

基于分组的动态时隙 ALOHA 算法^①

王 飞, 张 武

(安徽农业大学 信息与计算机学院, 合肥 230036)

摘 要: 详细介绍了基本 ALOHA 算法、时隙 ALOHA 算法、帧时隙 ALOHA 算法和动态帧时隙 ALOHA 算法基本原理和系统效能, 分析了上述 4 种算法各自特点. 提出了基于分组的动态帧时隙 ALOHA 算法, 该算法根据标签数量对标签进行分组, 并动态匹配最佳帧长. 仿真结果表明, 改进后算法系统具有吞吐率高、不受标签数量限制、节约帧时隙等优势.

关键词: ALOHA 算法; 吞吐率; 分组

Grouping of Dynamic Frame-Slotted Aloha Algorithm

WANG Fei, ZHANG Wu

(School of Information&Computer, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract: This paper introduces the basic ALOHA algorithm, slotted ALOHA algorithm, frame slotted ALOHA algorithm and dynamic frame slotted ALOHA algorithm in details, as well as their basic principle and system effectiveness, and analysis their characteristics. Based on the dynamic frame slotted ALOHA packet algorithm of this paper is presented, labels are grouped according to the number in the algorithm, and dynamic matching optimal frame length, the simulation results show that the improved system has the advantages of high throughput, unrestricted in the number of labels, saving time slots of a frame, and so on.

Key words: Aloha algorithm; throughput rate; grouping

射频识别技术(RFID)是一种非接触的自动识别技术, 是自动识别技术的一种高级形式^[1]. RFID 系统一般有阅读器(READ)、标签(TAG)和数据应用管理系统组成, 阅读器与标签之间利用电磁信号进行数据交换, 故阅读器与标签进行数据传输时易受其它标签干扰, 标签之间不可避免发生相互碰撞, 致使阅读器不能快速、准确、有效识别标签, 因此, 如何较好解决标签之间碰撞问题成为 RFID 系统的关键技术之一^[2]. 目前, 解决防碰撞算法主要有二叉树搜索算法和 ALOHA 算法^[3], ALOHA 算法系统设计简单, 成本低, 因此广泛应用于各行业中, 但现有 ALOHA 系统吞吐率受限于标签数量、帧长等因素, 且系统稳定性差、识别时间长, 本文针对现有 ALOHA 算法中存在的缺点和不足, 提出一种提高系统吞吐率和系统识别速度, 同时不受标签数量、阅读器帧长限制的基于分组的动

态时隙 ALOHA 算法.

1 ALOHA 算法

1.1 基本 ALOHA 算法

基本 ALOHA 算法是指当标签在阅读器作用范围内任何时刻随机向阅读器发送数据, 如果标签在发送数据过程中其他标签也在发送数据, 那么会造成信息部分重叠或完全重叠, 则形成标签部分碰撞或完全碰撞.

在基本 ALOHA 算法中, 若标签在任意 t 时刻能成功发送数据, 必须在 $(t-T) \sim (t+T)$ 时段内没有其它标签向阅读器发送数据. 单位时间内平均交换的数据包量为 G ,

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

式中, n 为标签序号, r_i 为单位时间 T 内标签发送的数量, τ 为单一数据包传输所需时间.

^① 基金项目: 国家科技支撑计划(2012BAK17B12)

收稿时间: 2012-12-09; 收到修改稿时间: 2013-01-21

由概率统计知, 每秒钟发送的信息帧的数目服从泊松分布^[4], 故 t 秒钟内发送 n 个数据帧的概率为:

$$P(n) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!} \quad (2)$$

式中, λ 为每秒发送的信息帧数, 所以, 输入负载 $G = \lambda T$. 因此, 在 $2T$ 时间内没有标签(即 $n=0$)发送信息的概率为:

$$P = e^{-2\lambda t} = e^{-2G} \quad (3)$$

则, 基本 aloha 算法的吞吐率为

$$S = GP = Ge^{-2G} \quad (4)$$

其中系统吞吐率 S 为单位时间内成功传输的数据包数量(阅读器成功读取标签数量). 如图 1 所示, 仅当 $G=0.5$ 时, 系统达到最大吞吐率 18.4%, 当负载较小时传输链路的大部分时间未被充分利用; 然而增大系统负载, 标签间的碰撞率随之增加, 系统吞吐率快速降低至零.

