

增强型四叉树 RFID 防碰撞算法

单朴芳 郑嘉利 岳世彬 杨子薇

(广西大学计算机与电子信息学院 南宁 530004)

摘 要 在四叉树及各类自适应防碰撞算法的基础上,提出一种增强型四叉树防碰撞算法——EFFT(Enhanced four-fork tree)。该算法首先利用曼彻斯特编码准确定位出标签的碰撞位,对 K 位长度标签提取出其碰撞位形成新的 k 位标签 UID 信息,再采取动态四叉树进行识别。在 MATLAB 平台对 EFFT 算法、后退式二进制算法、自适应算法进行仿真对比实验。仿真结果与理论分析表明,所提算法大幅度减少了阅读器查询次数和传输比特数,同时也提高了吞吐率及系统识别效率。

关键词 射频识别,防碰撞算法,碰撞位提取,四叉树

中图分类号 TN92, TN391 文献标识码 A

Enhanced Four-fork Tree RFID Anti-collision Algorithm

SHAN Pu-fang ZHENG Jia-li YUE Shi-bin YANG Zi-wei

(School of Computer and Electronic Information, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract Based on the four-fork tree and all kinds of adaptive anti collision algorithms, an enhanced EFFT (Enhanced four-fork tree) was proposed. The algorithm firstly uses the Manchester code to accurately locate the collision bit of the tag, and the K bit length tag is extracted from the collision bit to form a new K bit tag UID information, and then the dynamic four fork tree is used to identify the collision bit. In the MATLAB platform, the EFFT algorithm, the back type binary algorithm, the adaptive algorithm have been performed simulation comparison experiments. The simulation results and theoretical analysis show that the new algorithm greatly reduces the number of reader queries and the number of transmission bits, improve the throughput rate and the efficiency of system identification.

Keywords RFID, Anti-collision algorithm, Collision location extraction, Four-fork tree

射频识别(RFID)技术是一种非接触式的自动识别技术^[1],它通过射频信号自动识别目标对象,获取相关数据,无需人工接触、光学可视即可完成信息输入及处理,并且操作简单快捷。RFID 系统组成部分为:电子标签、阅读器、计算机通信网络^[2]。在其应用中,经常会遇到多阅读器多标签的情景,这就会造成标签之间或阅读器之间在工作时会相互干扰,这种干扰被称为碰撞或冲突。阅读器之间的防碰撞问题容易解决,主要研究多标签之间的防碰撞问题,避免碰撞的方法被称为防碰撞算法(Anti-collision Algorithm),在很多应用中系统的性能很大程度上取决于系统的防碰撞算法效率。在 RFID 系统中经常遇到的是“多路存取”的通信方式,多路存取可分为以下 4 类:时分多址(TDMA)、空分多址(SDMA)、码分多址(CDMA)、频分多址(FDMA),其中应用得最广泛的是基于时分多址的防碰撞算法,其可以分为基于 Aloha 的随机性防碰撞算法和基于二进制的确定性防碰撞算法^[3,4]。

基于 Aloha 的算法原理简单,易于操作,但在一定的时隙

范围内,系统对标签的全数识别存在概率性,标签容易产生错判、漏判、“标签饿死”现象^[5],采取二进制防碰撞算法则不会产生该现象,对标签理论上有 100% 的识别率。文献[2]提出了碰撞因子的概念,通过计算碰撞因子来估算标签数量,标签较多的分支采取动态四叉树,反之采取二叉树,减少了碰撞时隙与空闲时隙,降低了搜索时间。文献[6]提出一种改进的自适应的防碰撞算法,当阅读器检测到两个碰撞位时,进行二叉树搜索;大于两个碰撞位时,优先识别最高碰撞位与最低碰撞位,采取四叉树方式,减少了搜索次数。文献[7]提出了一种基于维码数的自适应混合防碰撞算法,先根据标签位数进行自适应分维,通过检测碰撞位,对不同维码数标签组采取不同策略推算标签维 ID 序列。文献[8]采用曼彻斯特编码准确判断碰撞位置,引入异或运算优化查询请求,避免了标签识别过程中不必要空闲时隙的产生。本文基于自适应多叉树算法以及四叉树算法,提出一种增强型四叉树防碰撞算法(Enhanced Four-fork Tree, EFFT),提高了系统的防碰撞性能。

