

基于四元查询树算法的改进防碰撞算法

王 荃, 滑 楠, 张 璐, 田罗庚

(空军工程大学信息与导航学院, 陕西西安, 710077)

摘要 射频识别技术是一种非接触式的自动识别技术,当多个电子标签同时传输它们的唯一标签识别码(UID)给阅读器时,则会发生碰撞问题,因此解决电子标签信号碰撞的问题就显得尤为重要。提出了一种预先侦测查询树算法,以减少碰撞识别和空闲时间来降低识别延迟。使用四元查询树协议取代二元查询树协议来减少碰撞,实现时隙预先侦测信号技术来清除全部的空闲时间。结合四元查询树协议与时隙前侦测信号技术,来改善 RFID 在电子标签识别上所发生的碰撞问题,减少不必要的查询命令数量。经仿真模拟分析,并和已有电子标签防碰撞算法进行比较,实验结果显示预先侦测查询树算法可以有效改善碰撞问题,提升 RFID 系统的整体识别效能。

关键词 射频识别系统;防碰撞算法;查询树算法

DOI 10.3969/j.issn.1009-3516.2012.06.016

中图分类号 TN911.5 **文献标志码** A **文章编号** 1009-3516(2012)06-0075-05

射频识别技术(Radio Frequency Identification, RFID)是 20 世纪 90 年代兴起并逐渐走向成熟的一种非接触式的自动识别技术,可通过射频识别信号自动识别目标对象并获取相关数据,识别过程无需人工干预,可工作于各种恶劣的环境,现在物流、跟踪、定位等领域已得到广泛的应用^[1-2]。射频识别技术具有广阔的应用前景,但其在技术等方面还存在着许多问题。这些问题如果不能很好地加以解决,将会严重地影响射频识别技术的使用和推广。标签防碰撞问题^[3]是射频识别中重点研究的一个领域,由于物联网应用的特点,且标签数量的大量增加,对传统防碰撞算法提出了重要的挑战。在二元查询树(Binary Query Tree, Binary QT)^[4-5]、四元查询树(4-ray Query Tree, 4-ary QT)^[6-7]及混合查询树(Hybrid Query, HQT)^[8-9]防碰撞算法分析的基础上,对四元查询树算法进行了改进,提出了一种预先侦测查询树算法。经仿真验证分析,并和已有标签防碰撞算法进行比较,实验结果显示新算法减少了碰撞时期的数量,在现行的标签应答技术上实现时隙预先侦测信号技术,从而完全清除不必要的空闲时期,有效改善碰撞问题,提升了 RFID 系统的整体识别效能。

1 预先侦测查询树算法

1.1 算法原理

时隙预先侦测信号技术(Slotted Pre-Detection Signal Mechanism),主要是在现行的标签应答技术的基础上,加入时隙预先侦测信号机制,使得标签有无应答可以直接被侦测出来。在时隙预先侦测信号机制中,RFID 读写器发送查询命令后,RFID 读写器会侦测前面 4 个侦测时隙中是否有前侦测信号,用来发现是否出现碰撞情况。如图 1 和图 2 所示,碰撞情况发生时,标签 C 和 D 的前侦测信号将分别从第 2 个和第 3 个侦测时隙进行传递;RFID 读写器可以在侦测期间分别侦测到 4 个侦测时隙中是否有前侦测信号,RFID 读写

收稿日期:2012-08-29

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61202128)

作者简介:王 荃(1987-),男,山东青岛人,硕士生,主要从事射频识别防碰撞算法研究。

E-mail:377161718@qq.com

器可以通过侦测得知碰撞的标签是 C 还是 D。

由于从 $dts1$ 没有侦测到前侦测信号,表示没有符合查询字符串 1000 00 的标签存在;而在 $dts2$ 侦测到前侦测信号,表示有符合查询字符串 1000 01 的标签存在。以此类推,在 $dts3$ 侦测到前侦测信号,表示有符合查询字符串 1000 10 的标签存在; $dts4$ 没有侦测到前侦测信号,表示没有符合查询字符串 1000 11 的标签存在。因此,读写器就可以知道在下一次的查询命令,并不需要发送查询字符串给不存在的标签,所以读写器会选择新的查询字符串 1000 01 和 1000 10。当读写器不会发送不存在的电子标签的查询字符串 100000 及 100011 时,表示不必要的空闲时期会被删除,因此 RFID 读写器发送的查询命令将会降低。

