

基于二元指数后退的电子标签防碰撞算法

胡大辉, 杜治国

(西南大学, 重庆 402460)

摘要: 为解决目前现有电子标签防碰撞算法在电子标签数量较大时, 读取效率低且耗时较长的问题, 提出了一种基于二元指数后退的时隙选择算法, 当碰撞发生时, 改进算法以二进制指数方式进行时隙的增加, 并随机选择时隙发送数据, 重复这个过程直到所有标签被正确读出。仿真试验表明, 在电子标签数量急剧增加时, 改进算法的读取效率较高, 电子标签读取所需时隙基本不增加。

关键词: RFID; ALOHA; 时隙; 二元指数后退

中图分类号: TB487; TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)15-0033-04

Anti-collision Algorithm of Electronic Tag Based on Binary Exponential Backoff

HU Da-hui, DU Zhi-guo

(Southwest University, Chongqing 402460, China)

Abstract: A time slot selection algorithm based on binary exponential backoff was put forward to solve the low reading efficiency and time consuming problems of existing electronic tag anti-collision algorithms under heavy reading load. When a collision occurs, the proposed algorithm increases the time slot to the binary exponential and randomly selects a time slot to send data, and repeat this process until all the RFID are read correctly. The simulation results showed that a sharp increase in the number of electronic tags, the higher the reading efficiency of the algorithm and with little increase of data access time.

Key words: RFID; ALOHA; time slot; binary exponential backoff

在 RFID 系统中, 识别信息存放在电子数据载体中, 电子数据载体被称为应答器^[1], 在实际的应用系统中通常称应答器为电子标签。电子标签中的信息一般由 RFID 阅读器读出, RFID 阅读器不仅能读取电子标签中的信息, 而且可以对电子标签中的数据进行存取和修改等操作。电子标签中存储的是数字化信息, 通过对电子标签的编码就可实现身份识别、物流查询、商品零售与存储、工业监控和动物个体区别等功能。

电子标签是物联网的基石^[2]。一个完整的电子标签系统通常由 3 个部分构成: 电子标签、阅读设备和数据处理设备^[3]。电子标签由天线和芯片组成, 一般依附于商品表面便于识别, 每个电子标签都具有一

个唯一识别的编码, 用于区分不同的物体。阅读设备主要是利用射频信号来工作, 一般先由阅读设备发射一个询问信号, 电子标签收到信号后给出一个含有其自身编码的应答信号, 阅读设备根据返回的数据进行相应的操作。数据处理设备主要依靠计算机和网络对已有的数据进行添加、删除、修改、查询及更新等操作, 方便终端用户的使用。

在电子标签的读取过程中, 常常会碰到多个电子标签在一个读取设备的有效读取范围之内, 这样就会产生反馈信息的干扰, 即数据传输的碰撞问题。为了避免这种情况的产生, 目前已提出了许多的防碰撞算法^[4], 但这些算法在电子标签数量急剧增加时系统的读取效率会显著降低。笔者提出一种基于

收稿日期: 2012-06-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(21007051); 西南大学青年基金资助项目(2010RCQ003)

作者简介: 胡大辉(1977-), 女, 重庆人, 硕士, 西南大学讲师, 主要研究方向为信息安全与网络通信。

二元指数后退的时隙选择算法,当碰撞发生时,以二进制指数的形式增加时隙并随机选择时隙发送数据。

1 常见算法简介

1.1 ALOHA 算法

ALOHA 是夏威夷大学研制的一种分组交换计算机网络,是最早最基本的计算机网络通信方式,ALOHA 算法就是建立在 ALOHA 网络工作原理基础之上的。ALOHA 算法的信道利用率较低,信道吞吐率 S 和帧产生率 G 之间的关系为:

$$S = Ge^{-2G} \quad (1)$$

当 G 的取值为 0.5 时,可以得到信道的最大吞吐率 $S = \frac{1}{2e} = 18.4\%$ 。通常情况下,读取设备发送一个询问信息帧所需要的时间称为帧时。发送询问信息帧不产生数据碰撞的概率 P 可用式(2)得到。

