

doi:10.13756/j.gtxyj.2017.01.017

无线通信技术

一种帧长优化的动态时隙 ALOHA 算法

孙若凡¹, 冯勇华², 杨 奇¹, 张 旭¹, 王元祥¹, 罗 鸣¹, 张大卫³

(1. 武汉邮电科学研究院, 武汉 430074; 2. 烽火通信科技股份有限公司, 武汉 430074;
3. 华中科技大学 电子信息与通信学院, 武汉 430074)

摘要:为了解决 RFID(射频识别)系统中多标签通信时的碰撞问题,人们提出了各种防碰撞的算法,而动态时隙 ALOHA 算法是其中效率较高的一类。文章对动态时隙 ALOHA 算法中的最优帧长进行了研究,考虑到在使用曼彻斯特编码的前提下,标签发送的信息之间发生某些特殊的碰撞,阅读器依然能够正确识别标签的情形,提出了一种优化新算法。数学分析和仿真结果表明,与现有的动态时隙 ALOHA 算法相比,该算法的系统效率更高。

关键词:射频识别;防碰撞;动态时隙 ALOHA

中图分类号: TN929.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8788(2017)01-0054-03

Frame Size Optimized Dynamic Framed Slotted ALOHA Algorithm

SUN Ruo-fan¹, FENG Yong-hua², YANG Qi¹, ZHANG Xu¹, WANG Yuan-xiang¹, LUO Ming¹, ZHANG Da-wei³

(1. Wuhan Research Institute of Posts and Telecommunications, Wuhan 430074, China;
2. FiberHome Telecommunication Technologies Co., Ltd., Wuhan 430074, China;
3. School of Electronic Information and Communications, HUST, Wuhan 430074, China)

Abstract: For solving the problem of the collision between tags in Radio Frequency Identification(RFID) system, many anti-collision algorithms have been proposed. One of the efficient anti-collision algorithms is Dynamic Framed Slotted ALOHA (DFSA) algorithm. This paper studies the optimal frame size of EDFSA and proposes a new algorithm considering tags, which can be identified by a reader when special collision exists in some situation by using Manchester code. Mathematical analysis and simulation result shows that this algorithm is more efficient than DFSA.

Key words: RFID; anti-collision; DFSA

0 引 言

RFID(射频识别)技术是一种高效的无线通信技术,在实际运用中,它面临着多种技术上的难点,标签碰撞就是其中之一。当多个标签同时向阅读器发送数据时,由于共享无线信道,有可能会产生碰撞使得阅读器无法成功识别标签。由于成本、设计实现难度等种种原因,在实际应用中,防碰撞问题的解决方法主要有两大类:不确定性防碰撞算法,如 ALOHA 算法^[1];确定性防碰撞算法,如二进制搜索算法^[2]。ALOHA 算法因为其实用性,在实际应用中经常被使用。

FSA(帧时隙 ALOHA)算法^[3]是将标签发送信息的时间离散化,使之成为若干个时隙,再将一定数量的时隙组成一帧,在一帧当中,标签只会选择其中一个时隙向阅读器发送信息,若有碰撞发生,标签会在下一帧重新参与识别。FSA 算法也有其缺点,当时隙数远小于标签数时,全部识别结束的时间会大幅增加,反之,则会浪费时隙资源。

DFSA(动态帧时隙 ALOHA)算法^[4]可通过改变帧长来提升系统效率。本文在 ALOHA 算法中较为实用的 DFSA 算法基础上,对其最优帧长^[5]进行了深入研究,并进行了优化,考虑到在使用曼彻斯特编码前提下,标签发送的信息之间发生某些特殊的碰撞时,阅读器依然能够正确识别标签的情形,提出一种 FSO-DFSA(帧长优化的 DFSA)算法。

1 FSO-DFSA 算法

1.1 算法原理

标签向阅读器发送信息时需使用曼彻斯特编码^[6],在曼彻斯特编码中,每一位的中间有一个跳变,高电平跳变到低电平表示“1”,反之则表示“0”。这样,在发生碰撞的那一位上会抵消正负边沿,使得曼彻斯特编码格式丧失,由此可知碰撞具体发生在哪一位上。比如 10100101 与 10110101 碰撞的结果就是 101X0101, X 表示原数据中丧失曼彻斯特格式的对位,即为碰撞位。图 1 所示为曼彻斯特编码格式。阅读器在检测到这种碰撞时,可以确定检测

收稿日期:2016-08-30

基金项目:国家重大科学仪器设备开发专项资助项目(2013YQ16048706);中央高校基本科研业务费资助项目(2015QN088)

