

# 面向 PCB 装配过程跟踪的 RFID 中间件

田世勇, 吴立辉, 孙磊, 张洁

(上海交通大学计算机集成制造研究所, 上海 200240)

**摘要:** 针对 PCB 装配生产跟踪不实时、产品追溯效率低的问题, 引入无线射频识别(RFID)技术标识物料和产品, 提出基于 RFID 的 PCB 生产跟踪。研究 RFID 中间件技术, 结合 PCB 装配的特点确定中间件的功能模块及各模块间交互的信息, 设计各模块的处理流程。实验结果表明, 该 RFID 中间件提高了数据采集能力, 为 PCB 生产过程跟踪奠定了基础。

**关键词:** 无线射频识别; RFID 中间件; PCB 装配

## Radio Frequency Identification Middleware for PCB Assembly Process Tracking

TIAN Shi-yong, WU Li-hui, SUN Lei, ZHANG Jie

(Computer Integrated Manufacturing Research Institute, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240)

**【Abstract】** With high automation level, PCB assembly industry is circumscribed by the product marking while it intends to improve its production tracking. To change this, this paper uses Radio Frequency Identification(RFID) to mark the materials and the products instead of barcode as before. It defines the functions of RFID middleware, defines the information exchange between the function modules and develops the middleware. All this make product tracking system more efficient.

**【Key words】** Radio Frequency Identification(RFID); RFID middleware; PCB assembly

### 1 概述

以表面贴装技术(Surface Mount Technology, SMT)为主导的 PCB 装配企业越来越多地面对短周期、低成本、高要求的市场需求。PCB 装配企业采用面向客户订单的生产方式, 产品生产周期短、订单变化快; 物料品种多, 供应商数量多, 装配过程变更频繁。为了应对订单的变化, 高效处理生产中的问题, 企业必须实时监控生产状况, 快速动态地响应生产异常。这些问题对 PCB 装配企业的生产追踪提出了更加严格的要求。

欧盟的环保双指令 RoHS 指令和 WEEE 指令已经施行, 我国的《电子信息产品污染控制管理办法》在 2007 年 3 月 1 日也已经施行。这些法规的执行要求企业的电子信息产品中不得含有 6 种有害物质: 铅, 汞, 镉, 六价铬, 聚溴联苯和聚溴联苯醚。在短时间内过渡到无铅制造将完全破坏现有电子产品供应链中的采购、仓储和生产系统, 这对企业的产品制造成本以及目前的生产管理和制造过程提出了挑战。

为了提高企业生产管理能力和问题处理效率, 应对控制有害物质的法律法规, PCB 装配企业的信息系统需要实时记录生产信息, 并实现生产信息与产品的关联, 建立事件驱动的动态异常处理机制, 出现问题产品时, 系统要精确发现问题的根源, 及时提出应对方案, 同时完成问题产品的召回。

本文针对 PCB 生产的特点, 利用无线射频识别技术(Radio Frequency Identification, RFID)自动读取、效率高等优点, 引入 RFID 设备, 弥补了 PCB 装配物品标识方面条码技术的不足, 提高了数据采集能力。研究面向 PCB 装配的 RFID 中间件, 提高了数据处理能力, 同时 RFID 标签巨大的存储量也使产品追溯效率大大提升。

### 2 PCB 装配车间的生产过程跟踪

#### 2.1 PCB 装配车间生产过程跟踪现状

生产过程跟踪与产品追溯的基础是产品标识。当前 PCB 装配行业物料标识主要依靠条码技术实现。在 PCB 基板上添加条码标签, 生产车间设置扫描枪记录生产信息, 销售点通过扫描条码联系产品生产信息<sup>[1]</sup>。物料与 PCB 基板上都添加条码标签可以在生产中通过核对标签信息实现上料防错<sup>[2]</sup>。

随着企业信息化的不断深入, 条码信息量小等缺陷对企业提高生产管理效率的影响越来越明显。在 PCB 装配生产物品标识应用中条码主要存在以下缺陷:

