

基于事件通知服务的 RFID 数据处理框架

梁昌勇, 曹 镭, 张俊岭

(合肥工业大学 管理学院, 安徽 合肥 230009)

摘 要: RFID 技术能够实现物理对象的实时标识、定位和监控, 为了达到这个目标, 必须能够高效地合成 RFID 基本事件并且有效地发布信息。RFID 应用的多样化又需要一个能够通用的 RFID 数据处理框架。文中提出一个基于事件通知服务的 RFID 数据处理框架, 并设计了一种基于匹配树的 RFID 复杂事件检测方法应用于该框架。通过对某汽车企业制造过程用例分析, 来说明本框架的应用可行性。

关键词: 无线射频识别; 事件通知服务; 复合事件检测

中图分类号: TP391.44

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2009)08-0074-04

RFID Data Processing Framework Based on Events Notification Service

LIANG Chang-yong, CAO Lei, ZHANG Jun-ling

(School of Management, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: RFID technology holds the promise of real-time identifying, locating and monitoring physical objects. To achieve these goals, RFID data need to be composed expressively and notified efficiently. The diversity of RFID applications pose further challenges to a generalized framework of RFID data processing. A framework on the basis of events notification service is proposed in this paper, on which a detection methods of RFID complex event based on matching tree is designed to apply. Through the analysis of actual manufacturing process in an auto enterprise, evaluate the feasibility of our RFID data processing framework.

Key words: RFID; event notification service; complex event detection

0 引 言

无线射频识别(RFID)是一种自动识别和数据获取技术^[1]。它是利用射频微波信号自动识别目标对象并获取相关数据从而实现相互通信的。与传统的条码技术相比, RFID 可以实现运动过程中的快速、高效、安全的信息识读和存储, 它的出现将改变人工采集数据的方式, 提高工作效率^[2]。目前, RFID 已经被广泛应用于生产、物流、交通、运输、医疗、防伪、跟踪、设备和资产管理等需要收集和处理的领域, 并不断向新的领域渗透^[3]。

应用 RFID 技术的主要难点在于实时事件的检测和其他系统的交互。这主要表现为三点: 1) RFID 阅读器不能识别某一事件是否特殊, 它只能做一项工作, 就是汇报到它能采集的任何信息。2) RFID 阅读器采集到的信息只能表示“读写器 reader-id 在何时读到

标签 tag-id”, 即以三元组(reader-id, tag-id, timestamp)表示的一个原子事件^[4]。3) RFID 阅读器采取到的信息可能用于多个系统, 有效信息如何订阅和分发。这些对于现实应用中的各种复杂业务来说, 是个巨大的鸿沟。

基于事件的通信模型是异步互连的部件之间通信的一种模型, 在基于事件通信模型的应用系统中, 包含了事件产生方、事件接收方和时间服务支持组件, 能有效地应用于 RFID 数据的处理。

1 事件通知服务

事件通知服务系统适用于两类应用系统: 以松耦合的方式连接不同种类的应用和要求感知的应用^[5]。文献[6]在分析了大规模事件通知服务的基础上, 提出了一个包含七个模型的通用分析框架, 如图 1, 其中, 对象模型描述的是产生事件和接收事件的实体, 即事件的产生方和接收方; 事件模型描述事件的表示和特性; 通知模型关注事件传送给接收方的方式; 观察模型描述用于感兴趣事件出现的机制; 命名模型定义系统

收稿日期: 2008-12-02; 修回日期: 2009-02-19

基金项目: 国家 863 项目(2006AA04A126)

作者简介: 梁昌勇(1965-), 男, 安徽肥西人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为决策分析和智能决策支持系统。

中对对象、事件和订阅的寻址;时间模型关心事件之间的因果和时序关系;资源模型定义了分布式系统结构中时间观察与通知在那里进行以及如何安置这些功能。这些模型从不同的方面描述了基于时间观察和通知的分布式应用的主要活动和相互关联。

