

文章编号:1001-9081(2010)10-2768-03

面向制造业的 RFID 复杂事件处理

皮明峰, 邓飞其

(华南理工大学 自动化科学与工程学院, 广州 510641)

(pmfscut@yeah.net)

摘要:在自动数据采集集中,如何维持无线射频识别(RFID)技术对海量数据的处理效率极为重要。针对 RFID 数据的特点以及目前 RFID 数据处理方法的不足,提出一种基于复杂事件处理的 RFID 数据处理模型,并提供相关的定义,阐述其功能模块及解决方案。该模型实现了从大量的 RFID 原始数据中提取出对应用程序有意义的事件。最后以面向制造业的 RFID 应用为例对基于复杂事件处理技术的 RFID 数据处理模型进行了研究并说明了其应用优势。

关键词:无线射频识别;复杂事件处理;制造业;事件过滤;事件合成

中图分类号: TP391.73 **文献标志码:** A

Manufacturing-oriented RFID complex event processing

PI Ming-feng, DENG Fei-qi

(College of Automation Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou Guangdong 510641, China)

Abstract: It is important for Radio Frequency Identification (RFID) to maintain the data processing efficiency to massive data in automatic data collection. The characteristics of RFID data and the disadvantages of the previous methods for RFID data processing were analyzed, and a RFID data processing model based on complex event processing was given. Furthermore, the relevant definitions and function modules with solutions of the model were put forward. The proposed model can extract meaningful events for business applications. Finally, a case for the manufacturing of RFID applications based on this model was studied to demonstrate its advantages.

Key words: Radio Frequency Identification (RFID); complex event processing; manufacturing; event filtering; event aggregating

0 引言

无线射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术是一种非接触的自动识别技术,通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据,识别工作无须人工干预,可工作于各种恶劣环境;RFID 技术可识别高速运动物体并可同时识别多个标签,操作快捷方便。典型的 RFID 系统由电子标签(Tag)、读写器(Read/Write Device)以及应用支撑软件三部分组成。RFID 相比于传统条形码它具有的优点:1) RFID 能识别单一产品,条码只能识别一类产品;2) RFID 在被覆盖的情况下能够进行穿透性通信,而条形码扫描机必须在近距离而且没有物体阻挡的情况下才可以辨读条码;3) RFID 能同时识别多个标签且实现同步通信,条形码一次只能有一个条形码受到扫描。RFID 技术的这种“非接触式”信息采集的方式和电子标签充当“移动的信息载体”的特点,迎合了当前制造业的作业流程和管理模式的需求^[1]。

但是在应用 RFID 技术过程中会产生大量数据,而这些数据量超出了现有企业信息系统的处理能力^[2],因此需要新的机制来实时处理这些数据,并能发现数据之间隐含的信息,使得企业能够对这些关键信息及时做出反映,提高系统的响应性^[3]。因此如何有效去除 RFID 冗余数据及如何充分挖掘 RFID 数据所包含的有用信息成为 RFID 数据处理研究的焦点。复杂事件处理机制(Complex Event Processing, CEP)^[4]是一种有效的方法,其基本思想是:从大量的数据中抽象出原

始事件,通过分析事件间的关系如:时间关系、空间关系、因果关系及层次关系等,利用一定的事件操作符将不同的事件关联起来形成复合事件,表示新的意义,揭示数据之间隐含的信息,使系统的不同使用者提取各自需要的信息,以便他们进行决策,提高企业的响应能力。这些信息可以是低层的处理数据,也可以是更高一级的管理数据^[5]。

RFID 数据处理的重要性在文献[6]中被指出,但是没有提供方法。文献[7]讨论了一种基于时序的数据模型,但它缺乏一个完整的结构和实现。文献[4]根据复杂事件处理机制的相关概念定义了 RFID 事件、事件关系模式等理论基础,但没有提出有效的 RFID 数据处理模型。鉴于此,本文着重从规范基于复杂事件处理的 RFID 数据处理方法的角度,对基于复杂事件处理的 RFID 数据处理模型进行研究并将其应用于制造业。

