

文章编号:1001-5132(2009)03-0305-04

基于回溯方法的RFID防碰撞算法研究

林雪明

(宁波大学 科学技术学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 基于二进制搜索算法在搜索 N 个电子标签的时间复杂度为 $o(N \log_2 N)$, 由于算法在同时对大量标签操作时效率较低. 因此, 提出了一种基于二叉树中序遍历的回溯算法, 在标签识别过程中, 阅读器不回复到顶级初始状态处理, 而是按下行处理集合构成的 1 棵二叉树进行逐级上行回溯处理. 这样, 搜索 N 个电子标签的时间复杂度为 $o(N)$. 与前者相比, 可以大大提高 RFID 防碰撞处理的效率.

关键词: 射频识别技术; 防碰撞; 二进制搜索; 回溯

中图分类号: TP301.6 **文献标识码:** A

射频识别技术(RFID)是一种无线自动识别技术, 它可以通过射频信号自动识别目标, 获取相关数据, 操作简便快捷. 射频识别系统由 3 部分组成: 电子标签、阅读器和数据处理子系统. 电子标签存储待识别对象的相关信息; 阅读器是利用射频信号读/写电子标签信息的设备; 数据处理子系统对阅读器读取的信息进行处理. 一般情况下, 电子标签处于休眠状态, 当其进入阅读器“视野”范围内时, 可以被阅读器激活. 当 2 个或 2 个以上的电子标签被激活时, 就会发生争用信道传送数据的现象, 信号互相干扰, 这种干扰称为数据碰撞, 最终导致通讯失败. 因此, 必须采用适当技术来防止数据碰撞.

防止数据碰撞的基本思路是将多个电子标签的信号分开, 分开多路信号的方法主要有 4 种: 空分多路法(SDMA)、频分多路法(FDMA)、码分多路法(CDMA)和时分多路法(TDMA). 前 3 种方法硬件开销较多, 因此为节省成本, 防碰撞技术通常采

用 TDMA 法. TDMA 法是将 1 个信道按时间片分配给多个电子标签的技术, 基于 TDMA 法的防碰撞技术有时隙 ALOHA 算法和二进制搜索算法. 时隙 ALOHA 算法操作简便, 但随着标签数量的扩大, 防碰撞性能会急剧降低. 二进制搜索算法的电路实现要比时隙 ALOHA 算法复杂, 但算法识别率较高^[1]. 因此, 在射频识别系统中, 二进制搜索算法是较常用的一种防碰撞算法.

1 基本的二进制搜索算法

实现二进制搜索算法的必要前提是辨认出阅读器中数据碰撞比特位的准确位置, 因此必须选用合适的编码. 曼彻斯特编码可在多个标签同时响应时, 按位识别出碰撞位. 当曼彻斯特编码某位的值时, 它是在 1 个位窗内由电平的上升沿和下降沿来表示, 上升沿表示“0”编码, 下降沿表示“1”编

码. 在数据传输过程中, 信号混淆的位被作为错误状态被识别^[2]. 采用曼彻斯特编码识别碰撞位的原理如图 1 所示. 当电子标签进入阅读器视野时, 电子标签被激活, 它们在同步信号的作用下, 向阅读器发送各自的标签标识号. 设有 2 个电子标签进入阅读器视野, 它们的各自标识号分别为 11001011 和 11011010. 可以看到, 在第 4 位和第 8 位的 2 个比特位由于数据位不同, 信号混叠在一起后, 解码器则无法辨识这 2 位, 所以可以判断出在射频域范围内存在多个电子标签, 发生数据碰撞.

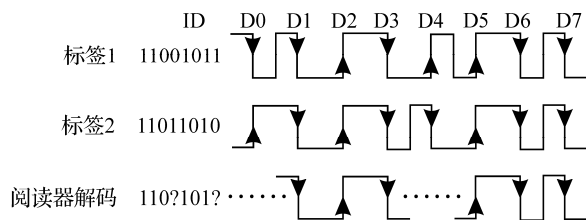


图 1 曼彻斯特编码识别碰撞位原理

二进制搜索算法描述如下^[3]:

- (1) 阅读器发送激活电子标签命令, 进入阅读器视野的电子标签被激活后, 向阅读器发送自己的标识码;
- (2) 阅读器接收标识码后, 判断是否发生碰撞; 若发生碰撞则转至(3), 否则转至(4);
- (3) 阅读器发送抗碰撞命令, 部分标签被强制退出竞争, 处于“休眠”状态; 转至(2);
- (4) 一个标签与阅读器进行数据通讯; 数据通讯完成后, 标签“死锁”;
- (5) 若有“休眠”标签, 则转至(1), 否则结束.

举例分析二进制搜索防碰撞算法如下. 设电子标签的标识号为 8 位, 现由 3 个电子标签进入到阅读器视野中, 他们的标识号分别为 11001011、11001110 和 11011010. 阅读器检测到标识号后, 第 1 次搜索判断 D4、D3、D2 和 D0 位发生冲突, 冲突最高位为 D4, 意味着标识号大于等于 11010000 和标识号小于等于 11001111 的电子标签至少各存在 1 个.

