

# 基于 BIBD(4,2,1)的 RFID 防碰撞算法

李世煜, 冯全源, 鲁 飞

(西南交通大学微电子研究所, 成都 610031)

**摘 要:** 标签防碰撞技术是射频识别系统的关键技术之一, 它决定着标签的读取速率和正确率。以二进制搜索算法和平衡不完全区组设计 BIBD(4,2,1)为基础, 提出一种新型确定性 RFID 标签防碰撞算法。将标签分节, 每节只包含 BIBD(4,2,1)的子集, 通过逐节识读达到快速识别的目的。数学分析和仿真结果表明, 该算法识别速度优于二进制算法和动态二进制算法, 可达到二进制算法的 6 倍以上, 适用于标签数量多、UID 长度较长的识别环境。

**关键词:** 射频识别; 防碰撞; 确定性算法; 标签碰撞

## Anti-collision Algorithm Based on BIBD(4,2,1) in RFID System

LI Shi-yu, FENG Quan-yuan, LU Fei

(Microelectronic Technology Lab, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031)

**【Abstract】** Tag anti-collision is a significant issue in Radio Frequency Identification(RFID) system design, which determines the identification speed. Thus a novel anti-collision algorithm based on binary tree searching algorithms and BIBD(4,2,1) is proposed to solve this problem. Tag is divided into several sections, which only contain special sequences. Reader can efficiently get every UID by identifying sections one by one. Mathematics analysis and simulation results show that the algorithm presented improves the identification speed and outperforms the existing ones. It especially fits the identification conditions which contain more tags or tags with long UID.

**【Key words】** Radio Frequency Identification(RFID); anti-collision; deterministic algorithm; tag-collision

### 1 RFID 及防碰撞算法

无线射频识别技术(Radio Frequency Identification, RFID)是一种非接触数据自动采集技术, 它以空间电磁波为传输媒介从而达到双向通信、自动识别的目的。RFID 具有明显的优点: 可工作于各种恶劣环境; 可识别高速运动物体并可同时识别多个标签; 无需瞄准读取, 更适合与各种自动化的处理设备配合使用; 操作快捷方便无须人工干预; 识别高速准确、实时批量; 成本低、寿命长。因此, RFID 技术是目前发展最为迅速、潜力最大的新兴技术之一, 被称为第三代识别技术。

RFID 主要由 3 部分组成: 阅读器, 标签, 主机处理系统。标签具有全球唯一标识号码(UID), 当标签进入阅读器天线电磁场后, 阅读器通过无线方式与标签双向通信, 实现对标签的数据采集。对于无源标签, 阅读器的电磁场还负责提供标签工作能量。阅读器通过接口与主机处理系统连接, RFID 系统利用主机、服务器、局域网、互联网等网络设施实现数据处理、资源共享及其他应用<sup>[1]</sup>。

当多个标签进入阅读器的识读范围、同时向阅读器发起通信请求, 就会产生信道碰撞, 导致无法进行有效快速的 ID 识别。因此, 如何合理地安排信道资源, 防止标签碰撞冲突成为 RFID 的重要研究领域。

在无线通信中, 常采用空分多址(SDMA)、频分多址(FDMA)、码分多址(CDMA)、时分多址(TDMA)技术来解决碰撞问题、提高信道利用率。考虑成本和技术复杂度, RFID 系统多采用时域法解决标签冲突问题<sup>[2]</sup>。RFID 防碰撞算法一般分为概率性算法, 如 ALOHA 算法、Slotted-ALOHA 算法; 确定性算法, 如二进制搜索算法、动态二进制搜索算法<sup>[3]</sup>。

本文提出的算法为基于 BIBD(4,2,1)的确定性搜索算法。

### 2 基于 BIBD(4,2,1)的确定性防碰撞算法设计

#### 2.1 Manchester 编码

本算法采用 Manchester 编码实现信号碰撞检测。简而言之, Manchester 编码就是用 01 表示 NRZ 中的 0 码, 用 10 表示 NRZ 中的 1 码。碰撞检测能力是以增加码位、降低传码率的方式实现。如 NRZ 码 0011, 0101, 转换成 Manchester 码为 01011010, 01100110, 合并发送后为 01111110。由于 Manchester 码中没有 00, 11 的码元, 因此检测结果为 0xx1, 即中间 2 位发生碰撞。

#### 2.2 确定性搜索算法

##### 2.2.1 二进制搜索算法

二进制搜索算法, 包含如下 4 个命令:

(1)请求命令 REQUEST(SNR): 阅读器发送此命令后, ID ≤ SNR 的标签回发自身 ID 至阅读器。

(2)选择命令 SELECT(SNR): 阅读器激活 ID 为 SNR 的标签, 以便进行后续操作。

(3)操作命令 OPERATION(SNR): 即 READ-WRITE 命令, 阅读器对标签的读写操作。

(4)去活操作 UNSELECT(SNR): 即 QUIET 命令, 使被选标签去活, 进入静默状态, 不再响应阅读器的指令。

利用 Manchester 编码及上述 4 个命令, 二进制搜索算法描述如下:

(1)初始设置: SNR 为长为  $n$  的全 1 序列,  $n$  为标签 ID

**作者简介:** 李世煜(1975—), 男, 硕士研究生, 主研方向: RFID; 冯全源, 教授、博士、博士生导师; 鲁 飞, 硕士研究生

**收稿日期:** 2008-06-13 **E-mail:** swjtu\_lishiyu@163.com

长度。

(2)阅读器发送 REQUEST(SNR),  $ID \leq SNR$  的标签回送自身 ID。

(3)阅读器判断是否有碰撞发生。如无,跳至(4);如有,将收到的序列首位冲突位赋“0”,其他冲突位赋“1”,并将此序列作为 SNR 的新值,跳至(2)。

(4)阅读器通过 SELECT(SNR), OPERATION(SNR), UNSELECT(SNR)命令对已识别出的标签进行选择、读写、静默操作。跳至(1),开始新一轮循环。

(5)当阅读器发送全 1 序列的 REQUEST 命令后,无任何标签响应时,标签识别过程结束。

### 2.2.2 动态二进制搜索算法

在二进制搜索算法中,每次阅读器发送的 SNR 及标签回送的 ID 长度均为  $n$ ,假设 2 个标签 0010 和 0111 回送的序列为  $0x1x$ ,则阅读器发送 REQUEST(0011),标签回送 0010。经分析可知阅读器发送序列 0011 中的第 4 位:“1”(序列由高位至低位分别为第 1、第 2、...、第  $n$  位)和标签回送的第 1~第 3 位:“001”均不含有信息量,故可以省略。动态二进制搜索算法即是据此改进的二进制搜索算法。

首次的 SNR 为长为  $n$  的全 1 序列;收到标签返回 ID 序列后,SNR 被赋值为返回序列的前  $x$  位, $x$  为高位首位冲突位,此冲突位的值置 0,标签收到 REQUEST(SNR)后,如本身 ID 前  $x$  位  $\leq SNR$ ,则返回 ID 的  $x+1$  至  $n$  位的序列内容。

### 2.3 BIBD(4,2,1)

平衡不完全区组设计(Balance Incomplete Block Design, BIBD)(4,2,1)具有<sup>[2]</sup>  $N = 1 \times (4 \times (4-1)) \div (2 \times (2-1)) = 6$  个子集,分别为 0011, 0101, 0110, 1001, 1010, 1100。

### 2.4 基于 BIBD(4,2,1)的确定性防碰撞算法设计

在本文算法中,设计标签 ID 由 BIBD(4,2,1)子集构成。即标签 ID 按 4 bit 进行分节,每节 4 bit 满足 BIBD(4,2,1)的子集要求。如果标签 ID 长度为 64 bit,则系统包含标签最大数为  $6^{16}$  个。

本算法也包含二进制算法中的 4 个命令,根据 Manchester 码特性,由于不可能出现 00, 11 编码,因此利用 REQUEST(11)代替二进制 REQUEST( $n$  全 1 序列)命令,节省传送时间。

阅读器按节进行查询(4 bit),标签中增加位置计数器 TC。具体过程如下:

(1)初始设置:  $SNR=11$ 。

(2)阅读器发送 REQUEST(SNR):

$SNR=11$  时,所有标签返回首节 4 bit,  $TC=5$ ;

$SNR \neq 11$  时,标签当前节(TC 指示标签当前节第 1 bit 位置)  $\leq SNR$  的标签回送标签下一节 4 bit 内容且  $TC=TC+4$ ,否则标签不再响应本轮后续阅读器命令。

(3)阅读器判断是否有碰撞发生。如无,  $SNR$ =标签返回的内容;如有,根据冲突情况,将最小子集赋予 SNR。跳至(2)继续向下搜索。

(4)REQUEST(SNR)执行到倒数第 2 节时,根据返回的最后一节内容:无冲突、有 2 位冲突、有 3 位冲突时即可判断出本轮查询得到的标签结果,跳至(5);有 4 位冲突则进行循环识别即可。

