

## Study on Reader Anti-Collision Algorithm in RFID Sensor Networks\*

CHEN Ying, ZHANG Fuhong\*

(College of Communication, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** In order to avoid signal collision in dense readers RFID sensor networks, an anti-collision algorithm called Probabilistic Power Control is proposed. The algorithm changed the reader transmitter power with a probability distribution at the same time slot, so that interference between readers reduced and all readers achieved the best read range. The probability distribution of power is  $\beta$ . Simulation results show that the Probabilistic Power Control algorithm can effectively solve reader collision in dense reader network and enhance the scope of readers to read and write.

**Key words:** RFID; reader; anti-collision; probabilistic power control algorithm

**EEACC:** 6150P; 1205; 1280; 1370

## RFID 传感网络中多阅读器碰撞算法的研究\*

陈颖, 张福洪\*

(杭州电子科技大学通信工程学院, 杭州 310018)

**摘要:** 为了解决 RFID 传感网络中阅读器与阅读器之间的信号的碰撞问题提出了防碰撞的概率功率控制算法。该算法利用各阅读器的发射功率在同一时隙服从不同的概率分布, 从而来减少相互之间的干扰, 获得最大的阅读范围。功率的概率分布采用  $\beta$  分布。仿真结果表明, 概率功率控制算法能有效地防止阅读器信息碰撞, 提高阅读器的读写范围。

**关键词:** RFID; 阅读器; 防碰撞; 概率功率控制算法

**中图分类号:** TP393

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1004-1699(2010)02-0265-04

随着 RFID 技术的发展, 出现了多个阅读器密集分布在同一区域的 RFID 传感网络。在这个传感网络中, 存在两类信息碰撞问题: 一类称为多标签的信息碰撞问题<sup>[1-4]</sup>, 即多个标签同时回复一个阅读器时产生的信息碰撞。另一类称为多阅读器信息碰撞问题<sup>[5]</sup>, 即相邻的阅读器在其信号交叠区域内产生相互干扰, 导致阅读器的阅读范围减小, 甚至无法读取任何标签。而目前很多的研究和分析都是针对多标签的信息碰撞进行的, 如 ALOHA 法、二进制搜索法以及它们的改进方法等, 而对多阅读器信息碰撞问题研究甚少。本文将从分析多阅读器信息碰撞的产生入手, 采用概率功率控制算法来解决多阅读器的信息碰撞问题。

### 1 阅读器碰撞问题分析

在密集阅读器的 RFID 传感网络中阅读器的碰

撞问题主要分为以下两种情况<sup>[6]</sup>:

(1) 多阅读器到标签间的干扰

当多个阅读器同时阅读同一个标签时引起了多阅读器到标签间的干扰, 这里分两种情况。一种两个阅读器阅读范围重叠, 如图 1 所示。

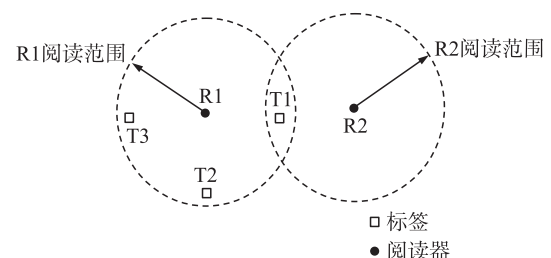


图 1 阅读范围重叠的多阅读器对标签的干扰

从阅读器 R1 和 R2 发射的信号可能在射频标签 T1 处产生干扰。在这种情况下, 标签 T1 不能解密任何查询信号并且阅读器 R1 和 R2 都不能阅读

T1。另外一种两个阅读器阅读范围没有重叠,如图 2 所示。

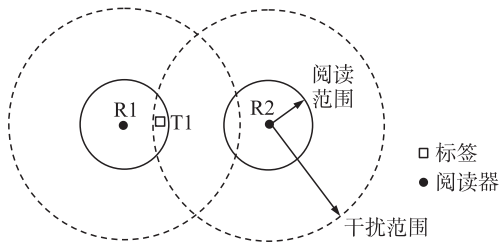


图 2 阅读范围不重叠的多阅读器对标签的干扰

虽然阅读范围没有重叠,但处于干扰范围之内,但在同一时间占用相同频率与标签 T1 通信,阅读器 R2 发射的信号对读写器 R1 发射的信号在标签 T1 处产生干扰,从而导致通信质量下降。