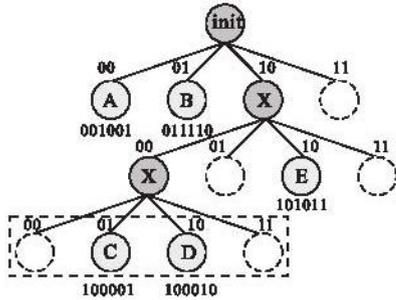


图1 预先侦测查询树算法实例1

Fig.1 Example 1 of pre-query tree algorithm

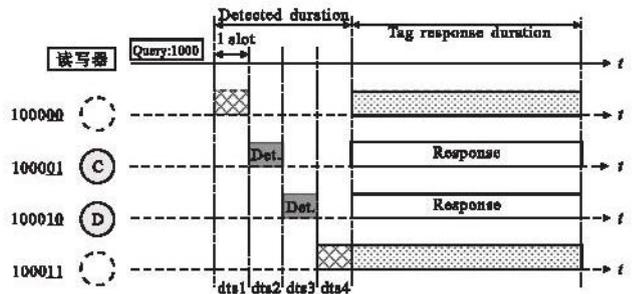


图2 时隙前侦测信号技术实例1

Fig.2 Example 1 of slotted pre-detection signal mechanism

图1和图2反映出混合查询树算法的时隙延迟标签应答技术无法检测所有的空闲时期,例如 10 01。但使用预先侦测查询树算法的时隙前侦测信号技术,可以检测所有的空闲时期,例如 10 01。然后予以删除,如图3和图4所示。在查询字符串 10 01 的标签是否存在时,因为在 $dts2$ 没有侦测到前侦测信号,表示没有符合查询字符串 10 01 的标签存在。因此,读写器在下一次的查询命令,就不会发送查询字符串 10 01,而清除所有的空闲时期。

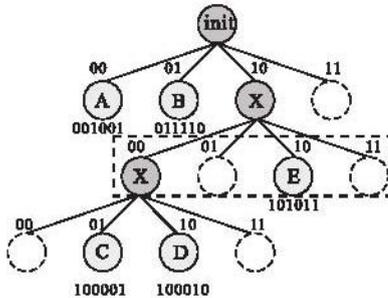


图3 预先侦测查询树算法实例2

Fig.3 Example 2 of pre-query tree algorithm

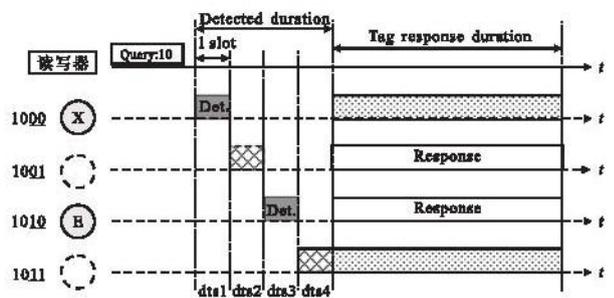


图4 时隙前侦测信号技术实例2

Fig.4 Example 2 of slotted pre-detection signal mechanism

1.2 算法流程及分析

将 RFID 读写器对预先侦测查询树算法的查询过程见表1。注意表1中的步骤1,RFID 读写器在开始进行查询流程时,会先发送 0 位元的空查询字符串的查询命令,此时等待查询序列中没有任何查询字符串,但是因为符合空查询字符串的标签数量大于 1 个以上,这些标签的应答会发生碰撞,RFID 读写器发现标签的应答发生了碰撞后,会将空查询字符串扩展 2 个位元(00、01、10 和 11),然后利用时隙预先侦测信号技术,删除不需要的扩展后的新查询字符串 11,其他需要的扩展后的新查询字符串 00、01 和 10 等置入等待查询序列中,接着执行步骤2,上述过程简单步骤如下:

1)RFID 读写器从等待查询序列中取出数值最小的查询字符串(第1次除外);

2)然后发送带有该查询字符串的查询命令;

