

一种基于物联网的多天线 RFID 纱锭定位系统

吴圭亮¹, 丁广太¹, 吴敏²

(1. 上海大学 计算机工程与科学学院, 上海 200072;

2. 江南大学 纺织服装学院, 江苏 无锡 214122)

摘要:针对纺纱厂需要对大量纱锭筒管的位置信息采集的需求,在纱厂引入 RFID 技术。典型的 RFID 阅读器只有一根天线,一次只能读一个电子标签。为了实现一个 RFID 阅读器一个工作周期能够读取多个电子标签,设计了一种多天线 RFID 阅读器。描述了此种多天线 RFID 阅读器的硬件组成与软件构成,同时对多天线 RFID 阅读器的线圈数目、阅读距离与切换时间之间的关系进行了探索。为解决 RFID 系统对数据传输的需求,根据中间件思想构建了基于 WebServices 技术的接口,介绍了其具体实现的模型,为企业内部间、不同企业之间的信息提供了一个松耦合的系统集成方案。

关键词:多天线;无线射频识别;WebServices;中间件;系统集成

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)11-0177-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.11.044

A Spindles Positioning System Used Multi-antenna RFID Reader Based on IOT Technology

WU Gui-liang¹, DING Guang-tai¹, WU Min²

(1. College of Computer Engineering and Science, Shanghai University, Shanghai 200072, China;

2. College of Textiles & Clothing, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: In spinning industry, it is needed to acquire and analyze the location based information of spindles. Using the RFID technology is a way to meet the needs. Classical RFID reader has only one antenna, it just reads one electronic tag once in one read-write cycle. In order to achieve a special RFID reader, which can read multiple electronic tags in one read-write cycle, a multi-antenna RFID reader system is designed. The architecture of the system is described. In the description, the number of coils in the RFID reader, identification distances between coils of RFID reader and electronic tags, and the switching time are discussed. To meet the data transmission requirements, an interface is constructed as middleware based upon WebServices. And the realization of the model of the interface is described in detail. RFID system integration based on WebServices can provide a loosely coupled way to enterprises for their internal and external information exchanges.

Key words: multi-antenna; RFID; WebServices; middleware; system integration

0 引言

物联网(the Internet of Things, IOT)是通过射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备,按约定的协议,把任何物品与互联网连接起来,进行信息交换和通讯,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络^[1-2],目前在国内外已得到了较为广泛的应用。随着物联网的不断发展和 RFID 技术的成熟,很多的企业开始将 RFID 技术与现有企业信息系统集成在一起,以此来提高企业运行的效率。

物联网中无线射频识别^[3]是一种通过电磁感应或电磁传播方式,使用读写设备非接触地对于电子标签进行写入或读取身份信息(ID)实现非接触自动识别的技术,用于对物品或人员进行自动识别,具有数据存储空间大、可读写、识别速度快等很多优良特点^[4]。RFID 技术已经开始应用于物流管理、家电监控等领域^[5]。

端到端的 RFID 技术将物理世界与计算机世界联系在一起,实现了物理信息的实时收集。WebServices 作为一种分布式网络组件,使用标准的 HTTP 来传输

收稿日期:2013-01-25

修回日期:2013-05-11

网络出版时间:2013-08-28

基金项目:国家“十二五”规划课题资助项目(201105033)

作者简介:吴圭亮(1988-),男,硕士研究生,研究方向为 RFID 技术、云计算。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130828.0759.003.html>

数据,并使用基于 XML 的数据格式,为不同端点之间的实时数据共享和事务处理提供了方便,已成为许多 B2B 和 B2C 应用程序的关键性集成技术。RFID 技术和 WebServices 技术结合可将 RFID 系统实时收集的物理信息融合到企业业务系统中,实现 RFID 系统和企业业务系统的集成^[6]。

在项目“基于 RFID 的纺纱车筒管定位系统”中,设计了一个多天线的 RFID 阅读器,并将 RFID 技术和 WebServices 技术结合实现对纺纱车上数以千计筒管的识别和跟踪。为解决纺纱企业中的纱管生产中的次品浪费,提供了一种智能化的处理方式。

