

# 基于RFID的港口信息采集系统设计

王超, 封学军, 王伟  
(河海大学, 江苏南京 210098)

**摘要:** 从港口环境和港口管理需求出发, 结合对RFID技术的可行性论证, 提出基于RFID的港口信息采集系统的设计方案。该系统结合RFID信息识别技术、RFID实时定位技术、无线信息传输技术及中间件程序开发, 构建了一个高效的信息采集网络, 可实现港口信息的自动化实时采集与处理, 有助于港口提升管理水平, 提高生产效率。

**关键词:** 港口信息采集; RFID; 实时定位

中图分类号: U 653.96

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2013)02-0137-05

## Design of port information collection system based on RFID technology

WANG Chao, FENG Xue-jun, WANG Wei  
(Hohai University, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** To improve the level of port informatization, this thesis, in terms of port environmental characteristics and operational requirements, proposes a port information collection system based on RFID and RTSL. This system constructs a highly automatic information network, which can carry out the collection and process of port information. Utilizing this system in ports, we can improve the management level and reduce the cost.

**Key words:** port information collection; RFID; real-time location

### 1 港口信息采集系统建设的必要性

信息技术作为信息时代最具潜力的生产力, 从20世纪末已经得到极大重视, 并在港口领域取得巨大发展。但长期以来, 我国港口信息化建设的重点在于管理系统的构建, 而在信息收集方面的研究相对滞后, 主要表现为: 港口生产信息的采集技术落后, 信息化标准不统一, 信息的时效性差, 历史数据匮乏等。可以说, 信息采集已成为当前制约港口信息化发展的瓶颈。

目前, 国内大部分港口通过对讲机、摄像监控、PDA录入、条形码识别等人工方式来获取港口设备、车辆和集装箱的信息, 然而人工方法获得的数据可靠性不强、时效性差。据ABI Research公司的调查显示, 欧洲港口运营中人工录入的信息有35%是不准确或不及时的<sup>[1]</sup>。由于信息缺乏可靠性和时效性, 港口机械的操作量增加了约

15%, 翻箱的工作量增加了约30%<sup>[2]</sup>, 除此之外, 还有额外的数据采集和现场监控费用。因此, 实现信息采集的信息化对于港口提高效率、降低成本具有重要意义。

基于RFID的港口信息采集系统在RFID识别系统的基础上, 利用RFID信号的物理特性进行实时定位计算, 同时通过构建信息网络, 实现港口信息的自动化获取; 该系统使用EPCglobal国际标准化架构以及实用计算的云计算模式, 使得信息的获取与处理高效迅速, 为管理者的决策提供有效依据。

### 2 港口信息采集的需求分析

#### 2.1 港口信息的分类和分析

港口信息采集的对象既包括集装箱, 又包括集卡、龙门吊、跨运车等流动机械。港口信息可大致分为坐标信息、属性信息和操作信息3类: 坐

收稿日期: 2012-07-06

作者简介: 王超(1987—), 男, 硕士研究生, 从事水运经济管理与规划方向的研究。

标信息即信息采集对象在港口的位置；属性信息是指对象的固有特征，如设备型号、集装箱铭牌信息、货主信息等；操作信息是与对象操作有关的信息，并包含历史信息，如设备操作者、当前任务，集装箱的历史操作、待装船舶等。

属性信息通常被预先写入条形码或移动存储设备，其内容较少改变，实际操作中以识别为主，用以实现对目标的跟踪。操作信息的信息量大且读写频繁，因此对信息读写、传输的时效性要求高；一些港口的关键位置，如闸口、龙门吊、装船机等，均属于操作信息的读写点。相对而言，坐标信息获取的技术要求最高，需要一定规模的软硬件投资，但它与生产调度直接相关，对港口信息化的实质影响最大。

## 2.2 港口信息采集系统的技术要求

从港口环境特点和实际需求出发，港口信息采集系统至少要达到以下要求：

1) 环境适应性强。港区处于临海露天的环境中，温湿度变化大，气象条件苛刻，因而需要硬件设备具有较高的可靠性。

2) 信息读写迅速准确。港口信息更新快，生产调度对信息时效性、准确性要求高，因此要求信息能被快速准确读写。

3) 成本合适。港口内的信息采集点多，网络建设规模大，因而需要控制成本，充分利用已有的设备和网络。

4) 坐标信息达到一定精度。定位精度至少为米级，以达到港口管理的实际需求。

## 3 RFID技术

### 3.1 RFID信息识别技术

传统的港口信息识别技术包括人工识别、图像识别、条形码识别等。与这些方法相比，RFID (Radio Frequency Identification) 信息识别技术具有明显优势。

RFID即射频识别，通过射频信号自动识别目标，并能进行双向数据传输。典型的RFID标签由电子标签、读取器和天线组成。其工作原理是：标签电路通过自身电源（主动式标签）或电磁感