- (1) 由于无法实现穿透扫描, 且基板和物料盘堆放在一起, 因此需要逐项扫描条码标签。条码需要近距离扫描, 丢失率高。
- (2) 许多工位(贴片机上料等)扫描需要人工操作, 自动化水平低。
- (3) 被查出质量问题的产品下线需要检验人员扫描条码, 容易出错。
- (4) 半成品库打包时产品需要按照条码号分发, 当产品位置放错时需要逐一扫描, 工作量大。
- (5) 条码环境适应性差, 易污损, 而且细微的损坏会严重影响读取效果。

**基金项目:** 国家科技支撑计划基金资助项目(2006BAF01A44)

**作者简介:** 田世勇(1983 - ), 男, 硕士研究生, 主研方向: 企业信息化; 吴立辉, 博士研究生; 孙磊, 硕士研究生; 张洁, 教授、博士、博士生导师

**收稿日期:** 2009-04-10 **E-mail:** zhangjie@sytu.edu.cn

(6)条码信息量小,且不可写。

现有的问题主要是由条码技术本身的缺陷造成的。条码每次只能读取1个标签,必须近距离读取,当物料堆积在一起时读取十分不便,效率低下,而且容易出错。条码标签信息含量小,数据一经印刷便无法改变。针对条码的这些缺点,本文提出采用RFID技术标识物料和产品。

RFID作为20世纪90年代新兴起的自动识别技术具有非接触大批量读取、效率高、环境适应能力强等优点<sup>[3]</sup>。在过去十来年间,共有6000多项关于RFID技术的专利被申请,主要集中在美、欧、日等发达国家和地区。它们目前正在通过标准制定、规模优势以及商业化手段强制使用等途径,进一步巩固其在RFID领域的技术优势。国内目前在该领域的研究主要集中在RFID的硬件实现和RFID中间件实现两方面,整体来说处在起步阶段。相关的研究从最初的食品监督管理逐渐扩展至停车场、门禁、批发零售业等各行各业,但是工业生产中的应用还局限在汽车等少数行业。

在PCB装配行业采用RFID代替传统的条码技术标识产品,RFID提高了PCB装配的数据采集能力,标签可读写性地实现了产品与生产信息的关联,RFID标签携带的大量信息在处理产品追溯和召回时效果显著。但是要完成这些还必须使RFID系统与企业信息系统无缝集成。

## 2.2 基于RFID的PCB装配车间生产过程跟踪

生产状况实时监控与生产信息的处理都由制造执行系统(Manufacture Executive System, MES)完成,所以,提高企业生产跟踪能力和对事件反应速度的关键是提高MES系统收集信息和处理信息的实时性和效率。

PCB装配行业MES处理的基本信息有:基板、焊膏等物料信息;贴片机、插装机等设备信息;人员信息;温度、铅含量等生产参数。MES通过对这些信息的分类集成和显示实现PCB装配的生产跟踪。MES生产跟踪系统利用RFID数据量大、可读写的优点,通过对物料使用状况的实时掌握联系各个工位的生产信息,实现物料信息与生产信息的关联,如图1所示。

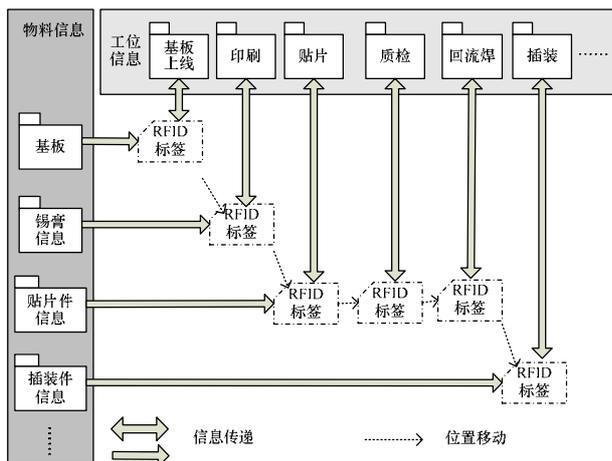


图1 基于RFID标签的信息关联

RFID设备采集的信息要成为MES实现实时生产跟踪和事件处理需要的数据还须经过预处理和筛选,而且RFID设备必须与信息系统的充分信息交互,这些功能都需要用RFID中间件实现。RFID中间件是连接RFID硬件与MES的桥梁,是RFID系统的核心。RFID中间件的信息传输和数据预处理是基于RFID的PCB装配车间生产跟踪系统的基础。