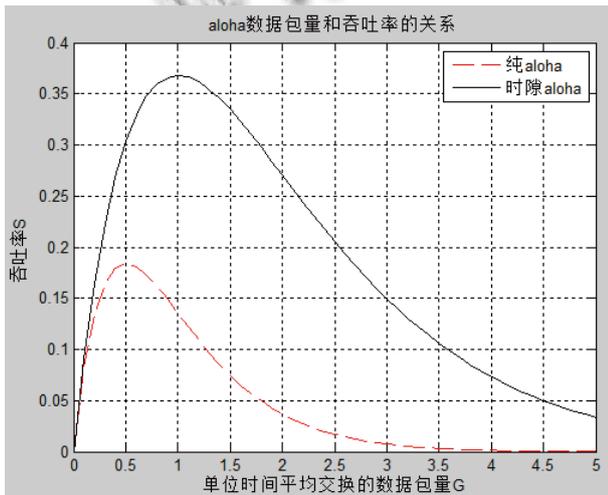


图 1 基本 aloha 算法和时隙 aloha 算法吞吐率对比图

1.2 时隙 ALOHA(Slotted Aloha)算法

时隙 ALOHA 算法是对基本 ALOHA 算法一种最简单的改进算法, 这种算法是在基本 ALOHA 算法基础上把时间划分成多个连续的离散时隙, 但要求每个时隙的长度要大于标签发送数据所需时间.

与基本 ALOHA 算法相比, 时隙 ALOHA 算法中任何一个时隙内只存在一个标签成功识别或无标签响应或多个标签完全碰撞, 没有基本 aloha 算法中的部分碰撞, 所以返回数据发送碰撞的时间减少一半, 这样提高了信道利用率, 系统吞吐率提高一倍. 时隙 aloha 算法的系统吞吐率为:

$$S = Ge^{-G} \quad (5)$$

如图 1 所示, 仅当 $G=1$ 时, 系统的吞吐率达到最大 36.8%. SA 算法系统吞吐率随负载增加系统吞吐率快速降低, 且需要使用同步时钟使阅读器可识别范围内标签时隙同步.

1.3 帧时隙 ALOHA(Frame-Slotted Aloha)算法

帧时隙 ALOHA 算法是在基本 ALOHA 算法基础上将 N 个时隙打包成一个帧, 帧的长度由阅读器预先固定, 标签在每个帧内随机选择一个时隙向阅读器发送信息. 该算法标签只能在帧时隙起始时刻向阅读器发送信息, 一个时隙内, 标签只能完全碰撞和成功识别, 若标签发生碰撞需要等待阅读器下一帧重新识别. FSA 算法缺点在于时隙数与标签数量不接近时, 系统吞吐率较低^[5].

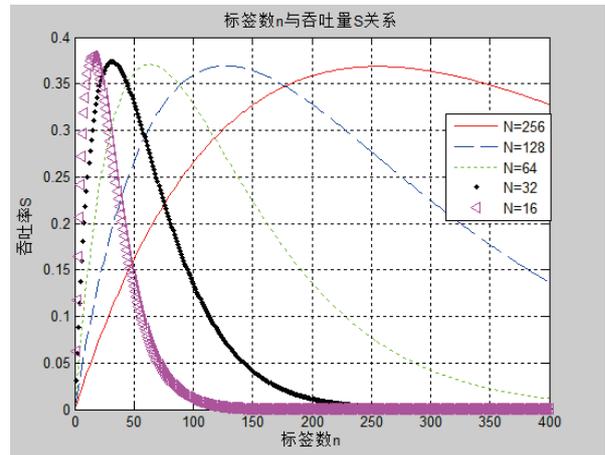


图 2 不同帧长度帧时隙 ALOHA 算法吞吐率

1.4 动态帧时隙 ALOHA(Dynamic Frame-Slotted Aloha)算法

动态帧时隙 ALOHA 算法是对 FSA 算法一种改进, DFSA 算法是动态的调整帧长度(时隙数 N), 使每个帧的长度接近于阅读器可识别范围内未识别标签的数目. 该算法在一定程度上提高系统吞吐率, 但帧的长度不能随标签数量的增加无限制的增加, 当标签数量大于 256 时, DFSA 所需时隙呈指数级增长^[6], 因此标签数量过多时此算法不适合.

2 基于分组的动态帧时隙 ALOHA 算法

DFSA 算法需要在每个帧结束时估计下一帧内阅读器可识别范围内未识别标签数量, 用来动态调整下一帧长度.

