第36卷 第20期 计 算 机 工 程 2010年10月
Vol.36 No.20 Computer Engineering October 2010
·开发研究与设计技术· 文章编号：1000—3428(2010)20—0291—03 文献标识码：A 中图分类号：N945.15

RFID读写器功率的自适应调节策略

姜 涛[1a,1b]，肖迎元[1a,1b]，袁晓洁[2]

(1. 天津理工大学 a. 天津市智能计算及软件新技术重点实验室；b. 计算机视觉与系统省部共建教育部重点实验室，天津 300191；
2. 南开大学信息技术科学学院，天津 300071)

摘 要：射频识别(RFID)读写器一般以恒定功率工作，会导致电能的不必要消耗。针对该问题，提出一种基于模糊控制理论的RFID读写器功率自适应调节策略，在前后2次读取RFID标签数差值的基础上，采用相应模糊控制算法动态改变RFID读写器的输出功率，从而优化输出。仿真测试结果表明，该策略能明显降低读写器的能耗。

关键词：射频识别读写器；中间件；模糊控制；自适应

Self-adaptive Adjusting Strategy for RFID Reader Power

JIANG Tao[1a,1b], XIAO Ying-yuan[1a,1b], YUAN Xiao-jie[2]

(1a. Tianjin Key Laboratory of Intelligence Computing and Novel Software Technology;
1b. Key Laboratory of Computer Vision and System, Ministry of Education, Tianjin University of Technology, Tianjin 300191, China;
2. College of Information Technical Science, Nankai University, Tianjin 300071, China)

【Abstract】 Radio Frequency Identification(RFID) reader usually works at the invariant output power, and thus causing the unnecessary consumption of electrical energy. Aiming at this problem, this paper presents a self-adaptive adjusting strategy for RFID reader power based on fuzzy control theory. The strategy adopts corresponding fuzzy control algorithms to adjust dynamically the output power of RFID readers based on difference of RFID tag number timely. Simulation test result shows that the strategy can reduce the consumption of electrical energy.

【Key words】 Radio Frequency Identification(RFID) reader; middleware; fuzzy control; self-adaptive

1 概述

无线射频识别(Radio Frequency IDentification, RFID)技术已在物流、制造业、零售等领域得到广泛应用，发挥了重要作用[1]。但RFID读写器的功率不能在实际应用中根据RFID标签数进行动态调整，造成了电能的不必要消耗。例如，在采用RFID技术的大型超市中，RFID读写器在业务量密集的交易高峰时段和业务量稀疏的交易低谷时段都保持恒定的工作功率，导致了大量电能浪费。因此，有必要对RFID读写器进行改进，让它能根据顾客(RFID标签)的流量自动调节功率。当顾客流量不断时，读写器保持在正常功率，当顾客流量稀疏时，读写器可调低功率，而在2次读取间隔间可将读写器调节到休眠状态。

本文在RFID读写器消息中间件中集成功率自适应调节模块，以实现对读写器功率的自动调节。目前还未见基于消息中间件的RFID读写器功率自适应调节解决方案，而与之紧密相关的研究主要有：(1)文献[2]针对J2EE中间件系统不能在负载变化的环境中自适应改变造成性能随时间推进而降低的状况，提出基于模糊控制策略的J2EE应用服务器自适应调优系统。(2)文献[3]针对读写器距离控制问题，通过分析阅读距离与射频增益的关系，推导出自调节的计算方法，并采用模糊推理方法对读写器的读写距离进行调节控制。它着重从硬件方面进行设计且针对的是读写器阅读距离控制问题，而没有给出核心算法，也没有针对性的应用场景。(3)文献[4]针对消息中间件性能与系统资源消耗之间存在着一定矛盾的情况，提出一种基于模糊控制理论的自适应框架，从而在消息中间件的性能与其稳定性、可靠性之间进行较好的平衡。

本文提出一种基于模糊控制理论的RFID读写器功率自适应调节策略。该策略通过部署在读写器端的中间件进行实现[5]，根据当前RFID标签数对RFID读写器功率进行实时调节，从而有效降低了读写器功率的消耗。

2 基于中间件的RFID读写系统

中间件是一类独立软件，主要功能是屏蔽系统间的差异，为硬件与系统、系统与系统间的连接提供通用接口，减少二次开发难度与成本。另外，一些硬件或应用系统的功能也可以以中间件的形式实现[6]。