## 3 面向PCB装配的RFID中间件

### 3.1 RFID中间件的总体架构

Auto-ID Center提出的RFID中间件架构<sup>[4]</sup>包含阅读器接口、处理模块单元和应用程序接口3个部分。Savant Specification 1.0<sup>[5]</sup>还定义了对象名称服务等其他功能。对象名称服务主要用于产品追溯时确定产品生产位置,进而查询该产品的生产状况。在Savant Specification 1.0标准的中间件架构的基础上,结合PCB装配过程的记录生产信息、盘点物料和生产防错等需求,建立面向PCB装配的RFID中间件的总体结构,见图2。

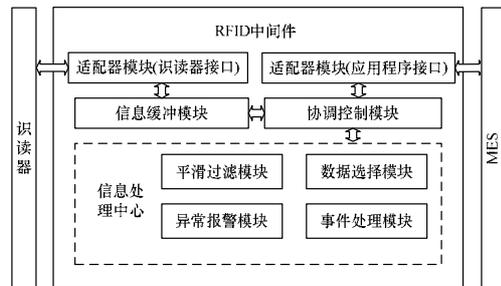


图2 面向PCB生产的RFID中间件总体架构

面向PCB装配的RFID中间件包含3个部分:阅读器接口,数据处理中心和应用程序接口。

(1)适配器模块。为了实现阅读器与应用程序更便捷的交流,本文将阅读器适配器与应用程序接口一起定义为适配器模块,有3个功能:1)接收指令控制阅读器,监视阅读器的工作状态;2)接收阅读器读取的产品码,发送给信息缓冲模块;3)把经过处理的信息发送给应用程序。

(2)信息缓冲模块。阅读器可以一次性读取大量信息,并实现短时间内多次读取,为了缓解短期内标签数据量大的问题,适配模块处理好的数据并不直接发送到处理模块,而是放到一个缓冲区队列中,后面的处理模块从缓冲区中取数据。该缓冲区就是信息缓冲模块。信息缓冲模块可以在标签数量大和读取信息量不均衡的情况下防止数据的丢失。

(3)信息处理中心。信息处理中心由4个处理模块组成:平滑过滤模块,数据选择模块,事件处理模块,异常报警模块。平滑过滤模块将数据统计分类提取有效信息供其他模块调用,数据选择模块按照需要对数据进行筛选,经过筛选分类的数据送交各模块处理。事件处理模块监测2个位置数据的差异,防止物料非正常下线并保证物料正常下线后生产线计数的正常进行。异常报警模块对物料丢失、阅读器运转异常等问题报警。信息处理中心是中间件的核心,阅读器接收到的信息通过信息缓冲模块进入信息处理中心,信息处理中心按照中间件关于处理模块的配置,把信息发送给相关处理模块,并把处理后的结果通过适配器发送给上层应用程序。

以上所有模块的协调控制由协调控制模块实现。同时,协调控制模块还完成用户对中间件的配置,例如,用户可以根据对不同工位的需求,设置使用或者屏蔽哪些模块。

### 3.2 RFID中间件的事件处理流程

中间件信息流状况如图3所示。应用程序接口接收应用程序对阅读器的指令信息并把它转化为阅读器调试指令通过阅读器接口发送给相应的阅读器。同时应用程序接口根据要求设置信息,发送给协调控制模块。阅读器读取的标签信息经过阅读器接口传输给信息缓冲模块缓冲备用。信息处理中心调用缓冲模块的标签信息,按照要求处理之后经过应用程

