

文章编号:1001-9081(2008)03-0588-03

基于 Aloha 算法的帧长及分组数改进研究

徐圆圆,曾隽芳,刘禹

(中国科学院自动化研究所 RFID 研究中心,北京 100080)

(xylvhp@163.com)

摘要:对射频识别(RFID)系统中一类解决多标签间碰撞问题的防碰撞算法现状进行了综述,分析了各算法的优势与不足。针对目前最常用的动态帧时隙算法,在分析其帧长调整方法缺点的基础上,提出了一种帧长及分组数动态调整方案。仿真结果显示,改进方案提高了系统的识别效率和稳定性。

关键词:射频识别;Aloha;防碰撞算法;帧长

中图分类号: TP301.6 **文献标志码:** A

Research of optimizing frame size and group division in Aloha-based algorithms

XU Yuan-yuan, ZENG Jun-fang, LIU Yu

(RFID Research Center, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: Comprehensive review of the research of one kind of anti-collision algorithms and analysis of their disadvantages were provided. Based on the analysis of the frame size adjusting method of the most in common use branch dynamic framed slotted Aloha algorithm, this paper brought forward an improved resolution by dynamically adjusting the frame size and group division, which can consumedly enhance the system efficiency and its stability.

Key words: Radio Frequency Identification (RFID); Aloha; anti-collision; frame size

0 引言

射频识别(Radio Frequency Identification,RFID)技术是一种可用于远程、无线、快速、自动读取的多目标识别技术,它大大提高了定位、追踪、管理等应用的处理速度。然而,多目标识别过程中不可避免的多数据传输产生的冲突即碰撞问题严重影响了系统的性能。因此,如何解决碰撞问题成为 RFID 系统的关键技术之一。

目前,在基于 Aloha 的算法中,动态帧时隙 Aloha (Dynamic Framed Slotted Aloha,DFSA)算法由于操作简单和性能良好而成为目前最常用的算法之一。但由于成本要求,标签寄存器很难突破 8 位的限制,因此帧长不能大于 256,难以解决标签过多时的碰撞问题。增强的动态帧时隙 Aloha (Enhanced Dynamic Framed Slotted Aloha,EDFSA)算法在提高硬件成本的前提下一定程度上解决了这一问题,但这两种算法的帧长调整方法都存在模糊或不准确的缺点。

针对目前基于 Aloha 的 RFID 标签防碰撞算法中帧长和分组数调整方法的缺点和不统一性,本文提出了一种简单易行的帧长确定方法,可以动态调整帧长和分组数。仿真结果显示,这种方法不但简化了算法的执行过程,也提高了系统吞吐率和稳定性。

1 帧时隙 Aloha 标签防碰撞算法

帧时隙 Aloha(Framed Slotted Aloha,FSA)算法的基本思想是将时间划分为不同的离散帧,每帧由若干可用时隙组成。在每帧开始,读写器向标签发送请求,标签收到请求后随机选

择该帧中的一个时隙并响应。读写器判断标签是否被识别,发生碰撞的标签进入下一识别周期,直到所有标签被识别。在标签数较少时,基本的 FSA 算法可以表现出较好的性能,但当标签数增大时系统性能将急剧恶化,同时固定的帧长也会导致系统十分不稳定。

1.1 DFSA 算法

DFSA 算法根据每帧中的空闲和碰撞情况动态调整帧长以提高识别效率。它有多种形式,如在文献[6]中,读写器首先给标签提供较小的帧长,如果碰撞较多,就在下一个识别周期增大帧长,直到至少识别一个标签为止。

由于当时隙数和标签数相等时系统性能最优,可据此在每个识别周期开始时估计待识别标签数,并相应调整该周期的帧长。文献[1,2]中提出了两个计算待识别标签数的函数。第一个函数根据时隙状态确定,即:

$$\varepsilon_{lb}(N, c_0, c_1, c_{k \geq 2}) = c_1 + 2c_{k \geq 2} \quad (1)$$

其中, N 表示当前帧长, $c_0, c_1, c_{k \geq 2}$ 分别表示上一识别周期内空闲、成功和碰撞时隙数。同时,根据每个时隙内标签数的二项式分布概率原理,可得到第二个函数:

$$\varepsilon_{nd}(N, c_0, c_1, c_k) = \min_n \left[\begin{matrix} a_0^{N,n} \\ a_1^{N,n} \\ a_{\geq 2}^{N,n} \end{matrix} \right] - \begin{matrix} c_0 \\ c_1 \\ c_{k \geq 2} \end{matrix} \quad (2)$$