基于 RFID 的纺纱车筒管定位系统的业务流程如图 1 所示。

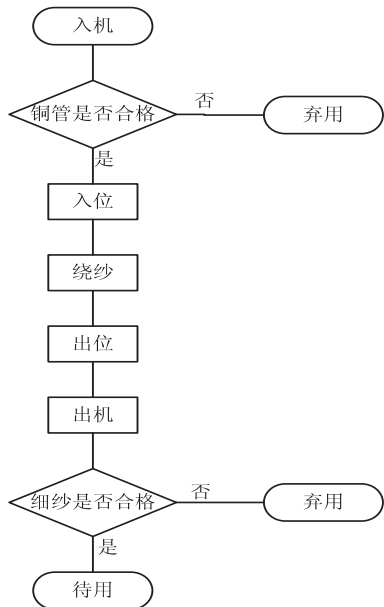


图 1 细纱锭(筒管)在一个使用周期内的状态转移略图

在整个生产过程中,细纱锭是被反复使用的。在每一生产周期和使用过程中,细纱锭的主要状态有:进入细纱机(入机),进入工作位置(入位),受锭子高速旋转驱动绕纱(绕纱),绕纱过程完成退出工作位置(出位),从细纱机退出进入纺纱机(出机),进入纺纱机后参与纺纱过程(纺纱),纺纱过程结束后空闲待用(待用),进入下一个生产周期,循环利用。

细纱质量监测从信息处理的角度看,主要解决的问题是:在“细纱合格判断”环节,通过数据处理手段,得到该筒管在当前周期中的绕纱工位号。此类问题的关键在于需要将绕纱工位号与流动的细纱锭一一对应起来,这就需要在绕纱周期内把所有绕纱工位号全部扫描记录到数据库中。这里有两种方式可以选择:(1)人工一个一个的进行扫描;(2)成批进行扫描。第一种方式在纺织行业已有相关的应用,显然在实际应用中成批进行扫描既提高效率又节约成本,如何成批

进行扫描是文中设计多天线 RFID 阅读器的初衷。

1 多天线 RFID 阅读器的设计

1.1 RFID 系统的构成

RFID 识别系统^[7]由电子标签、阅读器、RFID 中间件和应用系统软件组成。标签一般由芯片和天线组成。每个标签具有唯一的电子编码,附着在物体上或嵌入物体内部,用于标识目标对象。阅读器通过控制射频模块向标签发射读取信号,并接收标签的应答,同时读写器将时钟信号和能量发送给标签,阅读器对标签的对象标识信息进行解码,并将对象标识信息连同标签上的其他相关信息传送到 RFID 中间件以进行后续处理。RFID 中间件负责对阅读器所读取的标签数据进行过滤、汇集和计算,以减少从读写器传往企业应用的数据量。RFID 应用软件针对不同行业的特定需求而开发,如公共汽车的收费系统。

典型 RFID 阅读器里面只有一根天线用于与电子标签产生电磁感应,一次只读取一个电子标签的数据信息。

1.2 多天线 RFID 阅读器的设计

多天线 RFID 阅读器是在传统 RFID 阅读器和外接天线间加入一块矩阵开关电路,在单片机的控制下依次导通各个分离的天线,这样,只要在该天线检测区域内有电子标签,便会读取电子标签的信息。在多天线 RFID 阅读器中,所有的外接的天线组成天线杆,在天线杆中,每个天线都有自己的唯一编号,这些外接的天线就具有对物理位置进行一一对应的功能,当该外接的天线工作时,将自己唯一编号和电子标签信息一同传送到后台数据库中,这样通过查询电子标签的 ID 号就可确定物品的物理位置。