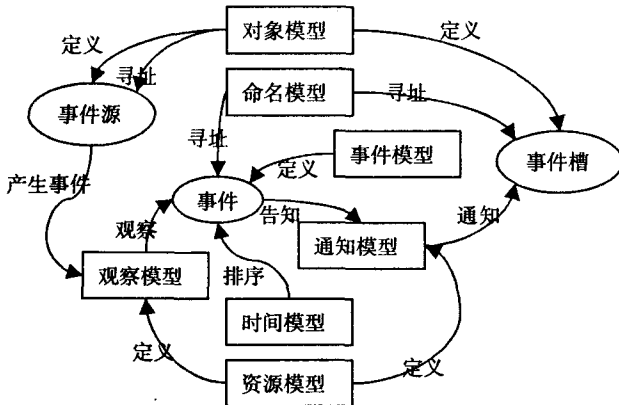


图1 复合事件通用分析框架

事件通知服务系统的核心就是事件观察和事件通知^[7]。事件观察包括了原子事件的过滤和复合事件的检测。早期的事件系统只提供了原子事件的检测机制,没有提供检测复合事件的功能,因而不能表示由原子事件复合而成的事件模式。在大型应用系统中,事件接收方会被大量的原子事件淹没,比如是在大量部署的 RFID 环境中,每个阅读器都会采集大量数据。事件通知包括了事件的订阅和发布等内容。我们提出的基于事件通知服务的 RFID 数据处理框架,将阅读器返回的三元组 (reader_id, tag_id, timestamp) 作为原子事件,包含两个层面:1) RFID 事件观察,主要是原子事件的过滤和复杂事件的检测。2) 事件的发布,采用 Java 消息服务 (Java Message Service, JMS)^[8] 中的 Pub/Sub 机制实现多对多异步通信。

2 一种基于事件通知服务的框架

文中介绍的 RFID 数据处理框架是连接阅读器和企业应用软件之间的纽带,管理 RFID 标签阅读器和应用软件之间的数据流。在接收到标签后,经过过滤和复合事件检测,能够按照企业应用程序订阅的主题,发送到指定接收对象。框架内部包括原子数据过滤、复合事件检测和事件发布等几个主要功能模块,框架的内部结构见图2。

2.1 原子事件过滤

RFID 应用中的基本事件是指在阅读器和标签相互作用中产生的事件。一个基本事件即一个阅读器的采集值 (reader_id, tag_id, timestamp), 其中 reader_id

代表阅读器的 EPC 码, tag_id 代表观察对象的 EPC 码, timestamp 为采集的时间戳。基本事件是原子性的,要么完全发生,要么就根本不发生。所以把 RFID 的基本事件可以看作是框架需要处理的原子事件。由于射频干扰和标签读取结构等诸多原因,数据读取的可信度较低,严重影响了 RFID 在制造业信息化中的用途。因此,系统中必须增加对 RFID 数据的预处理环节,使阅读器传递的数据,无论使从时间序列上还是从数值上,都尽可能地接近真实数据。

原子事件的过滤模块,基本思路是基于文献[9]实现一个过滤算法,针对漏读现象,通过设置较高的阅读器读取频率来解决;针对多读现象,提出预设一个窗口大小,统计该段时间内各标签被读到的次数,如果某标签的统计次数小于阈值,则认为相关数据是多读数据,对于重复数据,将相隔时间太短或是相似数据消重,只留一个数据。对时间戳乱序问题,将接收到的数据进行缓存排序,预先定义一个最大延迟时间,在此时间之后到达的数据给予删除。

