

射频识别系统中的防碰撞算法研究

廉国斌

(上海交通大学 信息安全学院, 上海 200240)

摘要:碰撞在射频识别系统中是一个非常常见的问题,如何有效解决这个问题对整个系统来说是很重要的。射频识别系统是由两个部分组成的:一个是标签;另一个是读写器。在读写器的作用范围内有多个标签同时应答,这时就会产生碰撞。提出了一种改进的二进制搜索算法,使用这种算法能够在更短的时间内比二进制搜索算法、纯 ALOHA 和时隙 ALOHA 法识别更多的标签。

关键词:射频识别;防碰撞;纯 ALOHA;时隙 ALOHA;二进制搜索法

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2009)01-0036-03

Research on Anti-Collision Algorithm for RFID Systems

LIAN Guo-bin

(School of Information Security Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: Collision is a familiar problem in an RFID system. How to solve this problem effectively is very important to the whole RFID system. The RFID system is always made up of two indispensable components; one is the tag, the other is the reader. Collisions occur when there are so many tags within the interrogation zone of a reader communicating with the reader synchronously. In this paper, an improved anti-collision algorithm is proposed. Using this algorithm will recognize more tags in less time than pure ALOHA, slotted ALOHA and binary search algorithm.

Key words: RFID; anti-collision; pure ALOHA; slotted ALOHA; binary search algorithm

0 引言

随着自动识别技术的发展,射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术逐渐兴起,对供应链管理、物流、生产控制和零售等领域产生重要影响,并将成为未来自动识别技术的主流。RFID技术是利用无线射频方式进行非接触双向通信,以达到识别目的并交换数据。

RFID系统主要由射频通信和计算机信息系统两部分组成。其中,射频通信部分主要包括读写器和标签(射频卡)。其间存在两种通信形式:从读写器到电子标签的数据传输,即读写器发送的数据流被其覆盖范围内的多个标签所接收,这种通信形式也被称为无线电广播(如图1所示)。在读写器的作用范围内有多个标签同时应答,这种形式被称为多路存取(如图2所示)。在后一种通信形式中,标签数据的混叠问题被称为碰撞问题。为了防止由于多个电子标签的数据在读写器的接收机中相互碰撞而不能准确被读出,必须采

用防碰撞算法来加以克服^[1]。

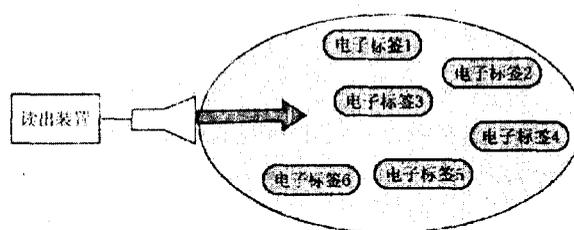


图1 无线电广播

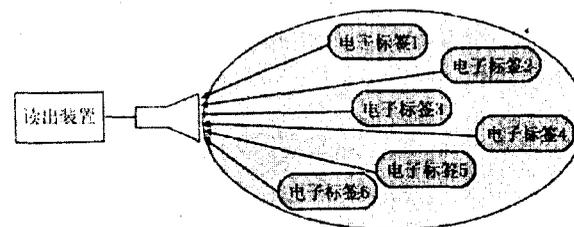


图2 读写器的多路存取

1 防碰撞算法

1.1 ALOHA 算法简述及在应用中的发展

1.1.1 纯 ALOHA

即最初的 ALOHA 算法,如图 3 所示。

收稿日期:2008-04-07

作者简介:廉国斌(1979-),男,山西运城人,工程师,主要从事 RFID 防碰撞算法研究。

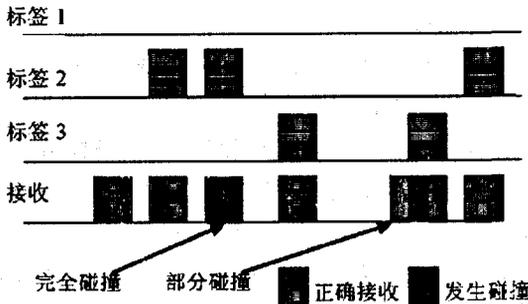


图 3 纯 ALOHA 算法示意图

- (1)各个标签随机在某时间点上发送信息;
- (2)读写器检测收到的信息,判断是成功接受还是发生碰撞;

(3)标签在发送完信息后等待随机长时间再重新发送信息;

(4)若假设一帧信息的长度为 H ,起始时间为 t_1 ,那么当另一帧的起始时间 t_2 满足关系式 $t_1 - H \leq t_2 \leq t_1 + H$ 时,碰撞发生。

