

RFID 中间件研究进展

丁振华^{1,2}, 李锦涛¹, 冯波^{1,2}, 郭俊波^{1,2}

(1. 中国科学院计算技术研究所, 北京 100080; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 射频识别(RFID)中间件被喻为 RFID 系统的神经中枢, 该文论述了目前 RFID 中间件的研究状况, 指出了当前研究存在的一些不足, 介绍了在这一领域的研究进展, 对 RFID 事件处理的研究作了详尽的描述, 并给出了今后的研究方向。

关键词: 射频识别; 阅读器; 中间件; 事件; 过滤

Survey on RFID Middleware

DING Zhenhua^{1,2}, LI Jintao¹, FENG Bo^{1,2}, GUO Junbo^{1,2}

(1. Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080;

2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)

【Abstract】 RFID middleware is regarded as the nerve center of RFID systems. This paper discusses the current state of RFID middleware research, points out the deficiencies of current techniques, then describes the progress in this area, especially in RFID event process, at last gives the future research direction.

【Key words】 Radio frequency identification(RFID); Reader; Middleware; Event; Filter

1 概述

射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)作为一种快速、实时、准确采集与处理信息的高新技术, 通过对实体对象的唯一有效标识, 可广泛应用于生产、零售、物流、交通、医疗、国防等各个行业。被列为本世纪 10 大技术之一。

RFID的历史非常悠久, 最早是美国人 Harry Stockman 于 1948 年 10 月在 IRE(无线电工程师协会)学报上发表的论文《利用反射的功率进行通信》, 首次详细描述了 RFID 的理论和实现方法。到今天, 它已经走过了 50 多年的发展历程^[1]。与传统的条形码技术相比较, RFID 具有快速、实时、可重复使用、穿透性强、环境适应性强、数据容量大等诸多优点。

基本的 RFID 系统通常由 3 部分组成: RFID 标签(tag), RFID 阅读器(reader)及应用支撑软件。图 1 给出了基本的 RFID 系统的组成。

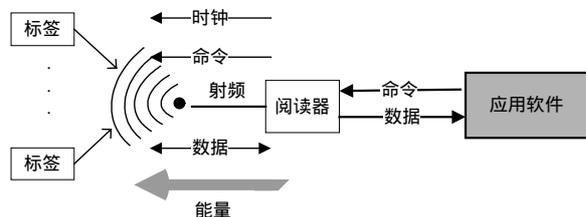


图 1 射频识别过程示意图

在 RFID 系统的应用支撑软件中除了运行在标签和阅读器上的部分软件之外, 介于阅读器与企业应用之间的中间件(Middleware)是其中的一个重要组成部分。该中间件的主要任务是对阅读器传来的与标签相关的事件、数据进行过滤、汇集和计算, 减少从阅读器传往企业应用的巨量原始数据、增加抽象出的有意义的信息量。可以说, 中间件是 RFID 系统的神经中枢^[2]。

然而, RFID 中间件的设计还面临很多挑战, 其中如何实

时地对巨量的 RFID 数据进行处理, 如何充分挖掘 RFID 数据所包含的有用信息成为亟待研究的重要课题。

2 RFID 中间件研究现状

正如在第 1 节中所介绍, RFID 中间件在企业应用和阅读器的数据采集之间扮演着非常重要的角色。也正是这个原因, 国外一些大学和研究团体也开始了对 RFID 中间件的研究。详细来讲, RFID 中间件是一种消息导向(Message-Oriented Middleware, MOM)的软件中间件, 信息(information)是以消息(message)的形式从一个程序模块传递到另一个或多个程序模块。消息可以非同步的方式传送, 所以传送者不必等待回应。因此 RFID 中间件包含的功能不仅是信息传送, 往往还必须包含数据包分析与传播、安全保证、错误恢复、网络资源定位、路由选择、消息与要求的次序优化以及提供排错工具等服务^[2]。图 2 所示为 RFID 的系统结构。