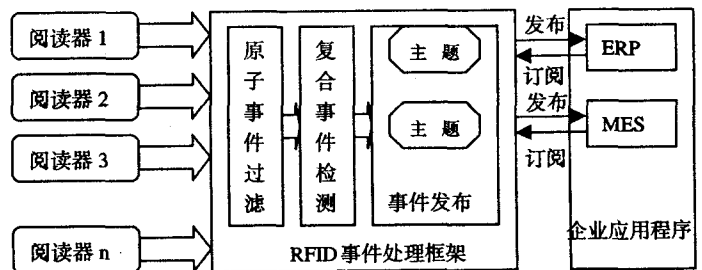


图2 RFID 数据处理框架

2.2 复合事件检测

由于 RFID 系统的原子事件所包含的语义有限,通过返回的原子事件,只能了解到一些非常简单的信息,不能满足企业应用中所需要关注的业务逻辑、流通规律等复杂信息。要获取到这些信息,需要通过一定的规则组合多个原子事件和复合子事件来构成一个复合事件。这就需要有一个复合事件的检测来实现。复杂事件处理 (CEP) 是一个新型的事件处理技术,基于数据源对事件进行建模,对事件直接进行处理,以获得更高的效率,处理更复杂的事件。

在文中提出的框架中,采用了基于匹配树的技术,通过匹配树的结构来实现复合事件的建模。原子事件为匹配树的叶节点,各个层次的复合事件为匹配树的中间节点,如果到达根节点并且相应的事件被成功地过滤出来,就认为检测到了一个符合事件。在文中第3节中,将详细介绍本框架采用的基于树的复合事件检测机制。

2.3 事件订阅和发布

RFID 完成信息的自动采集和检测,需要采取有效

的机制把信息传递给更高层的企业应用。对于大规模分布的应用系统来说,基于事件的通信方式是比较合适的选择^[10]。构建在 Publish/Subscribe 机制基础上的事件发布机制,能够很好地支持大规模分布式系统中复杂的多对多异步通信。

本框架中的事件发布和订阅是通过符合 JMS 的 Pub/Sub 模型来实现的。在 Pub/Sub 模型下,发布者把消息提交给主题,接收者向主题订阅感兴趣的内容^[11]。不同的企业应用通过在服务中定义各自的主体,主题中定义了企业用户感兴趣的信息,它负责检测到相关的复杂事件,并及时地分发消息到指定的企业用户。

3 一种基于匹配树的 RFID 复杂事件检测方法

为了使 RFID 数据适应企业应用的需要,要进行两个步骤:首先,企业业务逻辑必须被翻译成复杂事件,而且这个复杂事件是需要能够被检测到的。传统的事件系统并不支持 RFID 事件的时间特性,不能用于处理 RFID 应用。因此,必须要有一个框架来处理复杂的 RFID 事件,它不同于传统的事件处理系统,能够考虑到 RFID 事件的各种特殊性。为了构建一个 RFID 复杂事件检测机制,必须预先规定 RFID 事件的语义规范和处理规则的定义。用通过扩展 GEM^[12]语言内容来定义。

3.1 RFID 事件定义

事件包括原子事件和复合事件。原子事件是发生在某一时刻在某点上的事件,复合事件是在某一段时间内发生的原子事件的组合。在下面的讨论中,E 代表事件类型,e 代表这事件 E 的一个实例。再用一些自定义函数来表现事件。

- * @ (e): 返回事件 e 发生的起始时间
- * |@ (e): 返回事件 e 发生的结束时间
- * Group (e): 返回该事件中阅读器属于的逻辑组
- * Type (e): 返回该事件中标签 EPC 对应的对象类型
- * Attr (e, attribute): 返回 tag-id 对应标签类型中指定属性的信息

这样一个原子事件就被定义为 $E = \text{obs}(\text{reader-id}, \text{tag-id}, \text{timestamp})$ 。

为了建构复合事件,规定了 RFID 事件操作符。基本操作符及语义如下:

$E1 \& E2$ 表示 E1 和 E2 都发生并且与它们发生的顺序无关

$E1 | E2$ 表示 E1 或者 E2 发生

$E + \text{Time-period}$ 表示 E 在 Time-period 后发生

$\{E1; E2\} ! E3$ 表示 E2 在 E1 后发生,且中间没有发生 E3

$E1; E2$ 表示 E1 发生在 E2 前

其中 E1, E2, E3, E 表示原子事件或子复合事件。

3.2 RFID 规则

在上面的事件描述以后,可以用以下语法描述 RFID 处理规则:

```
rule <rule-id> [<detection-window>]
    {<event-expression>=><action-sequence>}
```

rule-id 是指定 rule 的唯一标识符, detection-window 指规则执行时的时间窗口, event-expression 指将要被检测的复合事件, action-sequence 指预先定义好的一系列动作,在本框架中,即发布信息到相应的主题中。