(2) 阅读器与阅读器之间的干扰

当一个阅读器发射较强的信号与一个射频标签反射回的微弱信号相干扰时就引起了阅读器与阅读器之间的干扰,如图 3 所示。阅读器 R1 位于阅读器 R2 干扰区。从射频标签 T1 反射回的信号到达阅读器 R1,很容易被阅读器 R2 发射的信号干扰。这种干扰即使两个阅读器阅读范围没有重叠也有可能产生。

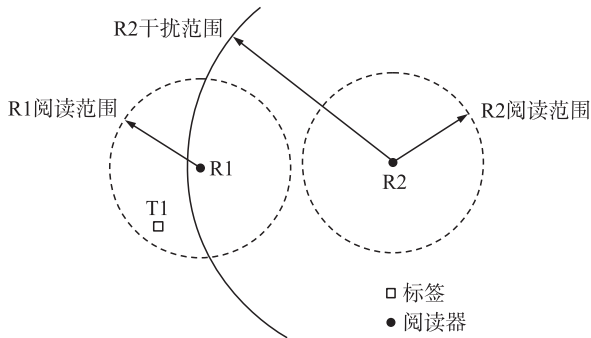


图 3 读写器与读写器之间的干扰

现有解决多阅读器信号碰撞问题的方法主要可以分为两类:协调计划算法和功率控制算法<sup>[7-8]</sup>。协调计划方式的主要思想是通过建立一个全网的体系结构,统一收集阅读器间的信息碰撞消息,将系统可用的资源合理分配给各个阅读器进行使用,其代表性算法有 Colorwave 算法<sup>[9]</sup>, HiQ2learning 算法<sup>[10]</sup>和 PULSE 算法等<sup>[11-12]</sup>。这些方式的主要问题在于系统通常需要耗费相当大的资源用来建立和实时地维护这种全网的控制结构,并且需要根据系统微小的变化重新调整全网范围内的资源分配,协议开销大,收敛速度慢。功率调整算法能克服上述问题。本文将详细描述一种新的功率控制算法来解决多阅读器的碰撞问题。

## 2 功率控制算法

本文主要讨论采用功率控制技术来解决阅读器与阅读器之间的干扰。功率控制技术广泛应用于无线通信领域,包括 Ad-Hoc 网络和蜂窝网络。从概念上来讲,应用于 RFID 传感网络的功率控制和这些技术类似。但是,由于 RFID 收发信机都在阅读器内部实现,独特的通信接口、RFID 的应用,以及标签不如移动手机和传感节点智能,因此在 RFID 应用中对传统的功率控制算法做些改变。

功率控制算法思想来源于简单的时分复用算法。如果每个阅读器被分配一个时隙,当某一个阅读器在其分配的时隙工作时,其它阅读器都停止工作,这样可以保证阅读器之间不会发生冲突。然而,这样的算法效率很低,会导致较长时间的阅读器等待,降低阅读器的平均读取速度等。显然,如果多个阅读器分别利用不同的发送功率在同一时隙内工作,系统的工作效率将大大增加。如果每个阅读器的发射功率在每个时隙中随时间按某个概率分布动态发生变化,则每个阅读器都可能达到其最好的状态,从而获得最大的利用率。PPC 算法正是基于这样一个思想。

### 2.1 功率的概率分布

功率控制算法是利用每个阅读器的发射功率在同一时间按某个概率分布动态发生变化,保证阅读器之间不会发生冲突,使每个阅读器都可能达到其最好的状态,从而获得最大的阅读范围。