由于读写器功率的控制对实时性要求较高，因此中间件的设计应该考虑2点：

(1)消息传输时间应尽量短；

(2)读写器的响应时间应尽量短。

鉴于以上2点考虑，本文将中间件及其策略部署在读写器端。RFID读写系统由电子标签、传感器、部署有中间件的读写器和主机4个部分组成，如图1所示。

基金项目：国家“863”计划基金资助项目(2009AA01Z152)；天津市自然科学基金资助项目(08JCYBJC12400) 科技型中小企业创新基金资助项目(08ZXCXGX15000)

作者简介：姜 涛(1983－)，男，硕士研究生，主研方向：射频识别；肖迎元，副教授、博士；袁晓洁，教授、博士生导师

收稿日期：2010-04-25 **E-mail：**jiangtaoxyy@gmail.com

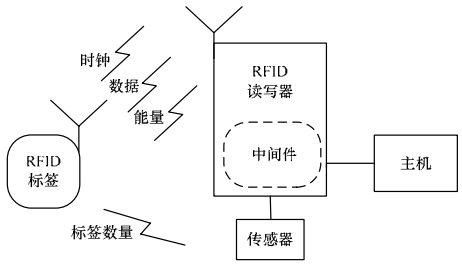


图 1　基于 RFID 中间件的 RFID 读写系统

3　自适应调节策略设计

策略的设计按照感知、评估、调整 3 个步骤执行，且系统不断循环实施这 3 个步骤来实现策略初衷。图 2 描述了自适应调节策略的总体结构。

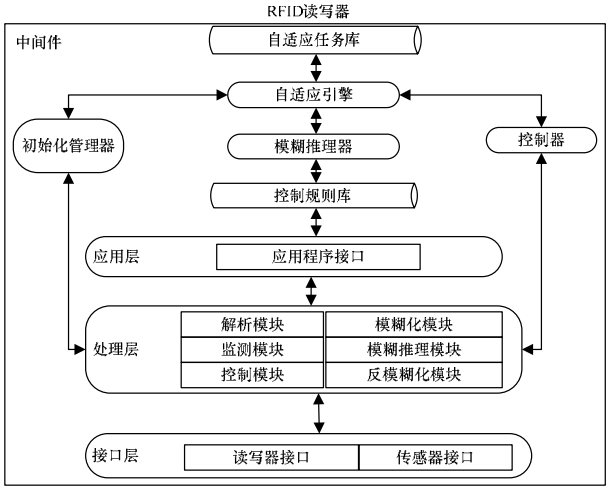


图 2　自适应调节策略的总体结构

3.1　自适应调节策略各阶段设计

3.1.1　感知阶段

本系统对外界环境的感知只要探测 RFID 标签数目即可实现，选择可感知标签数目的传感器。

图 2 自适应任务库中存放了外界环境监测模块和 RFID 读写器控制模块的初始化设置。开启服务时，首先由解析模块将这些设置解析，然后初始化管理器对中间件中的相应模块进行初始化。在传感器探测到 RFID 标签之前，读写器处于休眠状态，此时读写器几乎不消耗功率。探测到 RFID 标签时，触发中间件的相应模块进行后续工作。

3.1.2　评估阶段

评估阶段包含模糊化、模糊推理计算、反模糊化 3 个过程。先通过模糊化将确定的被测量转换为模糊子集，再利用模糊推理法则进行推理计算[7]，最后将计算得到的模糊子集反模糊化成确定量。利用规则生成器生成语言规则查询表且存入规则库中。

模糊控制的输入量为本次读写的 RFID 标签数 Q_2 与前次读写的 RFID 标签数 Q_1 的差值$\triangle Q$，模糊控制的输出量为功率增大值$\triangle E$。输入与输出的论域及模糊子集如表 1 所示。

表 1　输入输出的论域及模糊子集

论域	模糊子集	值域
$-120\le\triangle Q\le 120$，$\triangle Q$ 为整数	$\triangle Q=\{NB,NM,NS,Z,PS,PM,PB\}$	$(-\infty,+\infty)$
$-12\le\triangle E\le 12$，$\triangle E$ 为整数	$\triangle E=\{NB,NM,NS,Z,PS,PM,PB\}$	$(-\infty,+\infty)$

由于功率的调节与标签数目相关，因此将功率调节细分为 7 种情况，相应的$\triangle Q$、$\triangle E$ 论域也分为 7 个等级，语言值 A 分别为负大(NB)、负中(NM)、负小(NS)、零(Z)、正小(PS)、正中(PM)、正大(PB)。隶属度函数采用正态分布函数表示如下：

$$\mu_A(\Delta Q)=\mathrm{e}^{\frac{-(\Delta Q-\Delta Q_0)^2}{2\sigma^2}} \tag{1}$$