本文受广西自然科学基金面上项目(2015GXNSFAA139290),广西科学研究与技术开发计划项目(桂科攻 14124005-2-3)资助。

单朴芳(1991—),女,硕士生,主要研究方向为物联网 RFID 防碰撞技术, E-mail: 1667926207@qq.com; 郑嘉利(1979—),男,教授,主要研究方向为多媒体通信、物联网技术; 岳世彬(1992—),男,硕士生,主要研究方向为多媒体及其网络工程; 杨子薇(1993—),女,硕士生,主要研究方向为多媒体通信网络理论与技术。

1 增强算法

1.1 新算法思想

本文提出一种基于四叉树与自适应算法的增强算法,步骤如下:

Step1 阅读器向工作范围内的所有标签发送含查询序列的请求命令,所有标签返回自身 UID 给阅读器。

Step2 利用曼彻斯特编码对标签返回的 UID 信息解码,识别出碰撞位,将 K 位长度的查询序列中所有碰撞位置 1,其他位置 0,形成新的命令发送给标签,标签接收到命令后将本身 UID 信息与其进行比对,提取出 1 的对应位,形成新的 k 位标签 UID 信息,供以后的碰撞识别过程使用。

Step3 此时所有碰撞位连在一起,直接采用动态四叉树搜索,此时阅读器先发送 XOR 命令给标签,并依据标签返回消息从 REQUEST(00)、REQUEST(01)、REQUEST(10)、REQUEST(11)确定新的查询命令。

Step4 将新的查询命令压入堆栈,按由栈底到栈顶的顺序发送给标签,符合查询命令的标签响应。

Step5 判断堆栈命令是否为空,若不为空,继续发送查询命令给标签;若为空,则整个识别过程结束。

1.2 算法描述及流程

利用曼彻斯特编码能准确定位标签碰撞位,为了更好地描述该算法,进行一些算法约定。

(1)REQUEST(请求)命令:包含 REQUEST(NULL)、REQUEST(prefix,B)。当阅读器发送 REQUEST(11111111)给标签时,标签将自身序列号与之相比对,小于 REQUEST(11111111),则返回给阅读器自身序列号;反之,标签不响应。Prefix 表示阅读器向标签发送的查询前缀,采取二叉树时为 0 和 1,采取四叉树时为 00、01、10、11。B 表示当前最高碰撞位。

(2)SELECT(选择)命令:阅读器发送命令给标签时,标签将自身序列号与查询命令或者查询前缀做对比,若小于查询命令或与查询前缀相同,则返回自身序列号给阅读器,继续识别过程;反之,则不响应。

(3)READ-DATA(读取数据)命令:被 SELECT 命令选中的标签,阅读器发送 READ-DATA 命令给这些标签,然后标签返回给阅读器自身 UID 信息。

(4)UNSELECT(休眠)命令:标签发送自身 UID 后,阅读器成功识别该标签,然后发送 UNSELECT 休眠指令给该标签使其屏蔽阅读器以后发送的任何指令,除非它离开该阅读器工作范围。

(5)XOR(异或)命令:提取出碰撞位形成新的标签后,阅读器依次向当前最高两位发送 XOR 命令,然后标签返回给阅读器异或后的结果。若结果只有 1,则阅读器发送查询前缀 REQUEST(00,B)、REQUEST(11,B)给标签;若结果只有 0,则阅读器发送查询前缀 REQUEST(01,B)、REQUEST(10,B)给标签;若结果既有 0 又有 1,则阅读器发送查询前缀 REQUEST(01,B)、REQUEST(10,B)、REQUEST(00,B)、REQUEST(11,B)给标签,成功避免了四叉树中的空闲时隙,减少了传输比特数。