3)接着电子标签的应答将产生 3 种查询结果:①碰撞,查询字符串扩展 2 个位元,然后利用时隙预先侦测信号技术,删除不必要的新查询字符串,其他需要的新查询字符串置入等待查询序列中;②空闲,不对等待查询序列做任何的处理;③成功,不对等待查询序列做任何的处理;

4)回到步骤1)重新执行,直到等待查询序列中没有查询字符串,查询结束。

表 1 预先侦测查询树算法查询过程

Tab. 1 Process of pre-query tree algorithm

步骤	查询字符串	查询结果	等待查询序列
1	空字符串	碰撞	00,01,10
2	00	成功(得到 A)	01,10
3	01	成功(得到 B)	10
4	10	碰撞	1000,1010
5	1000	碰撞	1010,100001,100010
6	1010	成功(得到 E)	100001,100010
7	100001	成功(得到 C)	100010
8	100010	成功(得到 D)	空(查询结束)

从表 1 中可得知执行步骤=8,查询结果中:碰撞=3,空闲=0,成功=5。而四元查询树算法的查询过程中得知执行步骤=12,查询结果中:碰撞=2,空闲=5,成功=5。

与四元查询树算法的查询结果进行比较,使用预先侦测查询树算法,碰撞时期的数量仍然维持等量减少外,空闲时期的已经完全被清除。

另外,预先侦测查询树算法的执行步骤数量是 8,低于二元和四元 2 种查询树算法的执行步骤数量 12,所以采用混合查询树算法时,因为空闲时期被全部清除的原因,故执行步骤的数量也减少,也就是 RFID 读写器发送的查询命令数量是减少的,进而提高了 RFID。

2 仿真验证

假设读写器与标签之间的通信是在一个静态环境,所有的标签也都在可读取范围内。标签的模拟数量分别是:25、50、75、100、125、150、175、200 等 8 种,并对各个标签数量均模拟运行 1 000 次取平均值。其他模拟参数^[10]见表 2。

表 2 模拟参数

Tab. 2 Simulation parameter

模拟参数	模拟参数说明	模拟设定值
L_{uid}	标签的 UID 长度	128 bit
L_{cmd}	读写器发送的查询命令长度(命令长度和 UID 长度) 命令长度=195 bit UID 长度=128 bit	323 bit
L_{res}	标签的应答资料长度(UID 长度)	128 bit
R_{com}	通信速率	128 kbps
T_{bit}	单一位元的通信时间(1/128 kbps)	7.812 5 μ s
T_{up}	标签的开始回复时间 读写器发送查询命令后,直至接收到应答信号的等待时间	20 μ s
T_{hts}	HQT 单一时隙延迟的时间 混合查询树算法的时隙延迟应答技术中的单一时隙时间	20 μ s
T_{dts}	PDQT 单一侦测时隙的时间 预先侦测查询树算法的时隙预先侦测信号技术的单一时隙时间	20 μ s

4-ary QT、HQT、PDQT 等 3 种查询树算法基本上都属于四元查询树为基础的算法,Binary QT 是以二元查询树为基础的算法,由前文中论述可知,四元查询树算法与二元查询树算法相比,特点 1:碰撞时期的数量会大幅度减少,如图 5 所示。特点 2:空闲时期的数量会大幅度增加,如图 6 所示。

因为识别延迟的时间总和是由读写器发送的查询命令时所花费的时间,再加上标签回复 UID 资料时的通信时间,所以如果碰撞时期的数量一样,识别延迟的时间就是由空闲时期的数量来决定,因此识别延迟的时间多少依次是 4-ary QT 最多,HQT 次之,PDQT 最少,如图 7 所示,可获得相同验证。

