

一种改进的物联网二进制防碰撞算法

钱晓军 朱颖 吉根林

(南京师范大学计算机科学与技术学院 南京 210097)

摘要 射频识别技术作为物联网应用中的关键技术,不可避免产生碰撞。鉴于基本二进制防碰撞算法存在的不足,提出一种改进的二进制防碰撞算法,即根据已经得到的冲突信息,动态发送数据,改进返回方式,减少数据发送量和搜索命令的发送次数。结果表明,相对于基本二进制防碰撞算法,该算法提高了系统吞吐量,降低了系统传输时延,十分适合于大量标签识别的物联网。

关键词 标签碰撞,无线射频识别,二进制防碰撞算法

中图分类号 TP311.1 **文献标识码** A

Improved Binary Anti-collision Algorithm for Internet of Things

QIAN Xiao-jun ZHU Ying JI Gen-lin

(Computer Science and Technology, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract Radio frequency identification technology is taken as the key technology in the application of Internet of things and produces collision inevitably. In view of the basic binary anti-collision algorithm's defects, this paper proposed an improved binary anti-collision algorithm. Using the obtained collision message, the proposed algorithm transmits data dynamically and modifies return mode to reduce data amount and the search command transmission times. The results show that compared with the basic binary anti-collision algorithm, this proposed algorithm improves the throughput of the system, reduces the system transmission delay, and is very suitable for the large number of tag identification in Internet of things.

Keywords Tags collision, Radio frequency identification, Binary anti-collision algorithm

1 引言

物联网(Internet of Things, IoT)是利用射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)、传感器等技术,按约定的协议将所有物品与互联网连接起来,实现智能化识别和管理的下一代信息网络,广泛应用于工业、商业、物流等领域^[1]。当RFID系统运行时,有多个标签处于阅读器的作用范围之内,在同一时刻这些标签向阅读器传输信息时,不可避免地产生相互干扰现象,这种干扰称为碰撞,这会对标签的读写速度和识别率产生不利影响,因此设计高效的防碰撞算法是物联网领域的研究热点之一^[2]。

对于标签识别过程中的碰撞问题,目前的解决方案主要有时分多址、频分多址、空分多址和码分多址等4种,其中时分多址(TDMA)是最常用的防碰撞机制^[3]。目前基于TDMA机制的防碰撞算法主要有ALOHA算法与二进制搜索算法。ALOHA算法是一种应答器控制算法,操作十分简单,成本和功耗都较低,便于实现。但在实际应用中,随着标签数的增多,其性能急剧恶化,不宜大规模标签数读取^[4]。改进的ALOHA算法包括时隙ALOHA法和动态时隙ALOHA法,其性能随着标签数的增多而逐渐下降,吞吐率趋近于零^[5]。

二进制搜索算法是一种阅读器控制算法,识别电路的实现比ALOHA算法复杂,但其正确识别率可达100%,适应大规模标签的应用场合,是目前使用最为广泛的RFID防碰撞算法^[6]。但二进制搜索算法也有缺点,如延时较大、标签与读写器之间的通信量过大等^[7]。针对二进制搜索算法存在的缺陷,一些学者提出许多改进算法,如动态二进制算法、返回式二进制算法和二分叠加二进制算法等,从而提高了射频识别系统的防碰撞效率^[8]。

针对射频识别系统标签防碰撞问题,为了减少标签防碰撞次数,提高阅读器的吞吐量,本文提出一种改进的二进制物联网防碰撞算法。对算法的具体运行流程进行阐述,最后通过仿真实验对算法性能进行测试。

2 基本二进制防碰撞算法

2.1 基本二进制防碰撞算法模型

二进制防碰撞算法基于二叉树深度优先搜索理论,其核心思想为读写器根据冲突信号把产生碰撞的标签分裂成0和1两个结点。如果结点1中的标签继续发生碰撞,则继续分裂,产生10和11两个结点,依此类推,直到识别出结点1中的所有标签为止。具体模型如图1所示。

到稿日期:2011-12-05 返修日期:2012-02-16 本文受国家自然科学基金(61103185)资助。

钱晓军(1971—),男,副教授,主要研究方向为物联网、计算机软件与理论,E-mail:qianxj360@163.com;朱颖(1991—),女,硕士生,主要研究方向为物联网;吉根林(1964—),男,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为计算机软件与理论。