多天线 RFID 阅读器由原来的发射部分、接收部分与控制模块和矩阵开关电路四部分组成,如图 2 所示。

1.2.1 矩阵开关电路硬件组成

矩阵开关导通电路位于阅读器与天线之间,使阅读器能够读取多个检测天线工作区域中标签的信息,并将检测天线在天线杆中唯一编码和标签中的信息一同传给阅读器,使阅读器具有定位和识别的功能。矩阵开关电路是由 ATmega8 单片机进行控制的,单片机通过选通其中的两个通道,这样该天线就导通了,该天线一端与 125 kHz 方波生成电路连接(在图 3 中的 A 端),另一端与信号解码电路连接(在图 3 中的 B 端),这样就可实现读取该线圈附近的电子标签的功能。其功能框图如图 3 所示。

1.2.2 天线杆的构成

一个天线线圈的两端主要有两部分电路,其中一

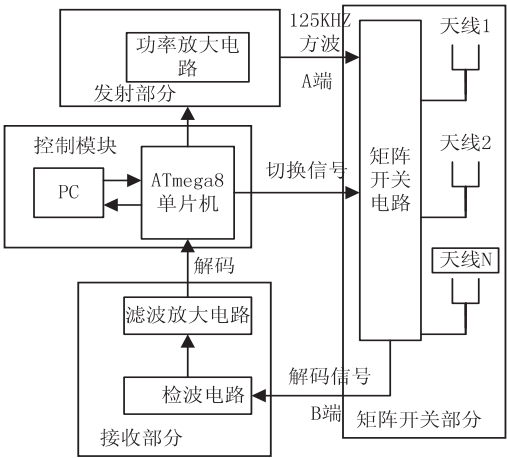


图 2 多天线 RFID 阅读器的组成框图



图 3 矩阵开关电路功能的框图

端记为 125 kHz 方波端,另一端记为解码信号端。125 kHz 方波端信号是由单片机产生的 125 kHz 的方波经功率放大输入到天线线圈中去的,给在天线附近的电子标签提供能量,在这里记为天线的 A 端;解码信号端检测到天线线圈附近有电子标签后,接收信号进行解码,在这里记为 B 端。文中以 16 根天线为例叙述系统工作原理。天线杆中的天线与阅读器之间的组合连接方式有两种。

(1)天线杆的组合方式 1。

A 端通过矩阵开关的切换能扩展成 4 根 125 kHz 的方波端;B 端类似采用矩阵开关也扩展成 4 根解码信号端。A 端的 4 根线选一根与 B 端的 4 根选一根,这两根线导通连接到天线线圈上,就组成了一个完整的 RFID 阅读器,通过矩阵开关的切换,一共可以产生 16 种不同的组合,也就是说该阅读器具有 16 根天线,可以阅读 16 个电子标签。采用这种方式每一根线上

就需要将 4 个线圈的一端挂在一起,在实验中,发现 4 个线圈挂在同一端,对距离的影响很大,共用端的数目越多,阅读的距离就越短,尤其是在共用端数目达到 4 的时候,阅读距离就变很短(1 厘米左右)。

(2)天线杆的组合方式 2。

将 B 端当作共用端,另一端即 A 端通过矩阵开关分别接通 16 根天线的一端,在实验中,发现其对 RFID 阅读器距离的影响很小。采用组合方式 2 更适合多天线 RFID 阅读器,但这种方式是以牺牲 A 端线数为代价的,要产生多少个 RFID 阅读线圈就需要多少根导线。

以上这两种方式,发现影响读写距离的主要因素在于 A 端不能共用,尤其是在 A 端共用超过 4 后,就对距离影响很大。因为 A 端是产生 125 kHz 的方波,一旦共用,线圈之间就会串扰,会对导通的那个线圈波形产生影响,这就直接影响到输入包络检波电路的信号,从而单片机就认为是干扰信号,无法进行解码。

1.2.3 软件组成

多天线 RFID 阅读器主要完成标签信息的解码和对矩阵开关的导通控制等功能。在初始加电后,设置扫描时间,即矩阵开关的切换时间,一旦阅读器接收到对整个天线的扫描命令,控制矩阵开关的单片机就按照设置好的扫描时间依次导通矩阵开关。当导通第一路天线时,如果在天线工作区域里有标签,则单片机就对标签信息进行解码。由于控制矩阵开关和解码的工作都是由单片机进行的,所以在对标签信息解码后,往外发送数据的时候就可以把天线对应的天线杆中唯一编码连同标签信息一并发送,从而实现对标签的定位和识别。程序流程图如图 4 所示。

