

基于 SOA 与资源即插即用的 RFID 中间件

吴 雯,李士宁,李志刚,张 羽

(西北工业大学 计算机学院,陕西 西安 710129)

摘 要:融合各种通信网络异构性的无线泛在网将成为网络发展的必然趋势。为实现无线业务的泛在化,提出一种基于 SOA 与资源即插即用功能的泛在网 RFID 中间件架构,使其能在未来的基于 Web 的无线泛在业务环境体系架构中完成智能感知设备资源的即插即用特性。介绍了该架构逻辑框架中各部分的功能与实现方法,并通过具体应用系统验证了该架构不仅可以解决 RFID 设备与应用系统之间的紧耦合问题,而且能够实现单一物理设备服务多种业务应用的需求。

关键词:RFID 中间件;面向服务的体系架构;即插即用;泛在网

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)09-0045-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.09.010

An RFID Middleware Architecture Based on SOA and Resource Plug and Play

WU Wen, LI Shi-ning, LI Zhi-gang, ZHANG Yu

(School of Computer Science, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China)

Abstract: The ubiquitous network which integrates the heterogeneous of various wireless communication networks will become the inevitable trend of network development. For the realization of ubiquitous wireless business, a RFID middleware architecture in ubiquitous network is introduced based on SOA and resource PNP, which achieves plug and play with the resources of smart sensor device in the future Web-based wireless ubiquitous business environment. Introduce each logical part's function and implementation method of this architecture and realize a specific application, which proves that this architecture can solve the tight coupling between RFID device and application systems, as well as the realization of multiple applications with single hardware device.

Key words: RFID middleware; SOA; PNP; ubiquitous network

0 引 言

随着电子信息、智能感知等技术的发展,信息网络逐步发展,无线传感网络^[1]与物联网^[2]的出现使得物理世界可被感知,从而为融合人与人、人与物、物与物之间的泛在网络奠定了基础。泛在网络的服务将以无所不在、无所不包、无所不能为3个基本特征,实现在任何时间、任何地点、任何人、任何物都能通过相应的终端设备与网络进行连接,获取信息服务^[3]。

无线接入技术的快速发展使得通信网络的异构性特征变得更加突出,有效地实现不同网络不同设备间的互联互通以及获取所需的各类服务,构建融合各网络异构性的无线泛在网络,从而更好地向用户提供他们所需的各种业务已成为业界关注的重点。

但在泛在网络应用开发领域,目前主要采用的仍是面向企业用户的垂直化的应用开发模式,在感知网络、业务开发和管理平台层面都缺乏对创新业务的有效支撑。泛在网络的传统网络体系结构自下至上分为感知延伸层、网络层以及应用层。因此,为了充分利用网络和应用层的现有能力,在传统泛在网络体系结构的网络层与应用层之间加入开放的泛在业务支撑平台,聚合泛在网络中的各项服务,形成基于 Web 的无线泛在业务环境体系架构,如图1所示。

射频识别^[4] (Radio Frequency Identification, RFID)技术是继无线传感器网络之后又一泛在网络中应用最普遍的感知延伸层技术,具有高速移动物体识别、多目标识别和非接触识别等特点,逐渐应用于农

收稿日期:2013-10-31

修回日期:2014-02-14

网络出版时间:2014-07-17

基金项目:国家重大专项项目(2012ZX03005007)

作者简介:吴 雯(1988-),女,硕士,研究方向为无线传感器网络;李士宁,教授,研究方向为无线传感器网络;李志刚,副教授,研究方向为无线传感器网络;张 羽,副教授,研究方向为无线传感器网络。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140717.1235.058.html>

业^[5]、医疗^[6]、安全管理^[7]等领域。因此,如何将 RFID 系统接入目的泛在网络就成为实现多网络环境下泛在网络业务的通信基础。在传统 RFID 应用系统中,RFID 设备与应用系统直接通信,系统间耦合度高,对业务变化的适应性差,每一台 RFID 硬件设备只为特定的应用软件系统服务。