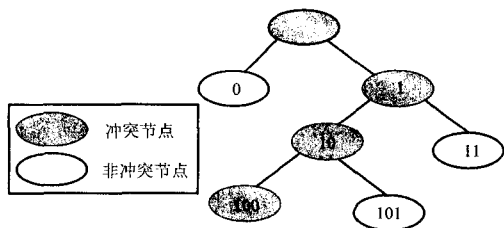


图1 二进制防碰撞算法模型

2.2 基本二进制防碰撞算法通信编码方式

二进制防碰撞算法需要采用合适的位编码方法对数据碰撞位的准确位置进行辨识,目前主要采用曼彻斯特编码。在曼彻斯特编码中,电平上升跳变和下降跳变分别采用0和1表示,若电平状态没有发生跳变,就认为是没有数据,此时该位出现了碰撞。用曼彻斯特编码识别出的碰撞情况,如图2所示。

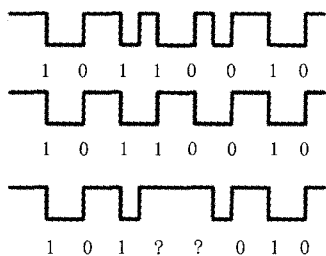


图2 用曼彻斯特编码的碰撞情况

2.3 基本二进制防碰撞算法的命令

为了便于描述以及实现该算法,提出如下防碰撞命令:

(1)请求命令 Request(ID)。以序列号 ID 作为参数发射信号与读写器作用范围内的标签,标签把自己的 ID 与该序列 ID 比较,若小于或等于该 ID,标签就响应读写器,否则不响应。

(2)选择命令 Select(ID)。将事先确定的序列号 ID 作为参数发送给标签,具有相同 ID 的标签应答此 Select 命令,其它 ID 标签只能对 Request 命令应答。

(3)读写数据命令 ReadData。应答了 Select 命令的标签将存储的数据传送给读写器。

(4)Unselect:退出命令。取消一个已经应答了 Select 命令的标签,使其进入“无声”状态。若要重新激活标签,必须将该标签移出读写器的作用范围,以便实行复位^[9]。

2.4 基本二进制防碰撞算法的工作流程

在同一时刻假设有4个电子标签处于阅读器作用范围,标签采用8位二进制编码,它们的ID分别为:

A:11010111 B:11000101

C:11011111 D:11001101

(1)阅读器发送 Request(1)命令,要求 ABCD 4 个标签都进行应答,根据曼彻斯特编码,阅读器检测到第 4,3,1 位发生碰撞,按照规则,将此时第 4 位置 0,低于最高碰撞位的数值位全置 1,其余位数据不变,于是得到下一次阅读器发送命令所需的参数 11001111。

(2)阅读器发送 Request(11001111)命令,标签 B 和 D 应答,第 3 位发生碰撞,将其置为 0,其它数值位进行上述相同设置,得到下一次阅读器发送命令所需的参数 11000111。

(3)发送 Request(11000111)命令,标签 B 应答,对标签进行解码,此时没有发生碰撞,则发送 Select 选择标签 B,然后发送 ReadData 命令,将标签 B 的数据发送给阅读器。

(4)阅读器与标签 B 的数据传送完毕后,发送 Unselect

命令,取消事先选中的标签 B,使标签 B 进入“无声”状态,此时为 0,则说明 0 分支上的标签已检测完成,于是设为 1,检测 1 分支下的标签,得到下一次 Request 命令所需的 ID 参数 (11001111),标签 D 响应,无碰撞,则发送 Select 选择标签 D,再发送 Unselect 命令,将标签 D 的数据发送给阅读器。

(5)重复上述步骤,直到全部标签识别完毕为止。具体运行过程如表 1 所列。

表1 二进制防碰撞算法的实现过程

发送命令	标签序号	解码	已识别标签
	11010111		
(11111111)	11000101	110? 1? 1	无
	11011111		
	11001101		
(11001111)	11000101	1100? 111	无
	11001101		
(11000111)	11000101	11000101	2
(11001111)	11001101	11001101	4
(11111111)	11010111	1101? 111	无
	11011111		
(11010111)	11010111	11010111	1
(11111111)	11011111	11011111	3

二进制防碰撞算法的程序流程如图 3 所示。

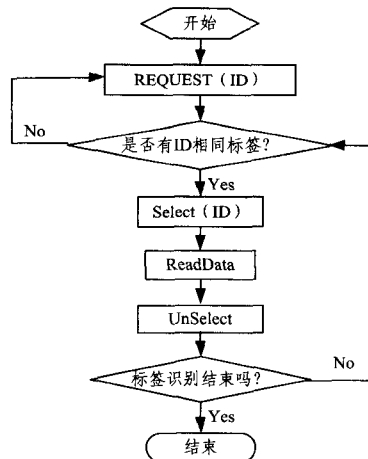


图3 二进制防碰撞算法的工作流程

3 改进的二进制搜索算法

3.1 算法改进分析

在基本二进制防碰撞算法中,每次均对完整的标签 ID 号进行传输,在实际应用过程中,标签 ID 号往往长达 128 位,且该算法搜索完一个标签之后均需要从头重新开始搜索,存在无效的检测步骤和大量多余数据,因此,改进主要从以下两个方面进行。