作者简介:孙若凡(1991—),男,江苏南通人。硕士,主要研究方向为通信与信息系统。

范围内一定有身份信息为 10100101 与 10110101 的两个标签,从而在碰撞发生的情况下依然能正确识别标签。

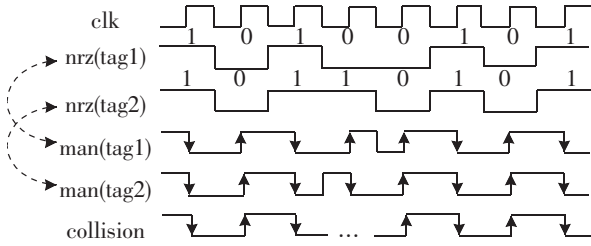


图 1 曼彻斯特编码格式

在动态帧时隙算法中,经数学分析可知,在一个帧长为 N 的阅读周期内,总数为 n 的未识别标签中有 r 个标签选择某一时隙的概率满足二项式分布^[7-8]:

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

因此,在已有的 DFSA 算法中^[3,7-8],一个阅读周期内正确识别的标签的期望值为

$$a_1^{N,n} = N \cdot P(x=1) = N \cdot n \left(\frac{1}{N}\right) \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{n-1}, \quad (2)$$

则系统效率 P 为

$$P = \frac{a_1^{N,n}}{N} = P(x=1) = n \left(\frac{1}{N}\right) \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{n-1}, \quad (3)$$

当 $a_1^{N,n}$ 取最大值时,系统效率最高。此时,应有

$$\frac{d(a_1^{N,n})}{dn} = \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{n-1} \left[1 + n \ln\left(1 - \frac{1}{N}\right)\right], \quad (4)$$

令其为 0 并化简,由于对应的是标签数量众多的情况,所以有 $n \gg 1$,得最优帧长为

$$N = \frac{e^{1/n}}{e^{\frac{1}{n}-1}} \approx n + 1, \quad n \gg 1, \quad (5)$$

即帧长与还未识别的标签总数大体相当时,系统效率最高。

但是在考虑到之前特殊碰撞情况时,一个阅读周期内正确识别的标签的期望值将会发生改变:在只有一个标签选择某个时隙时,依然能正确地识别这个标签;同时有两个标签选择某个时隙时,将在只有一位发生碰撞的情况下正确识别。如果发送信息使用的是 k 位码,那么两个标签刚好只有一位发生碰撞的概率为

$$P_{\text{碰}} = \frac{k}{2^k - 1}, \quad (k \geq \log_2 n, k \text{ 为整数})。 \quad (6)$$

只有两个标签选择某个时隙的概率为 $P(x=2)$,一个阅读周期内正确识别标签的期望值为

$$a_1^{N,n} + a_2^{N,n} \cdot P_{\text{碰}} = N \cdot P(x=1) +$$

$$N \cdot P(x=2) \cdot P_{\text{碰}} = N \cdot n \left(\frac{1}{N}\right) \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{n-1} + N \cdot \frac{n(n-1)}{2} \left(\frac{1}{N}\right)^2 \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{n-2} \cdot \frac{k}{2^k - 1}。 \quad (7)$$

在实际应用中,为了避免不必要的浪费, k 的取值应尽量小,满足让阅读器能够识别全部的 n 个标签即可,则系统效率 P 为

$$P = \frac{a_1^{N,n} + a_2^{N,n} \cdot P_{\text{碰}}}{N}。 \quad (8)$$

当 $a_1^{N,n} + a_2^{N,n} \cdot P_{\text{碰}}$ 取得最大值时,系统效率最高,此时,对其求导得到

$$\frac{d(a_1^{N,n} + a_2^{N,n} \cdot P_{\text{碰}})}{dn} = \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{n-1} \left\{1 + \frac{(2n-1)P_{\text{碰}}}{2(N-1)} + \left[n + \frac{(n^2-n)P_{\text{碰}}}{2(N-1)}\right] \ln\left(1 - \frac{1}{N}\right)\right\}。 \quad (9)$$

当 $n \gg 1$ 时, $a_2^{N,n} \cdot P_{\text{碰}} \ll a_1^{N,n}$, 式(9)与式(4)的数值相近,所以式(8)与式(3)是一个相近的凸函数(在下文仿真图中可以看到具体的情况)。可以通过令式(9)=0 在 $N=n$ 的附近找到使得系统效率最高的最优帧长。

1.2 算法步骤

步骤 1:令式(9)=0,计算出最优帧长 N 。

步骤 2:所有标签收到阅读器发送的初始化指令后被激活,进入识别状态(初始化命令中包括初始帧长)。

步骤 3:标签进入识别状态后,随机选择时隙内的一帧向阅读器发送数据。同时,将自己的时隙计数器复位为 1。

步骤 4:当标签的所选时隙与时隙计数器内数值相同时,标签向阅读器发送数据。如果是在算法原理中提到的两种能够正确识别的情况,则让识别成功的标签进入休眠,其他活动的标签的时隙计数器增加 1,进入下一时隙;其他情况下,直接让所有活动的标签的时隙计数器增加 1,进入下一时隙。