序接口发送给应用程序。

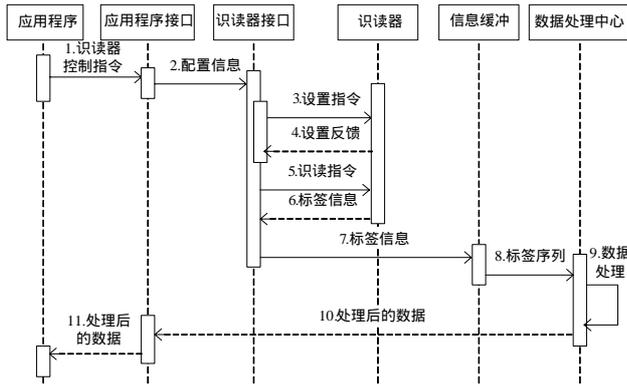


图3 中间件信息流

#### 4 信息处理中心各功能模块设计

信息处理中心是中间件的核心部分,本文根据 PCB 装配的现状设置了 4 个功能模块,研究了各模块的算法。其中,平滑过滤模块把阅读器获取的数据整理成有效数据;数据选择模块根据需求筛选数据;事件处理模块完成设定的一系列实时事件的处理;异常报警模块跟踪 RFID 设备及中间件的工作状况,对异常状况报警。限于篇幅,以下主要介绍平滑过滤模块和数据选择模块的设计。

##### 4.1 平滑过滤模块

平滑过滤模块是 RFID 中间件的基础模块。PCB 装配生产自动化水平高,相邻工位的距离通常在 3 m 以内,物料在线上连续传输,相邻工位的物料标签可能会发生碰撞冲突,中间件必须有效区别这些标签。由于物料在单一工位有短时间停留,因此中间件可以记录其标签的出现次数和时间段,通过与预先设定的阈值进行比较确定该标签信息是否有效。该阈值与生产状况有关,需要根据实际生产状况由协调控制模块进行设置。如图 4 所示,数据存储列表由信息缓冲模块提供,缓冲模块暂存的数据是各阅读器直接读取的数据,未经过任何处理,其中既有该工位的标签数据也有来自其他工位的干扰数据,中间件从时间和空间 2 个维度过滤这些数据,生成有效的数据列表。

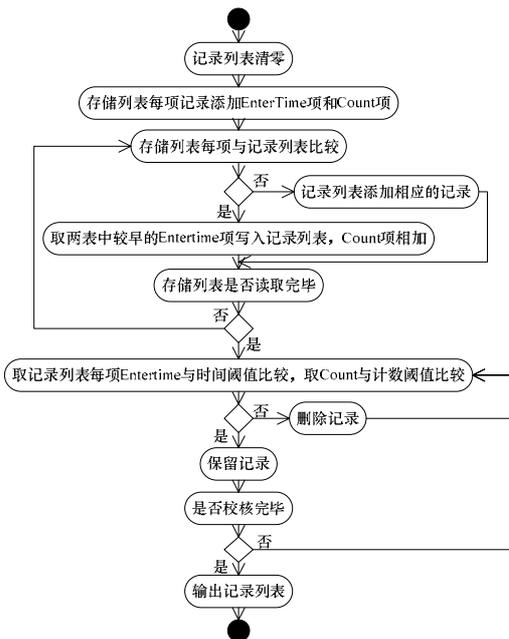


图4 平滑过滤模块处理流程

在时间维上,中间件可以获知某标签在某工位的停留时间,此时间段外读取的标签记录可视为与该工位无关;在空间维上,RFID 读取效果与距离有关,与天线距离越近的标签读取效果越好,而超出读取距离的标签尽管有被读取的可能,其被读取的次数必然远小于天线附近的标签,由此中间件可以根据实验确定计数阈值,认为读取次数低于该阈值的记录无效。

信息经过平滑过滤模块之后生成记录列表,返回给信息缓冲模块存入数据库,为其他模块的调用做准备。

##### 4.2 数据选择模块

统计物料或产品多数情况下并不需要统计全部的库存,而是选择一部分。信息系统提取 RFID 标签信息时大多也只是提取某一部分,如按时间段、工位、阅读器、批次、物料。每个标签相关的数据由两部分内容组成:读取时间和标签编码。中间件需要根据信息系统的要求从这 2 个方向选择数据。针对标签编码的数据选择是通过设定编码掩码,筛选掩码限定的标签范围,进而将标签库分成掩码内和掩码外 2 个部分,数据选择模块则是根据这一需求设定的。