(1)减少数据传输冗余信息

发送查询命令之后,阅读器作用范围内的标签全部进行应答,若有碰撞位发生,那么仅碰撞位为未知信息,其余信息已知,这样就没有必要每次发送完整的标签 ID 号,因此改进的二进制防碰撞算法可解决该问题。

(2)减少搜索时间

在基本二进制防碰撞算法运行过程中,每识别一个标签后,即达到二叉树的叶子节点,每次必须回到根节点,搜索下一个待识别标签,大大增加了标签的识别路径,降低识别效率。为此,改进的二进制防碰撞算法每次识别完一个标签之后,不是回到根节点,而是回到该节点的父节点,以减少搜索

时间。

3.2 改进的二进制防碰撞算法描述

同样采用上述 4 个标签作为实验,对改进的二进制防碰撞算法运行过程进行描述:

(1)阅读器发送 Request(11111111)命令,全部 4 个标签进行应答,根据曼彻斯特编码,阅读器检测到第 4,3,1 位发生碰撞,按照规则,将此时最高碰撞位(第 4 位)置 0,最高碰撞位之前的数据与接收到的数据相同,得到下一次阅读器发送命令所需的参数 Request(1100,4)。

(2)阅读器又发送 Request(1100,4)命令,标签 ID 前 4 位为 1100 的标签应答,对标签进行解码,此时标签应答标签 B 和 D 应答,返回标签 ID 的低 4 位数据,阅读器解码得 11000,得到下一次阅读器发送命令所需的参数 Request(11000,3)。

(3)阅读器再次发送 Request(11000,3)命令,只有标签 B 应答,对标签进行解码,此时,没有标签发生碰撞,发送 Select 选择标签 B,再发送 ReadData 命令,将标签 B 的数据发送给阅读器。

(4)阅读器与标签 B 的数据传送完毕后,发送 Unselect 命令,取消事先选中的标签 B,使标签 B 进入“无声”状态。算法回跳到该节点的父节点,获得新的命令参数 Request(1100,4),标签 D 响应,无碰撞,则发送 Select 选择标签 D,再发送 Unselect 命令,将标签 D 的数据发送给阅读器。

(5)重复与前面相似的步骤,直到所有标签识别完毕,则退出程序。具体过程如表 2 所列。

表 2

发送命令	应答标签	解码	已识别标签
	11010111		
(11111111)	11000101	110? 1? 1	无
	11011111		
	11001101		
(1100,4)	11000101	1100? 111	无
	11001101		
(11000,3)	11000101	11000101	2
(1100,4)	11001101	11001101	4
	11010111		
(11111111)	11011111	1101? 111	无
	11010111		
(11010,3)	11010111	11010111	1
(11111111)	11011111	11011111	3

改进的二进制防碰撞算法具体工作流程如图 4 所示。

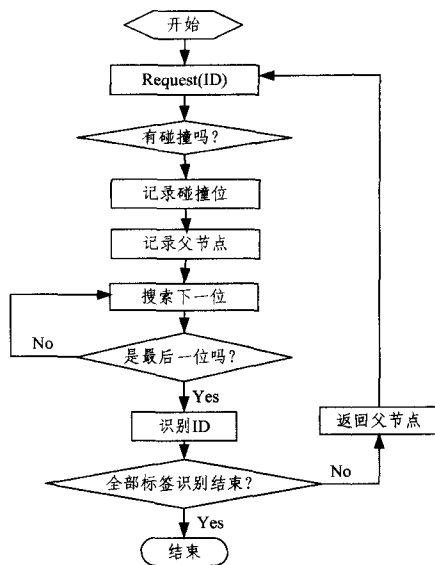


图 4 改进二进制防碰撞算法工作流程

4 算法性能分析

为了检测改进的二进制防碰撞算法的优越性,在 Matlab 平台上进行测试实验,对比算法为基本二进制防碰撞算法。主要从传输时延、吞吐量两个方面对算法性能进行评价,其中传输时延为阅读器从开始发送数据到数据发送完毕总共花费的时间;吞吐量代表有效传输的实际总效率^[11,12]。