其中，A 为语言值；$\triangle Q_0$ 是隶属度函数的中心值；σ^2 是方差。

根据输入与输出变量的个数，可先求出所需规则的最大数目：

$$N=n_{\text{out}}\times n_{\text{level}}{}^{n_{\text{in}}} \tag{2}$$

其中，n_{in}、n_{out} 分别为输入与输出变量的个数；n_{level} 为输入与输出模糊划分的数目。

实际应用中某些组合状态不会出现，真正用到的规则只是其中一部分，因此，一般使用以下公式：

$$N=n_{\text{out}}\times(n_{\text{in}}\times(n_{\text{level}}-1)+1) \tag{3}$$

按式(3)和人们的经验，由规则生成器生成有 7 条规则的查询表，如表 2 所示。

表 2　语言控制规则

若(if)	则(then)
$NB_{\triangle Q}$	$NB_{\triangle E}$
$NM_{\triangle Q}$	$NM_{\triangle E}$
$NS_{\triangle Q}$	$NS_{\triangle E}$
$Z_{\triangle Q}$	$Z_{\triangle E}$
$PS_{\triangle Q}$	$PS_{\triangle E}$
$PM_{\triangle Q}$	$PM_{\triangle E}$
$PB_{\triangle Q}$	$PB_{\triangle E}$

3.1.3　调整阶段

控制器模块接收模糊控制模块传来的新功率执行值 E，最后传给读写器控制器来实时控制 RFID 读写器的功率。

3.2　算法设计

变量模糊化算法(Fuzzification of Variable, FoV)描述如下：

Input 本次与前次标签数量精确差值$\triangle Q$
Output 本次与前次标签数量模糊差值$\triangle Q$
if △Q∈(-∞, -5N]
//如果△Q 为(-∞, -5N]中某一值时，N 为一正整数值
　△Q←NB;　　//将负大赋给△Q
else　　//其他情况下
　if △Q∈(-5N,-3N]
　//如果△Q 为(-5N,-3N]中某一值时
　　△Q←NM;//将负中赋给△Q
　…　　//省略了其他几种情况的代码
else　　//其他情况下
　△Q←PB;　　//将正大赋给△Q
return △Q;　　//返回模糊值△Q

模糊推理算法(Fuzzy Reasoning, FR)描述如下：

Input 本次与前次标签数量模糊差值$\triangle Q$
Output 本次读写器功率的模糊调整值$\triangle E$
if △Q = NB　　//如果△Q 为负大时
　△E←NB;　　//将负大赋给△E
else　　//其他情况下
　if △Q = NM　　//如果△Q 为负中时
　　△E←NM;　　//将负中赋给△E
　……　　//省略了其他几种情况的代码
else　　//其他情况下
　△E←PB;　//将正大赋给△E
return △E;　　//返回模糊值△E

变量反模糊化算法(Defuzzification of Variable, DFoV)描述如下：

Input 本次读写器功率的模糊调整值$\triangle E$
Output 本次读写器功率的精确调整值$\triangle E$
if △E = NB　　//如果△Q 为负大时
　△E = -3P;　//将-3P 赋给△E, P 为一正整数值
else　　//其他情况下

```
   if △E = NM                //如果△Q 为负中时
      △E= -2P;               //将-2P 赋给△E
 …       //省略了其他情况的代码
else                         //其他情况下
   △E = 3P;           //将 3P 赋给△E
return △E;                   //返回精确值△E
```

模糊控制(Fuzzy Control, FC)算法描述如下：

Input 各变量的基本论域和预置量，传感器采样周期 *T*

Output 控制量 *E*

```
initialization every variable; //初始化各变量
   while(is not in sampling period T)
//当传感器采样中断时
   △Q = Q2 - Q1 ;
//求前后 2 次读取 RFID 标签数目的差值
   switch △Q    do
          case △Q=0 && Q1=0 && Q2=0 ;
//2 次读取间隔间、或无客流情况下
                set RFID reader in dormancy;
//读写器调节到休眠状态
          end;
          case △Q!=0    //有客流情况下
               call Fuzzification-of-Variable;
//调用模糊化算法
               call Fuzzy-Reasoning;
//调用模糊推理算法
               call Defuzzification-of-Variable;
//调用反模糊化算法
          end;
       end;
   end;
   E = E + △E;//求精确控制量 E
if(E>Pmax)//如果输出功率大于最大输出功率 Pmax
       E = Pmax; //则输出最大可输出功率 Pmax
   else            //其他情况下
    if(E<δ)       //如果输出功率小于休眠功率 δ
       E = δ;    //则输出休眠功率 δ
   return E;    //返回调整后的功率 E
```

