

# RFID防碰撞技术的研究

■ 北京交通大学电子信息工程学院 陈 香 张思东  
■ 同济大学信息与通信工程系 薛小平

**【摘 要】**RFID被誉为是21世纪最有前途的技术之一。但是,由于RFID在应用中不可避免地存在碰撞问题,造成了数据读取的不可靠和不正确。近年来,学术界对RFID的碰撞问题作了研究,提出了很多解决RFID碰撞的理论和办法。本文对RFID的防碰撞理论和方法作了研究,并分析比较了这些技术的优缺点,最后给出了RFID的防碰撞理论研究的方向。

**【关键词】**RFID 防碰撞 Aloha 二进制树

## 介绍

射频识别技术(Radio Frequency Identification, RFID)是一种非接触式自动识别技术,与目前广泛采用的条形码技术相比,它具有识别距离远、穿透能力强、多物体识别、抗污染等优点,现已广泛应用于工业自动化、商业自动化、交通运输控制管理、产品证件防伪、防盗等众多领域,成为当前IT业研究的热点技术之一。

典型的RFID系统主要包括两部分:射频卡/标签(Tag)和读写器(Reader)。其系统结构和基本工作原理如图1所示。

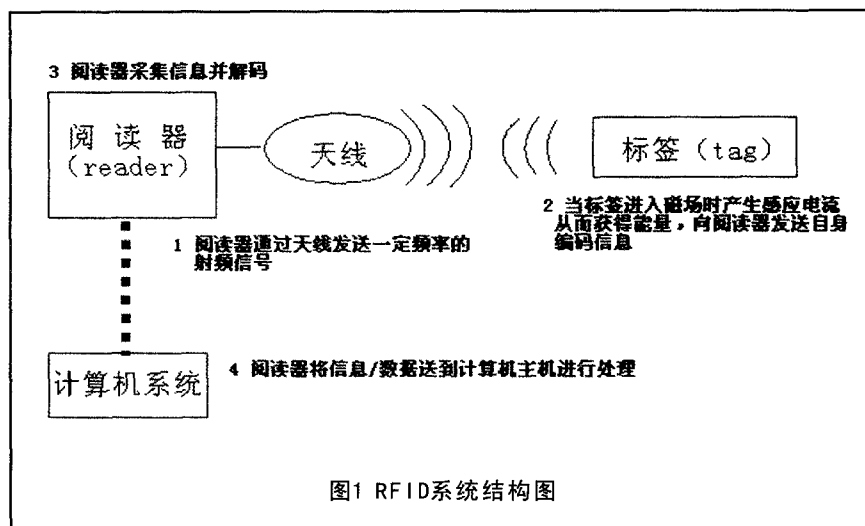
当前RFID技术研究主要集中在工作频率选择、天线设计、防冲突技术和安全与隐私保护等方面。

标签适用于对象身份识别,对象可以是人或物体。标签的主要模

块集成在一个芯片中,完成与读写器通信的功能;芯片上有内存用来存储ID或其他数据,其容量从几个比特到几千个比特;芯片外围连接天线或电池。

RFID标签依据发送射频信号的方式不同,分为主动式

(Active)和被动式(Passive)两种,主动式标签能主动向读写器发送射频信号,通常由内置电池供电,又称为有源标签,主动式标签的通信距离远,其价格相对较高,主要应用于贵重物品远距离检测等应用领域。被动式标签不带电池,



## 【作者简介】

陈香(1980~),女,汉族,北京交通大学电子信息工程学院在读硕士研究生。

薛小平,同济大学信息与通信工程系硕士生导师。

张思东,北京交通大学电子信息工程学院博士生导师。

又称为无源标签,从读写器的询问信号中获取能量工作,具有价格便宜的优势,但其工作距离短、存储容量有限,主要用于近距离识别系统。

读写器主要由一个RF模块和控制单元组成,通常有内置天线,通过射频信号与标签通信。读写器可以通过有线连接或无线连接与计算机系统相连,把接收到的标签信息送到主机进行相应处理。

在很多应用场合,读写器要在很短时间内尽快识别多个标签。由于读写器和标签通信共享无线信道,读写器或标签的信号可能发生冲突,使读写器不能正确识别标签,即发生了碰撞(Collision)。因此,需要一种防碰撞技术以减少冲突达到快速准确识别多个标签的目的。