4.1 传输时延比较

假设标签的序列长度为 k Bit,传输速率为 100 kbit/s ,产生碰撞的比特位数为 x , x 的取值范围为 $[\text{integ}(\log 2n), k]$ ^[13]。二进制防碰撞算法和改进的二进制防碰撞算法传输时延随标签个数 n 的变化关系如图 5 所示。

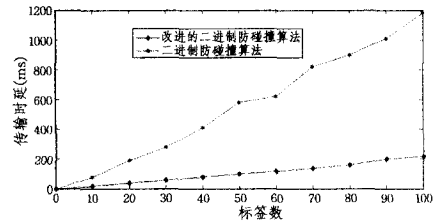


图 5 二进制防碰撞算法改进前后的传输时延比较

从图 5 中可以看到,当碰撞的比特位数在区间 $[\text{integ}(\log 2n), k]$ 内时,改进的二进制防碰撞算法的传输时延都要小于二进制搜索算法。对比结果表明,改进的二进制防碰撞算法提高了标签的响应速度,阅读器的平均搜索次数大幅度减少。

4.2 传输时延比较

随着标签数的增大,二进制防碰撞算法改进前后的吞吐量变化情况如图 6 所示。从图 6 可知,改进的二进制防碰撞算法的吞吐量有了明显提高,基本上高于 50%,主要是由于改进的二进制防碰撞算法减少了系统的碰撞检测次数,每次返回到父节点而不是返回到根节点,大大减少了标签的识别路径,提高了标签识别效率。

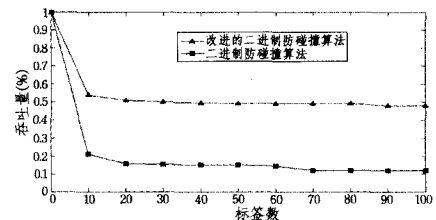


图 6 二进制防碰撞算法改进前后的吞吐量对比

结束语 对基本二进制防碰撞算法原理和工作流程进行了分析,针对其存在的缺陷,提出了一种改进的二进制防碰撞算法。该算法利用已得到的冲突信号,动态发送数据,减少数据发送量,并改进返回方式,从而减少搜索命令的发送次数。测试结果表明,改进的二进制防碰撞算法提高了系统吞吐量,降低了系统传输时延,在标签数量增加时,系统性能优势更加明显,十分适合于物联网应用背景下大量标签的识别。

参考文献

- [1] Finkeneller K. RFID handbook fundamentals and applications in contact-less smart cards and identification(2nd ed)[M]. [S. l.]:John Wiley and Sons Ltd,2003
- [2] 王必胜,张其善.可并行识别的超高频 RFID 系统防碰撞性能研

究[J]. 通信学报, 2009, 30(6): 108-113

- [3] 谢振华, 赖声礼, 陈鹏. RFID技术和防碰撞算法[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(6): 223-239
- [4] Wang T P. Enhanced binary search with cut-through operation for anti-collision in RFID systems[J]. IEEE Communications Letters, 2006, 10(4): 236-238
- [5] 丁治国, 郭立. 基于二叉树分解的自适应防碰撞算法[J]. 电子与信息学报, 2009, 31(6): 1395-1399
- [6] 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: 自然科学版, 2005, 44(1): 46-50
- [7] Wang C C, Derryberry J, Sleator D D. $O(\log \log n)$ competitive dynamic binary search trees[A]// Proceedings of the Seventeenth Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithm

[C]. 2006: 374-383

- [8] 何晓桃, 郑文丰. RFID 中基于二分叠加的二进制防碰撞算法[J]. 华南师范大学学报: 自然科学版, 2011, 8(3): 61-65
- [9] 刘志龙, 简茶生, 王忠华. 基于 EPC 搜索的 RFID 系统二进制防碰撞算法[J]. 煤炭技术, 2011, 30(10): 198-200
- [10] 王道强, 李志鹏. 基于 RFID 的二进制防碰撞算法的改进[J]. 森林工程, 2011, 27(1): 89-93
- [11] 单承赣, 余春梅, 王聪聪. 改进的二进制查询树的 RFID 标签防碰撞算法[J]. 合肥工业大学学报, 2008, 31(11): 1801-1804
- [12] Choi J H. Query tree-based reservation for efficient RFID tag anticollision[J]. IEEE Communications Letters, 2007, 11(1): 85-87
- [13] Cover T M, Thomas J A. Elements of Information Theory (2nd Edition)[M]. John Wiley & Sons, 2001

(上接第 13 页)