应（被动式标签）产生电流，将内部的数据信息以电磁波的形式通过天线发射出去，读写器接收到数据后解码，获得信息。

RFID信息识别技术应用于港口具有如下优势：RFID标签的环境适应性好，即便在港口露天环境下仍能保证良好性能，且安装维护相对简单；信息录入和处理不需人工接触或光学可视即可瞬间完成，具有较高的信息采集效率和准确性；成本相对较低，RFID技术的不断推广使得RFID标签价格逐年下降，其成本已被较多港口接受；RFID技术在港口具有一定应用基础，可通过利用这些既有资源降低成本。

近些年来，随着一些关键RFID技术，如RFID网络架构、空中标准化协议、防冲突算法等研究的突破，RFID在港口的大规模应用成为可能。

### 3.2 RFID实时定位技术

RFID实时定位技术是利用标签对物体的唯一识别性，通过测量射频信号的物理特性，如信号强度、接收角度和信号到达时间差等，计算信号收发点之间的距离。在获得RFID标签与3个读写器之间的距离后，可通过三角测量法确定RFID标签的二维坐标。

现阶段港口实时定位以GPS技术为主，欧美一些公司如ITC、ASK等开发了基于GPS技术的港口定位系统。然而，实际应用中发现，GPS接收器的成本过高，功耗大，且易在大型港机及堆砌集装箱下产生定位盲区<sup>[3]</sup>。这些缺陷制约了GPS技术在港口定位领域的发展。

与GPS技术相比，RFID定位具有标签成本低，功耗小，能与RFID信息识别系统兼容等优点，其定位精度也能够满足港口实际的应用需求，因此RFID实时定位技术在港口定位领域具有更好的应用前景。

### 4 基于RFID的港口信息采集系统架构

基于RFID的港口信息采集系统由RFID标签，辅助定位标签、RFID读写器、无线通讯网络以及系统软件组成，见图1。

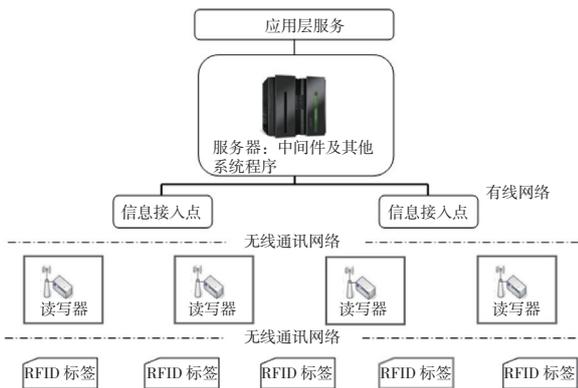


图1 基于RFID的港口信息采集系统的结构

#### 4.1 RFID标签

本系统主要采用主动式有源RFID标签,它利用自身电池能量主动发送数据,具有较大的信号传输距离,因而可减少读写器网络的密度,降低成本。以SAPPHIRE公司的T651型有源标签为例,它在1 s的采样率下电池可持续供电7年,有效信号距离能达到200 m。将RFID标签安装在集装箱、流动机械等信息采集目标上,可利用标签的信息存储功能记录数据,并按照一定频率发送信息至读写器。

#### 4.2 辅助定位标签

辅助定位标签使用与定位标签相同的主动式有源RFID标签。辅助定位标签安置于港口定位区域内,呈特定网络状布置。它是港口定位的参考点,用以校验定位计算,提高精度。辅助定位标签的密度与定位精度并不成正相关,它的最优部署网络需结合港口布局计算得出<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 读写器

读写器是射频信号的收发装置,可实现数据的收集和读写。它由天线、射频收发模块、信号处理单元和接口电路等部分组成:射频收发模块可以实现射频信号的收发和调制解调;信号处理单元通过防冲突算法对信息进行纠错和校验;接口电路用来完成读写器和信息系统的数据传输。阅读器的另一个重要功能是记录信号的接收时间和强度,并且将这些信息写入数据后重新打包。

读写器可分为固定式读写器和移动式读写器两类。固定式读写器呈网络状布置在堆场的边缘、通道等处,形成覆盖港口的网络,用以跟

踪、定位信息采集目标。在港口中信息更新量较大的位置,如闸口、龙门吊、装船机等处,也需要安装固定式读写器,用以实现信息的快速读写。移动式读写器的配置较为灵活,通常由港口的作业、管理人员使用,用于特定信息的读取、更新,如操作完成后的信息反馈,指定设备的信息查询等。