为了从中选出单一的电子标签, 可以在以上 2

个范围内的其中 1 个进行下一步搜索, 此处可从低标识号的范围内进行下一步搜索. 阅读器从高位到低位扫描, 将发生冲突的最高位 D4 置 0, 高于冲突最高位的比特位不变, 低于冲突最高位的其余各位置 1, 构成抗碰撞命令 11001111 并发送. 标签 3 接收该命令后, 判断 D4 位为 0, 与自身标识位不符, 退出竞争, 进入“休眠”状态. 标签 1 和标签 2 未被强制退出, 再次向阅读器发送各自的标识号, 阅读器判断标签 1 和标签 2 在 D2 和 D0 位发生冲突. 同前述方法, 构成抗碰撞命令 11001010 并发送, 标签 2 退出竞争. 这样, 只剩下 1 个电子标签 (标签 1) 未发生碰撞, 可以和阅读器进行数据通讯. 标签 1 与阅读器完成数据通讯后, 进入死锁状态.

当阅读器完成与第 1 个标签的数据通讯后, 回到防碰撞处理的初始状态, 重新激活在视野范围内的标签, 重复原有处理, 直至所有在阅读器视野范围内的标签处理完毕.

2 一种改进的二进制搜索算法

在上述二进制搜索算法中, 当阅读器识别出 1 个电子标签后, 再回到顶级初始状态进行循环处理, 搜索次数较多. 为此, 可根据二叉树中序遍历的方法, 采用回溯技术来减少搜索次数. 当阅读器识别出碰撞后, 每次把电子标签分为 2 个集合处理, 首先是电子标签标识号大于抗碰撞处理命令的集合, 其次是电子标签标识号小于等于抗碰撞命令的集合. 阅读器先屏蔽标识号大的标签集合, 然后对标识号小的标签集合进行逐级下行处理. 当 1 轮抗碰撞处理完毕, 即识别出 1 个无冲突的标签后, 阅读器不回复到顶级初始状态处理, 而是按下行处理集合构成的 1 棵二叉树, 逐级上行回溯处理. 回溯处理算法描述如图 2 所示.

设有 6 个电子标签, 标签 1 至标签 6 的标识号分别为 01001101、01010100、01010101、01100110、

01110101、01110111, 回溯二叉树结构如图3所示。

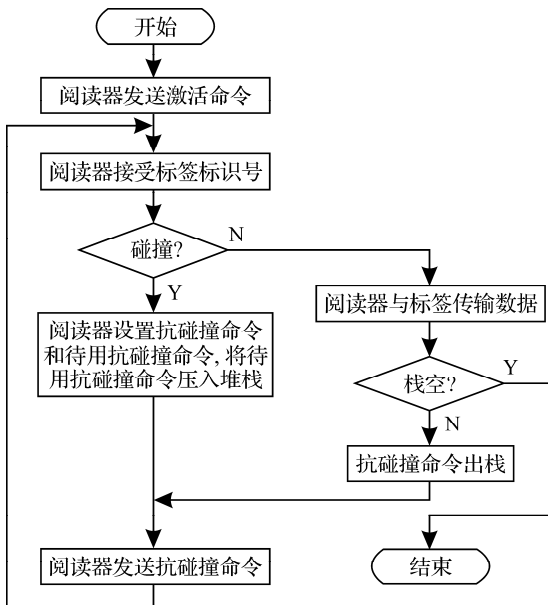


图2 基于回溯的二进制搜索算法流程

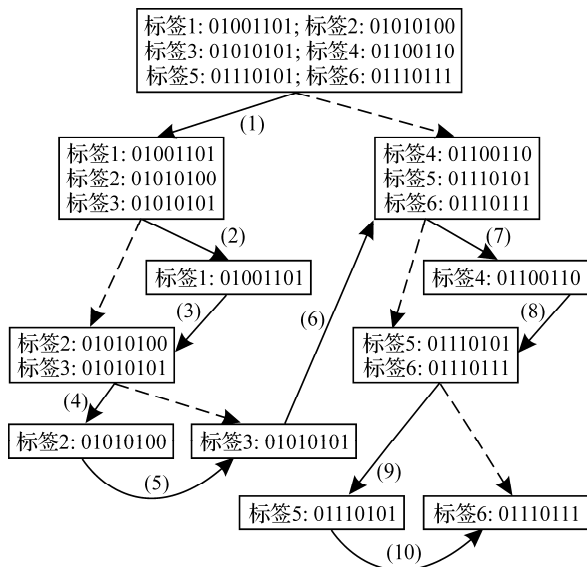


图3 回溯二叉树结构

根据基于回溯的二进制搜索算法, 本例的回溯过程如下:

(1) 阅读器发初试激活命令后, 6个标签在同步信号的作用下同时向阅读器发出各自的标识号, 阅读器检测到D5、D4、D3、D1、D0为冲突位, 发01011111抗冲突命令, 同时将冲突的最高位以下的各位均置1, 构成1个待用抗冲突命令01111111并压栈。在阅读器视野范围内的各标签接收抗冲