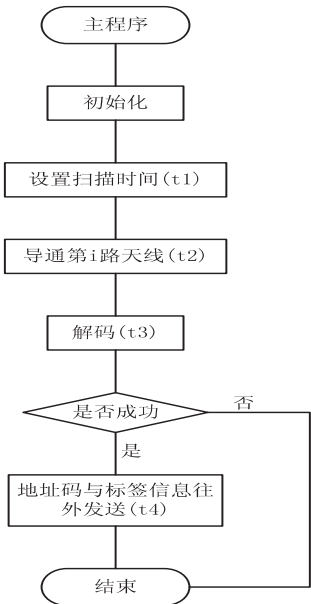


图 4 多天线 RFID 阅读器软件流程图
设按组扫描周期是 T , 则

$$T = N \max \{ t_1, t_2, t_3 \} + t_4 \tag{1}$$

其中 N 为该组天线的数目。当 N 较大时 ($N > 10$)， t_4 可以忽略不计。解码时间 t_3 由单片机速度和解码算法的效率决定；天线导通时间 t_2 由天线电子线路的物理特性决定，天线信号与电子标签中的电路相互感应从而完成一个完整的信号读取周期，所用时间是固定的。若 $t_1 < t_2$ ，则标签信息不能成功读取。标签信号解码成功与否，对应的 t_3 的值也是不一样的。 t_2, t_3 的值是系统的固有参数，通过设置不同的 t_1 ，观测 T ，根据公式(1) 能够粗略估算 t_2, t_3 的值。

1.2.4 系统切换时间对阅读器的影响

该多天线 RFID 阅读器极限扫描时间为 170 ms 左

表 1 不同切换时间下的多天线 RFID 阅读器扫描标签的成功率

切换时间/ms	180	200	250	300	450	600	750	900	1 000
成功率/%	66.5	46.6	45.8	47.4	70.6	79.3	80.1	78.7	77.8

从实验测试的结果可以看出：200 ms 到 450 ms 之间的读取成功率很低，但随着切换时间的增加，即从 450 ms 到 900 ms 之间其是呈增长性的。但时间在 900 ms 再增加时，其读取的成功率变化不大了。这个测试时间只是针对采用 125 kHz 的低频 RFID 阅读器的。根据表 1 的数据，可大概估计出 $\max \{ t_2, t_3 \} \approx t_1$ ，事实上单片机运算时间远远低于 600 ms，因而 $t_2 \approx t_1$ 。在实际应用中，采用的是 600 ms 作为该多天线 RFID 阅读器的切换时间。

2 基于 WebServices 的多天线 RFID 阅读器体系结构

为了使文中所设计的多天线 RFID 阅读器能够与现有企业后台系统（如 ERP 系统）之间进行集成，使得系统间耦合度低，对业务变化的适应性强，采用了基于面向服务体系架构（Service - Oriented Architectures, SOA）的思想，而 WebServices 是目前对 SOA 最为广泛接受的实现方式，WebServices 屏蔽了异构的平台和语言，从而可以轻易地实现应用集成^[8-9]。WebServices 技术在 RFID 系统中的主要应用是在系统的支撑软件上，尤其是介于读写器与企业应用之间的中间件、相关企业应用之间的业务连接，以及企业应用与服务注册中心之间的信息交互上^[10]。

由于 WebServices 使应用程序的集成发生在协议栈的较高层，基于更注重服务语义而非网络协议语义的消息，实现了业务功能的松散集成。这一特点有助于在企业间和企业内部通过 Web 连接业务功能^[7]。采用 WebServices 的集成方案，能够把该多天线 RFID 阅读器的功能抽象成服务，企业应用系统通过请求/服务的方式来获取该 RFID 阅读器提供的服务。