$a_0^{N,n}, a_1^{N,n}, a_{k \geq 2}^{N,n}$ 分别表示帧长为 N , 标签数为 n 时空闲、成功和碰撞的时隙数期望值。

文献[4]中提出了两种更简单的方法。由于每个识别周期内碰撞时隙数期望值为:

收稿日期:2007-09-27;修回日期:2007-12-03。 基金项目:国家 863 计划项目(2007AA04A103)。

作者简介:徐圆圆(1982-),女,河南开封人,硕士研究生,主要研究方向:RFID 防碰撞算法、测试技术; 曾隽芳(1966-),女,湖南人,副研究员,博士,主要研究方向:分布式系统及应用、RFID 信息网络架构、知识管理; 刘禹(1979-),男,北京人,助理研究员,博士,主要研究方向:RFID 测试。

$$a_{k \geq 2}^{N,n} = N - a_0^{N,n} - a_1^{N,n} = N[1 - (1 - 1/N)^n (1 + n/(N - 1))] \quad (3)$$

令每个识别周期内实际碰撞时隙数和期望值相等,即可得到待识别标签的估计值。

同时,在已知某个时隙产生碰撞时,该时隙内标签数的期望值为 2.3922,因此由每周期内的碰撞次数 N_{coll} 可得到待识别标签数估计值:

$$n_{est} = 2.3922 \times N_{coll} \quad (4)$$

DFSA 算法可使系统吞吐率基本保持在 0.37 左右,较好的识别效率和稳定性使其成为目前应用最广泛的算法之一。

1.2 分组 DFSA 算法

通常,当标签增多时,增大帧长可在一定程度上改善系统性能。但实际应用中帧长并不能无限增加,当标签数远大于 256 时,DFSA 也存在所需时隙数指数增长的问题。为了在标签数很大时仍能有效识别标签,只有通过限制每次响应的标签数来实现^[3]。

改进的动态帧时隙(EDFSA)算法正是采用这种思想,通过分组限制每帧中的响应标签数。读写器在每个识别周期首先估计待识别标签数,如果标签数太大就将标签分组,每次询问只有一组标签响应。当待识别标签数低于一个阈值时,读写器不再对标签分组。该算法所需时隙数随标签数的增加线性增长,达到了较好的系统性能。

1.3 常用的帧长和分组数调整方案

目前动态调整帧长的方法主要有两种。文献[2]中,在得到待识别标签数的前提下,算法按照令式(1)、(2)结果偏移量最小的原则调整帧长。它的不足之处在于计算量大,划分模糊,如当标签数为 17 时帧长为 32 或 64,而理论结果显示当帧长为 16 时性能最优。文献[3]中提出了它的改进方法,成为目前较常用的方案。

另外,也可以根据碰撞和空闲的概率调整帧长。例如,当识别周期内碰撞概率大于 0.7 时就将帧长增加一倍,当空闲概率大于 0.3 时就将帧长减半。碰撞的随机性使采用该方法时系统稳定性变差,同时帧长初始值对系统性能的影响也很大。

2 帧长及分组数的改进调整方法

在基于 Aloha 的算法中,影响系统性能最重要的参数是每一识别周期的帧长和响应标签数。特别是在 DFSA、EDFSA、TSA 等需要在执行过程中改变帧长或分组数的算法中,选择合适的帧长或分组将大大改善算法的性能。

2.1 改进方案

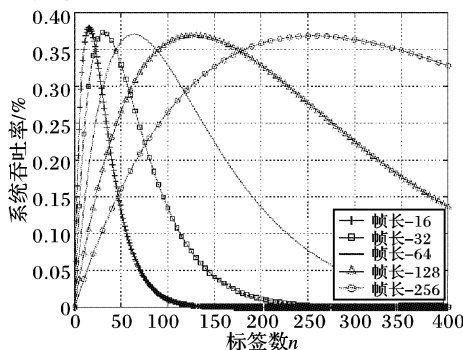


图 1 不同帧长时的系统性能

通过分析得出,为达到最好的系统性能,只需在每个识别周期内取和标签数最接近的帧长大小即可。因此可得到一种改进的帧长调整方案:根据图 1 所示不同帧长系统性能的变化曲线,确定相邻帧长性能曲线交点处的标签数,该标签数即为调整帧长或分组数的临界点,一旦待识别标签数达到该临

界点时就调整相应帧长或分组数大小。该方案可使系统达到理论上的最优性能。

n 个标签在帧长为 N 时识别效率(即成功识别的标签数除以总的识别时隙数)为:

$$P_N = \frac{a_1^{N,n}}{N} = n \left(\frac{1}{N} \right) \left(1 - \frac{1}{N} \right)^{n-1} \quad (5)$$