EFFT 算法的识别流程如图 1 所示。

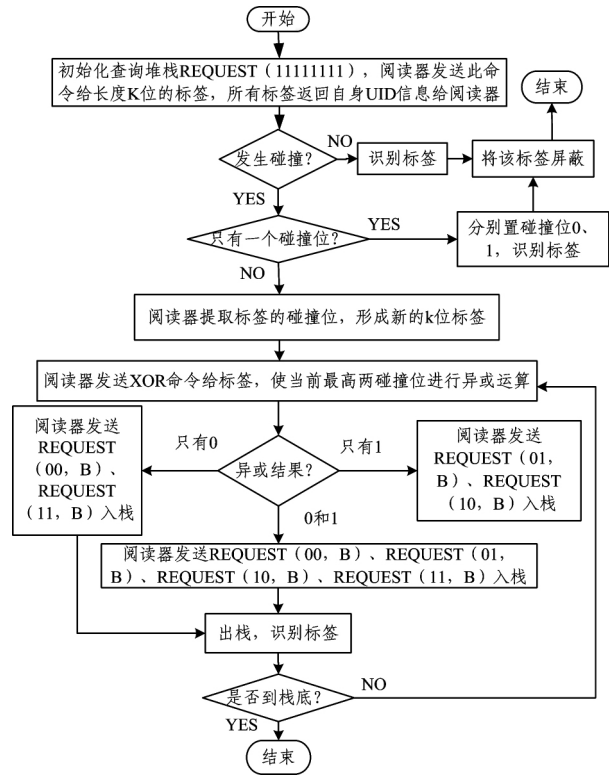


图1 EFFT 算法的识别流程

1.3 算法举例

设在阅读器工作范围的标签有: G: 00111000、H: 01011001、I: 01111100、J: 00111100、K: 00111101、L: 00111001,该 6 个 EPC 码为 8 位的待识别标签,则标签的识别过程及堆栈变化情况如下。

(1)阅读器向工作范围内的所有标签发送含查询序列的请求命令 REQUEST(11111111),经标签比对序列号均小于它,所有标签返回自身 ID 给阅读器。

(2)利用曼彻斯特编码对标签返回的 ID 信息解码,识别出碰撞位为 $0 \times \times 11 \times 0 \times$,将所有碰撞位置 1,其他位置 0,形成新的命令 01100101 发送给标签,标签接收到命令后与其进行比对,提取出 1 的对应位,形成新的 6 个 ID: A: 0100、B: 1001、C: 1110、D: 0110、E: 0111、F: 0101。现在是 4 位的 ID,下面开始动态四叉树查询。

(3)阅读器发送 XOR 命令给高两位进行异或运算,标签第 2 位和第 3 位进行异或,结果为 0 和 1,则阅读器把查询前缀 REQUEST(01,11)、REQUEST(10,11)、REQUEST(00,11)、REQUEST(11,11)压入堆栈。REQUEST(00,11)出栈,无标签响应。

(4)REQUEST(01,11)出栈,ADEF 发生碰撞并返回给阅读器第 2 位、第 3 位的信息,阅读器继续发送低两位 XOR 命令给标签,结果为 0 和 1,阅读器发送查询前缀 REQUEST(01,01)、REQUEST(10,01)、REQUEST(00,01)、REQUEST(11,01)给标签。发送 REQUEST(00,01),A 响应,阅读器读取 A 的 ID 信息,使其休眠;发送 REQUEST(01,01),F 响应,阅读器读取 F 的 ID 信息,使其休眠;发送 REQUEST(10,01),D 响应,阅读器读取 D 的 ID 信息,使其休眠;发送 REQUEST(11,01),E 响应,阅读器读取 E 的 ID 信息,使其休眠。

(5)REQUEST(10,11)出栈,只有标签 B 响应,阅读器读取 B 的 ID,使其休眠。REQUEST(11,11)出栈,只有标签 C 响应,阅读器读取 C 的 ID,使其休眠。

