

文章编号:1001-9081(2012)11-3089-03

doi:10.3724/SP.J.1087.2012.03089

改进的基于堆栈存储的二进制搜索算法

袁正午, 段莉丹*

(重庆邮电大学 计算机科学与技术学院, 重庆 400065)

(*通信作者电子邮箱 403425190@qq.com)

摘要:针对无线射频识别(RFID)系统中的标签防碰撞问题,详细分析典型的二进制算法、动态二进制算法及后退式二进制算法的原理,同时考虑识别次数和传输位数这两方面的性能,提出了一种快速高效的防碰撞算法。通过对标签进行预处理以及在阅读器中设置堆栈,有效地减少碰撞算法中的识别次数和传输冗余信息。仿真结果表明该算法在次数效率和位数效率性能上有较大的提高。

关键词:无线射频识别系统; 标签; 防碰撞; 二进制算法; 堆栈

中图分类号: TP301.6 **文献标志码:**A

Enhanced binary search algorithm based on stack storage

YUAN Zheng-wu, DUAN Li-dan*

(College of Computer Science and Technology, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract: In the RFID system, the tags collision resulting from the data transaction between several tags and the reader at the same time is unavoidable. Focusing on the tags collision problem of the RFID system, analyzing the theories of binary, dynamic binary and retrusive binary algorithm, and considering the identifying times and the bits of transmitting data together, an improved algorithm which effectively reduced the times of identification and transmission of redundant information via preprocessing the tags' ID and setting the stack on reader was presented. The simulation results indicate that this algorithm can obtain a better performance in terms of times-efficiency and bits-efficiency.

Key words: Radio Frequency Identification (RFID) system; tag; anti-collision; binary algorithm; stack

0 引言

射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术是一种非接触式自动识别技术。RFID系统通常由阅读器和电子标签两部分组成:阅读器是一种具有只读或读写功能的装置;电子标签则作为数据载体,放在被识别的物体处^[1]。当有两个或两个以上的电子标签同时在同一个阅读器的作用范围内向阅读器发送数据时信号就会出现干扰^[2],这时阅读器不能正确识别电子标签的信息,RFID电子标签发生碰撞。

防碰撞问题主要研究解决如何快速和准确地从多个标签中识别出一个标签与阅读器进行数据交流,而其他的标签同样可以从接下来的防碰撞循环中被识别并与阅读器进行通信^[3]。目前,RFID的防碰撞算法有很多,国际上广泛应用的防碰撞算法主要是基于时分多址(Time Division Multiple Access, TDMA)的概率性算法和确定性算法两大类^[4-5]。概率性算法主要是ALOHA算法^[6],确定性算法主要是二进制树搜索算法^[7]。ALOHA算法标签设计简单,成本和功耗较低,但是存在错判和误判的问题。二进制算法识别率较高,错判、误判率低,但是延迟较大。本文在二进制搜索算法的基础上,提出一种改进的算法,在一定程度上提高了RFID系统的识别效率,实现了标签快速、高效的读取。

1 二进制搜索算法

1.1 基本二进制搜索算法的原理

二进制搜索算法采用比特冲突监测协议作为防碰撞方

案,要求阅读器能够准确识别标签发生碰撞的比特位,因此,在该算法中通常采用曼彻斯特(Manchester)编码^[8],这种编码用半个周期的正负跳变来表示0和1,能准确确定碰撞位。