可得到两相邻帧性能曲线交点 $P_N = P_{2N}$ 处的标签数为:

$$n_{N,2N} = \frac{\ln(2)}{\ln\left(\frac{2N-1}{2N-2}\right)} \quad (6)$$

因此,当待识别标签数大于 $n_{N,2N}$ 时将帧长增加一倍,当标签数小于 $n_{0.5N,N}$ 时帧长减半。

同理在分组 DFSA 算法中,将标签分成 m 组和 $m+1$ 组时系统性能曲线交点处的值为:

$$p = \left(\frac{n}{m} \right) \left(\frac{1}{256} \right) \left(1 - \frac{1}{256} \right)^{\frac{n}{m}-1} = \left(\frac{n}{m+1} \right) \left(\frac{1}{256} \right) \left(1 - \frac{1}{256} \right)^{\frac{n}{m+1}-1} \quad (7)$$

因此:

$$n = m(m+1) \frac{\ln(m+1) - \ln(m)}{\ln(256) - \ln(255)} \quad (8)$$

即当标签为 n 时重新调整分组数,如表 1 所示。

表 1 不同标签数的最佳帧长和分组数

标签数	帧大小	分组数
...
884 ~ 1141	256	4
623 ~ 883	256	3
355 ~ 622	256	2
177 ~ 354	256	1
89 ~ 176	128	1
45 ~ 88	64	1
23 ~ 44	32	1
12 ~ 22	16	1
5 ~ 11	8	1
...

我们分别采用常用的、按碰撞概率的及本文提出的改进的帧长调整方案在 Matlab 环境下进行仿真,并对这几种方案的性能做了比较。图 2(a)为标签数较少,不需要采用分组策略时的 DFSA 算法性能仿真,图 2(b)为标签数较大需采用分组策略的 EDFSA 算法性能仿

真,初始帧长均为 128。由仿真结果可知:采用本文提出的改进方法时标签识别效率和系统稳定性都是最好的。尤其是在当标签数大大超过 256,需要采用分组策略的 EDFSA 算法中,采用本文提出的改进方案后系统性能提高尤为明显。

当标签数较小时,采用改进的帧长调整方法和采用常用调整方法时系统性能相差较小,但前者可使系统更加稳定,这主要是由于前者在每一个识别周期都精确采用理论上的最佳帧长,避免了因采用常用算法方案时划分不清出现的问题。同时,本文提出的改进算法统一采用式(4)计算待识别标签数,大大简化了计算,而且在估计出待识别标签后只需调用式(6)、(8)判断标签所处最佳性能时的帧长或分组数即可,省去了常用方案中反复查询数据的操作,因此计算复杂度和操作成本更小。

图 3 为几种基于 Aloha 的防碰撞算法的性能比较。其中 DFSA、EDFSA 算法均采用改进的帧长和分组数调整方法,初始帧长为 128。在这几种算法中,基本的 FSA 算法不能动态调整帧长,帧初始值对系统性能影响最大,DFSA 在标签小于 300 时性能表现良好,但当标签数远远超过 256 时,识别标签所需时隙数随标签增加呈指数增长,EDFSA 算法令标签分组或分时隙响应,使所需时隙数线性增长且系统性能不受帧初

始值的影响,达到了较好的识别效率。

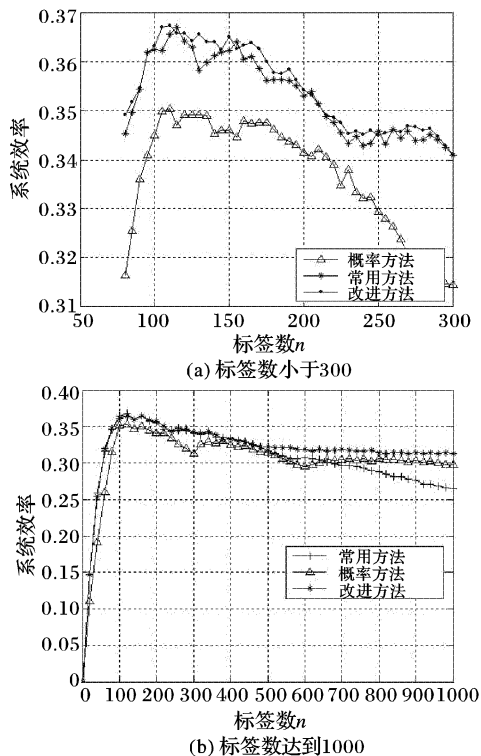


图2 不同标签数时系统的性能比较

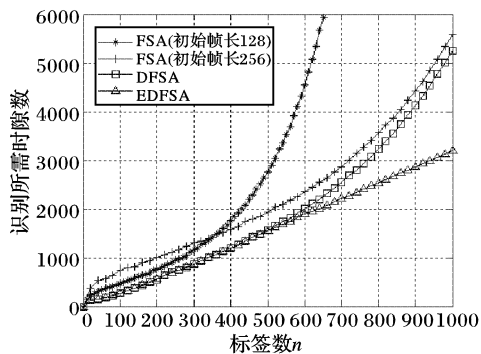


图3 不同算法的性能比较

(上接第 587 页)