设帧长度为 N , 阅读器可识别范围内标签数为 n , 在一个帧时隙内, 同时有 x 标签响应服从二项分布^[7], 同时有 x 个标签响应的概率为:

$$P_r = \binom{n}{x} \left(\frac{1}{N}\right)^x \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{(n-x)} \quad (6)$$

此时, 系统吞吐率为(即仅有一个标签, $x=1$):

$$S_N = P_1 = n \left(\frac{1}{N}\right) \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{(n-1)} \quad (7)$$

对上式求导可得到最佳帧长度为:

$$N = \frac{1}{1 - e^{-\frac{1}{n}}} \quad (8)$$

当 n 很大时, 利用泰勒级数简化上式得:

$$N \approx n + 1, \quad n \geq 1$$

由上式可知, 当标签数 n 和帧长度 N 相同时, 系统达到最高吞吐率. 但当未识别标签数量非常大时, 无法增加帧 N , 本文通过对标签数量进行分组限制标签响应, 且每次只允许一组标签进行响应. 分组数为:

$$Z = \frac{\text{未识别标签总数}}{N}$$

由抛物线对称性知, 系统在两相邻帧处的吞吐率一样^[8], 即 $S_N = S_{2N}$, 交点处标签数为:

$$n_{N,2N} = \frac{\ln 2}{\ln\left(\frac{2N-1}{2N-2}\right)} \quad (9)$$

因此, 当未识别标签数大于 $n_{N,2N}$ 时将帧长增加一倍; 当未识别标签数小于 $n_{0.5N,N}$ 时帧长减半. 同理可将动态帧时隙算法中标签分成 Z 组和 $Z+1$ 组时系统吞吐率一样, 即

$$\begin{aligned} S &= \binom{n}{Z} \left(\frac{1}{256}\right)^Z \left(1 - \frac{1}{256}\right)^{\left(\frac{n}{Z}-1\right)} \\ &= \binom{n}{Z+1} \left(\frac{1}{256}\right)^{Z+1} \left(1 - \frac{1}{256}\right)^{\left(\frac{n}{Z+1}-1\right)} \end{aligned} \quad (10)$$

则标签数 n 与分组关系 Z 为:

$$n = Z(Z+1) \frac{\ln(Z+1) - \ln(Z)}{\ln 256 - \ln(255)} \quad (11)$$

标签数为 n , 最佳帧长与分组数如表 1 所示.

表 1 不同标签数的最佳帧长和分组

标签数 n	最佳帧长 N	分组 Z
1-5	4	1
6--11	8	1
12-19	16	1
20-40	32	1
41-81	64	1
82-176	128	1
177-354	256	1
355-707	256	2
708-1416	256	4
1417-283	256	8
⋮	⋮	⋮

3 算法仿真

本文利用 matlab 软件对改进算法进行仿真, 模拟系统吞吐率与标签数量、帧长度、分组数关系, 并与时隙 ALOHA 算法吞吐率进行对比. 由图 3 知, 采用本文分组动态时隙 ALOHA 算法系统吞吐率达到 42%, 系统吞吐率比已有 ALOHA 算法高.

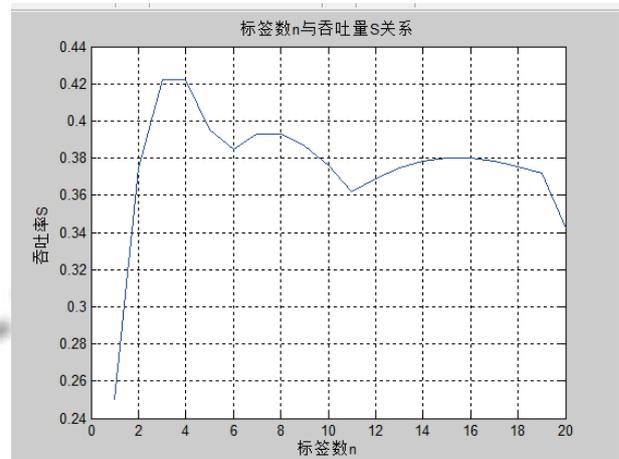


图 3 改进分组动态时隙 ALOHA 算法吞吐率仿真图一($n=3、4$ 吞吐率最高)

由图 4 知, 当标签数量介于 177 至 354 时, 系统吞吐率和动态帧时隙 ALOHA 一样, 采用本文算法, 系统将更加稳定; 当标签数量不在上述区间内, 采用本文分组的动态时隙 ALOHA 算法, 系统吞吐率将不受标签数量限制, 系统在每一帧识别标签之前对未识别标签进行动态预估, 根据预估标签数动态匹配最佳帧长, 同时, 根据预估标签数对标签进行最佳分组, 这样不