假设有2个编码为8位的电子标签,利用曼彻斯特编码识别碰撞位的原理如图1所示。

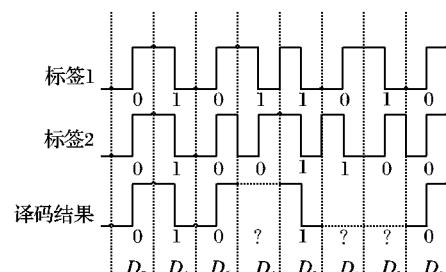


图1 曼彻斯特编码碰撞位识别图

由图1知,阅读器识别出的碰撞位为D₁,D₂,D₄位。二进制搜索算法基本原理是通过阅读器发送一个特殊的请求命令给所有的标签,接收到该命令的标签将自己的序列号与该请求命令相比较,如果符合要求(标签序列号小于或等于阅读器发送值),则将自己的标签信息返回给阅读器,阅读器通过判断所获得的标签信息冲突与否来决定下一步是识别某个标签还是继续发送请求命令^[8]。

二进制搜索算法中阅读器发送的命令通常有以下四种^[1]:

- 1) REQUEST(ID): 请求命令;
- 2) SELECT(ID): 选择命令;
- 3) READ-DATA: 读数据命令;

收稿日期:2012-05-16;修回日期:2012-06-19。

基金项目:重庆市教委2011年科学技术研究项目(KJ110514);重庆邮电大学计算机学院“云计算”专项(JK-Y-2010001)。

作者简介:袁正午(1968-),男,湖南益阳人,教授,博士,CCF会员,主要研究方向:LBS、移动定位、射线跟踪、GIS系统集成;段莉丹(1988-),女,河南安阳人,硕士研究生,主要研究方向:RFID、空间定位、射线跟踪。

4) UNSELECT: 去活命令。

因此,基本的二进制搜索算法有 3 个关键要素^[2]:1)选用合适的编码方法(易于准确识别碰撞位);2)标识每个标签的序列号 ID 必须满足唯一性;3)采用固定的指令序列。

1.2 已有的改进算法

1.2.1 动态二进制搜索算法

在动态二进制搜索算法的识别过程^[9]中,阅读器每一次指令发送只需要发送指令码的前段数据, ID 号的前段数据与该指令码相符的标签则对应返回其 ID 号的后段数据^[10]。这样阅读器每次发送的指令位数减少很多,大大提高了发送效率。

1.2.2 后退式二进制搜索算法

基本的二进制搜索算法每识别出一个标签就要重新返回第一步发送指令,执行了许多重复的操作,基于此提出了后退式二进制搜索算法^[11]。该算法对传输次数做了改进,通过保留以往的传输指令,使阅读器在识别出一个标签后不需要再从初始的最大标签 ID 号开始发送,这样使得读写次数大大降低,缩短了搜索时间,提高了标签识别效率。

2 改进的二进制搜索算法

动态二进制搜索算法与后退式二进制搜索算法虽然很大程度上提高了 RFID 系统中标签的识别效率,但这两种算法都是在基本的二进制搜索算法的基础上进行了单方面的改进,仍存在许多可改进的方面。为此,本文提出了一种更有效的改进算法,即在保证数据冗余位较少的同时减少阅读器搜索次数。

2.1 算法命令

为了充分利用已得到的碰撞信息,减少搜索时间,本算法为阅读器工作范围内的标签设定了三种状态,分别为待命态、休眠态和无声态。

本算法在原有的二进制搜索算法命令的基础上增加了 REQUEST(x, m)、SELECT(x, m)、PUSH 和 POP 四个命令。新增的算法命令如下。

1) REQUEST(x, m): 请求命令。该命令参数中 x 表示 1 比特的二进制数(1 或 0), m 表示标签发生碰撞时阅读器检测到的最高碰撞位。当阅读器发送该请求命令给其作用范围内的标签时,标签将自己的 ID 号第 m 位的二进制数与请求命令中的参数 x 进行比较,如果相等,则响应阅读器。

2) SELECT(ID/(x, m)): 选择命令。该命令将某个特定的序列号 ID/(x, m) 作为参数发给标签。阅读器作用范围内的标签 ID 与该命令中相应参数相同的应答此命令,即选中此标签。