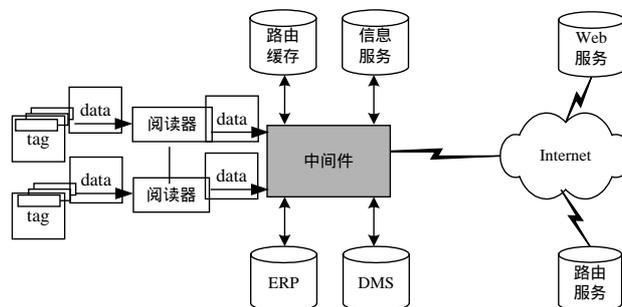


图 2 RFID 系统结构

在可查的各种技术文献中, 如会议论文集、学术刊物和

作者简介: 丁振华(1980 -), 男, 博士生, 主研方向: 普适计算, 多媒体技术; 李锦涛, 博士、研究员、博导; 冯波、郭俊波, 博士生

收稿日期: 2006-01-11 **E-mail:** zhding@ict.ac.cn

技术报告中记载了一些对 RFID 中间件的研究。

文献[3]所提出的 EPC 网络,包括了 EPC 编码、Savant、对象名字服务(Object Name Service, ONS)、EPC 信息服务(Information Services)、物理标示语言(Physical Markup Language, PML)等关键技术,得到了部分大学和很多企业的支持。EPC 组织还提出了 RFID 中间件的软件方面的标准 ALE(Application Level Events),主要包含:位置与阅读器或天线的一一对应,采集数据的时间间隔,打包采集到的数据及部分报表的规范等。

Sun 所设计的 RFID 中间件是基于文献[3]所提出的 EPC 网络基本构架,是完全端到端的解决方案,其很重要的一点是强化了 Sun 的核心基础技术。Sun Java System RFID 软件的设计通过对 EPCglobal ALE 软件标准的支持,可以过滤、集合与处理大量的来自 RFID 网络边缘的数据,为企业的各类应用提供流式化商务信息,并可减少网络通信流量。Sun Java System RFID 软件完全适用于第 2 代 EPCglobal 阅读器和标签。

Microsoft 所提出的 RFID 系统的层次结构,包括了设备层、数据收集和管理层、事件和工作流管理层、基于开放标准的服务接口层和应用与解决方案层等。IBM 应需解决方案中心则提出了一种轻型 RFID 中间件架构,主要是通过一条信息总线(RFID Bus)来代替复杂的层次结构。Oracle 设计了内嵌在其应用服务器 10g 中的传感器边缘服务器,其主要包含的特征有数据收集、分组、规则过滤、数据的打包发送以及在打包路由由之前的内部数据队列的组织和管理等。Sybase 公司也推出了建立在 Sybase 的相关核心产品上的 RFID 中间件,包含了物理设备层、RFID 网络层、处理层、维持层、整合层、表示层和一些建模和工具组件集,除此之外还包含了一些探查、警报、通告和管理的部分组件。

文献[4]为 Cambridge 大学 Duncan McFarlane 领导的 Auto-ID 中心对 Real-Time RFID 的时间的性能所作的研究,特别是在生产自动化控制领域和时间数据库的事件操作上。文献[5]为 Stanford 大学的 David Luckham 教授所领导和开创的 CEP(复杂事件处理)。CEP 的主要任务是“消费”基于事件的数据,并实时地应用一些规则于这些事件上,通过处理将未加工的原始事件数据转换成有价值的商业信息。其通信层的核心组件为 filters 和 maps。并着重考虑表示因果关系的事件历史记录、事件模式,其中表示因果关系的事件历史记录包含对这些事件之间的因果关系;事件模式中亦包含有因果和时间的关系。CEP 需要的平台包含:事件编程语言,事件可视化工具,对流事件的适配器,事件数据库。CEP 不仅是一种新的思路,它也需要很多根本上的基础变革:比如编程语言、事件处理、数据库技术等,这甚至使得有人相信事件处理将带来下一个 10 年中软件工业的重要转移。UCLA WINMEC RFID 实验室所设计的 RFID 中间件是在分布式架构上构建的 Web 服务,基于 XML 和 SOAP,包含了简单的捕获、平滑、过滤、路由、聚合等功能,主要应用在一些试验性的演示系统上。IBM Haifa 实验室设计了 Situation Manager,其中 Situation 本身是对复合事件概念的表现力、灵活性和可用性的扩展,它的基本的内容包含一种语言和一套有效的运行时执行机制。通过结合当前系统状态和事件历史实例来对事件进行收集、筛选和消耗的处理。其理论基础来自其对基于规则的系统的研究^[6]。

虽然目前国外已经有不少的大学和研究团体在做 RFID 中间件方面的设计和研究,但是,RFID 中间件的研究还只能

说是刚刚起步,如上所述的研究还大都处于试验阶段,还都存在着或多或少的不足和限制。比如:文献[3]缺乏对 RFID 中间件的支持:功能描述不清,没有统一的事件过滤(filter)规范,不支持高层事件的定义;SUN 的中间件的功能单薄:过滤规则简单,缺少复杂事件的定义和处理能力;而 Microsoft、IBM、Oracle、Sybase 等厂商所提的 RFID 中间件的设计大多是基于自己目前所研发的核心产品或技术的应用,有太大的依赖性和较小的扩展性;文献[4]的研究是基于对自动控制领域的经验,而并非完全针对 RFID 系统;文献[5] CEP 研究的示范应用主要在网络的入侵侦测与安全、企业监控和管理两个方面,还没有 RFID 系统的示范应用。

