

RFID电子标签防碰撞算法的研究

Studies on Tag Anti-collision Algorithms in RFID

(山东理工大学) 崔沂峰 陈平 张景元

CUI YIFENG CHEN PING ZHANG JINGYUAN

摘要: 电子标签防碰撞是 RFID 应用系统中的关键问题之一。解决这个问题可以采用时分多路存取技术, 其相关的算法有 ALOHA 法、时隙 ALOHA 法、二进制搜索法、动态二进制搜索法等防碰撞算法。这几种算法在实现方式、应用效率上各有不同, 本文对这几种算法进行了分析论证。

关键词: RFID; 防碰撞; ALOHA; 二进制搜索

中图分类号: TP301.6

文献标识码: A

Abstract: Tag anti-collision is one of the key problems of RFID System. The technique of TDMA can solve this problem. In TDMA, there are several anti-collision algorithms, such as ALOHA, Slotted ALOHA, binary search, dynamic binary search and so on. These algorithms are different at realization mode and application efficiency. This paper provides analysis and argumentation of them.

Key word: RFID, anti-collision, ALOHA, binary search

技术创新

1 RFID 系统简介

射频识别技术(Radio Frequency Identification RFID)是一种非接触式自动识别技术,与传统的识别方式相比,RFID 技术无需直接接触、无需光学可视、无需人工干预即可完成信息输入和处理,具有操作方便快捷、存储数据量大、保密性好、反应时间短、对环境适应性强等优点,现在已广泛应用于工业自动化、商业自动化和交通运输管理等领域,成为当前 IT 业研究的热点技术之一。

典型的 RFID 系统主要包括三个部分:电子标签(Tag)、阅读器(Reader)和数据处理子系统(见图 1)。电子标签放置在被识别的对象上,是 RFID 系统真正的数据载体。通常电子标签处于休眠状态,一旦进入阅读器作用范围之内就会被激活,并与阅读器进行无线射频方式的非接触式双向数据通信,以达到识别并交换数据的目的。此外,许多阅读器还都有附加的通信接口,以便将所获得的数据传送给数据处理子系统进行进一步的数据处理。

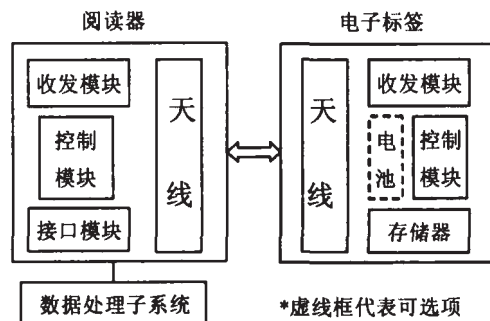


图 1 RFID 系统结构图

2 系统防碰撞

RFID 系统工作的时候,当有 2 个或 2 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的时候就会出现信号的干扰,这个干扰被称为碰撞(collision),其结果将会导致该次数据传输的失败,因此必须采用适当的技术防止碰撞的产生。

从多个电子标签到一个阅读器的通信称为多路存取,多路存取中有四种方法可以将不同的标签信号分开:空分多路法(SDMA)、频分多路法(FDMA)、时分多路法(TDMA)和码分多路法(CDMA)。针对 RFID 系统低成本、较少硬件资源和数据传输速度以及数据可靠性的要求,TDMA 构成了 RFID 系统防碰撞算法最为广泛使用的一族。

TDMA 是把整个可供使用的通路容量按时间分配给多个用户的技术,可分为电子标签控制法和阅读器控制法。电子标签控制法主要有 ALOHA 法,阅读器控制法有轮询法和二进制搜索法。

3 ALOHA 法

ALOHA 算法是一种信号随机接入的方法,采用电子标签控制方式,即电子标签一进入阅读器的作用范围内,就自动向阅读器发送自身的序列号,随即与阅读器开始通信。在一个电子标签发送数据的过程当中,如果其他的电子标签也在发送数据,那么发送的信号重叠引起碰撞(如图 2)。