1 复杂事件处理技术

1.1 基本概念

事件 指系统中有意义的变化,比如对象状态的改变、数据库中数据的插入和硬件故障等。

原始事件(基本事件) 是指系统最小的、原子性的发生,需要系统对该发生做出反映。原子性是指基本事件要么完全发生,要么根本就不发生。基本事件的发生是瞬时的。

复合事件(复杂事件) 将基本事件、复合事件聚合在一起,形成新的有意义的事件类型^[8]。

收稿日期:2010-04-07;修回日期:2010-05-27。

作者简介:皮明峰(1985-),男,江西丰城人,硕士研究生,主要研究方向:信息系统工程、复杂事件处理、工作流建模;邓飞其(1962-),男,湖南益阳人,教授,博士生导师,博士,主要研究方向:复杂系统建模、信息系统工程。

1.2 复杂事件处理的层次结构

分层结构在各种协议、中间件结构中都很常见,目的是为了降低耦合性、提高抽象性,使得不同层次的概念互不干扰。复杂事件处理也存在层次结构,将原始数据分层处理,位于不同层次的事件具有不同的抽象级别。采用这种结构,任意的事件都可以追根溯源地分析出来,有利于对数据的有效利用和分析。

1.3 复杂事件处理过程

根据复杂事件处理技术的分层思想,本文把 RFID 事件模型视为一个分层事件模型。所有的读写事件作为原始事件层,利用事件间的关联、事件提取以及事件分层等技术,通过一定的事件操作符将不同的事件关联起来形成复杂事件层,原始 RFID 数据依据规则库中定义的规则经过事件处理形成有效信息,应用程序可以获取这些有效的信息。复杂事件处理过程如图 1 所示。

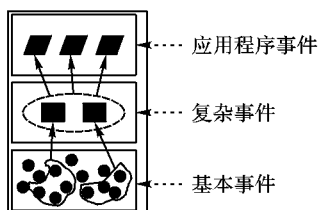


图 1 复杂事件处理过程示意图

2 基于复杂事件处理的 RFID 数据处理模型

基于复杂事件处理的 RFID 数据处理模型主要包括:事件监测模块、缓冲模块、事件处理模块和事件发布/订阅模块。基于复杂事件处理的 RFID 数据处理模型如图 2 所示。

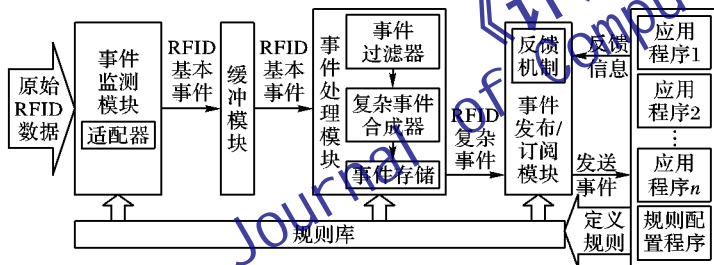


图 2 基于复杂事件处理的 RFID 数据处理模型

2.1 事件监测模块

事件监测模块负责采集标签信息,并将标签信息通过适配器转化为统一格式、信息完备、语义准确的 RFID 基本事件;根据预先定义的规则选取正确的信息,为系统提供正确、实时的数据进行下一步的处理。

2.2 缓冲模块

缓冲模块主要是解决事件收集和事件处理之间的速度不匹配问题。在事件监测模块,事件收集速度快,如读写器每秒可以读取几十个标签的数据(即产生大量事件),但相应的事件处理速度是缓慢的,因为事件处理模块中的事件处理相当复杂,因此两个模块之间的速度不一致。缓冲模块采用事件队列存储事件,该事件队列不仅起到缓冲作用而且实现异步通信。

2.3 事件处理模块

事件处理模块是数据处理模型的核心,主要包括事件过滤器和复杂事件合成器。根据 CEP 的分层处理思想将其主要过程分为:事件过滤、复杂事件合成、事件存储等。

2.3.1 事件过滤

近来,有很多人对 RFID 数据过滤做了研究工作^[9-10]。

事件过滤就是在大量的事件中发现有用的事件而过滤多余和不恰当的数据,它的目标是减少事件量。可以制定不同的过滤规则来设定处理事件类型的过滤器。举例来说,零部件过滤器只传输被定义到的特定类型的零部件引起事件;时间过滤器能根据时间限制对事件过滤。