3) PUSH(ID/ m): 进栈命令。该命令用于当阅读器发送一次 REQUEST 命令之后,标签发生碰撞,并且碰撞位大于 1 时,则把该请求命令的参数放入堆栈存储起来。

4) POP(): 出栈命令。该命令用于识别完一个标签之后,下一次 REQUEST 命令需要发送的参数要通过 POP 命令传输。

2.2 算法描述

首先介绍一下标签预处理的过程:本算法在运行之前需要对标签进行一次预处理。阅读器向其作用范围内的所有标签发送第一次请求命令 REQUEST(ID) 后,所有标签都将自己的 ID 发送回来,根据曼彻斯特编码检测出标签发生碰撞的所有比特位,并记录下发生碰撞的比特位总数 m' 。然后将请求命令参数 ID 对应的碰撞位记为 1,非碰撞位记为 0。并将此修改后的参数 ID' 发送给标签。各个标签按照此命令参数 ID' 将自身 ID 对应的碰撞位数据抽取出来作为其新的 ID 与阅读器通信。

1) 首先,阅读器作用范围内的所有标签都处于待命态,

阅读器要确定标签发生碰撞的最高碰撞位,阅读器发送 REQUEST(ID) 命令,处于阅读器作用范围内的所有标签应答,如果没发生碰撞,说明只有一个标签,阅读器识别该标签,并将该标签转换成无声态,结束整个识别过程。如果有碰撞,判断是否是一位碰撞,如是,则直接识别标签;如不是,则对标签进行预处理,将一个 m' 位且各位全为 1 的二进制数压入栈中,并确定最高碰撞位 m 为 $(m' - 1)$ 。

2) 阅读器发送 REQUEST(x, m) 命令, x 为 0 或 1, m 为阅读器检测到的最高碰撞位。阅读器发送该请求命令给其作用范围内所有处于待命态的标签,待命标签检测自己 ID 的第 m 位与 x 是否相同。如相同,则标签响应阅读器的请求命令,即标签返回其从第 $m - 1$ 开始到 ID 起始部分的 ID 值;如不同,则将该标签转为休眠态。然后判断响应阅读器请求命令的标签是否有碰撞。如有,判断是否是一位碰撞,如是,则直接识别标签;如不是,则将本次发送的请求命令的参数 m 压入堆栈,并用曼彻斯特编码确定出最高碰撞位 m ;如没有,则阅读器识别出该标签,并将该标签转换成无声态。每当识别出一个标签之后,需要将堆栈中的栈顶元素出栈,然后判断栈是否为空,如空,则对 REQUEST(ID) 命令的参数赋值,将出栈的栈顶元素赋值给 ID;如不空,则对 REQUEST(x, m) 命令的参数赋值,将 x 赋值为 1,将出栈的栈顶元素赋值给 m 。

3) 将所有处于休眠态的标签转换为待命态,根据第 2) 步发生碰撞与否发送带有不同参数的请求命令,直到所有标签都被识别出来后,算法结束。

2.3 改进算法的实例分析

为了具体说明改进算法的工作原理,下面通过实例来说明。假设在某个时刻 4 个具有 8 位数据的标签同时进入阅读器的作用范围内,它们的 ID 分别为,Tag 1:10101000; Tag 2:11001000; Tag 3:10101001; Tag 4:10001001。图 2 说明了阅读器对以上 4 个标签的识别过程。

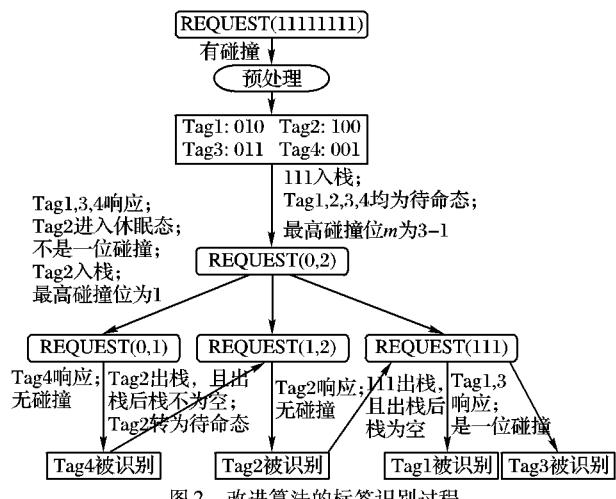


图 2 改进算法的标签识别过程

由实例可知,该算法在已有的二进制搜索算法上做了两方面的改进:

