

# 基于分组的动态帧时隙 ALOHA 防碰撞算法研究

单剑锋, 谢建兵, 庄琴清

(南京邮电大学 电子科学与工程学院, 江苏 南京 210003)

**摘 要:**在 RFID 系统中,由标签引起的冲突一直是影响 RFID 系统性能的重要因素。为了进一步提高 RFID 系统中电子标签的识别效率,在对现有的 ALOHA 算法分析的基础上,提出了一种改进的分组动态帧时隙 ALOHA 算法。该算法通过改变标签分组的方法提高了阅读器识别标签的效率。当标签数量大于 256 时,该算法能有效地减少阅读器的识别时间,提高了 RFID 系统的标签识别效率。仿真结果表明:当标签数为 1000 时,该算法比基本帧时隙 ALOHA 算法和动态帧时隙 ALOHA 算法所用时隙数分别减少了 43% 和 39%。

**关键词:**射频识别;帧时隙;防碰撞算法;标签估计

**中图分类号:**TP301.6

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2011)11-0039-03

## Research on Tag Anti-Collision Algorithm Based on Dynamic Frame Slotted ALOHA

SHAN Jian-feng, XIE Jian-bing, ZHUANG Qin-qing

(College of Electronic Science and Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications,  
Nanjing 210003, China)

**Abstract:** In RFID systems, the collision resulted from tags has been a major factor affecting system performance. In order to further improve the identification efficiency of tag anti-collision algorithm in RFID system, it proposes an improved packet dynamic frame slotted ALOHA algorithm based on the analysis of the existing ALOHA algorithm. The proposed algorithm uses a new grouping method to improve the reader's identification efficiency of tag. When the number of tags is larger than 256, the algorithm can effectively reduce the reader's recognition time, improving the efficiency of the RFID system. Simulation results show that the proposed algorithm reduces the system slot time by 43% and 39% respectively compared with the basic framed slotted ALOHA algorithm and dynamic framed slotted ALOHA algorithm when the number of tags is 1000.

**Key words:** radio frequency identification (RFID); frame slot; anti-collision algorithm; tag estimation

## 0 引 言

射频识别技术(Radio Frequency Identification, RFID)是一种利用射频通信实现的非接触的自动识别技术。RFID 标签具有体积小、识别距离长、无需人工干预、存储量大、读取时间短的特点,现在广泛用于物流、制造、交通、公共信息服务等众多领域。一个典型的射频识别系统主要包括三大部分:阅读器、应答器(即标签)以及后台的数据管理系统。由于阅读器和标签之间依靠共享的无线信道进行通信,当多个标签同时与阅读器进行通信时,它们之间的信号相互干扰,阅

读者将无法对每个标签进行正确的识别。因此,需要防碰撞算法来解决标签之间的这种信息冲突问题。

目前,防碰撞算法一般采用时分复用(TDMA)法,主要分为两类<sup>[1]</sup>:基于二进制树搜索算法和基于 ALOHA 的算法。ALOHA 算法具有简单易实现等优点而成为应用最广的算法之一。基于 ALOHA 的算法又分为纯 ALOHA 算法、帧时隙 ALOHA 算法<sup>[2]</sup>(Basic Framed Slotted ALOHA algorithm, BFSA)、动态帧时隙 ALOHA 算法<sup>[3,4]</sup>(Dynamic Framed Slotted ALOHA algorithm, DFSA)。由于成本要求,标签寄存器很难突破 8 位的限制<sup>[5]</sup>,导致帧长不能大于 256。当标签数量大于 256 时,前面提到的算法识别效率很低,难以解决标签碰撞问题。因此,有人提出了分组的动态帧时隙 ALOHA 算法<sup>[6,7]</sup>(Advanced Dynamic Framed Slotted ALOHA algorithm, ADFSA)。该算法通过对

收稿日期:2011-03-27;修回日期:2011-06-28

基金项目:南京邮电大学引进人才启动项目(NY207024)

作者简介:单剑锋(1967-),男,博士,副教授,研究方向为无线射频识别技术、无线通信系统中的信号处理技术。

标签分组来减少每一组中的标签数量,在一定程度上解决了标签过多的问题。但是,这种算法还是存在时隙浪费、效率不高的缺点。文中针对分组的动态帧时隙 ALOHA 算法的缺点提出了一种新的标签分组方法,从而有效地减少了阅读器的识别时间,提高了系统的识别效率。