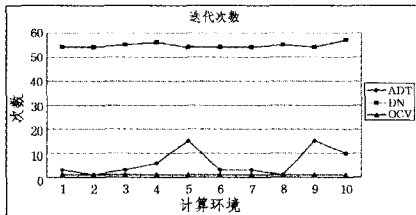


图 10 决策执行迭代次数

结束语 适配决策模型是 MPEG-21DIA 规范中的重要内容, 然而 DIA 只涉及与数字项内容适配相关的元数据标准, 适配决策模型仍作为一个开放的问题未被定义。近十年来, 虽然国内外研究者提出了诸多适配决策模型, 但这些模型还存在一些不足。因此, 需要对 DIA 中的适配决策模型做进一步的研究。本文将适配决策视为序列决策过程, 利用优化理论和决策树建立适配决策模型——ADT。首先利用带约束的优化模型构建最优数字项集合, 作为适配决策空间; 其次根据用户偏好建立适配决策树; 最后利用适配决策树在决策空间搜索最优数字项, 实现适配决策。该模型具有 3 个特点: 1) 充分考虑用户偏好, 并兼顾上下文中的其它属性信息, 从而最大程度保证服务质量, 满足多媒体内容服务的个性化需求; 2) 模型有良好的理论基础, 从问题建模、求解到评价都有较完备的理论保证; 3) 模型具备快速求解的特征, 适配决策时间短, 能够满足多媒体内容服务的实时性需求。通过对照实验证明, 当上下文发生变化时, ADT 模型在决策误差和迭代次数两个指标上与 OCV 模型相近, 明显优于 DN 模型。

当然, ADT 模型还存在一些问题需要做进一步研究。例如, 通过实验发现模型对用户偏好的变化非常敏感。现实中, 用户偏好发生剧烈变化的概率较小, 但其仍然可能发生。因此, 在后续的研究中我们将针对性地提出优化策略, 以减少模型对用户偏好变化的敏感度。其次, 在定义数字项距离时我们假设格式参数取值均为比例尺度, 而实际参数还可能是名义尺度, 但参数为名义尺度时如何处理是另一个需要解决的问题。最后, 个性化服务的前提是必须知道用户偏好。因此, 用户偏好模型和模型构建是个性化服务的核心。为满足适配决策的需求, 本文提出了一种用户偏好的简单模型, 但对于个性化服务用户偏好模型需要进一步地完善。此外, 本文未涉

及用户偏好信息获取问题, 这是一个难题, 值得做进一步深入研究。

参考文献

- [1] Mohan R, Smith J, Li C S. Adapting Multimedia Internet Content for Universal Access[J]. IEEE Transactions on Multimedia March, 1999, 1(1): 104-114
- [2] Vetro A, Timmerer C. Digital Item Adaptation: Overview of Standardization and Research Activities[J]. IEEE transactions on multimedia, 2005, 7(3): 418-426
- [3] Lum W-Y, Lau F C M. A Context-Aware Decision Engine for Content Adaptation[J]. IEEE pervasive computing, 2002, 1(3): 41-49
- [4] Mukherjee D, et al. Optimal Adaptation Decision-Taking for Terminal and Network Quality-of-Service[J]. IEEE transactions on multimedia, 2005, 7(3): 454-461
- [5] Prangl M, et al. Fast Adaptation Decision taking for Cross-modal Multimedia Content Adaptation[C]// Multimedia and Expo, 2006 IEEE International Conference. 2006: 137-140
- [6] Thang T-C, Jung Y J, Ro Y-M. Modality Conversion in Content Adaptation for Universal Multimedia Access[C]// Conference on Imaging Science, Systems and Technology. 2003
- [7] Yang J-H, Shao W-Y. Enhancing pervasive Web accessibility with rule-based adaptation strategy[J]. Expert Systems with Applications, 2007, 32(4): 1154-1167
- [8] Tong M-W, Yang Z-K, Liu Q-T, et al. A Novel Content Adaptation Model under E-learning Environment Frontiers in Education Conference[C]// 36th Annual. 2006: 1-5
- [9] Charvillata V, Grigoras R. Reinforcement Learning for Dynamic Multimedia Adaptation[J]. Journal of Network and Computer Applications, 2007, 30(3): 1034-1058
- [10] 於志文. 普适环境上下文感知多媒体个性化服务技术研究[D]. 西安: 西北工业大学, 2005: 56-58
- [11] 达林. 切平面在混合整数非线性规划中的应用[D]. 北京: 北京交通大学, 2009: 12-20
- [12] Tong Ming-wen, Yang Zong-kai, Liu Qing-tang. A Novel Model of Adaptation Decision-taking Engine in Multimedia Adaptation[J]. Journal of Network and Computer Applications, 2010, 33(1): 43-49