$$P = \frac{S}{G} = e^{-2G} \quad (2)$$

显然, G 越大发送成功的概率越小,也就是碰撞的概率越大。

1.2 时隙 ALOHA 算法

由于 ALOHA 算法发送成功的概率较小,Roberts 在 1972 年提出了一种改进的 ALOHA 算法,即时隙 ALOHA(Slotted ALOHA)算法^[5]。该算法的基本思想是把时间分成离散的时间片段,每个时间片段对应一个信息帧,当然这个算法的前提是系统必须时间同步。算法中的时间片段即时隙,实际的应用中电子标签的时间同步由阅读设备来控制,电子标签只有在规定的同步时隙时传输数据,在时隙结束时传输完成。在时隙 ALOHA 算法中,信道吞吐率 S 和帧产生率 G 的关系为:

$$S = Ge^{-G} \quad (3)$$

当 $G=1$ 时, S 取得最大值 36.8%,因此时隙 ALOHA 算法的信道吞吐量是 ALOHA 算法的 2 倍。在本算法应用中,如果较多的电子标签存在于阅读器的有效范围之内,而时隙数量有限并且可能还会存在其他的有效阅读设备,这样就会使系统的吞吐率迅速降低。针对这种情况,有些研究者提出了一些改进方法,通常称为动态时隙 ALOHA 算法^[6]。

1.3 二进制搜索算法

二进制搜索算法是用电子标签的 ID 号为基础来防止碰撞发生的^[7]。当多个电子标签同时向阅读设备发送 ID 号时,阅读设备能判断出数据冲突的准确位置,由于冲突位只能有“0”和“1”两种状态,所以可以强迫冲突发生的电子标签暂时退出,等待下一次询问,如此反复,直到所有电子标签都能正确响应,阅读设备可以获取所有电子标签的 ID 号。

1.4 树型搜索算法

树型搜索算法采用递归的工作方式,只要有碰撞发生就进行分支,成为 2 个子集^[8]。随着分支的继续,这些分支将会越来越小,最后一个分支下面只有一个数据帧或者为空。碰撞发生时的分支方式是随机的,即分在左分支还是右分支都是基于一定的随机概率,最后形成一个二叉树的结构。只要遍历二叉树的所有节点即可读取所有电子标签的相关信息。树型搜索算法存在一个较大的弊端,就是二叉树在形成和遍历的过程中不能有新的电子标签加入,新加入的电子标签必须等二叉树遍历完成才能响应询问信息帧,这在实际的应用中有较大的限制。

2 基于二元指数后退的改进算法

2.1 算法原理

当电子标签发生碰撞时,把时间分成多个离散的时隙,时隙的长度等于数据访问帧往返所需时间。通常情况下是以数据帧的帧长位数为基准来进行设置,例如 512 位的帧长,在 100 M/s 的传输速率下,时隙一般设为 $51.2 \mu\text{s}$ ^[9]。

在发生首次碰撞之后,电子标签等待 0 或者 1 个时隙后再次发送;如果 2 个以上电子标签选择了相同的随机数,则会发生第 2 次碰撞;二次碰撞后,电子标签选择 $0,1,2,3(0 \sim 2^2 - 1)$ 中的某一个随机数,等待对应的时隙后再发送数据;如果又发生第 3 次碰撞,电子标签选择 $0,1 \dots 6,7(0 \sim 2^3 - 1)$ 中的某一个随机数,等待对应的时隙后发送数据,如此反复,直到数据成功发送。

通常情况下,在第 i 次碰撞后,电子标签在 $0 \sim 2^i - 1$ 之间随机选择一个数值,等待对应的时隙后发送数据,一般情况下, i 等于 10 时, i 值不再增加,即最大等待时隙为 1 023。在 1 023 个时隙内反复发生碰撞的可能性很小,这时阅读设备有效范围内的电子

标签必须大于 1 024 个才会失败,但通常情况下不会超过这个数值。还可以设定碰撞次数的上限(比如 16 次),超过这个上限值还是不能避免碰撞发生的话,就需要报告给上层系统,即阅读设备发送一个出错信息给数据处理系统,下一步操作由数据处理系统做出决定。