## 1 现有的 ALOHA 算法

### 1.1 纯 ALOHA 算法

纯 ALOHA 算法是一种简便的防碰撞算法,它是一种基于 TDMA 思想的随机接入算法。采用“标签先发言”的方式,即当电子标签进入阅读器的识别范围时,电子标签会自动地向阅读器发送自己的 ID 号。在发送数据时如果有多个电子标签也在发送数据,那么将会导致信息冲突,阅读器将不能正确地识别标签的 ID 号。当只有一个电子标签发送信息时,阅读器才能准确地识别出该电子标签的信息。该算法的主要特点有:每个电子标签发送信息时不需要同步,是完全随机的,而且没有载波检测机制,实现起来比较简单。但标签之间发生信号冲突的概率很大,系统的识别率较低。当系统达到最大效率时,这种算法的信道利用率只有 18.4%,因此在实际的应用中很少使用这种算法。

### 1.2 BFSA 算法

帧时隙 ALOHA 算法是一种时分随机多址方式。它是将信道分成许多离散帧,每一帧由若干时隙组成,每个时隙正好传送一个标签信息。时隙的大小由阅读器时钟决定,各控制单元必须与阅读器时钟同步。对于射频识别系统,电子标签只能在规定的同步时隙内传输数据包,电子标签所需的同步由阅读器控制。使用帧时隙 ALOHA 法时,数据包总是在同步的时隙内才开始传送信息,所以与纯 ALOHA 算法相比,BFSA 算法使冲突时间减半,提高了系统利用率,系统效率最大达到 36.8%<sup>[8]</sup>。在标签数较少时,BFSA 算法可以表现出较好的性能。

### 1.3 DFSA 算法

在基本帧时隙 ALOHA 算法中,帧的长度固定不变,算法易于实现。然而,存在着显而易见的缺陷<sup>[9]</sup>:当标签过多或过少时,系统的效率很低。只有当标签数和帧长接近时,系统效率才能达到最佳。动态帧时隙算法根据识别标签的时隙数目和产生碰撞的标签数目来决定帧长度。当标签数大于时隙数时会增加帧长度;反之,当空闲时隙过多时会减小帧长度,动态帧时隙算法能保证帧时隙数与标签数量相当使系统达到最佳的吞吐率。

假设阅读器范围内未读标签的数目为  $n$ ,时隙数

为  $N$ ,标签选择各个时隙数是等概率的。根据概率论原理,任意标签选中某一时隙的概率为  $1/N$ ,则有  $r$  的标签选择一个时隙的概率为:

$$p(x=r) = \binom{n}{r} \left(\frac{1}{N}\right)^r \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{n-r} \quad (1)$$

识别完一帧后,标签被成功识别的概率为:

$$P_{1,N} = p(x=1) = n \left(\frac{1}{N}\right) \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{n-1} \quad (2)$$

设标签在第  $k$  帧被识别的概率为  $p(k)$ ,则可以得出:

$$p(k) = P_{1,N} (1 - P_{1,N})^{k-1} \quad (3)$$

设识别一个标签的所消耗的平均时隙数为  $E[X=k]$ ,则可以得出:

$$E[X=k] = \sum_{k=1}^{\infty} kp(k) = \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{1-n} \quad (4)$$

对公式(4)求导,可以计算出最佳帧  $N$  的大小:

$$\frac{d}{dn} E[X=k] = \frac{d}{dn} \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{1-n} = 0 \quad (5)$$