3 一种新的 RFID 中间件平台

本文设计的 RFID 中间件平台,主要分为 3 个层次,自底向上依次为数据采集层、事件处理层、信息发布层。

最底层是数据采集层(阅读器、标签等),负责采集粘贴在物品上的标签信息;再往上是事件处理层,负责处理来自数据采集层的事件和数据;最上层是信息发布层,负责处理来自事件处理层的抽象事件信息,对其进行存储、传送和发布等处理以服务用户。图 3 所示为 RFID 中间件层次结构。

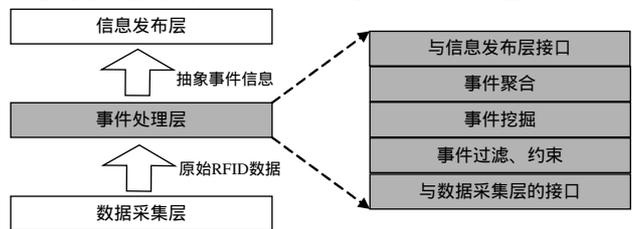


图 3 RFID 中间件层次结构

(1)数据采集层的设计目标是为整个系统提供精确的实时数据。整个系统的可用性、可靠性等都以此为基础。主要包含阅读器的管理、大规模阅读器间的协调、异构阅读器网络管理等功能。

(2)事件处理层是 RFID 中间件平台的核心。RFID 事件处理以形式化方法、数据挖掘、神经网络、传感网络、复杂事件处理等理论为基础,针对原始数据规模大和原始数据包含的语义信息少两个问题,来有效减少数据冗余、压缩事件规模并为上层商业应用提供语义信息。图 4 给出了事件处理的过程。

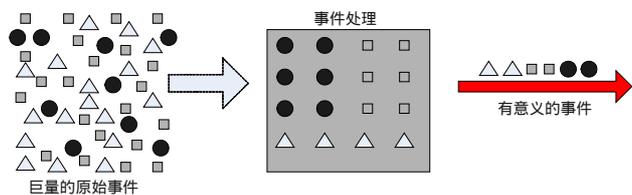


图 4 RFID 事件处理过程示意图

RFID 事件处理主要研究内容包括事件描述、事件过滤、事件挖掘、事件聚合、事件响应、事件存储等。

1)事件处理模型 事件是“指示某种行为的信息”^[5],包括系统产生的消息,系统状态的改变,任务的开始和结束等。事件在形式上类似于消息,如都包含数据,不同在于事件直接指示某些行为的发生。事件根据角度不同有多种分类方法。根据事件语义的聚合程度不同,事件可以分为简单事件和复杂事件。从分层的角度划分,事件又可分为底层事件和高层事件,底层事件是系统产生的实际事件(actual event);高层事件是由用户自定义的,从底层事件映射而成的复杂事件(虚拟

事件),复杂事件包含了更多的语义信息。从系统响应的角度来划分,事件可以分为常规事件、异常事件等。事件处理是指从原始事件生成复杂事件的过程,其中包含事件描述、过滤、挖掘、聚合、响应、存储等操作,已有的事件处理模型主要包括ECA(Event-Condition-Action), CEP(Complex Event Processing)^[5], Situation Manager^[6]等。

2)事件过滤 它是在输入的巨量事件中发现有用的和重要的事件,过滤冗余的、无关的数据,其目标在于减小事件的数量。在 RFID 事件过滤方面,尚无成熟的过滤规则或标准可以遵循。Sun 和 SAP 定义了一些简单过滤规则,如 smooth、delta、bandpass 等。尽管商业逻辑不同,但过滤都可归结为一些特定操作,如分组、计数、冗余删除、区分等。

3)事件挖掘 事件挖掘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,利用形式化的模式语言,实时地从大规模事件集合中提取模式的过程。这个过程所发现的模式是事件聚合的基础。事件挖掘是数据挖掘在复杂事件处理研究领域的延伸。

4)事件聚合 它是指由匹配某种模式的事件子集,生成符合相应输出模式的高层事件的过程。该事件通常具有更丰富的语义信息,更易于被应用程序所理解和使用。

5)事件响应 它由事件聚合产生的高层事件,触发用户预设的动作或行为,为反应式(Reactive)应用与主动式(Proactive)应用提供良好的支持。

6)事件存储 其当前研究的主要目标是为了更高效地处理大批量事件数据,减少数据处理中对后台数据库的频繁操作和因存储、查询所带来的数据在网络中的来回传输。其中,内存数据库的研究是当前热点,内存数据库采用不同的缓存策略,使 RFID 系统在把数据提交到磁盘存储之前,把数据写到 RAM 中去,其操作效率是传统操作效率的几百倍甚至几千倍。