另外,Binary QT 的碰撞时期数量是最多的,而 4-ary QT 的空闲时期数量则是最多的,这是因为在产生碰撞时期,读写器需要发送查询命令,所以 Binary QT 的误别延迟时间会多于 4-ary QT。从表 2 中可得知读写器发送的查询命令长度是 323 bit,远大于标签的应答资料长度 128 bit,故造成碰撞时期数量最多的 Bi-

nary QT 的识别延迟时间会大于 4-ary QT。

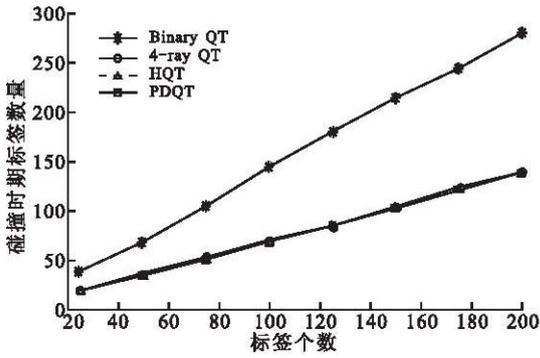


图5 碰撞时期标签数量

Fig.5 the number of electronic tag during the collision

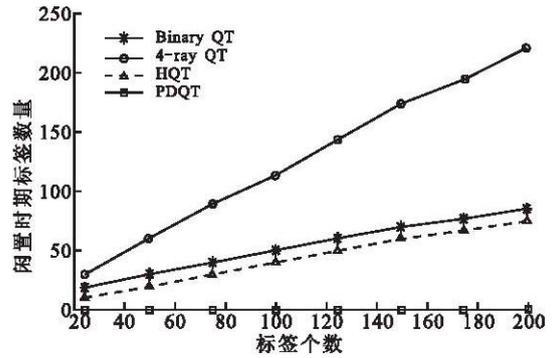


图6 空闲时期数量

Fig.6 The number of electronic tag during the idles see

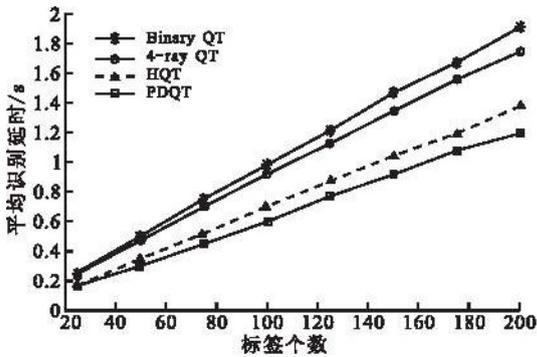


图7 识别延迟

Fig.7 Number of electronic during the identification of delay

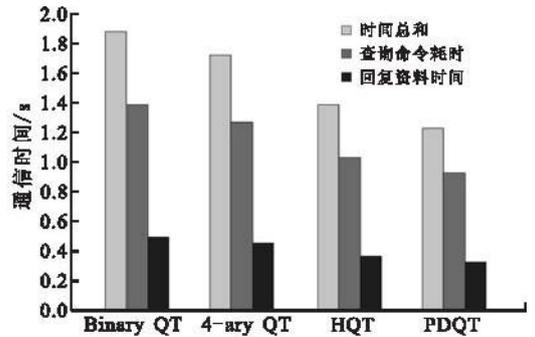


图8 时间分布

Fig.8 Time distribution

图8和表3是标签模拟数量在200个的情况下,有关读写器发送查询命令时所花费的时间、标签回复UID资料时的通信时间、两者时间总和的时间分布以及提升效率的百分比。

分析读写器发送查询命令时所花费的时间,由于 Binary QT 与 4-ary QT 2种算法在读写器发送的查询命令数量是一样的,所以2种算法在读写器发送查询命令时所花费的时间也就是相同的。而 HQT 和 PDQT 2种算法会减少或清除全部的空闲时期,使得读写器发送的查询命令数量也减少,所以2种算法在读写器发送查询命令时所花费的时间也就比 Binary QT 与 4-ary QT 2种算法更少。

本文所提出的 PDQT 在从二元查询树算法转换成四元查询树算法时,与 4-ary QT、HQT 2种算法一起与 Binary QT 进行比较,效率可以提升约 35.4%。

表3 效率比较

Tab.3 Comparison of the efficiency

算法	查询命令耗时/ μs	回复 UID 资料时间/ μs	时间总和/ μs	提升效率百分比/%
Binary QT	1.408	0.489	1.897	0
4-ary QT	1.408	0.349	1.757	7.4
HQT	1.007	0.37	1.377	27.4
PDQT	0.853	0.372	1.225	35.4