2.2 算法分析

首先假设每个时隙中重传的概率是不变的,用 P 表示电子标签在碰撞时隙中重传数据帧的概率,在这个竞争时隙内,电子标签能成功发送数据帧的概率 A 可由式(4)获得。

$$A = kP(1 - P)^{k-1} \quad (4)$$

当 P 的取值是 $1/k$ 时, A 取得最大值;当 k 取值趋于无穷大时, A 值接近 $1/e$ 。碰撞时隙等于 i 个时隙的概率为 $A(1 - A)^{i-1}$,所以发生碰撞的平均时隙如式(5)。

$$\sum_{i=0}^{\infty} iA(1 - A)^{i-1} = \frac{1}{A} \quad (5)$$

由于碰撞时隙间隔为 τ (τ 是数据帧单边传输所需时间),因此平均碰撞间隔为 $2\tau/A$ 。假设 P 取最佳值且碰撞时隙平均值不超过 e ,则平均碰撞间隔最大值为 $2\tau e$ 。

如果电子标签传输一个数据帧的时间为 m 秒,多个电子标签需要发送数据帧时,信道的传输效率 η 可以由式(6)计算得出。

$$\eta = \frac{m}{m + 2\tau/A} \quad (6)$$

由式(6)可以看出,阅读设备和电子标签的距离越大, τ 值就越大,这样系统的效率 η 就非常低,要提高系统的效率,必须减小阅读设备和电子标签之间的距离。

2.3 算法仿真

为验证本算法的优势,利用 MATLAB R2009 软件进行仿真试验,试验共进行 3 次,主要测试不同算法在不同标签数量下时隙的消耗数量、不同算法在不同标签数量下系统的读取效率以及改进算法在不同数据帧长与不同标签数量下的系统读取效率。

1) 仿真试验 1。让电子标签的数量从 4 个逐渐增加到 512 个,分别使用 ALOHA 算法、分隙 ALOHA 算法、二进制搜索算法、树型搜索算法和改进算法进行试验,测量不同算法在不同标签数量情况下时隙的占用情况,测试结果见图 1。从图 1 可明显看出

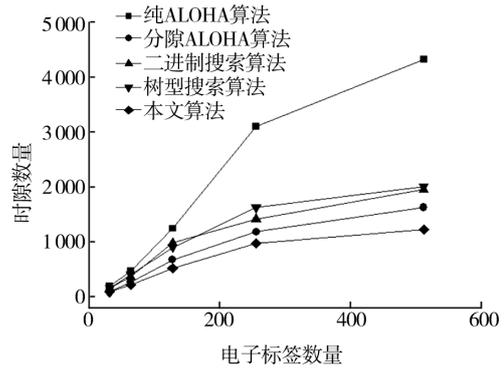


图 1 不同算法的时隙数量

Fig. 1 Time slot number of different algorithms

二元指数后退算法在电子标签数量急剧增加时,时隙数量增加最缓慢。

2) 仿真试验 2。让电子标签的数量从 4 个逐渐增加到 64 个,分别使用 ALOHA 算法、分隙 ALOHA 算法、二进制搜索算法、树型搜索算法和改进算法进行试验,试验主要测试不同算法在不同标签数量情况下读取电子标签反馈信息的效率,测试结果见图 2。从图 2 可明显看出提出的算法在电子标签数量增

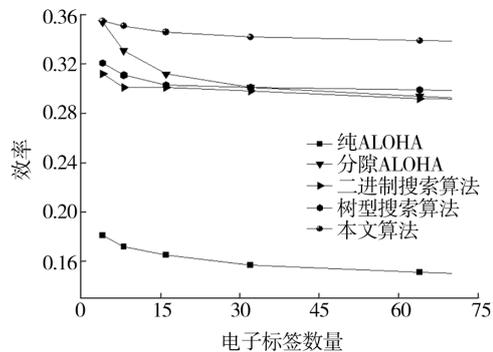


图 2 不同算法的读取效率

Fig. 2 Reading efficiency of different algorithms

加的情况下,系统读取效率基本没有减小。

3) 仿真试验 3。让电子标签的数量从 4 个逐渐增加到 128 个,分别使用 64 位数据帧长、128 位数据帧长、256 位数据帧长和 512 位数据帧长进行试验,试验主要测试不同帧长情况下,标签数量增加对读取效率的影响情况,测试结果见图 3。从图 3 可明显看出数据帧在帧长较短的情况下,读取效率较高;数据帧在帧长较长的情况下,读取效率较低。为了获得较高的系统读取效率,应该尽量使用较短的数据帧长。