2.3.2 复杂事件合成

复杂事件合成是基于事件之间的时间、空间和因果关系以及事件的属性信息^[11],根据一定的配置规则生成符合所需的复杂事件的过程。例如某制造业生产线上,一件产品的制造需要多种零部件及多个工序,各个零部件及所经过的工序事件存在着关系,利用复杂事件合成器生成高层抽象事件满足了应用程序的需要。

2.3.3 事件存储

事件存储的主要目标是有效地处理海量的事件数据,而且减少数据处理中对数据库的频繁操作^[12]。

2.4 事件发布/订阅模块

经过事件处理模块处理的事件,可用于许多应用程序,且一个系统可能需要很多的各种系列的事件。例如,物流领域使用它们来定位和追踪,安全领域可以利用它们来识别。在多数情况下,系统只需要经过事件处理模块处理的部分事件。例如,设立在仓库门口的 RFID 读写器读取货物和车辆的信息,但库存管理系统只需要货物的信息。因此,规则库中定义的规则可以用来确定什么事件应发送至哪个应用程序,事件发布/订阅模块根据预先确定的规则,可以方便地选择合适的事件并将其发送至正确的应用程序。反馈机制反映应用程序对读写器采集的 RFID 数据是否满意,当事件发送过去后,应用程序给事件发布/订阅模块反馈信息,事件发布/订阅模块则根据反馈信息对相关事件作出相应处理。以制造业信息系统为对象说明事件发布/订阅模块工作模式的示意图如图 3 所示。

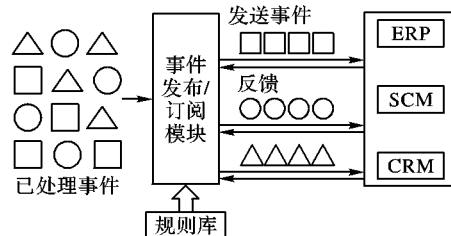


图 3 事件发布/订阅模块工作示意图

2.5 规则库

每个应用程序以规则的形式描述它们要求的事件,并存储在规则库中,根据这些规则原始 RFID 数据经过事件处理,应用程序可以选择正确的信息。

3 面向制造业的 RFID 复杂事件处理案例

某制造企业现有生产方式存在如下问题:单个零部件出现质量问题;一条生产线穿插生产多种型号的产品导致相似零部件可能存在混装问题;生产车间现场,生产主管部门及销售部门不能及时掌握各部门所需信息。这些问题大大影响了企业的生产效率和产品质量。为解决上述问题,引入 RFID 技术,同时采用复杂事件处理机制。图 4 是某制造企业基于复杂事件处理的 RFID 数据处理模型图。

整个模型的数据流程是:原始 RFID 数据经过事件监测模块、缓冲模块处理,得到各零部件信息;零部件基本事件通过事件过滤,滤除相似的零部件信息得到产品的正确零部件组装信息,实现零部件与产品的自动匹配;经过复杂事件合

成,得到产品数量和产品种类等复杂事件的事件信息,生产主管部门可以实时得到生产数据;实时的产品数量与产品种类事件经过复杂事件合成处理,抽象出订单完成事件发布到销售部门。该实例中模型涉及的关键流程描述如下。

1) 识别单一部件。RFID 电子标签能识别单一产品,可使用 RFID 读写器得到单个零部件信息,当产品出现质量问题,可准确、方便地找出发生问题的零部件,将其剔除。

2) 零部件过滤。由于 RFID 可识别单一零部件,读取单个零部件信息与规则库中定义的零部件信息作比较,则可过滤不符合要求的零部件。

3) 零部件与产品的自动匹配。当产品运转到某工位时,RFID 读写器自动识别该产品和与该工位零部件类型。根据规则库定义的产品与零部件之间的各种关系,分析该零部件与产品是否匹配及工序是否正常。假如该工位有两种零部件需要安装,每次安装最长可以操作 10 min,超时安装失败。使用如下复合事件:

$A1 = \text{AND}(\text{PRODUCT ONE}, \text{PART01})$
 $\text{WHERE}[\text{WORK_TYPE}] \text{ WITHIN } 10 \text{ min}$