根据参考文献[7]知,阅读器的功率服从  $\beta$  分布比较合适, $\beta$  分布概率密度函数为:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} & (0 < x < 1) \\ 0 & \text{(其他)} \end{cases} \quad (1)$$

$\beta$  分布的概率密度分布图如图 4 所示,我们可以通过设置形状变量  $\alpha$  和  $\beta$ ,来改变累积密度函数从 0 到 1 的变化。通过改变这两个参数,可以控制功率分布来达到期望的阅读范围分布。

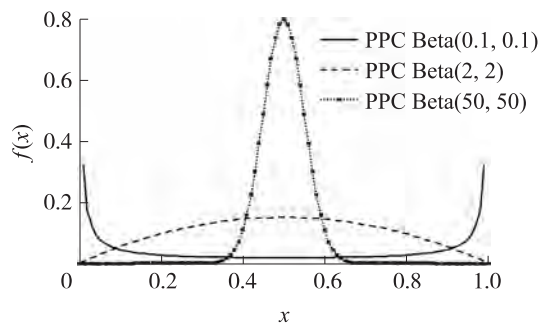


图 4  $\beta$  分布

从图4我们可以看出 Beta(0.1,0.1)功率值将会主要分布在0和1附近,Beta(50,50)功率值将会主要分布在0.5左右处,Beta(2,2)各处的功率值分布相对比较均匀。

## 2.2 概率功率控制算法分析

在RFID反向散射通信系统中,要能识别标签,对于任何阅读器*i*,必须满足:

$$\frac{P_r}{I_i} = R_i \geq R^* \quad (2)$$

$P_r$ 为阅读器接收标签返回信息功率, $I_i$ 为其他阅读器的干扰总和, $R_i$ 为阅读器*i*的信噪比, $R^*$ 为阅读器信噪比门限。

$$P_r = G_{ii} \cdot P_i \quad (3)$$

$P_i$ 为阅读器的发送功率, $G_{ii}$ 为阅读器*i*与标签间往返信道损耗。其中:

$$G_{ii} = K/r_i^{4q} \quad (4)$$

$r_i$ 为阅读器和标签之间距离即阅读范围, $q$ 独立环境变量路径损耗。

对于阅读器*i*来说, $I_i$ 为其他阅读器在此处干扰的总和。

$$I_i = \sum_{j \neq i} G_{ij} P_j \quad (5)$$

则阅读器的信噪比为:

$$R_i = \frac{P_r}{I_i} = \frac{G_{ii} \cdot P_i}{\sum_{j \neq i} G_{ij} P_j} \quad (6)$$

则阅读器能识别信息的最大阅读范围为:

$$r_i = \left( \frac{K \cdot P_i}{R^* \cdot \left( \sum_{j \neq i} G_{ij} P_j \right)} \right)^{1/4q} \quad (7)$$

式(7)表明一个特定阅读器的阅读范围只与其传输功率和干扰有关,其中干扰为其他阅读器发送功率的函数。根据概率功率算法思想,所有阅读器的发送功率都服从一定的概率分布,则阅读器的阅读范围的概率分布为这些阅读器功率分布的函数:

$$F(r_i) = f(F(P_i), F(I_i)) = f(F(P_i), \dots, F(P_n)) \quad (8)$$

其中 $F(r_i)$ 为阅读器*i*阅读范围的概率密度分布, $F(P_i)$ 为阅读器发送功率的密度函数。

$\beta$ 分布的功率可以表示为:

$$F(P_i) = H(P_i; \alpha, \beta) \quad (9)$$

将式(9)代入式(8)得:

$$F(r_i) = f(H(P_i; \alpha, \beta), F(I_i)) = f(H(P_i; \alpha, \beta), \dots, H(P_n; \alpha, \beta)) \quad (10)$$