1) 识别次数。主要是利用堆栈来记录已发送的请求命令参数。通过减少发送请求命令次数,缩短阅读器识别所有标签所需要的时间,提高识别效率。

2) 传输数据量。本算法采用了标签预处理过程、堆栈存储以及对请求命令参数的设置,通过减少请求命令所带参数的比特长度和标签响应命令数据的长度,减少大量冗余数据的传送。

3 算法分析及仿真

利用堆栈、标签预处理、特定的请求命令参数以及碰撞位为一位时进行特殊处理的优势,对已有的二进制算法进行改进,提高了算法的效率。下面从两个方面对改进的算法进行分析和仿真。

3.1 识别次数

假设标签个数为 N , 标签 ID 的比特位数为 M , 发送请求命令总次数为 T 。

基本二进制搜索算法识别出一个标签后需要再从头开始以全 1 作为下一次请求命令的参数进行搜索,因此用基本二进制搜索算法搜索到全部标签所需发送的请求命令次数如式(1)所示:

$$T_1 = \sum_{n=1}^N \{ \lceil \lg(n) \rceil + 1 \} \quad (1)$$

后退式二进制搜索算法识别出一个标签后,不需要再从头开始搜索,而是通过修改请求命令参数返回到上一次请求命令处重新进行搜索。该算法搜索到全部标签所需发送的命令次数如式(2)所示:

$$T_2 = 2N - 1 \quad (2)$$

本文算法由于利用了堆栈,需要设定一个新的变量 X (初始值为 0),用来存放进栈的元素个数。当阅读器发送请求命令后,标签返回的数据信息发生碰撞时,该请求命令的参数就要进栈,此时 X 加 1。当识别出一个标签时,栈顶元素出栈作为阅读器请求命令的参数发送给标签。因此该算法搜索到全部标签所需发送的命令次数如式(3)所示:

$$T_3 = X + 1 \quad (3)$$

假定标签 ID 的比特位数 M 为 8, 基本二进制搜索算法(Binary Search, BS)、后退式二进制搜索算法(Retrusive Binary Search, RBS) 和改进二进制搜索算法(Enhanced Binary Search, EBS) 搜索到所有标签所需发送的命令次数对比如图 3 所示。

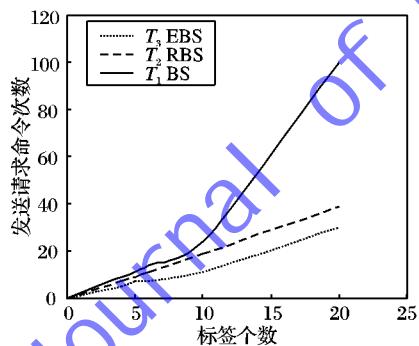


图 3 阅读器发送请求命令次数对比

3.2 传输数据量

基本二进制搜索算法与后退式二进制搜索算法搜索标签时每次发送的请求命令参数位数均为标签 ID 的位数,因此这两种算法搜索到所有标签所需传送的比特位数分别如式(4)和式(5)所示:

$$L_1 = T_1 \times M \quad (4)$$

$$L_2 = T_2 \times M \quad (5)$$

动态二进制搜索算法搜索标签时每次发送的请求命令参数位数为最高碰撞位之前的比特位再加上一位 0 比特位,传输的比特位数减少到基本二进制搜索算法的 50% 左右^[8]。其搜索到所有标签所需传输的比特位数为:

$$L_3 = \frac{N(N+1)}{2} \times \frac{M+1}{2} \quad (6)$$

本文改进的二进制搜索算法在发送第一次请求命令时命令参数位数为标签 ID 的位数 M ,从第二次请求命令至倒数第二次请求命令所发送的命令参数均为 2,最后一次请求命令参数为在算法最初根据曼彻斯特编码检测出标签发生碰撞的比特位的位数 m' ,因此该算法中阅读器搜索到所有标签所需传送的比特位数为:

$$L_4 = M + (T_3 - 2) \times 2 + m' \quad (7)$$

假定标签 ID 的比特位数 M 为 8,BS、动态二进制搜索算法(Dynamic Binary Search, DBS)、RBS 和 EBS 搜索到所有标签所需传输的比特位总数对比如图 4 所示。

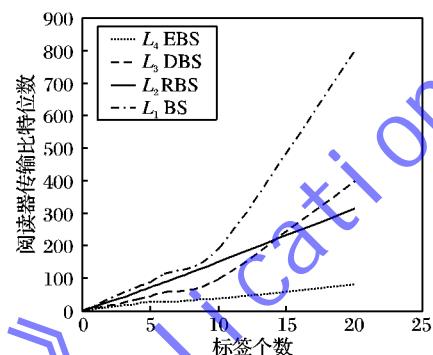


图 4 阅读器请求命令传输的比特位数对比

4 结语

防碰撞是 RFID 系统中的一项重要技术。本文提出了一种改进的二进制搜索算法,通过对基本二进制搜索算法、动态二进制搜索算法、后退式二进制搜索算法和改进的二进制搜索算法的分析比较,得知本文改进的算法可以在减少阅读器与标签之间传输数据量的同时减少阅读器发送请求命令的次数和搜索识别标签的时间,提高了 RFID 系统的运行效率。

参考文献:

- [1] 林挺钊,刘建成. RFID 二进制搜索算法的研究与改进[J]. 福建工程学院学报, 2008, 6(6): 732 - 736.
- [2] 侯晓波,孙玲玲,钱欣. RFID 二进制防碰撞算法研究与改进 [J]. 杭州电子科技大学学报, 2009, 29(3): 16 - 19.
- [3] 吕敬祥,过继红. 基于二进制的 RFID 防碰撞算法改进[J]. 井冈山大学学报, 2011, 32(2): 74 - 77.
- [4] WANG B S, ZHANG Q S. Study of anti-collision performance in parallelizable identification UHF RFID system[J]. Journal on Communications, 2009, 30(6): 108 - 113.
- [5] KIM S, KIM Y, LEE S. An improved anticollision algorithm using parity bit in RFID system[C]// Seventh IEEE International Symposium on Network Computing and Applications. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2008: 225 - 227.
- [6] EOM J B, LEE T J. An efficient framed slotted ALOHA algorithm with pilot frame and binary selection for anti-collision of RFID tags [J]. IEEE Communications Letters, 2008, 12(11): 861 - 863.
- [7] CHOI J H. Query tree based reservation for efficient RFID tag anti-collision [J]. IEEE Communications Letters, 2007, 11(1): 85 - 87.
- [8] 陈炳才,徐东升,顾国昌. 一种基于堆栈存储的 RFID 防冲突算法[J]. 计算机应用, 2009, 29(6): 1483 - 1486.
- [9] 鞠伟成,俞承芳. 一种基于动态二进制的 RFID 抗冲突算法[J]. 复旦大学学报, 2005, 44(1): 46 - 50.
- [10] CHOI J H, LEE D, YOUN Y. Scanning-based preprocessing for enhanced tag anticollision protocols[C]// International Symposium on Communications and Information Technologies. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2006: 1207 - 1211.
- [11] 余松森,詹宜巨,彭卫东. 基于返回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.