根据 EPC 码位分配及应用的实际情况分配标签码位,这些码位被分配好的同时即产生了数据选择时的掩码。例如要选择某一生产线相关的所有标签信息,只要知道该生产线在标签编码中的代码,该代码作为掩码查询标签库即可获得相应标签信息。

如图 5 所示,数据选择模块获取输入列表,把列表数据依次与设定的掩码进行比较,当记录满足范围要求时数据被写入输出列表,当记录不满足要求时数据被写入备份列表。当所有记录列表内的数据检查完毕时,数据选择模块返回输出列表和备份列表。

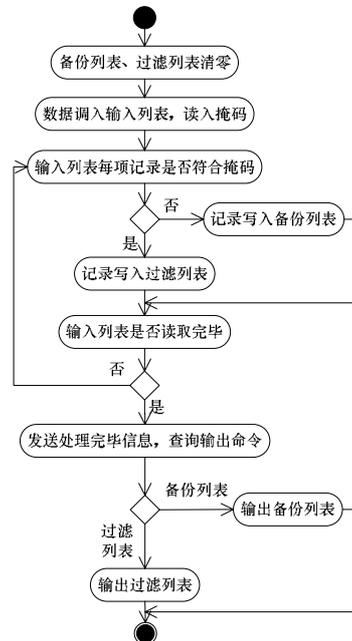


图5 数据选择模块处理流程

数据记录列表经过数据选择模块生成备份列表和输出列表。数据选择模块由其他系统调用,模块按照系统要求上传过滤列表或备份列表。

#### 5 RFID 中间件在 PCB 装配中的应用

PCB 装配行业生产管理系统多为 B/S 架构,为了实现中间件与应用系统的集成,本文中间件采用了 B/S 架构。由于

RFID 尚无统一标准,各识读者生产厂家标准不一,提供的 API 也各异,要增强中间件的普适性必须使中间件在改变识读者硬件接口时改动尽可能小,因此中间件适配器模块以模块化的思路为硬件 API 留出接口,为了方便调用硬件 API,本文提出中间件适配器模块识读者接口部分采用 C/S 架构。中间件实现了 B/S 架构与 C/S 架构结合的中间件架构。适配器模块识读者接口配置识读者,并把识读者获取的标签信息通过缓冲模块缓存,进而由平滑过滤模块过滤出有效信息存储到数据库;处理中心其他模块调用数据库内的数据并进行处理。

本文中间件以 VS2005 为开发平台,数据库用 MySQL 5.0。中间件可以通过设定数据选择规则(加工设备、批次、生产线、读取时间等)选择需要的标签信息。例如,管理员可以通过选择单一基板标签选择数据获取该基板所产生的加工历史信息及该基板的标签最近一次被读取所在的位置。

中间件可以根据要求选择获取单标签、单设备和单生产线等标签信息记录,生产任务指派也已界定物料与加工设备的对应关系,在此基础上本文提出了基于 RFID 中间件的料盘上料防错处理。贴片作为 PCB 装配中的关键工位所涉及的物料品种繁多,数量大,贴片机有多个料盘(一般 5 个左右)同时供料,而基板对各料盘位置和料盘号要求不能出错,所以,需要料盘防错。

当物料需求计划确定之后,基板相对应的料盘编码随即确定,贴片机接收到料盘编码之后设置料盘掩码序列,同时开始扫描料盘标签。当某个料盘缺失时触发料盘防错,提取该料盘编码,确定相应的料盘掩码,同时识读者不断扫描该料盘位,读到有新料盘到位时触发数据选择模块,确定是该工位的料盘即退出防错,否则报警该料盘上料错误。

为防止物料丢失,物料组出料需触发出料检测。当识读者读取到有物料出库时,触发数据选择模块,通过对比所出

物料与供料单确定该出料是否合理(详细说明参照贴片机料盘防错算法说明)。出料合理则退出物料检测,出料不合理则发送违规出料报警信息。

本文设计的 RFID 中间件在 SMT 实验系统做了大量实验,读取信息错误率在千分之一以下,RFID 系统的引入不增加生产系统的加工和运输时间,自动上料防错、物料搬运监测等将生产系统设备故障外的异常大大降低,实现了物料跟踪自动化。标签携带信息及 RFID 系统采集的大量信息为生产过程追踪提供了充足的数据。