其中 $F(I_i)$ 为干扰的累积概率密度函数,反复观察阅读器的干扰可得出估计值。

变换式(10)可得,可以将 $\alpha$ 和 $\beta$ 用 $F(r_i)$ 来表示:

$$[\alpha, \beta] = l_i(F(r_i)) \quad (11)$$

本文中,我们实现概率功率算法只需要一个功率控制模块来实现选择输出功率,输出功率是基于预先定义好的概率分布。具体分布如图4所示 Beta(0.1,0.1),Beta(2,2)和Beta(50,50)。

## 2.3 算法流程

概率功率控制算法具体实现方法如下:

### (1) 建立网络拓扑结构

在阅读器的分布上,本文采用的是随机分布的拓扑结构。在构建该结构时,要保证各阅读器坐标在一定范围内(即各阅读器是在一定范围内随机分布),同时还要保证各阅读器之间的最小距离满足要求,这样才能满足仿真需要的条件。

### (2) 设定 PPC 算法中所需的参数

设定各阅读器的初始功率,门限信噪比,基底噪音等。

### (3) 功率更新

根据各阅读器的初始功率和各阅读器之间的距离。计算出各阅读器输出的总干扰 $I_i$ ;由式(6)计算出接收信号的信噪比 $R_i$ ,如果 $R_i \geq R^*$ ,则输出信息;否则根据已知 $r_i, I_i$ 和式(11)求解 $\alpha, \beta$ 进行功率更新。

算法流程如图5所示。

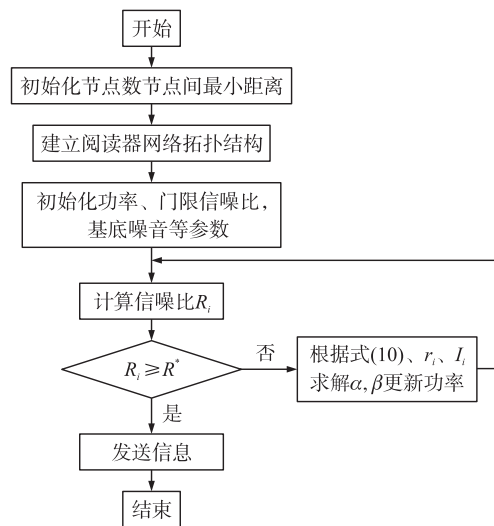


图5 概率功率算法流程图

## 3 仿真及结果

仿真环境在 Matlab 中建立,多个阅读器采用随机分布网络拓扑结构,阅读器间的最小距离分别为 3 m 和 6 m,阅读器个数从数目从 5 到 60。按照 FCC 标准阅读器功率在 0~30 dBm 范围内变化,根据参考文献[7]选取目标信噪比为 15.8(即 12 dB)。假设多阅读器环境下期望的阅读范围为 2 m。仿真结果如图6、图7所示。

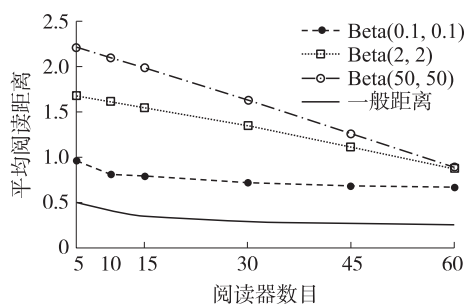


图6 阅读器间的最小距离为3米时的阅读距离

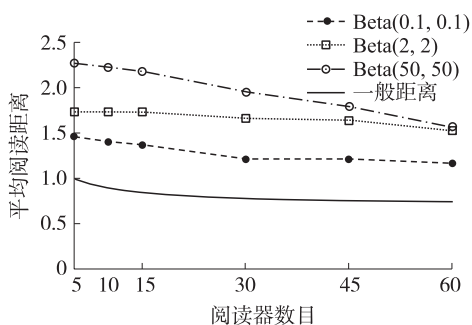


图7 阅读器间的最小距离为6米时的阅读距离

从仿真结果可以看出,不管阅读器间的距离是多少,采用概率功率控制算法后的阅读器阅读距离都要比一般没采用算法的阅读距离要大,由此我们可以看出多阅读器间的概率功率控制防碰撞算法可以大大提高阅读器的读写范围。同一网络下,阅读器的读写范围从小到大分别为:功率分布为 Beta(0.1,0.1),Beta(2,2),Beta(50,50)。在阅读器间最小距离为6 m,阅读器数目小于30时,功率分布为 Beta(50,50)时,阅读器监控范围超过2 m,达到了比较理想的状态。