仅提高信道利用率和识别标签速度,还从根本上提供系统吞吐率,该算法系统吞吐率明显优于其它各种 ALOHA 算法。

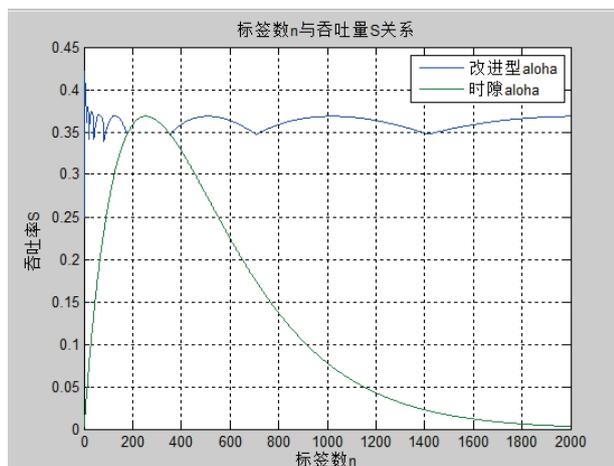


图4 改进分组动态时隙ALOHA算法与时隙ALOHA算法吞吐率对比

4 结语

本文提出一种改进分组动态时隙 ALOHA 算法,该算法通过每一帧结束后对下一帧时隙标签数量进行

预估,并根据预估标签数量对标签进行分组,同时动态匹配最佳帧长.改进后算法系统吞吐率不仅不受标签数量限制,也提高系统吞吐率。

参考文献

- 1 游战胜,刘克胜.无线射频识别技术(RFID)理论与应用.北京:电子工业出版社,2004.1-18.
- 2 尹君,何怡刚,李兵.基于分组动态帧时隙的 RFID 防碰撞算法.计算机工程,2009,35(20):267-269.
- 3 曹新宇,杨虹蓁,赵云峰.RFID 技术中防碰撞算法研究与改进.北华航天工业学院学报,2010,20(1):6-8.
- 4 Hale WK. Frequency assignment: Theory and applications. Proc. of the IEEE,1980,68(12):658-661.
- 5 Vogt H. Efficient Object Identification with Passive RFID Tags. Pervasive 2002, LNCS 2414, 2002:98-113.
- 6 王永,基于 EDFSA 算法的改进研究.计算机与数字工程,2011,3(39):18.
- 7 徐海峰,姜晖.RFID 系统实时高效 ALOHA 防冲突算法研究与仿真.计算机与数字工程,2011,5:19-26.
- 8 徐圆圆,曾隽芳,刘禹.基于 Aloha 算法的帧长及分组数改进研究.计算机应用,2008,28(3):588-590.

(上接第 48 页)

在用户管理系统的里进行授权即可.因此,这对气象工作的开展是非常有益的。

参考文献

- 1 肖琬蓉,杨生举.基于 LDAP 的统一用户认证系统设计与实现.计算机科学,2008,35(5):298-301.
- 2 沈阳,杜中军.基于 Kerberos 协议的单点登录研究与设计.计算机工程与设计,2011,32(7):2249-2350.
- 3 夏明忠,夏以轩,等.统一用户认证和授权管理的实现.计算机与应用化学,2011,28(8):1087-1090.
- 4 朱亚兴.异构环境中基于 EJB 和 CORBA 的统一用户管理系统设计.微型机与应用,2010,29(15):6-9.
- 5 张海藩.软件工程导论.第 5 版.北京:清华大学出版社,2008.
- 6 刘鹏娟.统一用户数据库的分析和设计.现代电信科技,2009(4):57-60.
- 7 张秋余,蔡志鹏,袁占亭.一种安全的单点登录系统口令同步方案.计算机工程,2011,37(17):122-123.
- 8 卫建国,王建林,庄立伟.气象软件设计模式的研究与实现.计算机工程,2010,36(9):59-64.
- 9 王佳倩,李润娥,李庭晏.统一用户管理和身份认证服务的设计与实现.实验技术与管理,2004,21(3):7-12.
- 10 张辉,杨岳湘,汪诗林.数字校园中基于 LDAP 的统一用户身份管理技术研究.计算机工程与科学,2005,27(1):14-16.
- 11 申军霞.统一身份认证开启区域教育信息化的新篇章.数字校园,2011:65-67.
- 12 杨智楠.浅谈统一用户管理系统的建设方案.计算机光盘软件与应用,2011,21:172-173.
- 13 赵曦,丁建国.基于 LDAP 的统一用户管理系统的研究与实现.情报杂志,2008,(12):80-82.
- 14 Howe T, Smith M. The LDAP Application Program Interface. RFC1823. 2002(8):82-86.
- 15 张开.基于 Cookie 的单点登录实现.价值工程,2012,(5):154-155.