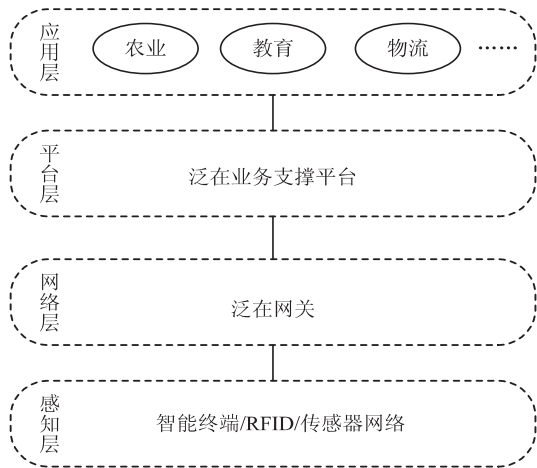


图 1 基于 Web 的无线泛在业务环境体系架构

褚伟杰等人^[8]提出了一种基于 SOA (Service Oriented Architecture, 面向服务的体系结构) 的 RFID 中间件应用集成方案,由中间件系统来负责数据的处理以及服务的管理(包括服务注册、服务查询等);Tae-Hong Shin 等人^[9]则提出了一套应用在供应链管理中的基于 SOA 以及 RFID/WSN (Wireless Sensor Network, 无线传感器网络)的信息框架,文中验证了 SOA 与 RFID/WSN 技术的结合,为供应处理事件节省了大量时间。这些研究案例虽然解决了 RFID 硬件设备与应用系统的紧耦合问题,但在其架构中 RFID 硬件设备必须对应用系统是可见的,这就限制了业务的泛在化。

文中研究的目的是在基于 Web 的无线泛在业务环境体系架构中,实现一种基于 SOA 与资源即插即用功能的 RFID 中间件(SOA and Resource PNP based RFID Middleware, SRPRM)架构,将 RFID 设备所能提供的资源、服务能力以业务资源为单位,自动上报注册到泛在业务支撑平台,无缝地“即插即用”入已有网络。个人与企业开发者通过 Web Services 服务接口调用某一应用场景中的实体 RFID 设备提供的服务来开发各自需要的业务,而完全不用关心具体是哪一台 RFID 阅读器提供的这一服务,借此实现一台硬件设备服务多项应用业务的泛在需求,从而促进业务创新。

1 术语介绍

1.1 面向服务的体系结构

面向服务的体系结构(SOA)^[10-11]是一种粗粒度、

松耦合服务架构,将具体应用程序功能作为服务发送给最终用户或者其他服务。传统 SOA 的体系结构包括服务请求者、服务提供者和服务代理者三个角色。服务提供者将自己所具有的能力封装成为独立的服务资源并发布该服务,同时对访问自己服务的请求做出响应;服务代理者则用于管理已经发布的服务,包括服务注册、服务分类以及服务搜索;服务请求者查找服务代理者管理的各个服务,找寻合适自己的服务来使用。

1.2 即插即用

即插即用(Plug-and-Play, PNP)技术是一种计算机硬件的一般术语,指在计算机上加一个新的外部设备时,能自动侦测与配置系统的资源,而不需要重新组态或手动安装驱动程序。

UPNP^[12](Universal Plug-and-Play, 通用即插即用)是一种架构在 TCP/IP 和 HTTP 技术之上的,分布式开放的网络架构^[13]。借助 UPNP 技术,设备可以动态加入到网络中并获得 IP 地址、传达功能以及了解其他设备的存在和性能。

泛在网中泛在资源的即插即用是指一个合法的泛在网络终端接入网络后,其他用户能够及时发现该终端设备,了解该设备及其网络所提供的服务能力以便使用。泛在资源的即插即用主要解决合法泛在终端的识别及其所提供的泛在服务资源发现和规范、收集与通告泛在资源的具体访问接口两个问题。

1.3 RFID 中间件

RFID 中间件^[14]介于 RFID 底层硬件设备(即由 RFID 阅读器与 RFID 智能标签组成的物理设备系统)与上层应用之间,是连接读写器与应用系统的纽带。它提供了丰富的应用接口,方便上层应用对底层 RFID 设备的管理以及对标签数据的处理,避免应用程序处理底层的数据流(如串口数据流等)。