(3)信息发布层 从事件处理层传递来的 RFID 信息流,不同的应用有不同的计算需求,如物流领域用来定位与追踪,安全领域用于身份识别,终端客户用于物品防伪等。但是不同的应用都有信息存储、信息包的路由、信息发布、访问控制、安全认证等共性需求,这些共性需求可抽取出来作为支撑不同应用的基础设施。由这些基础设施就构成了整个信息应用层。

目前作者所设计的 RFID 中间件已经初步具备了以上 3 个层次的功能,首先在数据采集层,编写的程序库能够支持

符合 ISO、EPC 等标准的阅读器和标签,但是目前还不具备即插即用(Plug and Play)功能和阅读器自组网的功能;在事件处理层,也能够根据标签的 ID 的相关范围来选择标签,对粘贴有标签的物品的进出事件作出判断和响应,但是过滤规则和事件的挖掘机制还有待于进一步补充和升级;在此基础上,能够以简单的智能超市的形式来进行信息的发布。其主要的特点是适配器和 filter 的扩展性强、加强了对 RFID 事件的处理、有较好的鲁棒性。

4 结束语

本文主要论述了目前 RFID 中间件的研究状况,包括目前国际上对此领域投入了精力的企业的研究机构和一些大学的研究团体,并指出了目前研究的一些不足和限制。之后介绍了 RFID 中间件的研究进展,特别是对 RFID 事件处理方面的研究作了较详细的描述。

RFID 中间件研究在国际上仍是一个较新的研究内容,成熟公认的成果不多,Forrester Research 2004 年下半年的调查结果显示:当前的 RFID 中间件的市场尚不成熟,尤其缺乏深层次上的功能。本文提出的一些关键技术和方法还需要经过更多的分析和实例检验,下一步的研究工作主要是通过完善目前的 RFID 中间件系统来实现 RFID 事件的形式化描述,进而在对大量的事件进行模式抽取的工作之上,研究符合 RFID 事件处理的聚合和挖掘机制。

参考文献

- 1 Landt J, Catlin B. Shrouds of Time: The History of RFID[R]. AIM Inc., 2001.
- 2 钟蕙安. RFID 技术运作的神经中枢——RFID Middleware[J]. Electronic Commerce Pilot, 2004, 6(14).
- 3 Clark S, Traub K, Anarkat D, et al. Auto-ID Savant Specification 1.0[R]. Auto-ID Center, 2003.
- 4 Wang Wei, McFarlane D, Brusey J. Timing Analysis of Real-time Networked RFID Systems[R]. Cambridge Auto-ID Lab, Cambridge, UK, 2005.
- 5 Luckham D C, Frasca B. Complex Event Processing in Distributed Systems[R]. Stanford University, Technical Report: CSL-TR-98-754, 1998.
- 6 Adi A, Etzion O. Amit——the Situation Manager[J]. The VLDB Journal, 2004, 13(2): 177-203.

(上接第 5 页)

算语境特征对语音韵律表现的影响权重。分析结果表明,低层韵律单元内的位置特征表现出最高的影响权重,其次是前音节音段,声调音联的权重则表现出后音节权重比前音节略高的特点。

利用本研究的成果,可以用权重值来替代或辅助语言学覆盖率条件来指导语料库文本选取。也可以将决策树的分类结果转换为语料分类规则或选音规则。本方法还可以用于分析不同风格和方言背景下,语音的韵律表现方式的综合差异。

本文设计的权重函数还是比较朴素的,下一步期望引入更多的特征,改善函数的评估性能。还希望对自然语言中其它句型进行分析。

参考文献

- 1 Peng Hu, Zhao Yong, Chu Min. Perpetually Optimizing the Cost Function for Unit Selection in a TTS System with One Single Run of MOS Evaluation[C]. Proc. of ICSLP'02. Denver: IEEE Press, 2002: 2613.
- 2 叶振兴. 移动语音合成系统的研究与实现[D]. 北京: 清华大学, 2005.
- 3 Blouin C, Bagshaw P C, Rosec O. A Method of Unit Pre-selection for Speech Synthesis Based on Acoustic Clustering and Decision Trees[C]. Proc. of ICASSP'03, 2003: 692.
- 4 蔡莲红, 黄德智, 蔡 锐等. 现代语音技术基础与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.