$A2 = \text{AND}(\text{PRODUCT ONE}, \text{PART02}) \text{ WHERE}$
 $[\text{WORK_TYPE}] \text{ WITHIN } 10 \text{ min}$
 $A = \text{AND}(A1, A2)$

如果 $A1 = \text{NULL}$,表示当前工位工人安装的零部件 1 不是该产品所需要的,应该发出警报,提醒工人安装正确的零部件; $A2$ 同理;如果 $A = \text{NULL}$ 则该工序失败。其中,PRODUCT ONE 是 RFID 读写器从产品的 RFID 电子标签中读取的事件,PART01、PART02 分别表示零部件 1、零部件 2 信息,WORK_TYPE 表示所在工序。

4) 实时统计零部件消耗及产品完成量。当零部件正常安装,零部件数量自动减 1, WHILE($A1$) SUM_PART01 --, $A1$ 表示零件 1 安装成功。当零部件数量小于规则库中定义的值时,则发送警报到生产主管部门,零部件数量不足,及时补充, WHILE (SUM_PART01 < CONST) SEND PART01 SHORTAGE。当产品完成时,则产品完成量加 1, WHILE (AND($A, B, C, D \dots$) SUM_PRODUCT ++, 其中 $A, B, C, D \dots$ 表示各个工序,当所需工序都完成时,则产品生产成功。当产品完成量达到要求时,发送消息到销售部门,说明完成订单量。

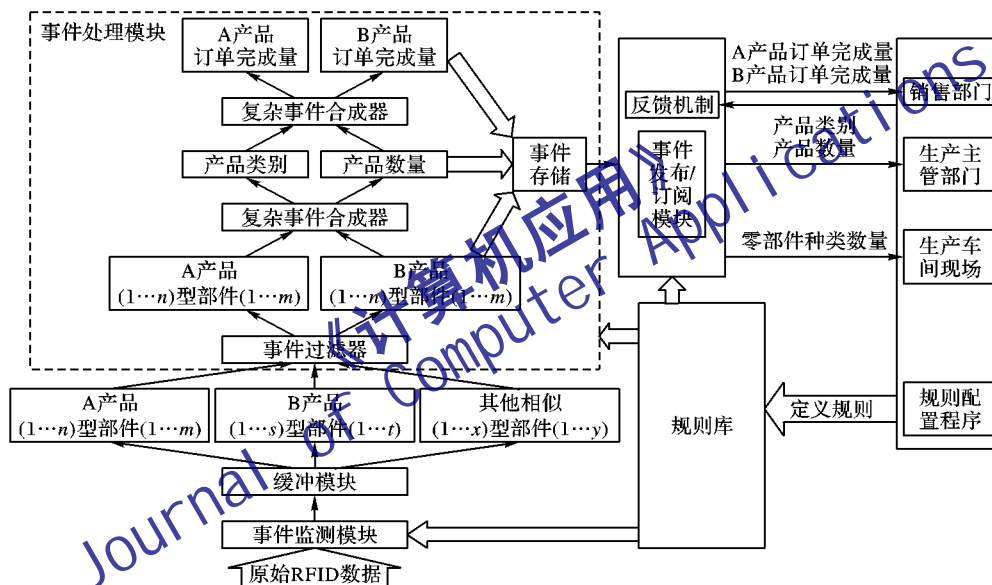


图4 某制造企业基于复杂事件处理的 RFID 数据处理模型图

从该制造企业整个过程可以看到,RFID 原始数据通过事件监测模块、缓冲模块、事件处理模块中的事件过滤、复杂事件合成等过程,使得 RFID 原始数据量减少,根据事件之间的各种关系抽象出高层事件,帮助各级工作人员实时获得所需信息从而提高工作效率。

4 结语

RFID 技术应用于现有的制造业信息系统可自动录入原始数据,有效地增强生产线的监控能力,而使用复杂事件处理机制能够处理 RFID 产生的大量数据,发现数据之间蕴涵的信息并及时反馈给用户。随着 RFID 技术在制造企业中的推广应用,复杂事件处理机制将会得到广泛的关注和应用,以提高企业的整体运作效率。本文设计了一种基于复杂事件处理的 RFID 数据处理模型,并构建了相应事件监测模块、缓冲模块、事件处理模块(事件过滤器、复杂事件合成器)、事件发布/订阅模块等。最后以面向制造业生产线的 RFID 应用为例,给出了一种面向制造企业基于复杂事件处理的 RFID 数据处理模型,RFID 原始数据经过事件过滤、复杂事件合成等过程,其原始数据量逐步减少,且挖掘出 RFID 数据中的有用