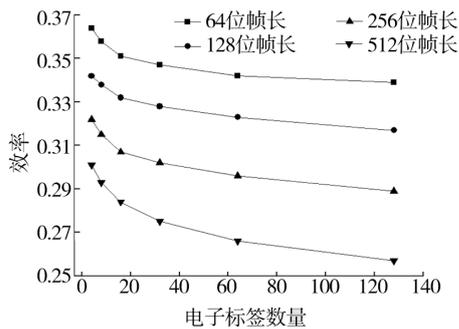


图3 不同帧长的读取效率

Fig. 3 Reading efficiency in different frame length

3 总结

通过算法分析与仿真试验可知,在阅读设备的有效范围之内,电子标签数量较少或者对系统读取效率要求不高时,可以使用ALOHA算法或分隙ALOHA算法;在电子标签数量较多但读取效率要求不高时,可以使用二进制搜索算法或者树型搜索算法。但是在阅读范围较大且对读取效率有一定要求的情况下,上述算法就显得比较困难,二元指数后退算法在这种情况下就显示出了优势。随着电子标签数量的增加,改进算法的读取效率没有明显的下降,时隙的消耗没有明显的增多。

改进算法没有考虑通信的保密性和数据的安全性,因此下一步的工作是不降低系统读取效率的情况下进行信道通信安全的设计和加密及隐藏设计。

参考文献:

[1] 单承赣,单玉峰,姚磊. 射频识别(RFID)原理与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2011.
SHAN Cheng-gan, SHAN Yu-feng, YAO Lei. Principles and Applications of Radio Frequency Identification[M]. Beijing: Electronics Industry Press, 2011.

[2] 黄玉兰. 物联网射频识别(RFID)核心技术详解[M]. 北京:人民邮电出版社,2011.
HUANG Yu-lan. Core Technology Detailed of Radio Frequency Identification[M]. Beijing: Posts and Telecom Press, 2011.

[3] 于惠钧,彭涛,刘晓燕. 标签防碰撞问题的研究[J]. 包装工程,2008,29(9):75-77.
YU Hui-jun, PENG Tao, LIU Xiao-yan. Studies on Tag Anti-collision[J]. Packages Engineering, 2008, 29(9): 75-77.

[4] 刘永,熊兴中,李晓花. RFID防碰撞技术的研究[J]. 电信科学,2012(2):138-143.
LIU Yong, XIONG Xing-zhong, LI Xiao-hua. Research on Anti-collision Technology in RFID[J]. Telecommunications Science, 2012(2): 138-143.

[5] EOM J, LEE T, RIETMAN R. An EFFICIENT FRAMed-slotted ALOHA ALGORITHM with PILOT FRAME and BINARY SELECTION for ANTI-collision of RFID TAGS[J]. IEEE Communications Letters, 2008, 12(10): 861-863.

[6] EOM J, LEE T. Accurate TAG ESTIMATION for DYNAMIC FRAMed-slotted ALOHA in RFID SYSTEM[J]. IEEE Communications Letters, 2010, 14(1): 60-62.

[7] 邓一文,张红雨,张鹏程,等. RFID高频读写器防碰撞算法研究[J]. 电子设计工程,2011,19(19):31-34.
DENG Yi-wen, ZHANG Hong-yu, ZHANG Peng-cheng, et al. Study on the Anti-collision Algorithm of the RFID Read/write Device[J]. International Electronic Elements, 2011, 19(19): 31-34.

[8] 何晓桃,郑文丰. RFID中基于二分叠加的二进制防碰撞算法[J]. 华南师范大学学报(自然科学版),2011,8(3):61-65.
HE Xiao-tao, ZHENG Wen-feng. A Binary Anti-collision Algorithm Based on Sum of Twice in RFID System[J]. Journal of South China Normal University(Natural Science Edition), 2011, 8(3): 61-65.

[9] TANENBAUM A S. Computer Networks[M]. 5th Edition. New Jersey: Prentice Hall PTR, 2011.