3 结语

本文提出了一种应用于标签碰撞的预先侦测查询树算法,结合四元查询树算法与时隙预先侦测信号技术。预先侦测查询树算法使用四元查询树算法来取代二元查询树算法,从而减少碰撞时期的数量,在现行的标签应答技术上实现时隙预先侦测信号技术,从而完全清除不必要的空闲时期,因此降低 RFID 读写器发送不必要的查询命令数量,提高 RFID 系统的整体识别速度。

参考文献(References):

- [1] 宁焕生,张瑜,刘芳丽,等.中国物联网信息服务系统研究[J].电子学报,2006,B12;2514-2517.
NING Huansheng, Zhang Yu, Liu fangli, et al. Research on information service system of China internet of things[J]. Acta electronica sinica, 2006, B12; 2514-2517. (in Chinese)
- [2] 丰硕,高飞,薛艳明,等.标签防撞算法[J].微计算机信息,2011,27(12):49-50.
FENG Shuo, GAO Fei, XUE Yanming, et al. Research of an improved RFID anti-collision algorithm[J]. Micro calculate information, 2011, 27(12); 49-50. (in Chinese)
- [3] Zhou Shijie, Luo Zongwei, Wong Edward, et al. Interconnected RFID reader collision model and its application in reader anti-collision[C]//IEEE international conference on RFID. TX:IEEE press, 2007; 212-219.
- [4] Sung Hyun Kin, Poo Gyeon. Park an efficient tree based tag anti-collision protocol for FRD systems [J]. IEEE communications letters, 2007, 11(5); 449-451.
- [5] MIT Auto-ID Center. Draft protocol specification for a 900 MHz class 0 radio frequency identification tag [EB/OL]. http://auto-id.mit.edu, 2003.
- [6] Rosen Kenneth H. Discrete mathematics and its applications[M]. New York: McGraw-Hill, 2003.
- [7] Peter Mathys, Philippe Flageolet. Q-ary collision resolution algorithms in random-access systems with free or blocked channel access[J]. IEEE transactions information theory, 1985, 31(2); 217-243.
- [8] Jiho Ryu, Hojin Lee, Yongho Seok, et al. A hybrid query tree protocol for tag collision algorithm in RFID systems [C]//IEEE international conference on communications. [S. l.]: IEEE press, 2007; 5981-5986.
- [9] 滕培俊,熊伟,梁青,等.一种基于二进制树的 RFID 防冲突算法研究[J]. 通信技术, 2009, 42(7): 94-96.
TENG Peijun, XIONG Wei, LIANG Qing, et al. Anti-collision algorithm based on binary tree in RFID [J]. Communications technology, 2009, 42(7); 94-96. (in Chinese)
- [10] EPCTM. Radio-frequency identity protocols class-1 generation-2 UHF RFID protocol for communications at 860 MHz-960 MHz version 1.0.9. EPC global[P]. January 2005.

(编辑:徐楠楠)

A New Anti-collision Algorithm Based on the Quaternary Query Tree Algorithm

WANG Quan, HUA Nan, ZHANG Lu, TIAN Luo-geng

(Information and Navigation College, Air Force Engineering University, Xi'an 710077, China)

Abstract: Radio Frequency Identification is a kind of non-contact auto-identification technique when many electronic tags transmit their only tag identification code to the reader; there will be collision arising, thereby, the research on collision avoidance is necessary and urgent. With the purpose of decreasing the recognition delay, a Pre-Query Tree Algorithm is proposed through the way of decreasing the collision identification and idle time. In this algorithm, the Binary Query Tree Algorithm is replaced by the Quaternary Query Tree Algorithm to reduce the collision. Meanwhile the slotted Pre-Detection Signal Mechanism is used to eliminate the entire idle time. Combined with the Binary Query Tree Algorithm and the slotted Pre-Detection Signal Mechanism, the collision problem of Radio Frequency Identification (RFID) at the aspect of electronic tag identification is promoted and the number of unnecessary query command is reduced. The simulation results show that Pre-Query Tree Algorithm could reduce the collision, and the entire efficiency of FRID system is improved.

Key words: radio frequency identification; anti-collision algorithm; query tree algorithm