信息,并采用发布/订阅规则使得各个部门实时获得所需信息,帮助工作人员提高了工作效率,从而提升了企业整体生产力。

参考文献:

- [1] 文浩. 863 计划 RFID 专项: 推动我国先进制造业的转型与升级换代[J]. 中国电子商情: RFID 技术与应用, 2009, 15(2): 49 - 52.
- [2] CHRISTOF B, TAO L, STEPHAN H, et al. Integrating smart items with business processes an experience report [C]// HICSS: Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2005: 227 - 235.
- [3] 臧传真, 范玉顺. 基于智能物件的制造企业复杂事件处理研究[J]. 计算机集成制造系统, 2007, 13(11): 2243 - 2253.
- [4] WANG F, LIU S, LIU P, et al. Bridging physical and virtual worlds: Complex event processing for RFID data streams[C]// EDBT 2006: Proceedings of the 10th International Conference on Extending Database Technology, LNCS 3896. Berlin: Springer-Verlag, 2006: 588 - 607.

(下转第 2807 页)

其中: H 为图像的熵; N 为图像的总的灰度级数; p_i 为灰度值为 i 的像素数 N_i 与图像总像素数 N 之比, 即 $p_i = N_i/N$ 。

图像的标准差反映图像灰度相对于灰度平均值的离散情况, 在某种程度上, 标准差可以用来评价图像反差的大小。若标准差大, 则图像灰度级分布分散, 图像的反差大, 信息量大; 标准差小, 图像反差小, 对比度不大, 色调单一均匀, 信息量小^[7]。

$$std = \sqrt{(\sum \sum (pic(i,j) - ave)^2) / (n \times m)} \quad (6)$$

其中: std 为图像标准差, pic 为融合图像, ave 为图像像素点均值, $n \times m$ 为图像大小。

图像与参考图像的均方差表示图像之间的差异, 均方差越小代表两幅图像的差异越小, 也表示融合效果越好^[6]。这是在具有参考图像的条件下最为有效的评估参数。

$$MSE = \sqrt{(\sum \sum (pic(i,j) - ref_pic(i,j))^2) / (n \times m)} \quad (7)$$

其中: MSE 为两幅图像的均方值, pic 为融合图像, ref_pic 为参考图像, $n \times m$ 为图像大小。

实验效果如图 5 所示。

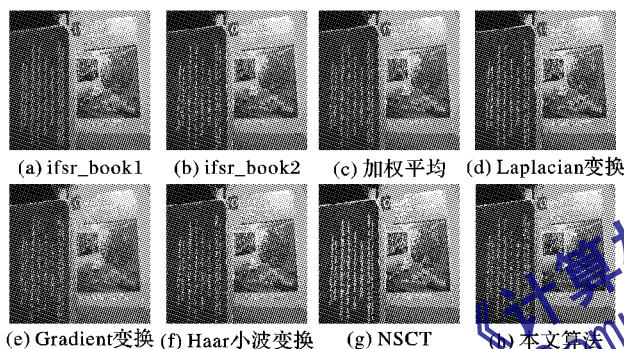


图 5 各种方法的融合结果

从主观视觉效果来看, 加权平均算法损失了图像的清晰度, 图像比较模糊; Laplacian 变换、Gradient 变换和 Haar 小波变换的清晰度也有一定损失, 但细节分量保留得比较完整; NSCT 图像比较清晰但与源图像比较稍有失真; 本文算法清晰度与源图像基本一致且无失真, 各项性能参数比较见表 1。

从表 1 中可以看出本文算法在信息熵和图像标准差上都是最大的, 说明本文算法最大限度地融合了两幅源图像的信息; 同时融合图像与参考图像的均方差值比较中, 本文算法与参考图像最为接近。