当帧长  $N=n$  时,系统的效率达到 36.8%。图 1 给出了帧长与系统效率的关系,当标签数量和帧的长度相等时系统能够达到最大吞吐率。

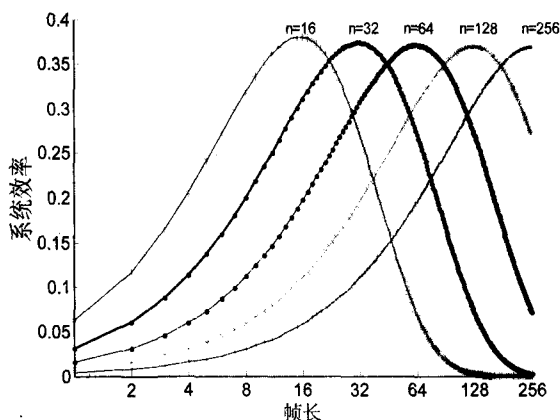


图1 帧长与系统效率关系

为了达到最大的系统效率,帧的长度必须和待识别的标签数量相等。因此,在标签识别过程中必须精确地估计待识别标签的数量。文献[10,11]中介绍了一种标签估计方法。

$$N_{\text{tag}} = 2.39 \times C_k \quad (6)$$

其中,  $N_{\text{tag}}$  代表估计标签的数量,  $C_k$  表示在一帧中发生碰撞的时隙数量。该算法可以很好地估计标签的数量。

### 1.4 ADFSA 算法

在动态帧时隙 ALOHA 算法中,由于硬件关系,帧长度增大有限( $\max N = 256$ ),当标签数增多时,帧长最大只能达到 256。当未读标签数远大于 256 时,动态帧时隙 ALOHA 算法所需时隙数成指数增加。改进的动态帧时隙(ADFS)算法通过将未读标签分组的

方法来限制每次响应的标签数量<sup>[12]</sup>。当阅读器识别范围内的标签数大于 256 时就将标签分组,每次识别时只有其中的一组标签响应。当未识别标签数小于 256 时,就采用动态帧时隙 ALOHA 算法识别标签。该算法所需时隙数随标签数的增加而线性增加,很大程度上改善了系统性能。文中在这个算法的基础上通过改进分组策略使系统的效率更高。

## 2 改进的 ALOHA 算法

在 ADFSFA 算法中,当标签数量很大时采用标签分组的方法识别标签。阅读器将标签分成若干组,然后一组一组地将标签识别出来,在每一组中,阅读器必须不断地调整帧的长度,直到这一组的标签全部识别为止。

文中改进算法的思路:阅读器将标签分成若干组,然后阅读器对每组的标签只读取一轮,将各组中没有读取的标签重新合并分组,改进算法的流程图如图 2 所示。文中改进的算法和 ADFSFA 算法主要区别有:ADFSFA 算法在整个识别过程中标签分组数是固定的,文中提出的算法标签分组数是可以变化的;ADFSFA 算法在识别过程中,帧长会不断的改变。文中提出的算法在标签数量大于 256 时,帧长是不会改变的。

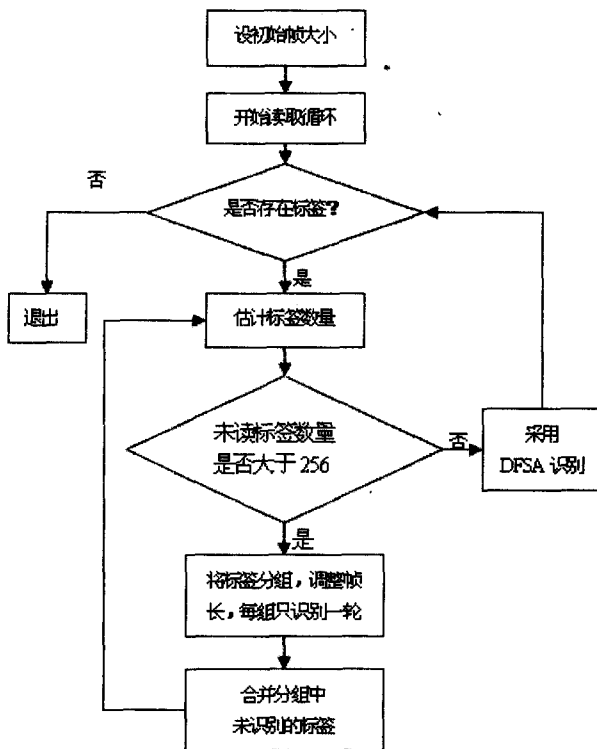


图 2 算法流程图

### 2.1 系统性能分析

ADFSFA 算法将标签分组后,在每一组识别过程中,阅读器每读取一轮后就必须重新估算未读标签数量,及时调整帧长直至识别出这一组内的所有标签。

每一组都要重复上述识别过程,使阅读器处理标签信息时延长,导致系统效率不是最佳。文中提出的改进算法通过改进分组的方法,当标签数量大于 256 时,阅读器的帧长不需要改变,从而节约了阅读器处理标签信息的时间,提高了系统的效率。