(6)判断堆栈是否为空,若为空,整个识别过程结束;若不为空,返回步骤(3)继续识别。

2 算法性能分析

RFID 防碰撞算法的效率主要取决于整个识别过程的查询次数与传输比特数^[9],下面从这两个方面进行性能分析。

2.1 传输比特数

通过提取碰撞位,标签的 UID 信息长度由原来的 K 位缩减到 k 位。假设阅读器工作范围内标签总数为 N ,因标签 UID 信息是 K 位长度的二进制数,那么在最好的情况下, N 个标签产生的碰撞在 $\text{Int}(\log N / \log 2)$ 个位上, $k = \text{Int}(\log N / \log 2)$;在最坏的情况下, N 个标签产生的碰撞在不同的位置上,那么 $k = N$ 。在上述所举的例子中,标签 UID 长度为 8,采用本方法后缩减量还不能够明显地突出。但是在实际应用中,标签 UID 位为 128 位、256 位或者更多时,此精简步骤的优势就能够得到更明显的展示。

2.2 查询次数

假设阅读器工作范围内有 N 个待识别的标签,叉树为 L ,当查询深度为 1 时,标签的识别概率为:

$$p(1) = (1 - 1/L)^{N-1} \quad (1)$$

当查询深度为 K 时,识别概率为:

$$p(k) = (1 - 1/L)^{k-1} \quad (2)$$

则查询深度的均值为:

$$E(k) = \sum_{k=1}^{\infty} k p(k) = \sum_{k=1}^{\infty} k p(1) [1 - p(1)]^{k-1} \quad (3)$$

将式(3)两边同乘以 $1 - p(1)$,得:

$$[1 - p(1)]E(k) = p(1) \sum_{k=1}^{\infty} k [1 - p(1)]^{k-1} \quad (4)$$

由式(3)减去式(4)得:

$$p(1)E(k) = p(1) \quad (5)$$

因为 $1 - p(1) < 1$,由等比数列求和公式得:

$$E(k) = \sum_{k=1}^{\infty} k [1 - p(1)]^k = \frac{1}{(1 - \frac{1}{L})^{N-1}} \quad (6)$$

得出平均时隙数为:

$$T = E(k)L = \frac{L}{(1 - \frac{1}{L})^{N-1}} \quad (7)$$

由式(7)得二叉树搜索平均时隙数为:

$$T_{Bin} = 2 / (1 - 1/2)^{N-1} \quad (8)$$

四叉树的平均时隙数为:

$$T_{Qua} = 4 / (1 - 1/4)^{N-1} \quad (9)$$

由式(8)、式(9)得当 N 大于 3 时,四叉树性能优于二叉树^[10,11]。 N 越大,四叉树的识别效率就越优于二叉树,已有的改进算法直接对没有被提取过碰撞位的标签进行识别,在本算法中,将所有碰撞位提取后形成新的标签,这样所有碰撞位就全部连在了一起,再采取效率较高的动态四叉树识别,明显减少了传输比特数与空时隙数,效率得到了提高。

在标签的识别过程中由于引入了碰撞位运算命令,避免了度为 4 的节点下同时产生两个空闲时隙^[12],所以新算法在

进行四叉树搜索时每层搜索里最多只比二叉树搜索多一个空闲时隙。

3 仿真结果分析

在 MATLAB 平台上对 EFFT 算法和 BBS(后退式二进制)算法与 IAMS(自适应)算法进行仿真,然后比较分析,标签的位数为 8 位,结果取 50 次实验平均值,如图 2—图 4 所示。