人们在具体使用该算法时加入了以下因数,对算法进行改进:

①休眠:当标签信息被正确接收,则标签自动进入睡眠(quiet)状态;

②减慢标签信息发送速度——可看作是纯 ALOHA 算法和加入休眠效应的一种;当读写器对接受信息应接不暇时,发送指令使标签发送信息速度减慢,标签接收指令后则调整它的随机延迟算法来适应该指令。

③载波监听:当读写器感应到来自一个标签的信息时,立即发送指令给其他标签,使其暂时不发送信息。

1.1.2 时隙 ALOHA

即纯 ALOHA 算法中,标签信息发送的时间离散化,如图 4 所示。

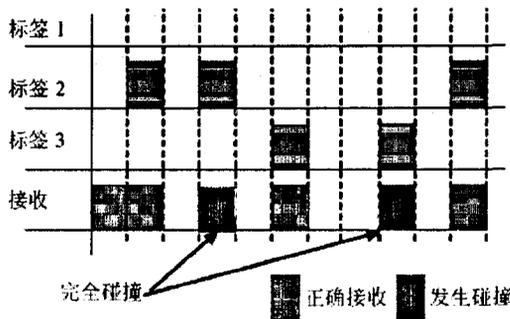


图 4 时隙 ALOHA 算法的示意图

- (1)时间域被分为离散的时间间隔,即时隙(slot);
- (2)标签发送信息的起始点不能任意,只能在一个时隙的起始处;
- (3)标签传送的信息不是不发生碰撞就是完全碰撞;

- (4)标签信息的发送需要读写器对其进行同步;
- (5)与纯 ALOHA 算法相比,碰撞的区间缩小了一半,信道的利用率提高了一倍。

实际应用中,在时隙 ALOHA 算法的基础上进行了一些改进:

(1)休眠:若标签信息被成功接收,则标签自动进入睡眠状态;

(2)催促:当读写器没有收到响应信息时,会发出指令使标签进入下一时隙。

1.1.3 算法性能比较

算法性能比较见表 1。

表 1 算法性能比较

纯 ALOHA 算法	
更容易适应标签数目的变化;阅读器设计可以最简单,只监听标签的回复信息就可以	可能出现的最差情况:过饱和,标签信息始终碰撞,永远清点不完;理论上的信道利用率:18.4%
时隙 ALOHA 算法	
缓解纯 ALOHA 算法中签信息完全自由竞争的状况;信道利用率是纯 ALOHA 算法的二倍	信道利用率:36.8%;需要同步;标签需要对时隙进行计数

1.2 二进制防碰撞算法

ALOHA 算法和时隙 ALOHA 算法信道的最佳利用率为 18.4% 和 36.8%,详细理论推导请参考文献 [2,3],但是随着标签数量的增加性能急剧恶化,因此提出了二进制防碰撞算法。这是一种无记忆的算法,即标签不必存储以前的查询情况,这样可以降低成本。

实现二进制搜索的算法系统的必要前提是辨认出阅读器中数据碰撞的比特的准确位置。为此,必须有合适的位编码方法。在上行调制方式选择 ASK 调制副载波的负载调制的 RFID 电子标签系统中,基带编码中的“1”电平使副载波接通,“0”电平使副载波断开。选用 Manchester 编码可以实现 RFID 防碰撞算法——二进制防碰撞算法。

Manchester 编码如图 5 所示,某位的值是在一个位窗 (t_{bit}) 内由电平的上升沿和下降沿来表示的。上升沿表示逻辑“0”编码,下降沿表示逻辑“1”编码。在数据传输过程中,没有变化的状态作为错误状态被识别。

为了实现这个算法^[3],引入四种命令:

1)Request (EPC):此命令发送一序列号作为参数给区域内标签。标签把自己的序列号与接收的相比较,若小于或者等于,则此标签回送其序列号给阅读器。

2)Select (EPC):用某个(事先确定的)序列号作为参数发送给标签。具有相同的序列号的标签将以此作

为执行其他命令(读出和写入)的切入开关,即选择了标签。

3)Read-Data:选中的标签将存储的数据发送给阅读器。

4)Unselect:取消一个事先选中的标签,标签进入无声状态,这样标签对 Request 命令不作应答。

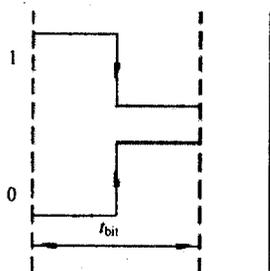


图 5 Manchester 编码中的位编码

算法原理:

假设阅读器范围内有四个标签:标签 A: 10100111;标签 B: 10110101;标签 C: 10101111;标签 D: 10111101。

第一步:送 Request(11111111)命令,要求区域内的所有标签应答。根据曼彻斯特编码,解码数据为 101xx1x1,D1、D3、D4 位发生碰撞,算法做如下处理:将碰撞最高位 D4 置 0,高于 D4 位的不变化,低于 D4 位的置 1,可得到下一次 Request 命令所需的参数: 10101111。

第二步:阅读器发送 Request(10101111)命令,标签 A 和 C 应答。解码数据为 1010x111,D3 位发生碰撞,将 D3 位置 0,D0、D1、D2 置 1,得到下一 Request 命令所需的参数:10100111。

第三步:阅读器发送 Request (10100111)命令,只有标签 A 应答。没有碰撞发生,阅读器对标签 A 进行读写操作后,执行 UNSELECT 命令使得标签 A 进入休眠状态。

算法然后从第一步重复上述过程直到所有的标签都被识别出来。

2 对二进制防碰撞算法的改进

前面已经了解了二进制防碰撞算法工作机制,通过对其改进得到类二进制搜索算法,它和二进制防碰撞算法相比具有以下特点:

(1) 读写器向标签发送的指令长度动态调整,只发送高于或等于碰撞位的序列号的 $N \sim x$ 位(序列号的长度为 N 位, x 为碰撞的最高位)。

(2) 标签发送给读写器的序列号为 $x - 1 \sim 1$ 位。

(3) 当读写器发现碰撞位只有一位时,可以直接识别出两个标签^[4]。

2.1 算法原理

首先,读写器发送 Request(1)命令,要求读写器范围内的所有标签都应答。

检测是否有 1 位碰撞位发生,当无碰撞或只有 1 位碰撞位时,直接识别标签。若有多位碰撞发生时,将碰撞的最高位置 0,高于该位的数值位不变,低于该位的数值位忽略,得到下一次 Request 命令所需的 ID 参数,直到识别出两个标签。

识别标签后,判断刚才发送的指令是否为 Request(1),若为 Request(1)则发送结束,否则下一次 Request 命令所需的 ID 参数,采用后退策略,由其相邻的上次发送指令确定。

2.2 算法实现

仍以上面的四个标签为例:

第 1 次,阅读器发 Request(1)命令;标签 A、B、C、D 应答;阅读器根据 Manchester 编码原理,可解码得数据 101xx1x1,D1、D3、D4 位发生碰撞。碰撞的最高位为 D4 位。算法作以下的处理:将 D4 置 0;高于 D4 位的数位不变,即 D7D6D5 = 101;低于 D4 位的数位全部忽略。可得下一 Request 命令所需的 ID 参数为:1010。

第 2 次,读写器发送 Request(1010) 命令;标签 ID 前 4 位与 1010 匹配的标签应答,即标签 A、C 应答;同理读写器可解码得 ID 数据为:x111。因为只有一个碰撞位,读写器可以直接识别出标签 A、C 两个标签。此时,可对标签进行 Select 选择,和 Read-Write 读写操作。最后分别执行 Quiet 指令,屏蔽掉两个标签,使它们都处于“休眠”状态。算法采用后退策略,从相邻的上次发送指令获得下一次的命令为:Request(1)。

第 3 次,读写器发送 Request(1)命令,标签 B、D 应答;同理,读写器可解码得 ID 数据为: 1011x101。也只有一个碰撞位,读写器可以直接识别出标签 B、D。同样,分别执行 Quiet 指令,屏蔽掉这两个标签,使它们都处于“休眠”状态。因此判断出执行的指令为 Request(1)全返回指令,而只有两个标签应答,所以可知所有的标签都识别完毕。

2.3 算法性能比较

二进制搜索算法读写器识别 N 个标签的查询次数为^[5]:

$$S(N) = 2N - 1 \tag{1}$$

系统的吞吐率为:

$$K = N/S(N) = 50\% \tag{2}$$

类二进制搜索算法在最糟糕的情况下, N 个标签的查询次数也可以保证在: $S(N) = 2N - 1$,当标签的数目很大时,发生 1 位碰撞位的概率就比较大。设在识

4 结束语

基于 GAF 算法的基本思想,采用蜂窝结构虚拟划分监测区域,并通过适当延长单元格边长,引入重叠区域的中转节点提出了改进的 GAF 算法。该算法有效地减少了节点的平均能量消耗,延长了网络生命期。当然,该算法在实际应用中还需解决若干重要问题:当节点大规模散布时,如何保证算法的收敛速度、如何减少外界因素对通信的干扰等,都将在未来工作中做进一步的研究。