突命令后, 标签4、标签5和标签6被屏蔽, 标签1、标签2、标签3向阅读器发各自的标识号。

(2) 阅读器检测到D4、D3、D0为冲突位, 发01001111抗冲突命令, 同时将冲突的最高位以下的各位均置1, 构成1个待用抗冲突命令01011111并压栈。在阅读器视野范围内的各标签接收抗冲突命令后, 标签2和标签3被屏蔽, 标签1向阅读器发各自的标识号。此时无碰撞现象发生, 阅读器和标签1完成数据传输。标签1退出竞争。

(3) 阅读器将栈顶抗冲突命令01011111出栈并发送, 标签2和标签3向阅读器发各自的标识号。阅读器检测到D0为冲突位, 发01010100抗冲突命令, 同时构成1个待用抗冲突命令01010101并压栈。标签3被屏蔽。

(4) 标签2向阅读器发标识号, 此时无碰撞现象发生, 阅读器和标签2完成数据传输。标签2退出竞争。

(5) 阅读器将栈顶抗冲突命令01010101出栈并发送, 标签3向阅读器发送标识号, 此时无碰撞现象发生, 阅读器和标签3完成数据传输。标签3退出竞争。

这样, 图3回溯二叉树左边的搜索已完成, 然后栈顶弹出抗冲突命令01111111并发送, 用同样的方法, 进行图3所示的(6)、(7)、(8)、(9)、(10)搜索操作, 标签4、标签5和标签6依次被识别。此时, 堆栈为空, 在阅读器视野范围内的标签处理完毕。

由 N 个标签构成的二进制搜索二叉树, 其节点数为 $2N - 1$ 个, 叶子节点平均深度 $\text{int}(\log_2 N) + 1$ 。因此, 从 N 个标签中识别出 1 个标签的平均搜索次数为 $\text{int}(\log_2 N) + 1$, 那么识别完 N 个标签的时间复杂度为 $o(N \log_2 N)$ 。采用基于回溯技术的二进制搜索算法, 中序遍历的次数等于二叉树的节点数, 即识别完 N 个标签的搜索次数为 $2N - 1$, 其时间复杂度为 $o(N)$ ^[4]。图4是2种算法识别处理完 N 个标签的搜索次数比较。从图4可以看出, 随着 N 的增大, 基于回溯技术的二进制搜索算法的

搜索次数远小于一般二进制搜索算法的搜索次数。因此,基于回溯技术的二进制搜索算法具有明显的优势。

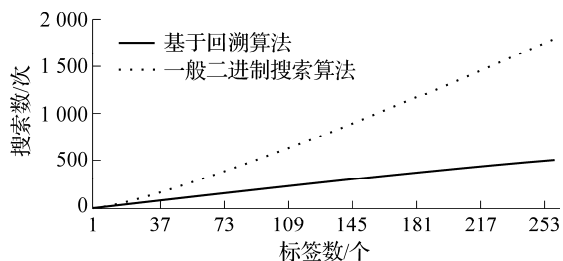


图4 2种算法的识别次数比较

3 结语

防碰撞是 RFID 技术中的一项重要技术。基于 TDMA 二进制搜索算法硬件开销较少,实施较为容易。但是在阅读区内电子标签数量较多的情况

下,搜索次数呈指数提高。笔者提出的基于二叉树中序遍历的回溯方法的 RFID 防碰撞算法,搜索次数与电子标签数量呈线性关系,因而搜索效率较高。当将本算法应用于医院护理呼叫无线通讯系统中时,也可取得较好的效果。

参考文献:

- [1] 姜丽芬, 卢桂章, 辛运韩. 射频识别系统中的防碰撞算法研究[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(15):29-32.
- [2] 曹平, 包志华, 游玉俊. 近距离无线通信防碰撞技术研究[J]. 信息技术, 2007, 31(1):78-80.
- [3] 徐丽香, 蓝运维. RFID 进制搜索法防碰撞的实现[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2006(5):33-35.
- [4] 严蔚敏, 吴伟民. 数据结构[M]. 2 版. 北京: 清华大学出版社, 1992.

Backtracking-based RFID Anti-collision Algorithm

LIN Xue-ming

(College of Science & Technology, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: Binary search algorithm is found to be $o(M\log_2N)$ for searching N electronic tags, indicating compromised efficiency for handling a large number of tags. This paper presents a backtracking algorithm based on a binary tree in order of traversing. In the process of tag identification, the reader does not return to the initial state. Instead, it acts upon the binary tree by dealing with the searching task in a bottom-up fashion, resulting with the $o(N)$ rather than $o(M\log_2N)$ in time complexity of searching N electronic tags. The results indicate that the efficiency of the anti-collision RFID technology is improved to a significant extent.

Key words: RFID; anti-collision; binary search; backtracking

CLC number: TP301.6

Document code: A

(责任编辑 章践立)