

# 射频识别系统中的防碰撞算法设计<sup>1</sup>

沈宇超 沈树群 王海波 徐大雄

(北京邮电大学电子工程系 北京 100876)

**摘要** 本文提出一种新的防碰撞算法, 该算法用于射频识别系统中多个射频卡的实时识别, 并给出算法的稳定条件。经过计算机仿真, 结果表明可用于射频识别系统的设计。

**关键词** 自动识别, 射频, 天线

**中图分类号** TP391.4

## 1 引言

射频识别 (Radio Frequency Identification, 下文简称 RFID) 是指利用无线信道实现双向通信的一种识别技术<sup>[1]</sup>。与其它的磁卡、IC 卡等识别技术相比, 近期才出现的射频识别技术是新一代识别技术。RFID 系统主要由两部分组成: 读写器和射频卡 (transponder), 它们之间通过无线方式通信。其中射频卡中存储了需要识别、交互的数据。

当在读写器的天线区域中有多个射频卡到达时, 如果它们同时发送信号, 信号互相干扰, 就会产生信道争用的问题, 即发生了碰撞。而防碰撞技术就是利用排队论及抗噪声技术圆满地解决了这个问题。防碰撞是射频识别技术中的一个关键技术。

本文提出了一种新的防碰撞算法——随机推迟防碰撞算法, 建立了算法的数学模型来分析整个 RFID 系统的平均响应时间及系统吞吐量, 并提出了系统稳定的条件。同时用计算机模拟运行, 其结果达到了实用化程度。

## 2 实现防碰撞技术的软硬件途径

防碰撞技术可以从硬件、软件两种途径来实现。硬件实现就是采用多址识别技术如 TDMA, FDMA, CDMA 等来实现, 优点是时延很小, 但是以增加系统复杂性和提高成本为代价的。目前在 RFID 系统中一般不采用。如果用软件方法来实现, 将使系统设计简单、成本低且易于修改, 但是响应时间相对比较长。本文提出的随机推迟算法就是从软件角度来实现防碰撞技术, 比现在使用的遍历法实现防碰撞设计有更快的响应速度<sup>[2-4]</sup>。

首先对算法进行一下概述: RFID 系统工作时, 由于仅有一个无线信道, 当碰撞发生时, 同时申请信道的射频卡多于一个, 它们各自延时随机的一段时间并重新申请占用信道, 直到成功完成通信。

## 3 随机推迟算法的数学模型

射频卡申请占用无线信道的模型可用排队论的理论来建立。

在很多情况下, 射频卡的到达符合泊松分布。射频卡到达时间间隔  $\Delta t$  的概率密度是

$$f_{\Delta t}(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

$\lambda$  是泊松过程的到达率。

考察到达的过程, 由于有碰撞现象, 存在着延时等待后重新申请占用信道的射频卡, 只要符合重发的时延足够大, 在射频卡的到达率不超载的条件下, 可近似认为到达过程符合泊松分布<sup>[5]</sup>, 计算结果也符合实际情况。

<sup>1</sup> 1998-03-10 收到, 1999-01-09 定稿  
邮电部重点科研资助项目

现设不碰撞而完成一次通信的时长为定长  $T_0$ ,  $T_0 = T_A + T_S$ , 其中  $T_A$  为用于防碰撞算法的时长,  $T_S$  为其它通信时长, 见图 1。

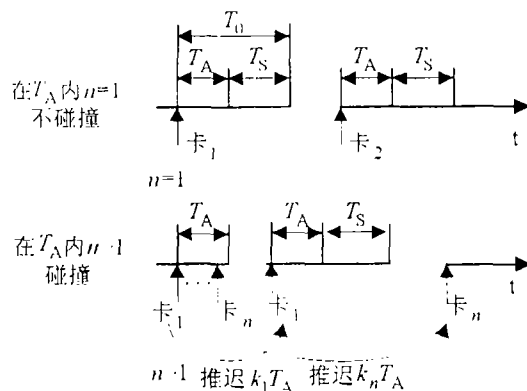


图 1 防碰撞算法原理图

这样碰撞仅发生在  $T_A$  时长内, 完成防碰撞算法后,  $T_S$  时长内系统仅响应选中的射频卡。假设  $T_A$  时长内某一时刻有  $n$  个卡在试图占用信道,  $n = 0$  为无卡进入状态,  $n = 1$  时为无碰撞, 通信成功;  $n > 1$  时则发生碰撞。