步骤 5:当阅读器检测到时隙计数值大于或等于帧长度时,这一次的阅读周期结束,剔除掉已经正确识别的标签;若已经没有需要识别的标签了,则结束,否则使用步骤 1 中的方法重新计算最优帧长,进入步骤 3 开始新一轮的阅读周期。

2 算法仿真及结果分析

使用 Matlab 软件对算法的性能进行仿真实验,与 DFSA 算法进行对比。仿真中选取不同的码长以及标签总数,分别求出最优帧长以及最高系统效

率,并进行比较。取参考值:第 1 组,7 位曼彻斯特码,128 个标签;第 2 组,8 位曼彻斯特码,256 个标签。通过比较两种算法在不同条件下获得的最优帧长以及最大系统效率,来比较两种算法的有效性与优越性。图 2 所示为两种算法的系统效率。

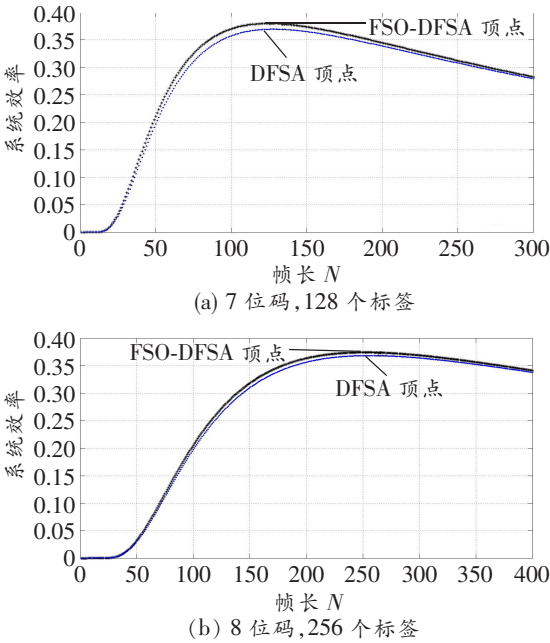


图 2 两种算法的系统效率比较

当使用 7 位码、128 个标签时,FSO-DFSA 算法的最优帧长为 125,最佳系统效率为 37.96%,而传统的 DFSA 算法的最优帧长为 128,最佳系统效率为 36.93%;当使用 8 位码、256 个标签时,FSO-DFSA 算法的最优帧长为 252,最佳系统效率为 37.44%,而传统的 DFSA 算法的最优帧长为 256,最佳系统效率为 36.86%。相对于传统 DFSA 算法,FSO-DFSA 算法可以获得更高的系统效率,与理论相符。

3 结束语

本文对 DFSA 算法进行了研究,考虑在使用曼彻斯特编码前提下,标签发送的信息之间发生某些特殊的碰撞时,阅读器依然能够正确识别标签的情形,对 DFSA 算法的最优帧长进行了研究,提出一种 FSO-DFSA 算法,数学分析和仿真结果表明,新算法能提升 RFID 系统效率。

参考文献:

[1] 李建雄,刑炳雷,闫必行,等. 高效的功率可控防碰撞算法 [J]. 天津工业大学学报,2016,35(2):72—76.

[2] 李双庆,苏晖. 一种改进的确定性标签防碰撞算法 [J]. 计算机工程与应用,2011,47(19): 68—92.

[3] Lee D, Choi J, Lee W, et al. A time-optimal anti-collision algorithm for FSA-based RFID systems [J]. ETRI Journal, 2011,33(3):458—461.

[4] Schoute F C. Dynamic Frame Length ALOHA [J]. IEEE Transactions on Communication, 1983, 31(5): 565—568.

[5] 王飞,张武. 基于分组的动态时隙 ALOHA 算法 [J]. 计算机系统应用,2013,22(7):77—80.

[6] 向垂益,何怡刚. 曼彻斯特码在 RFID 防碰撞算法中的应用 [C]//武汉(南方九省)电工理论学会. 武汉,中国:电工理论学术年会,2008:181—186.

[7] Lee S R, Joo S D, Lee C W. An Enhanced Dynamic Framed Slotted ALOHA Algorithm for RFID Tag Identification [C]//MobiQuitous'05:IEEE Proceedings of the Second Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services. Washington, DC: IEEE,2005:166—172.

[8] Prodanoff Z G. Optimal frame size analysis for framed slotted ALOHA based RFID networks [J]. Computer Communications,2010,33(5):648—653.

欢迎来稿 刊登广告