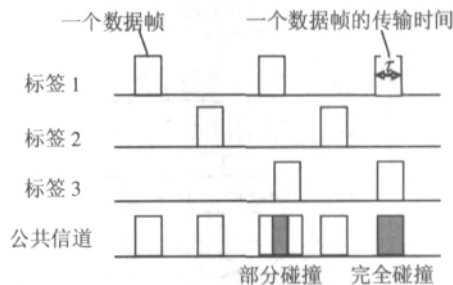


图 2 ALOHA 算法模型

阅读器一旦检测到碰撞产生,就会发送命令让其中一个电

崔沂峰: 硕士研究生

基金项目: 山东省自然科学基金(2004ZX34)

子标签暂停发送数据,随机等待一段时间以后再重新发送数据。由于每个数据帧的发送时间只是重复发送时间的一小部分,以致在两个数据帧之间产生相当长的间歇。所以存在着一定的概率,使两个标签的数据帧不产生碰撞。公共信道上在单位时间 T 内平均发送的数据帧数 G 和传输通路的吞吐率 S 的计算公式见式(1)和式(2)。

$$G = \sum_{i=1}^n \frac{\tau}{T} r_n \quad (1)$$

$$S = G \cdot e^{(-2G)} \quad (2)$$

其中: n 是系统中标签的数量, r_n 是 T 时间内由电子标签 n 发送的数据帧数

根据发送的数据帧数 G 和吞吐率 S 之间的关系,可以得出,当 $G=0.5$ 时, S 的最大值为 18.4%。这说明 80% 以上的数据通路没有被利用,该方法实现防碰撞的效率代价较高。但是由于 ALOHA 算法实现的简单性,并且适于标签数量不定的场合,能够作为一种防碰撞法较好的适用于只读电子标签系统。

为了提高 ALOHA 算法的吞吐率,可以采用改进的 ALOHA 算法。时隙 ALOHA 算法在 ALOHA 算法的基础上将时间分成多个离散的相同大小的时隙,标签只能在每个时隙的分界处才能发送数据。这样标签或发送成功或完全冲突,将原先 ALOHA 算法的产生冲突时间间隔 $T=2\tau$ 缩减到 $T=\tau$ 。根据公式 $S=G \cdot e^{-2G}$ 可以得到当 $G=1$ 时吞吐率 S 达到最大值为 36.8%。时隙 ALOHA 算法比 ALOHA 算法效率最大提高了一倍,但是同时要求所有的电子标签必须由阅读器同步控制,因此这是一种随机的、阅读器控制的 TDMA 防碰撞法。

4 二进制搜索法

二进制搜索法又名二叉树搜索法。所有用二进制唯一标识的电子标签的序列号可以构成一颗完全二叉树。在阅读器作用范围内同步向阅读器发送的信号的标签的序列号也构成一颗二叉树。阅读器根据信号冲突的情况反复对完全二叉树的分枝进行筛选,最终找出这颗二叉树。在寻找的过程当中逐一确定了作用区域内响应的电子标签,同时也完成了它们与阅读器之间的信息交换。其算法流程图见图 3。

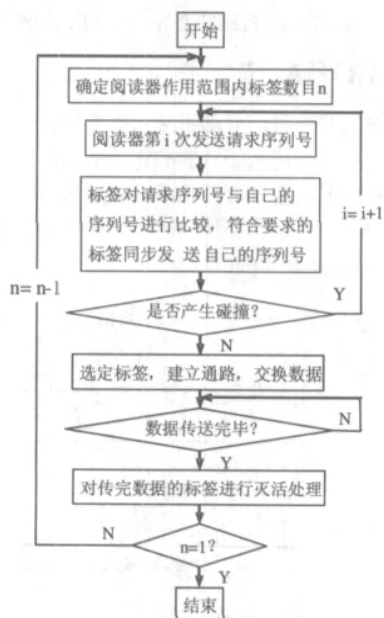


图 3 二进制搜索算法程序流程图

下面来举例说明这个算法系统的实现情况。这里采用 8 位的序列号来唯一标识 256 个电子标签。假设同一时刻进入阅读器作用范围的电子标签有四个,它们的序列号分别为:

A: 10110010

B: 10100011

C: 10110011

D: 11100011

算法系统在第 1 次重复操作中由阅读器发送请求命令 (序列号) $\leq 11111111B$, 即在本例中最大可能的 8 位序列号。由于作用在阅读器范围内的所有标签的序列号都小于或等于 11111111B, 所以此命令被阅读器作用范围内的所有标签响应。ABCD 四个标签同步将自己的序列号回送阅读器, 阅读器接收到的回送的代码为 1X1X001X。可以确定, 在接收序列的第 0、4、6 位产生碰撞。其中, 第 6 位是发生碰撞的最高位, 这意味着在 $\geq 11000000B$ 和 $\leq 10111111B$ 的范围内至少各有一个电子标签存在, 这样就可以限制下一次重复操作的搜索范围。

算法系统在第 2 次重复操作中由阅读器发送的请求命令 (序列号) 为 $\leq 10111111B$, 满足此条件的电子标签 ABC 就会做出响应, 然后回送自己的序列号, 阅读器接收到的代码为 101X001X。同理在序列号 $\geq 10110000B$ 和 $\leq 10101111B$ 的范围内至少各有一个电子标签存在。由此可以进一步限定范围进行第三次搜索。

依据以上方法, 依次类推, 最终可以确定一个唯一的电子标签序列号。阅读器随即和这一标签建立数据通路, 一对一的进行没有干扰的信息交换。等信息交换完毕, 阅读器对这一标签进行灭活处理, 使其在一定的时间内不能够再响应阅读器的请求命令。经过 4 次这样的过程, 就逐步完成了对每一个标签的识别和通信, 有效的防止了系统的碰撞问题。该例的算法示意图如图 4。

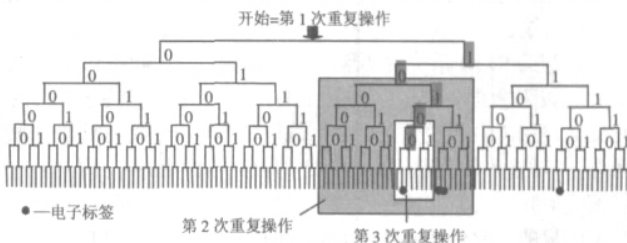


图 4 二进制搜索算法示意图

动态二进制搜索法是一种改进的二进制搜索算法。在二进制搜索算法中, 电子标签的序列号总是一次次完整的传输, 然而, 当标签的序列号较长时 (有可能达到几个到几十个字节), 需要传送大量的数据, 这就增加了搜索时间和出错频率。实际上, 经过对阅读器和单个电子标签之间数据流的分析 (如图 5), 可即刻得出:

| | |
|-----|--------------------------------------|
| 请求: | 10101 111 11111111 11111111 11111111 |
| 响应: | 10101 100 11110101 01011101 01010011 |
| 位: | N...X (X-1)0 |

图 5 信息交换数据流图

·阅读器发送的请求命令中, $(X-1) \sim 0$ 各位不包含给电子标签的补充信息, 因为这些位总是被置 1 或置 0 (本文举例中全置 1), 只要事先预定好, 这些信息可不必发送。

·电子标签响应的序列号的 $N \sim X$ 各位不包含给阅读器的补充信息, 因为这些位是已知且给定的。 (下转第 269 页)



图3 样机实物照片

Figure 3 The Photo of Production

本文设计的远程家电控制系统已于2006年获得北京交通大学第十届“挑战杯”课外学术科技作品竞赛三等奖以及第一届“微联杯”课外科技创新大赛二等奖。

本文作者创新点在于巧妙地利用了程控电话交换机的已有功能,在此基础上实现了电话对家电的远程控制。在不影响电话正常使用的前提下,还可根据用户的要求,灵活控制多台家用电器。

参考文献

[1]姜晓霞. 基于 At89S52 单片机的智能客房控制系统[J]微计算机信息, 2005,21,(10): 78-79.

[2]陈良银. 智能家居系统的设计与实现[J]. 新疆大学学报, 2005, 22,(1): 108-111.

[3]多路通系列程控电话交换机使用说明书

作者简介:蒋昊(1984-),男,北京人,北京交通大学电子信息工程学院电子工程系研究生,硕士,主要从事集成电路设计与应用的研究;李哲英(1953-),男,吉林人,北京联合大学信息学院教授,硕士,主要从事集成电路设计与应用的研究。

Biography:Jiang Hao (1984-); Male; Beijing; Graduate of Electronics Engineering Department, School of Electronics and Information Engineering, Beijing Jiaotong University; Master; Research on design and application of integrated circuit; Li Zhe-ying (1953-); Male; Jilin; Professor of Information School, Beijing Union University; Master; Research on design and application of integrated circuit.