RFID系统中的冲突分为读写器冲突和标签冲突。读写器冲突是指多个读写器同时与一个标签通信,致使标签无法区分读写器的信号,也包括相邻的读写器同时使用相同的频率与其阅读区域内的标签通信而引起的频率冲突。标签冲突是指多个标签同时响应读写器的命令而发送信息,引起信号冲突,使读写器无法识别标签。

读写器冲突问题类似于移动蜂窝网络中的频率分配问题。由于读写器能检测冲突并且读写器间能相互通信,因此读写器冲突能很容易得到解决。

标签冲突问题与计算机网络冲突问题类似。但是,由于RFID系统中的一些限制,使得传统网络中的很多标准的防冲突技术都不适于或很难在RFID系统中应用。这些限制因素主要有:(1)内存和计算能力的限制,由于标签的成本很低,其计算能力十分有限,不能执行复杂计算;(2)一些标准限制了

RFID系统中的通信带宽,因此需要尽量减少读写器和标签间传送的信息比特的数目;(3)标签不具有载波监听发现冲突的功能而且标签间不能相互通信。

标签防碰撞协议对RFID系统识别能力至关重要。按照防碰撞算法中标签的响应方式,防碰撞算法通常分为不确定算法和确定性算法两种。不确定性算法中标签利用随机时间响应读写器的命令。不确定性算法大都基于Aloha机制,例如时隙Aloha, Frame-slotted Aloha算法等。确定性算法是读写器根据标签ID的惟一性来选择标签进行通信。最简单的确定性算法是二进制树机制。

## RFID系统中的防碰撞算法

### 1、Aloha算法

Aloha是一种随机接入算法,这种算法多采取“标签先发言”的方式,即标签一进入读写器的阅读区域就自动向读写器发送其自身的ID,随即标签和读写器间开始通信。

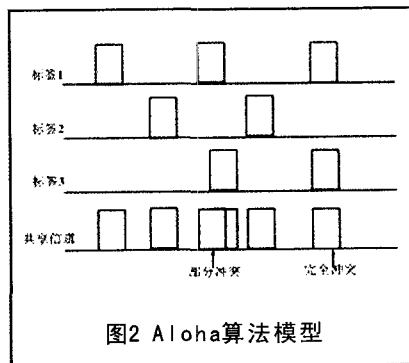


图2 Aloha算法模型

在标签发送数据的过程中,若有其他标签也在发送数据,那么发生信号重叠从而导致完全冲突或部分冲突。读写器检测接收到的信号

来判断有无冲突。一旦发生冲突,读写器就发送命令让标签停止发送,随机等待一段时间后再重新发送以减少冲突。

纯Aloha存在的一个严重问题是数据帧F的发送过程中冲突发生的概率很大,其冲突期为 $2F$ 。此外,RFID系统中标签不具有载波监听发现冲突的能力,只能通过接收读写器的命令来判断有无冲突。针对这些问题,提出了一些扩展的方法来改善Aloha算法在RFID系统中的可行性和有效性。

第一种改进的算法是Slotted Aloha算法。这种算法在Aloha算法的基础上把时间分成多个离散时隙,标签只能在每个时隙的分界处才能发送数据。这样标签或成功发送或完全冲突,避免了原Aloha算法中的部分冲突,使冲突期减少一半,提高了信道的利用率。但是这种方法需要一个同步时钟以使读写器阅读区域内的所有标签的时隙同步。

Aloha的另一种扩展算法是Frame-Slotted Aloha算法,是在时隙Aloha算法的基础上把 $N$ 个时隙组成一帧,标签在每个帧内随机选择一个时隙发送数据。这种算法适于传输信息量较大的场合,与时隙Aloha算法相同,Frame-Slotted Aloha算法也需要一个同步时钟。

有人提出了一种改进的Frame-Slotted Aloha算法,读写器能动态增加或减少下一次阅读循环中的帧的时隙个数 $N$ ,这种算法称为自适应F-S-Aloha算法。一个帧内的时隙的数目 $N$ 能随阅读区域中的标签的数目而动态改变,或通过增加时隙数以减少帧中的冲突数目,或若有很多空时隙就减小 $N$ 以节省时间。一般用“冲突的数目”、“成功响应的数目”和“空时隙的数目”这三个因素来决定下

