISO/IEC JTC 1/SC31/WG 4 N652R 国际标准组织发布协议草案[S], 2003-02.
- [3] 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, 2005(2): 46-50.
- [4] 余松森, 詹宜巨, 彭卫东, 等. 基于后退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.