(5)阅读器通过 SELECT(SNR), OPERATION(SNR), UNSELECT(SNR)命令对已识别出的标签进行选择、读写、静默操作。跳至(1),开始新一轮循环。

(6)当阅读器发送 REQUEST(11)命令后,无任何标签响应

时,标签识别过程结束。

根据 BIBD(4,2,1)的特点,可以由碰撞情况,得到存在的子集:(1)当冲突 2 位:非碰撞位不变,碰撞位从高到低分别为 01 和 10;可识别出所有 2 个子集。(2)当冲突 3 位:非碰撞位不变,未冲突位为 0 时碰撞位从高到低分别为 011, 101, 110;未冲突位为 1 时碰撞位从高到低分别为 001, 010, 100。可识别出所有 3 个子集。(3)当冲突 4 位:进行循环识别,可识别出 2~6 个子集。

## 3 性能分析

### 3.1 数学分析

在不计命令时间、前后缀开销及校验冗余等情况下各算法数学分析如下:

若有  $N$  个标签在阅读器识读范围内,二进制算法查询出一个标签的平均概率次数为  $L(N)$ ,则  $L(N) = 1bN + 1$ 。

每标签查询时间为  $t_1 = L(N) \times n \times 2 \div b$ 。其中, $n$  为标签长度; $b$  为传输比特率。动态二进制算法每次查询的 SNR 为二进制算法的一半,其识别速度比二进制算法约快一倍。

基于 BIBD(4,2,1)的确定性算法每标签的最大查询时间是固定的:  $t_2 = (n \div 4 - 1) \times 4 \times 2 \div b$ 。

由以上分析可见,本文算法随  $N$  的增大,查询时间线性增加,增加时间固定为  $t_2$ ;二进制算法随着  $N$  的增大,查询次数和时间呈级数增长,增加时间为  $t_1$ ,即使在其最优的情况  $N=1$  时,本算法也明显优于二进制算法。

### 3.2 仿真结果

参考 ISO18000-6 标准,不计控制、前后缀等开销,分 2 种环境进行计算机仿真。

仿真环境 1: 标签 UID 长度固定: 16 bit; 标签数量变化: 20 个~300 个,间隔 20; 比特率: 40 Kb/s; 30 次仿真取均值; 仿真结果如图 1、表 1 所示。

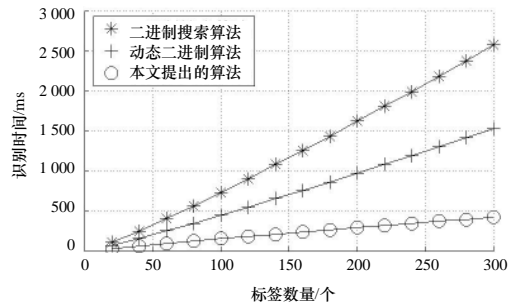


图 1 不同标签数量的识别时间仿真结果

表 1 不同算法识别时间效率对照表 倍

标签数量	算法名称		
	二进制算法	动态二进制算法	本文算法
20	1	0.655	0.297
40	1	0.632	0.257
60	1	0.621	0.232
80	1	0.616	0.222
100	1	0.611	0.214
120	1	0.608	0.202
140	1	0.604	0.193
160	1	0.603	0.192
180	1	0.601	0.185
200	1	0.599	0.180
220	1	0.598	0.175
240	1	0.597	0.173
260	1	0.596	0.170
280	1	0.595	0.166
300	1	0.594	0.165

仿真环境 2: 标签数量固定 250 个; 标签 UID 长度变化: 16 bit~64 bit, 间隔 8 bit; 比特率: 40 Kb/s; 30 次仿真取均

值；仿真结果如图 2 所示。

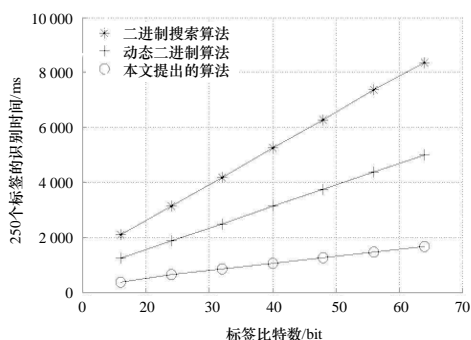


图 2 不同 UID 长度的 250 个标签识别时间仿真结果

由仿真结果可见：本算法在识别效率上明显优于二进制、动态二进制算法，其算法效率约为二进制算法的 6 倍。

#### 4 结束语

基于 BIBD(4,2,1)的确定性防碰撞算法性能优于二进制、动态二进制算法，尤其适合于标签数量多、UID 长度较长的识别环境。此外由 BIBD(4,2,1)的特性：传输中每节不存在