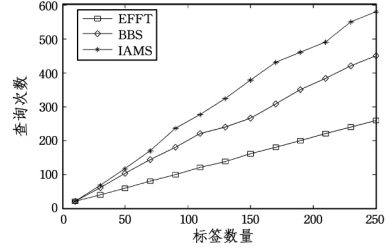


图 2 搜索次数的比较

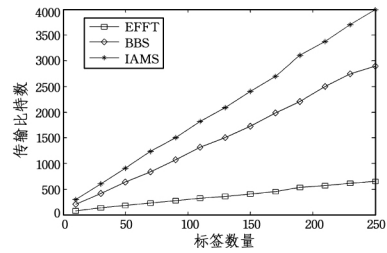


图 3 整个识别过程传输比特数的比较

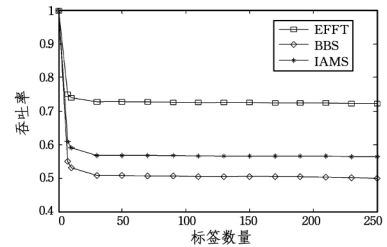


图 4 吞吐率的比较

图 2—图 4 分别为 EFFT 算法、BBS 算法、IAMS 的搜索次数、传输比特数、吞吐率的比较。当标签的个数为 210 时,本算法的搜索次数、传输比特数、吞吐率分别为:220.4 次、574 比特、0.72。BBS 算法的为:385.6 次、2510 比特、0.51。IAMS 算法为:492 次、3387 比特、0.565。EFFT 算法的吞吐率相比 BBS 算法和 IAMS 算法分别提高了 43.7%、27.9%。从整体仿真结果图形上来看,EFFT 算法的搜索次数和传输比特数远小于 BBS 算法和 IAMS 算法,而吞吐率有很大提升,具有更高的搜索效率和性能。

结束语 本文提出了一种增强型的四叉树算法,新算法在原有改进自适应算法以及动态四叉树算法的基础上,利用曼彻斯特编码能够准确识别碰撞位的特性,首先提取所有标签的碰撞位,形成新的标签,这样所有的碰撞位全部连在了一起,此时再采用动态四叉树的方法进行识别,采取异或运算大大减少空闲时隙。原有算法基本都是对没有处理过的标签进行直接识别,增加了很多没必要的比特位传输,新算法则克服了这一点,先提取碰撞位,形成新的标签,再采用效率较高的动态四叉树,大幅度减少了查询次数与传输比特数,提高了吞吐率,特别是在标签数目、位数较多时优势更加明显,显著提高了系统的防碰撞性能。

参考文献

- [1] 郑嘉利,覃团发,倪光南. Tree-based Back off Protocol for Fast RFID Tag Identification [J]. 中国邮电高校学报(英文版), 2013,20(2):37-41
- [2] 丁治国,朱学永,等. 自适应多叉树防碰撞算法研究[J]. 自动化学报, 2010,36(2):237-241
- [3] Yussof Y M, Hashim H, Baba M D. Identity-based Trusted Authentication in Wireless Sensor Network[J]. International Journal of Computer Science Issues, 2012,9(3)
- [4] Grawrock D. TCG specification architecture overview [EB/OL]. Technology Report, Trusted Computing Group Revision 1, 4 (2007). http://www.trustedcomputinggroup.org/resources/tcg_architecture_overview_version_14, 2012
- [5] Tae-Wook H, Byong-Gyo L, Kim Y S, et al. Improved anti-collision scheme for high speed identification in RFID system[C]// Proceedings of the 1st International Conference on Innovative

Computing, Information and Control. Beijing, China: IEEE, 2006:449-452

- [6] 韦冬雪,郑嘉利,李亮亮,等. 一种新颖的多叉树防碰撞算法研究[J]. 计算机科学, 2013,40(10):52-55
- [7] 黄庆欢,郑嘉利,韦冬雪,等. 基于维码数的 RFID 混合防碰撞算法[J]. 计算机科学, 2014,41(11):10-14
- [8] 张学军,蔡文琦,王锁萍. 改进型自适应多叉树防碰撞算法的研究[J]. 电子学报, 2012,40(1):193-198
- [9] 林伟,李景霞,叶林峰. 基于多叉树搜索算法改进的 RFID 防碰撞算法[J]. 电子技术应用, 2012,20(10):130-133
- [10] 陈希孺,倪国熙. 数理统计学教程[M]. 合肥:中国科学技术出版社, 2009:189-211
- [11] 数理统计编程组. 数理统计[M]. 西安:西北工业大学出版社, 1997:42-49
- [12] 任少杰,郝永生,许博浩,等. 一种新的自调整多叉树防碰撞算法[J]. 计算机测量与控制, 2015,23(12):4180-4184