RFID 中间件技术目前已进入了商业化应用阶段。IBM 公司推出了以 WebSphere 中间件作为基础的 RFID 解决方案;微软设立了 RFID 研发中心,主要研究 RFID 中间件的软件和平台的开发;美国麻省理工学院的 Auto-ID 实验室、Sun 公司都在进行 RFID 中间件的相关研发^[15]。

2 基于 SOA 与即插即用的泛在网 RFID 中间件架构(SRPRM)

文中研究的 SRPRM 架构基于 SOA 的思想,提供即插即用,底层原始标签数据的过滤、处理以及相应的数据库操作,响应上层应用请求等功能,从而向上提供有意义、不冗余的应用数据。文中将其逻辑架构分为三部分,如图 2 所示。

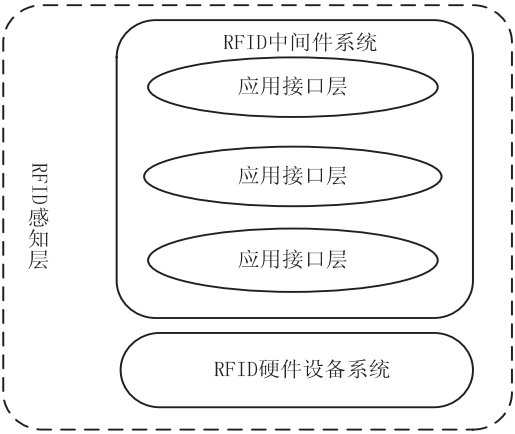


图 2 SRPRM 逻辑框架

2.1 硬件适配层

虽然读写器的主要功能有读取标签、读取设备的版本号、读取设备的波特率以及设置设备的波特率等。但是每台 RFID 读写器与上位机之间的通信接口通常有 RS232、RS485、Wiegand 以及以太网等多种接口,同时,不同厂家生产的 RFID 读写器具有专有的 API 接口以及通信格式。为了屏蔽这种异构性,文中提出的 SRPRM 架构对 RFID 阅读器的主要通用功能进行封装,使其成为通用的抽象逻辑接口提供给上层开发人员。表 1 为该层封装后的逻辑接口。

表 1 硬件适配层提供的逻辑 API

API	功能
getRfidVersion	获取 RFID 设备的版本号 VersionNum, 返回 <"version", VersionNum>格式的键值对
getRfidBaud	获取 RFID 设备的波特率 baudrate, 返回 <"baudrate", baudrate>格式的键值对
setRfidBaud (string baud)	设置 RFID 设备的波特率,baud 为字符串格式的新波特率(如"B9600")
Read	读取 RFID 标签,并返回相应的数据库记录

2.2 系统服务层

该层提供中间件的核心服务,实现泛在网络中 RFID 智能设备的即插即用,并提供自身服务给上层多个应用。系统服务层是整个 SRPRM 架构的核心部分,其运行阶段分为两部分:服务上报阶段与服务请求响应阶段。

1)服务上报阶段:RFID 智能设备系统上电启动后,自连到泛在网关,然后根据即插即用协议(URPNP)上报自己的服务能力,包括设备信息以及可对其进行的操作。

2)服务请求响应阶段:结束服务上报能力之后,RFID 智能设备系统进入应用服务阶段。周期性监测其识别范围内的标签并存储,接收上层下发的命令请求后做出响应。

该层的核心功能模块主要有:

(1)设备自动接入。RFID 智能设备系统上电启

动后自动搜索附近具有特殊命名的泛在网关,并自动连接到这些网关。在之后的服务上报及服务请求响应过程中自动检查自己的网络连接,若连接断开则重新连接,从而保持自身网络的连通。

(2)即插即用支持。系统使用自定义的 URPNP 协议上报自己的服务能力以便使这些能力可以注册到平台供远程应用系统使用,实现即插即用功能。底层智能感知设备的服务能力包括设备信息、设备可响应的动作、设备具有的资源以及设备具有的状态变量。