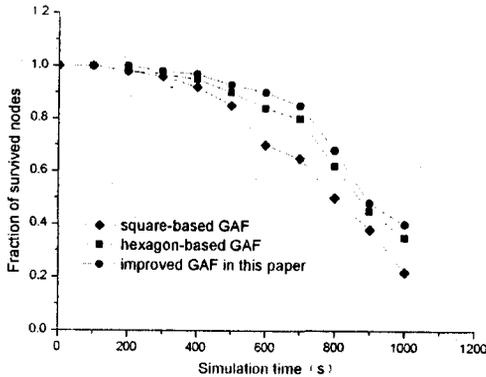


图 5 平均能量消耗比较

参考文献:

- [1] Akyildiz I F, Su W, Sankarasubramanian Y. A survey on sensor networks[J]. IEEE Communication Magazine, 2002,

(上接第 38 页)

别过程中发生 X 次 1 位碰撞位,查询次数为:

$$S(N) = 2(N - X) - 1 \quad (3)$$

特别地,当有 2^N 个标签时,可知在识别过程中出现 1 位碰撞位的次数 $X = 2^N/2 = 2^{N-1}$ 。此时查询次数为:

$$S(N) = 2(2^N - 2^{N-1}) - 1 = 2^N - 1 \quad (4)$$

系统的吞吐率为:

$$K = 2^N / (2^N - 1) = 1 = 100\% \quad (5)$$

此时可以看出,当标签的数目比较大时,查询次数和系统的吞吐效率相对二进制搜索算法来说是成倍增长的。

通过上面的分析,可知本算法的优点就在于:

(1)避免了序列号中的多余部分的传输,数据传输时间明显缩短。

(2)搜索次数与二进制搜索算法相比也有比较明显的改善。

3 结束语

详细介绍了 RFID 系统中的防碰撞算法,提出了

40:102-114.

- [2] Xu Y, Heidemann J, Estrin D. Geography-informed energy conservation for ad hoc routing[C]// In: Proc of 7th Annual Int'l Conf on Mobile Computing and Networking. Rome, Italy: ACM Press, 2001:70-84.
- [3] Blough D M, Santi P. Investigating upper bounds on network lifetime extension for cell-based energy conservation techniques in stationary ad hoc network[C]// In: Proc of 8th Annual Int'l Conf on Mobile Computing and Networking. Atlanta, GA, USA: ACM Press, 2002:183-192.
- [4] Tseng Y C, Hsieh T Y. Fully Power-Aware and Location-Aware Protocols for Wireless Multi-hop Ad Hoc Networks [C]// In: Proc 11th Int'l Conf on Computer Communication and Networks. [s. l.]: IEEE Press, 2002:608-613.
- [5] Wang Z, Zhang J. Energy efficiency of two virtual infrastructures for MANETs[C]// In: Performance, Computing and Communications Conference, 2005, IPCCC 2005, 24th IEEE International. Phoenix, Arizona, USA: IEEE Press, 2005:547-552.
- [6] Santi P, Simon J. Silence Is Golden with High Probability: Maintaining a Connected Backbone in Wireless Sensor Networks[C]// In: Wireless Sensor Networks: First European Workshop. Berlin, Germany: EWSN, 2004:106-118.
- [7] Stemm M, Katz R H. Measuring and Reducing Energy Consumption of Network Interfaces in Hand-held Devices[C]// In: IEICE Transactions on Communications. Japan: IEICE, 1997:1125-1131.

类二进制搜索算法,保证了标签读取的有序性、动态调整指令发送长度和一位碰撞位直接识别两个标签,避免了序列号中的多余部分的传输,数据传输时间明显缩短,搜索次数也成倍减少。解决了约束 RFID 系统快速读取的瓶颈,提高了商品实时数据的采集,使商品的采购、仓储、配送过程更加便捷,对商业应用中大批量物品的识别和管理具有重要意义。

参考文献:

- [1] 游战清,李苏剑.无线射频识别技术(RFID)理论与应用[M].北京:电子工业出版社,2004.
- [2] John G P. Digital communications[M]. New York: McGraw2Hill Companies Inc, 2001.
- [3] Klaus F. RFID-hanbuch[M]. Munich: Carl HanserVerlag, 2002.
- [4] XIE Zhen-hua, LAI Sheng-li, CHEN Peng. RFID technology and anti-collision algorithm[J]. Computer Engineering and Applications, 2007, 43(6):223-225.
- [5] 余松森,詹宜巨,彭卫东,等.基于后退式索引的二进制树形搜索反碰撞算法及其实现[J].计算机工程与应用, 2004, 40(16):26-28.