由于事件的发生和检测之间存在一定的延迟,这样可能会导致检测到事件失序,为了避免发生错误的检测,采取了在检测阶段通过引入检测窗口和计划时间事件的概念来处理这种延迟。检测窗口表示事件存储在事件历史(在后文的事件检测中会详细解释)中的事件,超过这个时间的事件记录会被自动丢弃,检测窗口的大小可以由系统默认或者由程序员指定。计划时间事件表示对于每个特定的事件能够容忍的最大延迟,即在这个事件的检测时间加上检测窗口的时间。每个新到的事件会根据它们的时间戳放在事件历史的正确位置,在计划事件发生时间前,如果没有检测到使得事件不符合复合要求的事件出现就认为检测到了一个复合事件的发生。

3.3 RFID 复合事件检测

采用基于匹配树的机制来检测复合事件,关键步骤是通过事件表达式创建一个事件求值树,使得其结构匹配事件表达式以及处理延迟的需要。

图 3 为事件求值树的结构。叶子节点表示判断原子事件表达式,内部节点表示守卫复合事件表达式。每个节点都有三个主要属性:类型、判断和历史。类型定义了节点的类型(包含原子事件, +, &, | 等);判断为一个布尔表达式,它指向一个可以求得布尔值的表达式树,当它所关联的事件被检测到时计算它,只有满足判断,此事件才被记录在事件历史记录中;历史表示该节点对对应的事件记录,叶子节点的事件记录为此原子事件实例序列,内部节点的事件记录则为此复合事件实例序列。每个实例都是由其直接子节点所代表的事件复合而成,依赖于其直接子节点。为节省空间,它只保留其直接子节点事件记录的地址。由事件求值

树中每个节点的历史形成一个分层历史,这样可以避免不必要的排序及其开销;另外,这个历史只维持在检测窗口之内的事件实例,过时的事件实例会被自动丢弃,这样避免了事件的永久存储。

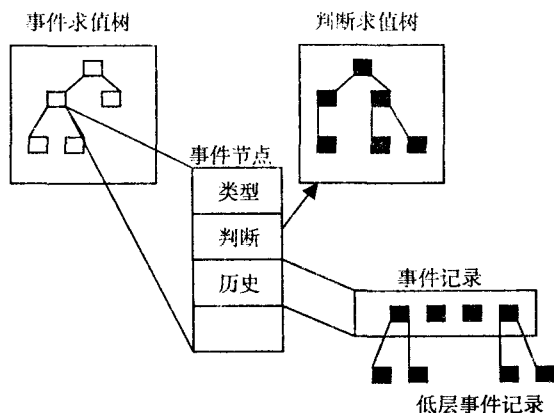


图3 事件求值树结构

检测是递归进行的:a.对每个复合事件表达式创建相应的事件求值树。b.每当复合事件中的原子事件被检测到,就会通知相应的叶子节点,接着计算其判断表达式,如果满足则叶子节点就在它的历史记录中更新相应的事件记录,并且通知它的父节点新记录的发生。c.父节点根据其语义使用此子节点的新记录和其他子节点的历史记录以及它的判断表达式去产生尽可能多的新事件记录,接着它又通知它的父节点。这个过程一直持续到此复合事件被检测到或者不能产生新的记录为止^[7]。

4 用例分析

所述的数据处理框架在某知名国产汽车生产企业得到初步应用。该企业已经在信息化进程中使用了ERP、MES等系统,但是由于信息的自动采集缺失,存在着以下隐患:该企业已经初步实现了订单生产,每天在同一条生产线上穿插生产多种型号的汽车,在忙乱之中,操作人员可能会上了错误型号的零部件。现在的MES系统在生产线上采集数据多是基于条码,但是由于条码易污染,需要人工操作等局限性,厂家考虑使用RFID标签来取代条码。例如,MES需要对生产线上容易混淆的零部件安装进行监控。以发动机为例,MES向RFID事件处理框架定义监控发动机安装型号错误报警。解决方案流程如图4所示。