SRPRM 进行服务上报的流程如下:首先,中间件系统上报设备发现消息包,包中含有设备的标识号、所提供的服务资源个数等设备信息。然后等待平台返回的 ACK 信息,收到 ACK 表示该设备提供的服务已经注册到平台。然后,顺序发送资源定义消息包,描述该资源下所拥有的动作数量以及状态变量的数量。接着对之前上报的每个资源,发送对应数量的动作定义消息包和状态变量定义包,保证每一个动作(状态变量)定义包对应其所属资源拥有的一种动作(状态变量)。

(3)RFID 标签数据处理。为了防止遗漏标签,文中研究的 SRPRM 架构开启一个识别标签的专用线程,每隔 1 秒检测其识别范围内的 RFID 标签,并对其进行处理、过滤,若在 5 秒内出现同一标签,则丢弃,防止一张卡短时间内被多次识别。然后将该标签的标签号与当前识别的时间一起存入本地。

(4)数据库支持。由于标签可存储的信息有限,对于特定的应用需要自己的数据库支持,从而将标签号与具体信息对应,向上发送应用环境下的可用数据。当接收到上层读取识别标签的命令请求时,访问本地数据库,获取已识别到的每个标签所对应的记录信息。

2.3 应用接口层

该层负责处理系统接收到的上层命令并对其进行响应。当 SRPRM 收到一个命令报文时,对其进行解析获取命令编号。然后根据不同的命令编号,执行对应的操作,最后将得到的响应结果封装成响应报文后返回给上层。该层使用 XML(eXtensible Markup Language,可扩展标记语言)文档作为上层应用协议进行命令、响应数据的传输,其中命令的参数以及响应结果的返回值均采用变量名 name 和对应的变量值 value 来进行描述,具体格式如下:

```
(1)命令报文。
<? xml version="1.0" encoding="UTF-8"? >
<command>
<Num>number of parameters</Num>
<paramlist>
<parameter>
<name>name of parameter</name>
```



```
<value>value of parameter</value>
</parameter>
.....
</paramlist>
</command>
(2) 响应报文。
<? xml version="1.0" encoding="UTF-8"? >
<response>
<status>status of response</status>
<num>number of return value</num>
<rvarlist>
<returnvar>
<name>name of return value</name>
<value>value of return value</value>
</returnvar>
.....
</ rvarlist>
</response>
```

3 SRPRM 的应用验证

为了验证 SRPRM 架构,设计了一套高校宿舍安全管理系统,该系统的设备部署图如图 3 所示。其中 RFID 阅读器硬件设备通过 RS232 串口线与 RFID 中间件服务器相连,整个 RFID 系统(RFID 阅读器与 RFID 中间件系统)悬挂部署在宿舍楼门口处。

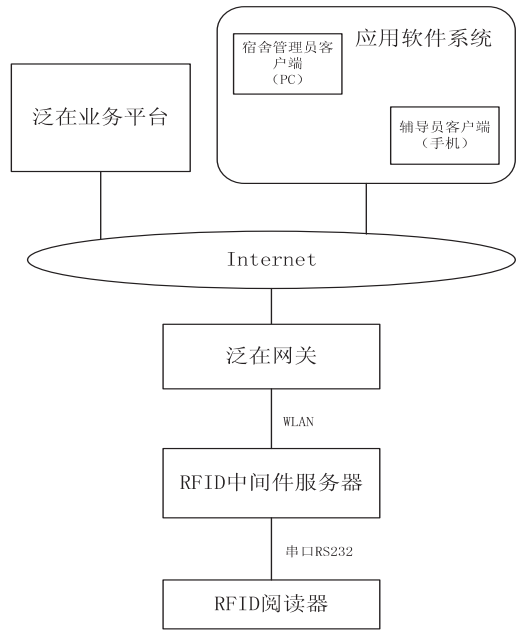


图 3 应用系统设备部署图

该系统旨在监测出入宿舍楼门口的学生,并记录他们的出入时间,将这些统计信息提供给不同的应用使用。为了更有效地保障学生的安全、改善宿舍环境以及防止夜不归宿现象的出现,需要宿舍管理员与学生的辅导员共同负责监督。