1 位冲突、不存在 00, 11 的编码情况，可据此进行纠错控制、简化控制命令。由于按照 4 bit 每节向下查询，可引入“后退机制”，以进一步提高算法效率。

#### 参考文献

- [1] Liang Biao, Hu Aiqun, Qin Zhongyuan. Trends and Brief Comments on Anti-collision Techniques in Radio Frequency Identification System[C]//Proc. of the 6th International Conference on ITS Telecommunications. [S. l.]: IEEE Press, 2006: 241-245.
- [2] Liu Leian, Xie Zhenhua, Xi Jingtian, et al. An Improved Anti-collision Algorithm in RFID System[C]//Proc. of the 2nd International Conference on Mobile Technology, Applications and Systems. [S. l.]: IEEE Press, 2005: 15-17.
- [3] Seol Jae-Min, Kim Seong-Whan. Collision-resilient Multi-state Query Tree Protocol for Fast RFID Tag Identification[C]//Proc. of International Conference on Computational Intelligence and Security. Guangzhou, China: [s. n.], 2006: 1159-1162.

(上接第 265 页)

#### 参考文献

- [1] Tang C K, Medioni G. Extremal Feature Extraction from 3-D and Noisy Scalar Fields[C]//Proceedings of IEEE Visualization. [S. l.]: IEEE Press, 1998-10.
- [2] 李磊, 李凤岐, 苏洁, 等. 1998 年夏、冬季南海水团分析[J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(4): 393-401.
- [3] Milnor J. Morse Theory[M]. [S. l.]: Princeton University Press, 1963.
- [4] 管倩倩. 基于拓扑分析的海洋特征结构的提取研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2006.
- [5] Edelsbrunner H, Harer J, Natarajan V, et al. Morse-Smale Complexes for Piecewise Linear 3-manifolds[C]//Proc. of the 19th Ann. Sympos. on Comput. Geom. [S. l.]: IEEE Press, 2004.
- [6] Gyulassy A, Natarajan V, Pascucci V, et al. A Topological Approach to Simplification of Three-dimensional Scalar Functions[C]//Proceedings of IEEE VIS'06. [S. l.]: IEEE Press, 2006.
- [7] Floriani L D, Mesmoudi M M, Danovaro E. A Smale-like Decomposition for Discrete Scalar Fields[C]//Proceedings of ICPR'02. [S. l.]: IEEE Press, 2002.

(上接第 278 页)

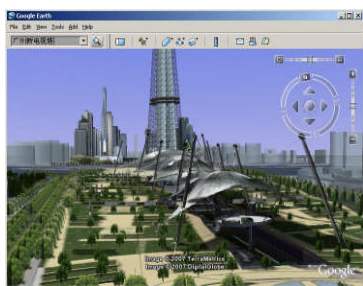


图 4 Google Earth 3D 场景

#### 4 结束语

使用 Google Earth 技术进行旅游景点场景展示，可以把网页、卫星影像图片、全景图虚拟场景、3D 虚拟场景等各种数据整合在一起，是一种有效且灵活的场景展示方法。

#### 参考文献

- [1] 刘晓波, 张琴舜. 一个基于 MultiGen/Vega 的虚拟场景漫游系统[J]. 计算机应用, 2002, 22(12): 85-86.
- [2] Zara J, Benes B. Virtual Campeche: A Web Based Virtual Three-dimensional Tour[C]//Proceedings of the 5th Mexican International Conference on Computer Science. Los Alamitos, USA: IEEE Comput. Soc., 2004.
- [3] Hernandez L A, Javier T. Immersive Video for Virtual Tourism[C]//Proceedings of SPIE'01. Orlando, USA: [s. n.], 2001: 63-73.
- [4] Wong K. Around the World: Google Introduces 3D Geography for Everyone[J]. Cadalyst, 2005, 22(9): 16-17.
- [5] Google Co. Ltd.. KML 2.1 Reference[R/OL]. (2007-10-02). [http://code.google.com/apis/kml/documentation/kml\\_tags\\_21.html](http://code.google.com/apis/kml/documentation/kml_tags_21.html).