①MES订阅一个主题,目的是监控与定制车辆不匹配的发动机安装出错;

②在框架中建立一个主题 EngineTopic,指定接收目标为MES系统;

③建立如下规则:

```
EventE1 = obs(reader_id, tag_id, t) Loc(reader_id) = "Driver"
Type(tag_id) = "CarXX"
EventE2 = obs(reader_id, tag_id, t) Loc(reader_id) = "Driver"
Type(tag_id) = "Engine"
Rule Engine - Alarm [5 minute]
{|E1;E1|! E2| Attr(E1.type(tag_id), "Enginetype")! =
Attr(E2.type(tag_id), "type") => notified EngineTopic}
```

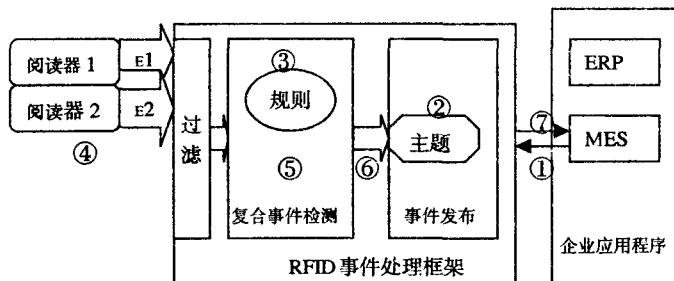


图4 发动机安装监控方案处理流程

④阅读器读到E1,E2事件并发送到处理框架中过滤;

⑤检测算法检测到符合规则 Engine - Alarm 的复合事件;

⑥通知事件发布中的主题 EngineTopic;

⑦主题 EngineTopic 发布信息,通知MES系统。完成指定任务。

5 结束语

介绍了一种基于事件通知服务的RFID事件处理框架,将检测到的包含语义较少的RFID原子事件转化为更高级别应用需要的信息。在采集到大量的原始事件后,经过处理提供主题供高层应用订阅信息,并能及时通知。为RFID技术的推广和具体实施提供了可参考的解决方案和基础框架。

参考文献:

- [1] 谷 峪,于 戈. RFID复杂事件处理[J]. 计算机科学与探索,2007,1(3):255-267.
- [2] 欧广宁,刘 辉. RFID技术及其在物流企业的应用[J]. 计算机技术与发展,2008,18(6):164-166.
- [3] 杨 清,徐建良. 基于复杂事件处理的RFID系统数据分析[J]. 微计算机信息,2006,22(9):179-181.
- [4] Jin Xingyi. Efficient Complex Event Processing over RFID Data Stream[C]//Seventh IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science. Portland, Oregon, USA: IEEE Computer Science, 2008: 75-81.
- [5] Hombrecher A B. Reconciling Event Taxonomies Across Administrative Domains[D]. Cambridge: University of Cambridge, 2002.

(下转第81页)

验,并进行了定量分析。利用立体视觉原理获取实验对象的正面、左侧面、右侧面三幅不同姿态人脸图像及所对应的深度图;通过手工选择和计算机校正确定人脸特征点位置,获得人脸姿态,实现人脸的侧面图和正面图的初步融合;然后利用 ICP 算法实现人脸精细融合,产生三维人脸模型,结合欧氏空间的平移、旋转变换以及投影矩阵,生成人脸不同姿态下的图像,再用改进的 BP 神经网络进行分类识别。在实验中,采用常见的三层结构,39 个输入层,40 个输出层,隐层的数目为 20 个。实验对象特征元素的提取主要分为眼睛、鼻子、眉毛和嘴巴(如图 3 所示)。