从图3可以看出,无论是时延还是丢包率,在相同大小的缓冲池下 newBC-pAug89. TL 都稍微小于 oldBC-pAug89. TL,这说明 newBC-pAug89. TL 的性能稍微好于 oldBC-pAug89. TL,同时也证明了合成后的数据接近原始数据,并且在性能上稍微优于原始数据,这对分析和模拟实际网络的运行状况提供了一个好的参考。

另外结合以往研究的结论,采用新的合成模型对多媒体流量进行合成,发现它们也都比较接近于原始流量,由于篇幅的原因,这里就不给出具体的验证。因此采用这种模型对原始数据进行合成是比较准确有效的。

4 结语

本文针对实际流量呈现出的分形特性与尺度特性,结合小波变换能够近似去除流量的相关性的特性,在多重分形的基础上建立了新的合成模型;并且利用以往研究的结论对不同类型的实际流量进行的合成,保持了原流量趋势;最后通过对合成流量与原始流量的刻画以及性能评价,充分验证了新

理论上,在采用本文提出的改进算法时,系统的识别效率可以始终保持在 34.6% ~ 36.8%。从图3中可以看出,仿真结果并不能达到理论性能值,这主要是由于理论值是在标签数已知的情况下得到的,而实际仿真时标签数未知;其次,实际应用中帧长必须是 2 的整数次幂(2、4、8...)且最大为 256,而理论值采用的是任意帧长。

3 结语

本文针对目前基于 Aloha 的防碰撞算法中各种调整帧长和分组数方法的缺点和不统一性,提出了一种简单易行的帧长确定方法,通过动态调整帧长和分组数,提高了系统性能并减少了计算和操作复杂度。仿真结果显示,采用改进的帧长和分组调整方案可使 DFSA 及 EDFSA 算法达到最好的性能,使系统开销和算法性能达到了较好的平衡。

参考文献:

- [1] VOGT H. Multiple object identification with passive RFID tags systems[J]. 2002 IEEE International Conference on Systems, 2002, 3 (6-9):6.
- [2] VOGT H. Efficient object identification with passive RFID tags [C]// International Conference on Pervasive Computing, LNCS 2414. Berlin: Springer-Verlag, 2002: 98 - 113.
- [3] LEE S-R, JOO S-D, JOO, LEE C-W. An enhanced dynamic framed slotted ALOHA algorithm for RFID tag identification [C]// Proceedings of the The Second Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2005: 166 - 174.
- [4] CHA J-R, KIM J-H. Novel anti-collision algorithms for fast object identification in RFID system [C]// Proceedings of the 11th International Conference on Parallel and Distributed Systems Workshops (ICPADS'05). Washington, DC: IEEE Computer Society, 2005: 63 - 67.
- [5] ZHAI JIA, WANG GI-NAM. An anti-collision algorithm using two-functioned estimation for RFID tags [C]// Proceedings of ICCSA, LNCS 3483. Berlin: Springer-Verlag, 2005: 702 - 711.
- [6] SCHOUTE F C. Dynamic frame length ALOHA [J]. IEEE Transaction Communications, 1983, 31(4): 565 - 568.

的合成模型的有效性。

在后续研究工作中,可以考虑结合在不同情况下对实际流量进行性能评价(比如在不同大小的缓冲区和利用率下),找出影响实际网络性能的各种因素;另外,我们还可以利用小波进行流量预测等。

参考文献:

- [1] LELAND W E, TAQQU M S, WILLINGER W, et al. On the self-similar nature of ethernet traffic [J]. IEEE/ACM Transaction Networking, 1994, 2(1): 1 - 15.
- [2] ABRY P, VEITCH D. Wavelet analysis of long-range dependence traffic[J]. IEEE Transaction Information Theory, 1998, 44(1): 2 - 15.
- [3] DAUBECHIES I. Ten Lectures on Wavelets[M]. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics, 1992.
- [4] 丛锁, 韩良秀, 刘岩, 等. 基于离散小波变换的网络流量多重分形模型[J]. 通信学报, 2003, 24(5): 43 - 48.
- [5] 龙图景, 孙政顺, 李春文, 等. 一种新的网络业务流的多重分形小波模型[J]. 计算机学报, 2004, 27(8): 1074 - 1082.