## 4 结论

本文针对多阅读器信息碰撞问题进行了讨论。在分析了阅读器信息碰撞类型的基础上,提出了RFID 概率功率控制算法。该算法中各阅读器的发射功率按  $\beta$  分布动态发生变化,从而使每个阅读器都可能达到其最好的状态,从而获得最大的阅读范围。本文从理论上分析了概率功率算法并给出了算法实现流程并进行了仿真。仿真结果表明,RFID 概率功率控制算法能有效地防止阅读器信息碰撞,提高阅读器的读写范围。

### 参考文献:

[1] Myung Jihoon, Lee Wonjun, Srivastava, J. Adaptive Binary Splitting for Efficient RFID Tag AntiCollision[J]. Communications

Letters, 2006, 10(3): 2144 - 2146.

- [2] Law C, Lee K, and Siu K Y, Efficient Memoryless Protocol for Tag Identification [C]//Proceedings of the 4th International Workshop on Discrete Algorithms and Methods for Mobile Computing and Communications, Boston, MA, August, 2000.
- [3] Zhou F, Chen C, Jin D, Huang C, and Min H, Evaluating and Optimizing Power Consumption of Anti-Collision Protocols for Applications in RFID Systems[C]//ISLPED'04, Newport Beach, California, USA, August, 2004.
- [4] EPCglobal Inc. EPC Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860 MHz ~ 960 MHz Version 1.0.9[S]. 2005.
- [5] 王建伟,王东,TIMO Korhonen,等. 一种新的 RFID 传感网络中多阅读器防碰撞协议[J]. 传感技术学报,2008,21(8):2140 - 6140.
- [6] Liu Leian, Yan Dashun, Lai Xiaozheng, et al. A New Kind of RFID Reader Anti-Collision Algorithm[C]//The 4th IEEE International Conference on Circuits and Systems for Communications, 2008. ICCSC 2008. 2008:559 - 563.
- [7] Cha K, Ramachandran A, Jagannathan S. Adaptive and Probabilistic Power Control Algorithms for Dense RFID Reader Network [C]//Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, 2006. ICNSC'06. 2006: 474 - 479.
- [8] Cha K, Ramachandran A, Jagannathan S. Decentralized Power Control with Implementation for RFID Networks[C]//IEEE Conference on Decision and Control, 2006: 1858 - 1863.
- [9] Waldrop J, Engels D W, Sarma S E. Colorwave: an Anti-collision Algorithm for the Reader Collision Problem[C]//IEEE International Conference ICC'03, 2003: 1206 - 1210.
- [10] Junius Ho, Engels D W, Sarma S E. HiQ: A Hierarchical Q2 Learning Algorithm to Solve the Reader Collision Problem[C]//International Symposium on Applications and the Internet Workshops, 2006. SAINT Workshops 2006., 2006: 88 - 91.
- [11] Shailesh M Birari. Mitigating the Reader Collision Problem in RFID Networks with Mobile Readers[D]. Dissertation for Master of Technology, Indian Institute of Technology, 2005.
- [12] Wang Dong, Wang Jianwei, Zhao Yuping. A Novel Solution to the Reader Collision Problem in RFID System[C]//IEEE 2nd International Conference on Wireless Communications, Net2 working and Mobile Computing, 2006, WuHan, China.



陈颖(1978-),女,工学硕士,讲师,主要从事无线通信系统,RFID 系统等方面的研究,chenyinghziee@yahoo.com.cn.