4 结语

本文算法充分结合了 NSCT 的方向特性、平移不变性及

各项异性和图像清晰度特点。文中分析了图像的清晰度特征, 采用基于图像局部清晰度的分割方法, 利用高频分量特征对低频分量进行分割进而有效地实现了多聚焦图像的融合。本文实验以及文献[2]中实验都很好地验证了区域分割的融合算法更优于直接融合的算法, 但本文算法较文献[2]中算法在实现上更为简单有效。通过仿真结果可以看出, 本文算法能够很好地将不同聚焦区域分割出来, 同时较 Laplacian 变换、Gradient 变换和 Haar 小波变换具有更好的融合效果, 说明本文算法在多聚焦图像融合中是一种较优的选择。

表 1 各项性能参数比较

算法	Book			Clock		
	H	std	MSE	H	std	MSE
加权平均	8.28	27 303	15.92	7.12	20 478	13.49
Laplacian 变换	8.49	29 286	15.18	7.23	25 912	13.08
Gradient 变换	8.32	27 459	15.95	7.18	25 692	13.54
Haar 小波变换	8.51	29 048	15.10	7.31	26 376	13.66
NSCT	8.56	30 384	11.36	7.36	26 976	12.54
本文算法	8.62	30 902	9.75	7.43	27 241	8.64

参考文献:

- [1] 吴艳, 刘重阳, 廖桂生. 一种新的像素级多聚焦图像融合算法[J]. 电子与信息学报, 2007, 29(12): 2800-2804.
- [2] 苗凤美. 基于 NSCT 和区域分割相结合的图像融合算法[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2009.
- [3] CHEN A L, ZHOU JIANPING, DO M N. The nonsubsampled contourlet transform: Theory, design and applications[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2006, 15(10): 3089-3101.
- [4] 焦李成, 谭山. 图像的多尺度几何分析: 回顾和展望[J]. 电子学报, 2003, 31(12A): 1975-1981.
- [5] HUANG WEI, JING ZHONGLIANG. Evaluation of focus measures in multi-focus image fusion[J]. Pattern Recognition Letters, 2007, 28(4): 493-500.
- [6] 狄红卫, 韩耀东, 陈木生. 一种自适应的多聚焦图像融合方法[J]. 中国图象图形学报, 2006, 11(3): 353-356.
- [7] 张素兰, 王铮. 基于区域锐度的多聚焦图像融合[J]. 计算机工程, 2009, 35(4): 221-225.
- [8] DE I, CHANDA B. A simple and efficient algorithm for multifocus image fusion using morphological wavelets[J]. Signal Processing, 2006, 86(5): 924-936.
- [9] 李美丽, 李言俊, 王红梅. 多聚焦图像融合的 Contourlet 变换方法[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(10): 20-22.
- [10] DO M N. Directional multiresolution image representations[D]. Switzerland: Swiss Federal Institute of Technology, 2001.

(上接第 2770 页)

- [5] 彭小娟, 刘世安, 熊春如, 等. 复杂事件处理在大规模 RFID 数据通信中的应用研究[J]. 化工自动化及仪表, 2009, 36(4): 76-79.
- [6] PALMER M. Seven principles of effective RFID data management[EB/OL]. [2010-03-06]. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.119.5952&rep=rep1&type=pdf>.
- [7] WANG FUSHENG, LIU PEIYA. Temporal management of RFID data[C]// Proceedings of the 31st VLDB Conference. Trondheim, Norway: VLDB Endowment, 2005: 1128-1139.
- [8] 臧传真, 范玉顺. 基于智能物件的实时企业复杂事件处理机制[J]. 机械工程学, 2007, 43(2): 22-32.
- [9] BAI YIJIAN, WANG FUSHENG, LIU PEIYA. Efficiently filtering

- RFID data streams[C]// Proceedings of the First International VLDB Workshop on Clean Databases. Trondheim, Norway: VLDB Endowment, 2006: 50-57.
- [10] KHOUSSAINOVA N, BALAZINSKA M, SUCIU D. Probabilistic event extraction from RFID data[C]// ICDE: Proceedings of IEEE 24th International Conference on Data Engineering. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2008: 1480-1482.
- [11] DONG LIANG, WANG DONG, SHENG HUANYE. Design of RFID middleware based on complex event processing[C]// IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems. Washington, DC: IEEE, 2006: 1-6.
- [12] 丁振华, 李锦涛, 冯波, 等. RFID 中间件研究进展[J]. 计算机工程, 2006, 32(21): 9-11.