假设初始把标签分为  $M$  组,可以得到采用 ADFSFA 算法和文中算法所需要的平均时隙数分别为:

$$N_{\text{ADFSFA}} = M \sum_{k=1}^{\infty} kp(k) \quad (7)$$

$$N_{\text{改进}} = \frac{M(1 - p^{1+\log_{k+1}^{(k)}}(k))}{1 - p(k)} + \sum_{k=1}^{\infty} kp(k) \quad (8)$$

从公式(7)、(8)可以看出,当标签数很大时,文中改进的算法所需要的时隙数要比 ADFSFA 算法更少。

### 2.2 仿真结果

利用 Matlab 环境仿真,记录四种算法的标签数从 100 到 1000 增加时系统所需要的时隙数。假设四种算法的初始帧长度为 256,帧长度和分组数使用的是 2 的幂数。

比较 BFSFA 算法、DFSFA 算法、ADFSFA 算法和文中改进算法所需的时隙数,如图 3 所示:从仿真结果可以看出文中改进的算法识别标签所用的时隙数随着标签数目的增长成线性关系增加。当标签数小于 256 时,DFSFA 算法、ADFSFA 算法和改进算法所需时隙数几乎一样,这是因为标签小于 256 时,改进算法和 ADFSFA 算法都不会给标签分组,识别效率和 DFSFA 算法一样。当标签数量远大于 256 时,改进算法所需要的时隙数最少,ADFSFA 算法次之,BFSFA 算法最差。从图 3 可以得出:当标签数为 1000 时,改进算法比 BFSFA 算法、DFSFA 算法和 ADFSFA 算法所用时隙数分别减少了 43%、39% 和 19%。由于改进算法在标签数大于 256 时,帧的长度不用自动调整,从而节约了阅读器的识别时隙,仿真结果与理论预期相符。

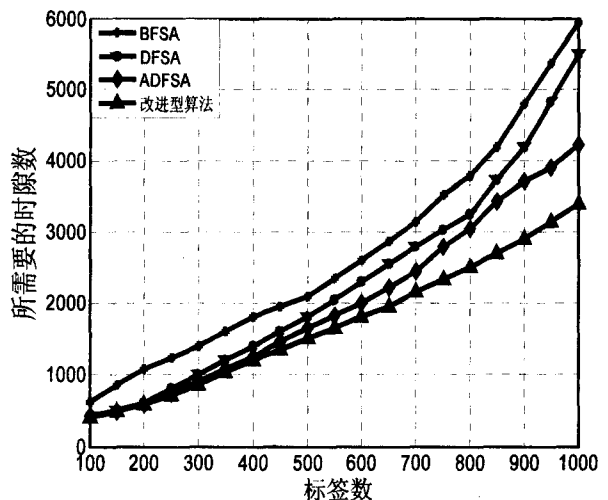


图 3 不同算法的性能比较

(下转第 45 页)