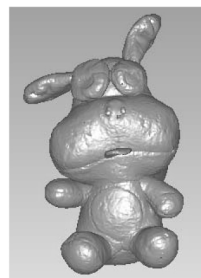
(上接第 258 页)



(a)采集的纹理图像



(b)单幅图像映射的结果



(c)重建的几何模型



(d)实验得到的真实感三维模型

图4 实验结果

结束语 本文提出一种基于投影条纹光的三维重建方法,该方法实现了几何形貌和纹理属性的重建,拓展了其在虚拟现实、影视艺术以及文物保护等领域的应用。此外,本文通过建立方程组的参数优化方案,实现了纹理照片到几何模型的映射,该方法避免了传统纹理相机对采集视场的干扰,有利于后期的数据采集和后期处理。

如何实现对特殊材质物体(如表面具有光滑或易高光属性材质)的数据采集以及物体的表面双反射分布函数(Bidirectional Reflectance Distribution Function, BRDF)等问题,是下一步需要研究和解决的问题。

参考文献

- [1] Chen F, Brown G M, Song M. Overview of three-dimensional shape measurement using optical methods[J]. Optical Engineering, 2000,39(1):10-22
- [2] Bernardini F, Rushmeier H. The 3D Model Acquisition Pipeline

[J]. Computergraphics forum, 2002,21(2):149-172

- [3] Blais F. Review of 20 Years of range sensor development[J]. Journal of Electron Imaging, 2004,13(1):231-240
- [4] Bernardini F, Rushmeier H, Martin I M, et al. Building a digital model of Michelangelo's Florentine Pieta[J]. IEEE Computergraphics, 2002,22(1):59-67
- [5] Guidi G, Beraldin J A, Atzeni C. High-accuracy 3D modeling of cultural heritage: the digitizing of Donatello's Maddalena[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2004,13(3):370-380
- [6] Karaszewski M, Sitnik R, Bunsch E. On-line, collision-free positioning of a scanner during fully automated three-dimensional measurement of cultural heritage objects[J]. Robotics and Autonomous Systems, 2012,60(9):1205-1219
- [7] Liu X, Peng X, Yin Y, et al. Generation of photorealistic 3D image using optical digitizer[J]. Applied Optics, 2012,51(9):1304-1311
- [8] 刘星明,刘晓利,殷永凯,等. 真实感三维模型的纹理融合[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2012,24(11):1440-1446
- [9] Zhang Z. Flexible camera calibration by viewing a plane from unknown orientations[C]// IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). 1999:666-673
- [10] Kyuseo H, Kihyun H. Geometric and texture cue based depth-map estimation for 2D to 3D image conversion[C]// 2011 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE). 2011:651-652
- [11] Lingyun L, Stamos I. A systematic approach for 2D-image to 3D-range registration in urban environments[C]// IEEE 11th International Conference on Computer Vision. 2007:1-8
- [12] Tzur Y, Tal A. FlexiStickers- photogrammetric texture mapping using casual images[J]. ACM Transaction on Graphic, 2009,28(3):1-10
- [13] Zhang Z, Towers C E, Towers D P. Uneven fringe projection for efficient calibration in high-resolution 3D shape metrology[J]. Applied Optics, 2007,24(46):6113-6119
- [14] Chen Y, Medioni G. Object modeling by registration of multiple range images[C]// IEEE International Conference on Robotics and Automation. 1991:2724-2729
- [15] Besl P J, McKay H D. A method for registration of 3-D shapes [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1992,14(2):239-256