## 6 结束语

本文阐述了 PCB 装配生产过程跟踪面临的问题,提出基于 RFID 的 PCB 装配生产过程跟踪。结合 PCB 装配生产状况,提出了 RFID 中间件架构,阐述了各模块的功能并设计了各模块的处理过程,开发了中间件,为 PCB 生产过程跟踪奠定了基础。

随着研究的进一步深入,本文提出的中间件也需要进一步完善。下一步将在此基础上实现 RFID 标签与生产设备、生产信息的集成,建立基于 RFID 系统的 PCB 装配生产跟踪系统。

## 参考文献

- [1] Andrew K. Laser Marking Looks to Machine Vision[J]. Laser Focus World, 1996, 32(7): 117-121.
- [2] O'malley A. Defect Data System in PCB and Electronics Manufacturing[J]. IEE Colloquium(Digest), 1997, 84(11): 1-3.
- [3] Chawla V, Dong Sam Ha. An Overview of Passive RFID[J]. IEEE Communications Magazine, 2007, 45(9): 11-17.
- [4] EPCglobal Inc.. The Application Level Events(ALE) Specification, Version 1.0[Z]. 2005-09-15.
- [5] AUTO-ID Center. Auto-ID Savant Specification 1.0[Z]. 2003-09.

编辑 张正兴

(上接第 237 页)

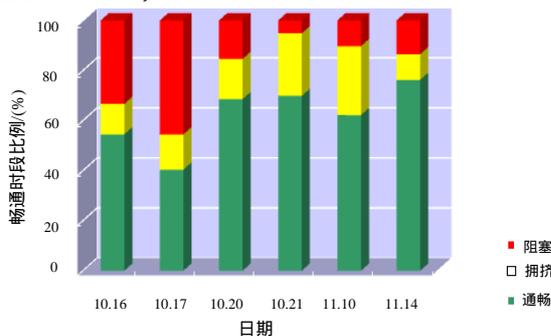


图 8 NX31(延东断面)交通状态对比

同时也比较了 3 个代表断面在系统开通运行前的 2 天、系统开通运行后的 2 天和运行 1 个月后的 2 天的 12 h(7:00-19:00)断面的平均车速情况。数据分析显示:3 个代表断面的平均车速在系统应用后提高了 15%。

## 6 结束语

我国大城市道路系统结构复杂、交通需求旺盛,进行网络交通管理的难度很大。本文探讨了上海在快速道路智能交通诱导系统建设中的主要技术突破:

(1)面向网络交通管理的需求,提出了“区域控制、广域诱导”的二阶协调策略,建立了指导城市快速路网智能诱导系统实施的分层结构模型。

(2)在快速路网交通特性分析的基础上,确定了系统设计的相关原则和设计参数,保障了路网智能诱导系统技术指标的实现。

(3)基于网络二阶协调策略,构建了多类型的可变信息情报板诱导体系,面向不同的管理需求进行组合式诱导。

基于网络诱导策略的 ATIS 应用于上海快速道路交通管理后发挥了明显的作用,提高了快速道路设施的利用率,成为推动我国大城市交通“排堵保畅”工作的有效手段。

## 参考文献

- [1] Federal Highway Administration. Intelligent Transportation System Strategic Plan[R]. U.S. Department of Transportation, 2000-06.
- [2] Universal Traffic Management Society of Japan. UTMS Introduction[Z]. (2008-10-12). <http://utms.or.jp/>.
- [3] Federal Highway Administration. Metropolitan ITS Integration: A Cross-cutting Study[R]. U.S. Department of Transportation, 2002-08.
- [4] 袁文平,蔡晓禹,杜豫川.上海城市快速路交通监控系统架构及模型[J]. 同济大学学报, 2007, 35(3): 330-335.
- [5] 杜豫川,袁文平,孙立军.城市快速路先进的交通管理系统应用软件开发研究[J]. 交通与计算机, 2006, 24(2): 24-26.

编辑 张正兴