表明,该算法比其它典型 MANET 算法更具优越性,能有效提高 MANET 网络路由效率。

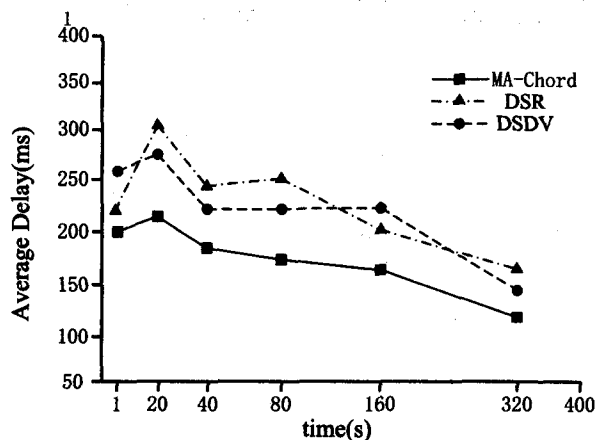


图 2 端到端分组时延性能比较图

#### 参考文献:

- [1] C-NET NEWS. Napster among fastest-growing net technologies[EB/OL]. 2000. <http://news.com.com/2100-1023-246648.html>.
- [2] Clarke I, Sandberg O, Wiley B, et al. Freenet: A distributed anonymous information storage and retrieval system[C]//In: Workshop on Design Issues in Anonymity and Unobservability. [s. l.]: [s. n.], 2000.
- [3] The Gnutella Protocol Spec. v 0.6[S/OL]. 2003-06. <http://rfe-gnutella.sourceforge.net>.
- [4] Stoica I, Morris R, Karger D, et al. A scalable peer-to-peer lookup service for Internet applications [R]. USA: MIT, 2001.
- [5] Ratnasamy S, Francis P, Handley M, et al. A Scalable Content-Addressable Network[C]//Proceeding of ACM SIGCOMM. New York: ACM Press, 2001: 161-172.
- [6] Druschel P, Rowstron A. Pastry: Scalable, distributed object location and routing for large-scale peer-to-peer systems [C]//IFIP/ACM International Conference on Distributed Systems Platforms. [s. l.]: Kluwer Academic Press, 2001: 329-350.
- [7] 李振武, 杨 舰, 白英彩. 对等网络研究及其挑战[J]. 计算机应用与软件, 2004, 21(2): 54-55.
- [8] 赵 森. 基于 DHT 的 Chord 算法研究[J]. 网络安全技术与应用, 2007(11): 44-46.
- [9] 英 春, 史美林. 自组网体系结构研究[J]. 通信学报, 1999, 14(9): 56-63.
- [10] 安辉耀. 移动自组织网中的先进路由算法与路由协议[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [11] 刘 去, 马义忠. Chord 算法性能及优化策略分析[J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(21): 5454-5463.
- [12] 陈 欣. 结构 P2P 网络 Chord 模型研究及其动态分析[J]. 福建电脑, 2006(4): 18-19.

(上接第 41 页)

### 3 结束语

文中分析了 RFID 系统防碰撞算法中常用的 ALOHA 算法, 在深入分析了 ADFSFA 算法的基础上提出了一种改进的分组算法。该算法在标签数量大于 256 时, 阅读器不需要改变帧的长度, 而是通过改变分组数来调节各组中的标签数量, 有效地节约了阅读器处理标签所花费的时间。当标签数量较大时, 该算法能够提高系统的识别效率。

#### 参考文献:

- [1] 芬肯泽勒. 射频识别(RFID)技术[M]. 陈大才, 译. 第 3 版. 北京: 电子工业出版社, 2006: 160-164.
- [2] 张 颖, 崔 喆. RFID 系统中一种改进的防冲撞算法[J]. 计算机应用, 2008, 28(8): 2141-2143.
- [3] 程文青, 赵梦欣, 徐 晶. 改进的 RFID 动态帧时隙 ALOHA 算法[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2006, 35(6): 14-16.
- [4] 陈祖爵, 秦 栋, 王洪金. 改进型帧时隙 ALOHA 防碰撞算法研究[J]. 无线通信技术, 2008(3): 50-54.
- [5] 徐圆圆, 曾隽芳, 刘 禹. 基于 Aloha 算法的帧长及分组数改进研究[J]. 计算机应用, 2008, 28(3): 588-590.
- [6] 尹 君, 何怡刚, 李 兵, 等. 基于分组动态帧时隙的 RFID 防碰撞算法[J]. 计算机工程, 2009, 35(20): 267-269.
- [7] Wu Kaixing, Liu Yuankun, Chen Xiangguo. The IDFSFA algorithm based on multiplying factor and grouping theory for anti-collision in RFID system[C]//2010 2nd International Conference on Signal Processing Systems (ICSPS). [s. l.]: [s. n.], 2010: 192-195.
- [8] Lee S R, Joo S D, Lee C W. An enhanced dynamic framed slotted ALOHA algorithm for RFID tag identification[C]//Proceedings of the Second Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2005: 166-174.
- [9] Vogt H. Multiple Object Identification With Passive RFID Tags[C]//2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. [s. l.]: [s. n.], 2002: 6-9.
- [10] Schoute F C. Dynamic Frame Length ALOHA[J]. IEEE Transactions on Communication, 1983, 31: 565-568.
- [11] Cha J Y, Kim J Y. Novel Anti-collision Algorithms for Fast Object Identification in RFID System[C]//IEEE Proceedings of the 11th International Conference on Parallel and Distributed Systems. Fukuoka: IEEE CS Press, 2005: 604-609.
- [12] Geng Shuqin, Gao Daming, Zhu Chao, et al. An Improved Dynamic Framed Slotted Aloha Algorithm for RFID Anti-collision[C]//9th International Conference on Signal Processing. [s. l.]: [s. n.], 2008: 2934-2937.