#### 4.4 通信网络及数据结构

RFID信息采集系统的数据通讯网络按照IEEE 802.11标准的Infrastructure模式构建。IEEE 802.11由一系列通信协议和通信物理层、链路层及网络层技术规范组成。该标准的抗干扰性能强,安全性高,网络布线较为方便,并且能够被多数PDA、笔记本电脑支持,所以十分适用于RFID信息采集系统的数据通讯。Infrastructure模式即接入点模式,RFID读写器等设备藉由无线信号接入点接入有线网络,见图2。Infrastructure模式既利用了RFID设备的无线通讯功能,又利用了港口既有的有线网络,可大大降低通讯网络的建设成本。

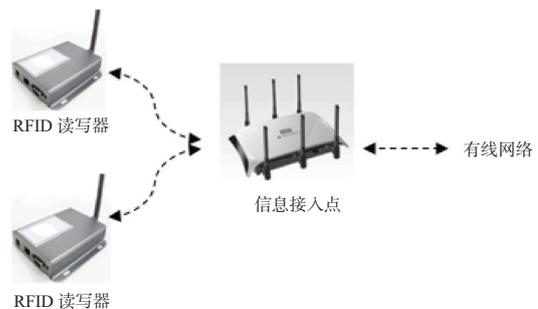


图2 Infrastructure模式

RFID信号的数据结构和数据内容符合ISO/IEC 24730标准,其中的数据单元按照港口应用需求进行专门设计(图3)<sup>[1]</sup>。

#### 4.5 RFID中间件的设计

RFID港口信息采集系统具有若干与其应用配套的应用程序,其中最重要的是RFID中间件。RFID中间件可实现RFID硬件设备与软件应用系统之间的数据过滤、传输、格式转换等功能,它是RFID信息采集系统的运作核心,解决如何保证读写器读写的数据正确并按照需求导入刚有已有信息系统中的问题<sup>[7]</sup>。

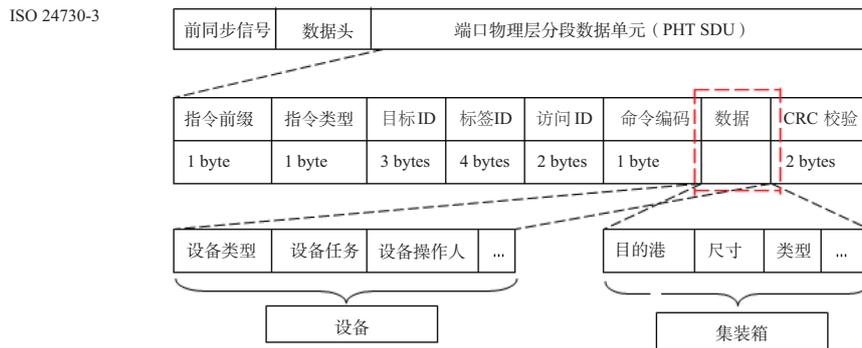


图3 RFID信号的数据结构和数据内容

基于RFID的港口信息采集系统的中间件设计以EPCglobal构建的国际标准技术架构为基础<sup>[5]</sup>，并结合了RFID实时定位的功能的需求，由读写器管理模块、边缘管理模块、定位运算模块、信息服务模块、应用服务模块组成，见图4。

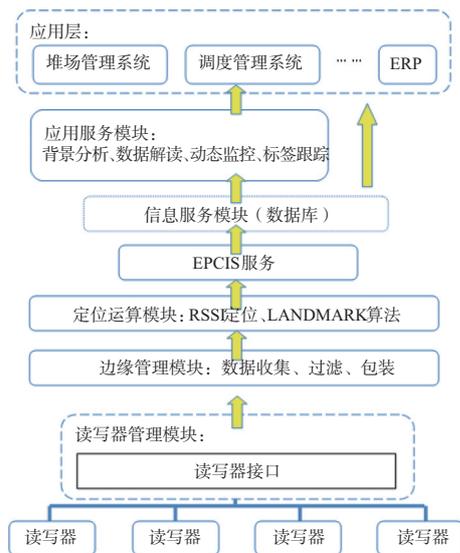


图4 中间件的模块组成

### 4.5.1 读写器管理模块

读写器管理模块负责管理和支持多种类型的读写器，其主要作用是将不同类型、品牌的读写器数据转化为统一格式，发送给下一模块。该模块包含读写器协议、读写器管理协议以及数据转换规范3部分组成。

### 4.5.2 边缘管理模块

边缘管理模块 (Edge Management Server) 的主要功能是数据的收集、过滤和包装。港口的信息采集点多，信息更新快，RFID标签会产生大量实时数据，因而需进行筛选以减少系统负担。数