模糊控制算法流程如图 3 所示。

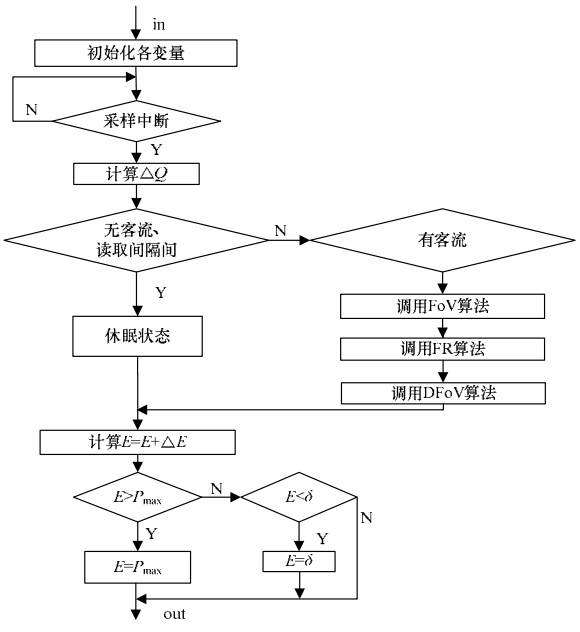


图 3　模糊控制算法流程

4　仿真测试

在车流较少、宽阔和信号源干扰较弱的道路上，固定于道路旁边电线杆上的 RFID 读写器分别对带有 100 个、20 个、70 个、40 个、10 个、80 个、30 个、130 个、50 个、60 个、110 个、90 个电子标签的车辆进行测试。电子标签安置于挡风玻璃处，车速为 30 km/h，仿真结果如图 4、图 5 所示。设定采用自适应调节策略前读写器的输出功率为恒定值 3 W。

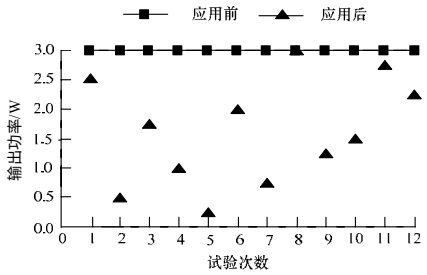


图 4　自适应策略应用前后读写器功耗比较

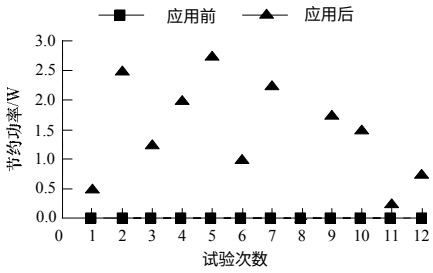


图 5　自适应策略应用前后读写器节约功耗比较

从如图 4、图 5 可以看出，采用自适应调节策略后，功耗明显降低、节约功耗明显升高，表明基于模糊控制理论的 RFID 读写器功率自适应调节策略具有良好效果，达到了设计目的。

5　结束语

自适应调节策略具有明显的节能优势，且提升了 RFID 读写器的灵活度与智能性，因此，具有很好的应用前景。下一步将在提高调节精确度及拓展应用范围等方面进行研究，研究重点为 RFID 数据管理的关键技术。

参考文献

[1] Want R. An Introduction to RFID Technology[J]. Pervasive Compute, 2006, 5(1): 25-33.

[2] 刘竞杰. 基于模糊原理的中间件自适应优化[J]. 微计算机信息, 2007, 24(5): 235-237.

[3] 刘建华, 项湜伍. RFID 自调节式读写器控制系统设计[J]. 上海师范大学学报: 自然科学版, 2008, 37(2): 153-157.

[4] 方　伟, 刘旭东, 林学练. 一种用于 Java 消息中间件的自适应框架[J]. 微计算机信息, 2008, 24(1-3): 205-206.

[5] 李　波, 谢胜利, 苏　翔. 嵌入式 RFID 中间件系统的研究与实现[J]. 计算机工程, 2008, 34(15): 92-94.

[6] 张洁豪. RFID 中间件设备集成技术研究与开发[D]. 上海: 上海交通大学, 2007.

[7] 李　洁, 邓一鸣, 沈士团. 基于模糊区域分布的分类规则提取及推理算法[J]. 计算机学报, 2008, 31(6): 935-941.

编辑　陆燕菲