该系统中所用到的硬件设备如表 2 所示。

表 2 应用系统所用硬件设备

设备名称	具体信息
RFID 中间件	Vortex86DX-6354D 开发板
	Archlinux 32 位操作系统
RFID 读写器	JT-8290B 900M RFID 读写器
RFID 标签	JT-301 远距离白卡
泛在网关	Vortex86DX-6354D 开发板
	Debian 32 位操作系统
泛在业务平台	联想台式机
	Linux 操作系统
宿舍管理员客户端	联想台式机
	Linux 操作系统
辅导员客户端	SAMSUNG-I9100
	Android 操作系统

由于宿舍管理员与学生辅导员所关注的信息不同,因此需要开发两套功能不同的客户端程序,这两个客户端程序共用同一台 RFID 读写器。在开发客户端应用程序前,开发人员需查询泛在业务平台中当前注册的各种服务,然后选择具有上报学生信息的 RFID 系统服务,并查看该服务的相关文档,了解如何使用该服务后再利用服务提供的 Web Service 接口对该服务进行请求。

通过该应用系统的实现,可看出利用文中提出的基于 SOA 与即插即用功能的 RFID 中间件架构可实现一台物理 RFID 设备能服务多个应用软件,从而验证了该架构的可行性。下面对该系统各部分的具体实现做简单介绍。

3.1 RFID 中间件系统

正如前面所介绍,SRPRM 系统在上电开启后要自连到泛在网关并上报自己所具有的资源和服务能力。该高校宿舍安全管理系统中,RFID 系统用于识别学生的信息并记录识别时间,所以它需要上报的能力如表 3 所示(等号后面的数值为默认值)。这些能力根据 URPNP 协议进行封装,然后顺序发出。

结束上报服务阶段后,RFID 系统进入服务请求响应阶段,开始远距离、无接触、自主地、周期性地识别出入学生携带的身份卡。

3.2 宿舍管理员客户端

宿舍管理员关心是否有其他宿舍楼的学生进入了本栋宿舍楼以及学生出入的高峰期和低谷期,方便宿舍管理以及宿舍维修。该客户端是采用 HTML 以及 CSS 实现的 Web 页面客户端,实时显示当前各个宿舍的人数变动情况,并统计一天内学生出入的高峰时间段和低谷时间段。当识别到其他宿舍楼的同学时,及时报警给宿舍管理员。

3.3 辅导员客户端

每个辅导员只需要关心自己负责的学生是否有夜不归宿的情况以及是否有逃课的现象,而且负责的学

生有可能分住在若干个宿舍楼上。该客户端是 Android 程序,可运行于任何具有 Android 2.3 以上操作系统的智能手机上,这样辅导员可以随时随地查询自己的学生出入宿舍的情况。该客户端程序支持辅导员

根据自己学生的上课时间定制报警时间段,即在上课时间发现有学生仍然逗留在宿舍即可报警给辅导员。同时,辅导员可自定义宿舍宵禁时间,若过了这一时间仍有学生未返回宿舍则需要及时提醒辅导员。

表3 应用系统中 RFID 系统所上报的服务

资源分类	资源服务	具体描述
设备信息	DEVICE_ID=0	该 RFID 系统编号为 0
	RESOURCE_NUM=1	该 RFID 系统拥有资源个数为 1
资源信息	RESOURCE_RRFIDSENSOR=0	该 RFID 系统拥有可请求响应的 RFID 感知资源,编号为 0
动作信息	SUPPER_RESOURCE=0	表示下面的动作都属于编号为 0 的资源
	ACTION_RFID_GETVERSION=0	读取 RFID 版本号动作,编号为 0
	ACTION_RFID_GETBAUD=1	读取 RFID 波特率动作,编号为 1
	ACTION_RFID_SETBAUD=2	设置 RFID 波特率动作,编号为 2
	ACTION_RFID_READ=3	读取 RFID 识别数据动作,编号为 3
状态变量信息	SUPPER_RESOURCE=0	表示下面的状态都属于编号为 0 的资源
	VARIABLES_RFID_CARD_ID=0	0 号变量,存储学生身份卡卡号
	VARIABLES_RFID_STUDENT_ID=1	1 号变量,存储学生学号变量
	VARIABLES_RFID_STUDENT_NAME=2	2 号变量,存储学生姓名
	VARIABLES_RFID_STUDENT_CLASS=3	3 号变量,存储学生班级
	VARIABLES_RFID_STUDENT_DORM=4	4 号变量,存储学生宿舍号
	VARIABLES_RFID_STUDENT_TIME=5	5 号变量,存储学生出入的时间
	VARIABLES_RFID_BAUD=6	6 号变量,存储 RFID 设备的波特率
	VARIABLES_RFID_VERSION=7	7 号变量,存储 RFID 设备的版本号