据筛选包括设备ID筛选、事件筛选等。边缘管理模块通过分析应用层指令，确定数据需求和筛选规则，删除无用数据，再将有用数据重新打包发送给下一模块。

### 4.5.3 定位运算模块

定位运算模块采用分析信号强度 (RSSI) 的方法，并使用LANDMARC算法进行坐标计算。

RSSI通过读写器记录的信号强度计算功率损失，进而计算标签与读写器之间的距离，距离与信号损失的关系可用公式 $L=20\lg(4\eta d/\lambda)[dB]$ 确定。由于读写器坐标已知，获得3组距离数据即可用三角测量法确定目标的二维坐标。

LANDMARC算法利用辅助定位标签提高定位精度，通过比较目标标签和参考标签的信号强度值，采用最近邻距离权重，校正RSSI计算出的坐标。在此基础上，通过多次测量、循环定位求精进一步提高精度。计算出的坐标信息写入数据后重新包装经EPCIS (电子产品代码信息服务) 的处理后发送至下一模块。

### 4.5.4 信息服务模块

信息服务模块是RFID港口信息采集系统的数据库，可提供信息存储服务。同时，该模块还可为应用层提供历史数据查询服务。

### 4.5.5 应用服务模块

应用服务模块是根据应用层的需求背景，对数据进行相应的处理，使数据更容易被其它信息系统理解。它具有4个功能：1) 对用户指令进行背景分析；2) 按照应用背景解读数据；3) 设定触发事件，实现信息的实时的监控；4) 提供RFID标签的搜索服务，并显示与该标签相关的信

息。其中,数据解读包括静态解读和动态解读。静态解读通过查阅数据在数据库中对应的信息,将数据含义表示出来,如设备ID代码解读,指令代码解读等均为静态解读。动态解读则通过解读数据动态变化引发的触发事件,展示情境事件,如解读坐标数据变化或操作代码变化等均为动态解读。

该模块对数据进行补充处理,应用层也可直接跳过该模块直接调用信息服务模块的数据。

## 5 应用实例

以RFID为基础的港口信息采集系统在发达国家的港口得到越来越多的应用。美国乔治亚港务局在20世纪90年代起开始构建RFID港口信息采集系统,至今已有了极大地发展。

乔治亚港务局负责美国乔治亚州2个深水海港、2个内河港口的营运、维护和技术开发。它的RFID港口信息采集系统使用Teklogix公司的硬件设备以及Navis公司的RFID配套软件。Teklogix是世界上最主要的RFID硬件提供商之一,它已经为世界上近100个港口客户提供了基于RFID的港口管理系统或港口信息采集系统。Navis公司则是世界上重要的港口软件供应商之一,并且较早进行了RFID港口配套软件的开发。

乔治亚港务局将RFID信息采集系统与原有信息系统进行了融合。融合之后,信息采集的平均响应时间只有0.5 s左右,大大提升了港口的运作效率。RFID港口信息采集的优势还体现在:

**生产效率提高:**通过减少信息采集所需要的时间,降低信息采集过程中的误差提高了港口生产水平。

**运营成本降低:**RFID信息采集系统减少了信息采集的人力成本,同时通过采集的信息,优化了堆场空间的使用和流动机械的行车路径,从而节约了土地和燃料。

**管理水平提高:**在RFID信息采集系统的基础

上,乔治亚港务局开发了电子地图、自动预警等港口管理应用,大大提升了港口的管理水平。

## 6 结论

基于RFID的信息采集系统集合了RFID识别技术与RFID实时定位技术,并按照国际标准设计了通讯网络、数据结构以及中间件程序。该系统对于提升港口信息采集能力,提高港口生产效率具有重要作用,其经济效益和社会效益已得到国内外研究机构的论证。

现代港口对信息化的要求不断提高,RFID技术作为最具前景的信息采集技术,将为港口的信息化建设发挥重要作用。未来,应把RFID技术的最新发展和港口的实际管理需求相结合,充分利用RFID技术进行港口信息化建设。

## 参考文献:

- [1] 周受钦. RFID技术与集装箱追踪管理[J]. 专家论坛, 2007(2): 42-46.
- [2] Bozzo R, Dertio A, Nurchi R. MOCONT: a new system for container terminal monitoring and control [C]// IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings ITSC, 2001.
- [3] Lee S Y, Cho G S. A simulation study for the operations analysis of dynamic planning in container terminals considering RTLS [C]//Second International Conference on Innovative Computing, Information and Control, 2007.
- [4] Zhou Junyi, Shi Jing. A comprehensive multi-factor analysis on RFID localization capability [J]. Advanced Engineering Informatics, 2011, 25(1):32-40.
- [5] Doo-Jin Park, Yong-Bok Choi, Ki-Chan Nam. RFID-based RTLS for improvement of operations system in container terminals [C]//Asia-Pacific Conference on Communications, APCC, 2006.
- [6] EPCglobal Inc. The EPCglobal Architecture Framework 1.2[R].
- [7] EPCglobal Inc. Architecture Framework 1.2 [R]. 2008.

(本文编辑 郭雪珍)