一次阅读循环中最佳帧的大小。

使用纯Aloha算法的读写器设计较简单, 适于标签数量不定的环境应用, 但这种算法存在永远无法完成识别的可能, 并且理论上信道最大利用率只有18.4%。

时隙Aloha冲突概率比纯Aloha小, 信道利用率是它的两倍, 但是需要同步信号, 并且要求标签能计算时隙。

Frame-Slotted Aloha算法减少了每帧中标签的重复率, 但是也需要同步信号, 并且需要知道帧的大小。

## 2. 二进制树型算法

二进制碰撞算法的基本思想是将处于冲突的标签分成左右两个子集0和1, 先查询子集0, 若没有冲突, 则正确识别标签, 若仍有冲突则再分裂, 把子集0分成00和01两个子集, 依次类推, 直到识别出子集0中的所有标签, 再按此步骤查询子集1。

使用基本的二进制树算法的标签能够记忆以前的查询结果从而减少平均查询时间, 但对功率要求较高。

基本二进制树算法中每个标签设有一个指针, 当标签重新复位时指针指向标签ID的最高比特位, 随着查询一步步进行, 指针向ID的最低比特位移动。查询过程中, 读写器每次发送一个查询比特0或1。若标签指针指向的比特位和查询比特相同, 标签就响应读写器的命令而向读写器发送它的下一个比特, 否则, 标签就进入休眠状态而不再参与此次查询, 直到某个标签被识别被Killed而其他标签被重置。若读写器检测到标签返回的响应没有冲突, 就把接收的比特作为下一步的查询比特, 否则, 就用0作为下

一步的查询比特。这样, 每轮循环中仅有一个标签被正确识别, 此时标签的指针指向ID的最低位。然后此标签被Killed, 而其他进入休眠状态的标签重新进入识别状态, 开始新一轮的从最高位开始的查询循环。经多次循环后所有的标签都被识别。

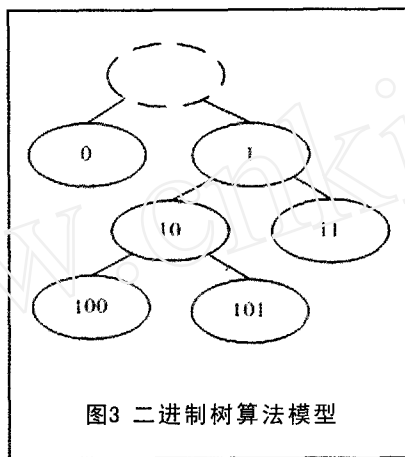


图3 二进制树算法模型

二进制树搜索算法, 这是一种无记忆的算法, 即标签不必存储以前的查询情况, 这对标签的功能要求较低, 能降低标签成本。在二进制树搜索算法中, 读写器每次查询发送的不是一个比特而是一个比特前缀 $q_1q_2\cdots q_i$ , 只有其ID与这个查询前缀相符的标签才响应读写器的命令而发送其ID, 当只有一个标签响应, 读写器成功识别标签, 当有多个标签响应就发生冲突, 下一次循环中读写器把查询前缀增加一个比特0或1, 读写器中设有一个队列Q来补充前缀, 这个队列Q用0和1来初始化。读写器从Q来deques 查询前缀并在每次循环中发送此前缀。当前缀 $P_0P_1\cdots P_i$ 是一个冲突前缀, 读写器就把查询前缀设为 $P_0P_1\cdots P_i0$ , 把前缀 $P_0P_1\cdots P_i1$ 放入队列Q。读写器继续这个操作直到队列Q为空。通过不断增加查询前缀,

读写器能识别其阅读区域内的所有标签。

为减少标签发送数据所需的时间, 对二进制搜索算法进行改进, 提出当标签ID与查询前缀相符时, 标签响应只发送其余的比特位, 减少发送的数据量以节省时间。

## 算法性能比较及进一步研究的方向

Aloha机制算法和二进制树机制算法相比, 其优缺点主要有:

(1) Aloha算法不能很好的防止冲突, 当陷入冲突的标签的数目很多时, 防冲突的过程较长。

(2) Aloha算法存在错误判决问题, 当一个标签在很长时间内没有被正确识别, 可能被误判为不在阅读区域范围内。

(3) 二进制树算法识别率较高, 不存在错误判决的问题, 但时延长, 泄露的信息较多, 安全性差。

(4) Aloha算法的信道利用率较低, 而二进制树算法的信道利用率较高, 可以达到43%以上。

从RFID应用的角度来看, 目前的防碰撞算法的识别率有待提高, 识别过程较复杂, 对安全和个人隐私问题考虑不周, 这些问题都有待进一步研究和改进。

为提高RFID系统防碰撞能力满足同时识别大量标签的应用需要, 有人提出采取码分多址防碰撞方法。CDMA方法通过为每个标签分配不同的PN码来避免冲突, 这种方法能大大提高RFID系统的防碰撞能力, 但是系统设计较为复杂, 标签的成本较高, 其主要适于超高频和微波等宽带应用场景, 这种方法也有待进一步研究。

## 结论

RFID防碰撞技术面临的一个挑战是如何在最短时间内识别尽可能多的标签。

评估防碰撞算法的性能参数有阅读标签的速度、读写器信号的输出带宽、返回信号的带宽、标签的

成本、读写器成本和阅读距离等等,其中读写器和标签的通信带宽对算法有很大影响。例如,在美国,RFID系统常用的两个频段是13.56MHz和915MHz的ISM波段。13.56MHz波段提供的通信带宽要

远远小于915MHz波段提供的带宽。因此,Aloha机制算法通常用于工作在13.56MHz的RFID系统,而915MHz的系统常用确定性算法。

### 【参考文献】

- [1] 李锦涛 郭俊波 罗海勇 曹岗 冯波 陈益强 《射频识别(RFID)技术及应用》,信息技术快报2004年第11期
- [2] Engels, D.W.; Sarma, S.E.; The Reader Collision Problem, Systems, Man and Cybernetics, 2002 IEEE International Conference on Volume 3, 6-9 Oct. 2002 Page(s):6 pp. vol. 3
- [3] Sanjay E. Sarma, Stephen A. Weis, Daniel W. Engels, RFID Systems and Security and Privacy Implications, <http://www.autoidcenter.org>
- [4] Luc Andre Burdet, RFID Multiple Access Methods, <http://www.vs.inf.ethz.ch/edu/SS2004/DS/reports/06-rfid-mac-report.pdf>
- [5] Jihoon Myung, Wonjun Lee, An Adaptive Memoryless Tag Anti-Collision Protocol for RFID Networks, <http://www.dawn.cs.umbc.edu/INFOCOM2005/lee-myung-abs.pdf>
- [6] Vogt, H.; Multiple object identification with passive RFID tags Systems, Man and Cybernetics, 2002 IEEE International Conference on Volume 3, 6-9 Oct. 2002 Page(s):6 pp. vol. 3
- [7] C. Law, K. Lee, and K.-Y. Siu, Efficient memoryless protocol for tag identification. In Proceedings of the 4th International Workshop on Discrete Algorithms and Methods for Mobile
- [8] Feng Zhou, Chunhong Chen, Dawei Jin, Chenling Huang, Evaluating and Optimizing Power Consumption of Anti-Collision Protocols for Applications in RFID Systems, ASIC, 2003. Proceedings. 5th International Conference on Volume 2, 21-24 Oct. 2003 Page(s):1213 - 1217 Vol.2 Computing and Communications, p. 75-84, Boston, MA, August 2000
- [9] Lim, A.; Kui Mok; A study on the design of large-scale mobile recording and tracking systems, System Sciences, 1998., Proceedings of the Thirty-First Hawaii International Conference on Volume 7, 6-9 Jan. 1998 Page(s):701 - 710 vol. 7
- [10] Engels, D.W.; Sarma, S.E.; The Reader Collision Problem, Systems, Man and Cybernetics, 2002 IEEE International Conference on Volume 3, 6-9 Oct. 2002 Page(s):6 pp. vol. 3
- [11] James Waldrop, Daniel W. Engels, Sanjay E. Sarma, Colorwave: A MAC for RFID Reader Networks Communications, 2003. ICC '03. IEEE International Conference on Volume 2, 11-15 May 2003 Page(s):1206 - 1210 vol. 2
- [12] Glidden, R.; Bockorick, C.; Cooper, S.; Diorio, C.; Dressler, D.; Gutnik, V.; Hagen, C.; Hara, D.; Hass, T.; Design of ultra-low-cost UHF RFID tags for supply chain applications, Communications Magazine, IEEE Volume 42, Issue 8, Aug. 2004 Page(s):140 - 151