4 结束语

文中对基于 Web 的无线泛在业务环境体系架构以及当前已有的基于 SOA 的 RFID 应用集成方案进行了分析,并对 RFID 中间件、SOA 思想以及即插即用的术语概念做了简要介绍。针对当前 RFID 中间件技术对无线业务泛在性的限制问题,提出了一种在基于 Web 的无线泛在业务环境体系架构中实现的基于 SOA 并具有即插即用功能的 RFID 中间件架构(SR-PRM)。通过该架构可将一台 RFID 设备所能提供的资源、服务能力供多个应用使用,实现业务泛在化。文中简要介绍了该架构的逻辑框架,最后通过具体的高校宿舍安全管理系统,验证了文中提出的 RFID 中间件架构的可行性。

参考文献:

[1] 孙利民. 无线传感器网络[M]. 北京:清华大学出版社, 2006.

[2] 宋俊德. 浅谈物联网的现状和未来[J]. 移动通信, 2010 (15): 8-10.

[3] 张 平,苗 杰,胡 铮,等. 泛在网络研究综述[J]. 北京邮电大学学报, 2010, 33(5): 1-6.

[4] Want R. An introduction to RFID technology[J]. IEEE Pervasive Computing, 2006, 5(1): 25-33.

[5] Ruiz-Garcia L, Lunadei L. The role of RFID in agriculture;

applications, limitations and challenges[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2011, 79(1): 42-50.

[6] Wang Shangwei, Chen Wun-Hwa, Ong Chong-Shyong, et al. RFID application in hospitals; a case study on a demonstration RFID project in a Taiwan hospital[C]//Proceedings of the 39th annual Hawaii international conference on system sciences. [s. l.]: IEEE, 2006.

[7] Weinstein R. RFID: a technical overview and its application to the enterprise[J]. IT Professional, 2005, 7(3): 27-33.

[8] 褚伟杰, 田永民, 李伟平. 基于 SOA 的 RFID 中间件集成应用[J]. 计算机工程, 2008, 34(14): 84-86.

[9] Shin Tae-Hong, Chin Sangyoon, Yoon Su-Won, et al. A service-oriented integrated information framework for RFID/WSN-based intelligent construction supply chain management[J]. Automation in Construction, 2011, 20(6): 706-715.

[10] 凌晓东. SOA 综述[J]. 计算机应用与软件, 2007, 24(10): 122-124.

[11] 吴家菊, 刘 刚, 席传裕. 基于 Web 服务的面向服务(SOA)架构研究[J]. 现代电子技术, 2005, 28(14): 1-4.

[12] UPnP device architecture 1.0[M]. [s. l.]: Microsoft, 2008.

[13] 丁 威, 陈耀武. 通用即插即用(UPnP)及其应用[J]. 现代机械, 2006(4): 52-54.

[14] Floerkemeier C, Lampe M. RFID middleware design-addressing application requirements and RFID constraints[C]//Proc of smart objects conference. [s. l.]: [s. n.], 2004: 219-224.

[15] 黄玉兰. 物联网射频识别(RFID)核心技术详解[M]. 北京:人民邮电出版社, 2010.

基于SOA与资源即插即用的RFID中间件

作者: [吴雯](#), [李士宁](#), [李志刚](#), [张羽](#), [WU Wen](#), [LI Shi-ning](#), [LI Zhi-gang](#), [ZHANG Yu](#)
作者单位: [西北工业大学 计算机学院, 陕西 西安, 710129](#)
刊名: [计算机技术与发展](#) 
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2014 (9)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjtz201409010.aspx