射频卡等待  $kT_A$  时长后, 才再次试图占用信道。各个射频卡产生的随机数  $k$  不同, 因此避开了碰撞。

**定义** (1) 输入负载  $G$  为  $T_0$  时长内射频卡的平均到达次数。(2) 吞吐量  $S$  为  $T_0$  时长内射频卡成功完成通信的平均次数。(3) 平均响应时间  $\tau$  为某一段时间内完成通信的所有射频卡在系统内平均停留时间。

应注意到输入负载  $G$  可以大于 1, 当然输入负载过大时, 系统将会处于不稳定的状态, 吞吐量反而降低。而  $S \leq 1$ , 在  $S = 1$  的极限情况下, 射频卡将一个接一个的完成识别。很显然  $G \geq S$ , 在稳定的状态下, 如果通信成功, 吞吐量  $S$  与输入负载  $G$  的关系为

$$S = G \cdot P_c, \quad (2)$$

其中  $P_c$  表示到达的射频卡中能够成功完成通信的概率, 而

$$P_c = P[\Delta t > T_0] \cdot P[\Delta t > T_A], \quad (3)$$

故

$$S = G \cdot \int_{T_0}^{\infty} f_{\Delta t}(t) dt \cdot \int_{T_A}^{\infty} f_{\Delta t}(t) dt = G \cdot e^{-G(1+T_A/T_0)}. \quad (4)$$

取  $G = (1 + T_A/T_0)^{-1}$  时, 得到  $S$  的极大值为  $eS_{\max} = (1 + T_A/T_0)^{-1}$ 。见右图 2 吞吐量曲线, 图中假设  $T_A/T_0$  的值是 0.25。从图中可见, 当  $G \leq (1 + T_A/T_0)^{-1}$  时, 吞吐量  $S$  随着输入负载  $G$  的增大而增大; 当  $G > (1 + T_A/T_0)^{-1}$  以后, 吞吐量呈下降趋势, 此时碰撞增加, 系统进入不稳定的区域。因此系统稳定的条件就是

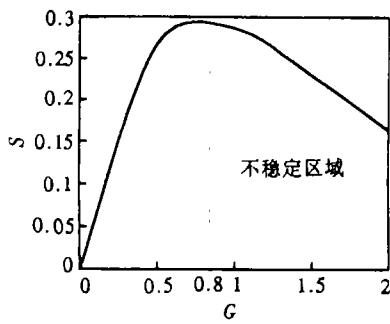


图2 吞吐量曲线

当  $K$  很大时,  $N_r$  与  $K$  无关, 则

$$1 + N_r = G/S, \quad (7)$$

$$N_r = e^{G(1+T_A/T_0)} - 1. \quad (8)$$

#### 4 随机推迟算法的计算机模拟

用计算机模拟随机推迟算法, 验证算法的性能指标。泊松到达是用到达率为  $\lambda$  的泊松发生器来产生。模拟时假设  $T_A/T_0 = 1/3$ ,  $T_0 = 75\text{ms}$ 。得到的数据如表 1。从表 1 及图 3 中可以看出, 到达率  $\lambda$  增大后, 碰撞增加,  $G$  的增长很快; 而  $K$  值变大后, 加大了随机数  $k$  的变化范围, 减少了碰撞, 因此  $G$  的值略有降低。由输入负载  $G$  可以确定一个稳定区域, 当  $G$  在此区域内时, 吞吐量随着  $G$  的升高而升高; 当输入负载  $G$  再升高时, 系统吞吐量急剧下降, 出现堵塞现象。这也验证了系统稳定条件。