(100044 北京 北京交通大学电子信息工程学院)蒋昊 李哲英 蒋大明

(School of Electronics and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing, 100044, China)Jiang Hao

Li Zhe-ying Jiang Da-ming

通讯地址:(100044 北京 北京市北京交通大学电子信息工程学院)蒋昊

(收稿日期:2007.6.23)(修稿日期:2007.7.25)

(上接第 229 页)

Biography:Zheng Jie(1982-), Male(Han), Hubei Province, Dept. of Electronics & Information, HUST, Master, Communication & Information System, Research area: Network communication, Embedded System, RFID;Xu Jing(1979-), Male (Han), Hubei Province, Dept. of Electronics & Information, HUST, Prelector, Doctor, Research area: Wireless

communication, RFID.

(430074 武汉 华中科技大学 电信系)郑杰 徐晶

(Electronics & Information Engineering Department, HUST, Wuhan, China, 430074) Zheng Jie Xu Jing

通讯地址:(430074 湖北 湖北省武汉市华中科技大学喻园小区 1 栋 1 单元 1604 室)郑杰

(收稿日期:2007.6.23)(修稿日期:2007.7.25)

(上接第 234 页)

由此可见,传输序列号的互补部分(图中阴影部分)是多余的。设计算法剪除这部分冗余数据可以使系统的传输效率提高一倍。

与 ALOHA 法相比,二进制搜索法识别率较高,随着识别区域内标签数量的增加,效率会保持并逼近在 50%,并且该算法不存在错误判断的问题。但算法实现的时延长,泄露的信息较多,安全性差。实现二进制搜索算法的前提是系统必须能够对碰撞按位进行识别,所以必须选择相对复杂的信道编码(一般采用 Manchester 编码),这也增加了系统的复杂程度。

5 结论

本文较为详细的介绍了能够有效防止 RFID 系统中电子标签碰撞的几种算法,每种算法都各有利弊。评估防碰撞算法的性能参数有阅读标签的速度、阅读器信号的输出带宽、返回信号的带宽、标签的成本、阅读器的成本和阅读距离等。所以,在实际的应用当中,应根据系统中具体的性能要求,选择一种合适的算法,使系统在更短的时间内识别尽可能多的电子标签。

本文的创新点:通过对几种防碰撞算法的研究分析,找出各种方法的优劣,为实际应用提供了有效的参考。

参考文献:

[1]王宏. RFID 自动识别设备的分类及选型初探[J]微计算机信息.2005,1:79-80

[2]游战清等.无线射频技术(RFID)理论与应用.北京:电子工业出版社,2004

[3][德]Klaus Finkenzeller 著,陈大才编译.射频识别(RFID)技术(第二版).北京:电子工业出版社,2001

[4]严蔚敏,吴伟民.数据结构.北京:清华大学出版社,1994

作者简介:崔沂峰(1978-),男(汉族),山东临沂人,山东理工大学计算机学院研究生,硕士,主要从事计算机测控方向的研究;陈平(1952-),男(汉族),山东淄博人,山东理工大学计算机学院教授,主要从事计算机测控方向的研究;张景元(1955-),男(汉族),山东济南人,山东理工大学计算机学院教授,主要从事人工智能、模式识别等方向的研究。

Biography:Cui Yifeng (1978-), male(Han), Shan Dong, College of computer science & technology(Shandong University Of Technology), master, computer science & technology, computer testing and control.

(255091 淄博 山东理工大学计算机科学与技术学院)崔沂峰 陈平 张景元

(College of computer science & technology, Shandong University Of Technology,Zibo,China,255091)Cui Yifeng

Chen Ping Zhang Jingyuan

通讯地址:(255012 山东 山东省淄博市 山东理工大学东校区(张店区共青团西路 88 号)院内 16 楼-2 单元-3 层东)陈平

(收稿日期:2007.6.23)(修稿日期:2007.7.25)