右，小于 170 ms 时，该多天线的 RFID 阅读器扫描不到电子标签。在实际的应用中，希望该多天线的 RFID 阅读器切换的时间越短越好，1 000 ms 是切换时间的上限值，因为大于 1 000 ms 对于该项目来说就没有多大的意义。为了保证测试的有效性，选取了 180 ms、200 ms、250 ms、300 ms、450 ms、600 ms、750 ms、900 ms 和 1 000 ms。实验系统的组成：12 天线的 RFID 阅读器，每个天线间的间隔为 7 cm，标签离天线的距离为 5 cm。每根切换时间下，测试 100 次，记录 1 到 12 号天线读取成功的次数。

成功率的计算：100 次 1 到 12 号天线读取标签的成功次数除以 1 200，见表 1。

文中所设计的基于 WebServices 的多天线 RFID 阅读器控制系统（如图 5 所示）提供的 WebServices 接口，供外部信息系统（如 ERP 系统）调用，进行对多天线 RFID 阅读器数据的读取。图中的天线杆，即多天线，由一组天线组成的长条形的特制杆子。

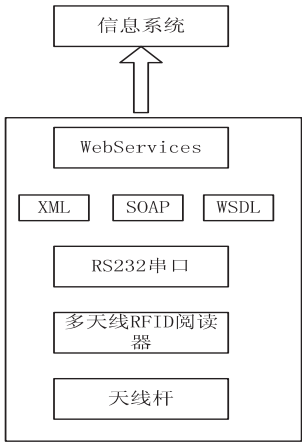


图 5 基于 WebServices 的多天线 RFID 阅读器控制系统结构

3 基于 WebServices 的多天线 RFID 阅读器的集成模型

目前，文中所研究的多天线 RFID 阅读器主要是用于对纺纱机上众多纱锭管的追踪定位。在纺纱厂中具有众多的纺纱机，而纺纱机上有成千的纱锭管，如何高效、快捷、准确的对这些纱锭管的追踪定位是该系统设计的初衷。同时为了更好地与现有的企业信息系统融合，采用 WebServices 作为中间件。

基于 WebServices 的多天线 RFID 阅读器纱锭追踪系统的关键技术实现：

(1)该系统实现中，开发环境使用 MyEclipse8. 5

和 Flash Builder 4.0, 开发语言使用 Java 和 ActionScript 3, 后台数据库使用 MySQL。硬件环境: 文中设计的多天线 RFID 阅读器和 EM4100 标签。

(2) 描述标签信息。

纺纱车上的纱锭嵌入的标签信息由如下构成: Tab_ID (标签序号)、Tab_LOCATE (标签位置)、Tab_NO (标签号)、Scan_Time (扫描时间)。其中 Scan_Time (扫描时间) 是将标签信息写入数据库的时间, 以便对出错标签信息的跟踪查询。

(3) 实现并发布 Web 服务。

在 MyEclipse 中新建一个 Web Service Project, 通过 XFire 可以生成服务的接口和实现。XFire 是与 Axis2 并列的新一代 WebServices 框架, 通过简单的 API 支持 WebServices 各项标准协议, 帮助用户方便快速地开发 WebServices 应用^[10]。

如下是其中一个接口和实现:

//接口的描述

```
public interface IRFIDServices {
    public Collection<Map> query(String sql); //查询标签信息
}
```

//接口的实现

```
public class RFIDServicesImpl implements IRFIDServices {
    public Collection<Map> query(String sql) //具体实现
    {
        con = conn.getConnection();
        stmt = con.createStatement(ResultSet.TYPE_SCROLL_SENSITIVE,
            ResultSet.CONCUR_UPDATABLE);
        rs = stmt.executeQuery(sql);
        ...
    }
}
```

在服务器上, 用 Tomcat 将 Web 服务发布, 应用程序就可以调用 Web 服务了。

(4) 在展示界面上调用 Web 服务。

在 Flash Builder 中新建一个 Flex 项目。在该模型中, 在 RFID.mxml 文件中的关键实现代码如下:

//实例化一个 WebService

```
<mx:WebService id="ws" wsdl="http://localhost:8080/RFID/services/RFIDService?wsdl" showBusyCursor="true" fault="wsFault(event)">
```

```
<mx:operation name="query"/>
```

```
</mx:WebService>
```

//调用查询标签信息的方法

```
ws.query("SELECT Tab_ID, Tab_LOCATE, Tab_NO, Scan_Time FROM dbo.RFIDTab");
```

(5) 多天线 RFID 阅读器与工控机的通信。

该项目中, 多天线 RFID 阅读器使用的是串口与外界进行通信, 所以工控机上运行的中间件需将串口

进行封装, 目前, 常见的 Java 串口^[11] 包有 SUN 在 1998 年发布的串口通信 API: comm2.0.jar (Windows 下)、comm3.0.jar (Linux/Solaris); 该项目使用的是 comm2.0.jar。其关键实现代码如下:

//传送串口名创建 CommPortIdentifier 对象服务

```
portId = CommPortIdentifier.getPortIdentifier(portName);
```

//使用 portId 对象服务打开口, 并获得串口对象

```
serialPort = (SerialPort) portId.open(PORT_OPEN, 2000);
```

//通过串口对象获得读串口流对象

```
inputStream = new DataInputStream(serialPort.getInputStream());
```

//通过串口对象获得写串口流对象

```
outputStream = serialPort.getOutputStream();
```

4 结束语

文中设计了一个多天线的 RFID 阅读器, 一次能够读取多个电子标签, 是对传统阅读器的一次延伸, 可以极大地降低成本, 同时对多天线的组合方式进行了初步的探讨, 给出了多天线切换时间对多天线 RFID 阅读器的影响数据。为了降低 RFID 系统传输数据与现有企业信息系统集成难的问题, 构建了基于 WebServices 技术的接口。现有信息系统可以容易地调用该 WebServices 接口, 从而减少对现有系统的影响。

参考文献:

- [1] ITU internet reports 2005: the internet of things [R]. [s. l.]: International Telecommunication Union UIT, 2005.
- [2] Weber R H. Internet of things—need for a new legal environment [J]. Computer law and security report, 2009, 25(6): 522–524.
- [3] 张飞舟, 杨东凯, 陈智. 物联网技术导论 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2010.
- [4] 刘富春, 周受钦. 基于 RFID 的物流装备信息监控网络平台设计 [J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(7): 227–230.
- [5] 黄楷胤, 陈毅, 李龙杰, 等. 基于 Web Service 的 RFID 系统集成应用 [J]. 微计算机信息, 2009, 25(12–2): 15–17.
- [6] 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.
- [7] Moitra D, Ganeshb J. Webservices and flexible business processes: towards the adaptive enterprise [J]. Information & management, 2005, 42(7): 921–933.
- [8] Grefen P, Ludwig H, Dan A, et al. An analysis of WebServices support for dynamic business process outsourcing [J]. Information and software technology, 2006, 48: 1115–1134.
- [9] 赵毅强, 曾隽芳. WebServices 在 RFID 系统中的应用综述 [J]. 计算机应用研究, 2006(12): 1–3.
- [10] 丁振凡, 王小明, 邓建明, 等. 基于 Java 的串口通信应用编程 [J]. 微型机与应用, 2012, 31(13): 84–86.

一种基于物联网的多天线RFID纱锭定位系统

作者：

吴圭亮, 丁广太, 吴敏, [WU Gui-liang](#), [DING Guang-tai](#), [WU Min](#)

作者单位：

吴圭亮, 丁广太, [WU Gui-liang](#), [DING Guang-tai](#)(上海大学 计算机工程与科学学院, 上海, 200072), 吴敏, [WU Min](#)(江南大学 纺织服装学院, 江苏 无锡, 214122)

刊名：

[计算机技术与发展](#)

ISTIC

英文刊名：

[Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期):

2013(11)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201311045.aspx