表 1 随机数到达实验值

$\lambda$	$K$	$G$	$S$	$\tau$
2.5	5	0.46	0.19	0.22
3.0	5	0.55	0.22	0.23
3.5	5	0.79	0.26	0.29
2.5	10	0.36	0.18	0.22
3.0	10	0.51	0.22	0.28
4.0	10	0.79	0.30	0.33
2.5	15	0.41	0.20	0.29
3.0	15	0.54	0.24	0.33
4.0	15	0.72	0.30	0.36

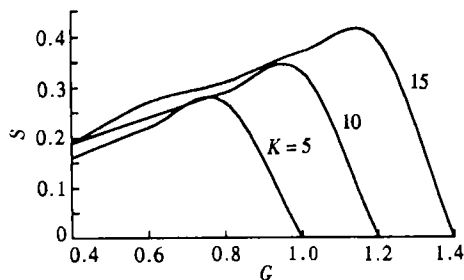


图3 吞吐量曲线

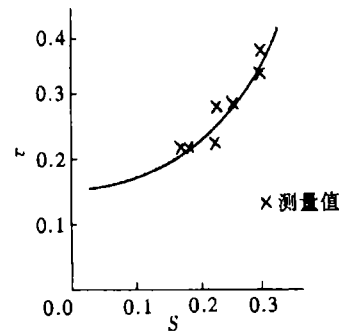


图4 平均时延和吞吐量的关系

$$G \leq (1 + T_A/T_0)^{-1}. \quad (5)$$

由于  $0 \leq k \leq K$ , 因此一个射频卡碰撞后所需时延为 0 到  $KT_A$  之间。假设平均重发的次数用  $N_r$  表示, 则平均响应时间:

$$\begin{aligned} \tau &= T_0 + T_0/2 + N_r \cdot [(K/2) \cdot T_A + T_0/2] \\ &= T_0 \{1.5 + N_r \cdot [(K/2) \cdot T_A/T_0 + 1/2]\}. \end{aligned} \quad (6)$$

图 4 是实验得到的平均响应时间  $\tau$  和吞吐量  $S$  之间的关系曲线, 由图可见, 吞吐量  $S$  增大时平均响应时间  $\tau$  也变大. 当  $S$  大于 0.3 以后, 平均响应时间迅速增加, 系统不再稳定.

实验表明算法的性能达到了设计要求.

## 5 结束语

用软件的算法实现 RFID 系统的防碰撞技术非常好的解决了 RFID 系统的碰撞问题. 本文提出并分析了随机推迟算法实现防碰撞, 计算机仿真结果表明算法的性能达到了系统的要求, 已应用于设计中.

## 参 考 文 献

- [1] 于宏军. 智能卡技术全书. 北京: 电子工业出版社, 1996, 第九章.
- [2] Kaiser U. A low-power transponder IC for high-performance identification systems. IEEE J. of Solid-State Circuits, 1995, 30(3): 306-310.
- [3] Pobanz C. A microwave noncontact identification transponder using subharmonic interrogation. IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, 1995, MTT-43(7): 1673-1679.
- [4] Mawhinney D. Microwave tag identification systems. RCA Rev., 1983, 44(12): December: 589-610.
- [5] 谢希仁. 计算机网络. 大连: 大连理工大学出版社, 1989, 269-276.

## A DESIGN OF ANTI-COLLISION ALGORITHM IN RFID SYSTEM

Shen Yuchao    Shen Shuqun    Fan Rong    Xu Daxiong

(Dept. of Electron. Eng., Beijing University of Posts and Telecomm., Beijing 100876)

**Abstract** A new algorithm, concerned with the anti-collision used in recognition of transponders in RFID(Radio Frequency Identification) system is built and its stability condition is pointed out as well. The mathematical model works very well in computer simulation and has taken an important part in the design of RFID system.

**Key words** Auto-recognition, Radio frequency, Antenna

- 沈宇超: 男, 1972 年生, 博士生, 从事专业为电磁场与微波, 现在北京电信管理局工作.  
沈树群: 男, 1945 年生, 教授, 从事专业为通信与电子信息, 着重研究自动信号识别.  
王海波: 男, 1974 年生, 硕士生, 专业为通信与电子信息.  
徐大雄: 男, 1928 年生, 外籍院士, 从事专业为电磁场与微波.