图 3 人脸图像

图 3 中,左图为利用三目摄像机拍摄的人脸图像,右图为三维人脸模型。

用 Win XP, Celeron 1.8, Ram 256M 的计算机进行实验,从浙江省金华市公安局的人脸图像库里取出 300 张人脸图像,其中 250 个作为训练样本,50 个作为识别样本,用改进的 BP 神经网络进行分类识别,准确率达到 83.3%。识别结果见表 1。

表 1 识别结果比较

方法	比对准确率	比对时间(s)
未改进的人脸识别方法	78.3%	10.215
改进的人脸识别方法	83.3%	2.994

由表 1 可以看出,用改进的人脸识别方法处理样本后,算法计算量降低,比对时间减少,准确率提高。

5 结束语

比对分类器是人脸识别系统的重要模块,一般采用 BP 神经网络进行分类识别。该方法存在着收敛速

度较慢、容易陷入局部最优的缺点。把填充函数法引入 BP 算法,提出了用填充函数法改进的人脸识别方法。填充函数法是确定型全局优化方法,能够在极小化问题搜索过程中检测出局部极小点后,跳出该局部极小点,得到一个更低的极小点,重复此过程求得全局最优解,在高分辨精度条件下可提高算法的收敛速度,降低误判率,增强其全局寻优的能力。实验结果表明该方法能够提高比对的准确率,减少计算量,提高比对速度。

参考文献:

- [1] 徐勇,张海,周森鑫,等.基于统计学习理论的人脸识别方法研究[J].计算机技术与发展,2007,17(11):118-120.
- [2] 单承赣,李葆华,胡庆新.基于深度信息的人脸特征识别[J].计算机应用,2007,27(10):2541-2543.
- [3] 马恋,何铭.基于神经网络的数据压缩研究[J].计算机技术与发展,2007,17(2):12-15.
- [4] Fan J. An Approach to Fault Diagnosis of Chemical Processes via Neural Networks[J]. Journal of AIChE, 1993, 39(1): 82-87.
- [5] 陈凤娟.时滞细胞神经网络的指数稳定性[J].浙江师范大学学报,2007,30(2):35-38.
- [6] 杨风,白艳萍.基于 BP 网络的涡流探伤裂纹信号特征提取的研究[J].应用基础与工程科学学报,2005,13(1):106-108.
- [7] Ge R P. The Theory of Filled Function Methods For Finding Global Minimizers of Nonlinearly Constrained Minimization Problems[J]. Journal of Computational Mathematics, 1987(5):1-9.
- [8] Liang Y M, Zhang L S, Li M M, et al. A Filled Function Method for Global Optimization[J]. Journal of Computational and Applied Mathematics, 2007, 205(1): 16-31.
- [9] Zhang L S, Ng C K, Li D, et al. A New Filled Function Method for Global Optimization[J]. Journal of Global Optimization, 2004, 28(1):17-43.

(上接第 77 页)

- [6] Rosenblum D S, Wolf A L. A Framework for Internet Scale Event Observation and Notification[C]//Proceedings of the 6th European Software Engineering Conference /ACM SIGSOFT 5th Symposium on the Foundations of Software Engineering. Zurich:[s. n.], 1997:344-360.
- [7] 张菊芳,魏峻.复合事件检测技术的综述与评价[J].计算机应用研究,2005(10):1-8.
- [8] 李华飏. Java 中间件开发技术[M].北京:中国水利水电出版社,2005:312-338.
- [9] Bai Y, Wang F S, Liu P Y. Efficiently filtering RFID data

streams[C]//Proc of the 1st Int VLDB Workshop on Clean Databases. Seoul:In CleanDB, 2006:50-57.

- [10] Hermes P P. A scalable event-based middleware[D]. Cambridge, UK: University of Cambridge, 2004.
- [11] 姚刚,邓江沙.基于 JMS 的消息过滤改进算法[J].计算机技术与发展,2006,16(7):91-93.
- [12] Mansouri-Samani, Sloman M, GEM M. A Generalized Event Monitoring Language for Distributed Systems[J]. IEE/IOP/BCS Distributed Systems Engineering, 1997, 4(2):96-108.