

解决实时调度的智能装备及其物联网系统设计

高金龙^{1,2,3}, 周受钦^{2,3}, 曹广忠¹, 吕洁印^{2,3}, 张保祥², 黄瑞雪^{2,3}

(1. 深圳大学 深圳电磁控制重点实验室, 广东 深圳 518060;

2. 深圳中集智能科技有限公司, 广东 深圳 518067;

3. 深圳中集移动物联国际运营服务有限公司, 广东 深圳 518067)

摘要:针对解决集装箱港口和堆场空箱闲置浪费且集装箱在调度过程中有效监控参数不足等问题,基于物联网的 DCM-感知层、传输层、应用层(Devices、Connect、Manage)架构,提出了构建集装箱实时调度监控物联网系统的一整套设计方法和系统工作流程,实现了对集装箱“堆放-运输-堆放”全生命周期监控及实时调度管理,不仅提高了集装箱港口和堆场空箱利用率并解决了实时调度问题,而且也保证了集装箱在调度过程中箱和货物的状态安全可视。所设计实现的系统包括监控终端和平台两大部分,采用蜂窝网络通信,以监控终端实现对集装箱信息的采集并通过网络将数据发送至平台,以平台实现数据展示、远程控制终端以及共享空箱信息,加速空箱快速并合理流转。

关键词:物联网;集装箱调度;集装箱安全;远程监控;空重载检测;大数据

中图分类号:TP302

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2017)05-0149-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2017.05.031

Design of Intelligent Equipment and IOT System Solving Real-time Container Allocation

GAO Jin-long^{1,2,3}, ZHOU Shou-qin^{2,3}, CAO Guang-zhong¹, LYU Jie-yin^{2,3},

ZHANG Bao-xiang², HUANG Rui-xue^{2,3}

(1. Shenzhen Key Laboratory of Electromagnetic Control, Shenzhen University,
Shenzhen 518060, China;

2. CIMC Intelligent Technology Co., Ltd., Shenzhen 518067, China;

3. CIMC International MIOT Operation Service Company Limited, Shenzhen 518067, China)

Abstract: In order to solve the problems of the empty containers sitting idle in port and yard and the lack of effective monitoring parameters during the container allocation process, based on the IOT's DCM architecture-perception layer, transmission layer and application layer and relevant technology, a set of design methods and system work flows have been proposed to construct a container real-time allocation monitoring system, in which the container's "stacking-transportation-stacking" full-life-cycle monitor management and real-time allocation has been achieved. These proposed methods not only improve the utilization of empty containers in container ports and yards, but also solve the empty container's real-time allocation problems. Furthermore this established system has made the status of cargoes and assets visible during the container's allocation process. By using the cellular networks communication mode, this established system is composed of two parts, monitor terminal and platform, among which the monitor terminal is used to collect information from the containers and to send the data to the platform through internet; the platform is employed to display the data for remote controlling and empty container's information sharing which is convenient to fast and efficient container allocation.

Key words: Internet of Things; container allocation; container security; remote monitoring; empty container detection; big data

收稿日期:2016-05-29

修回日期:2016-09-06

网络出版时间:2017-03-13

基金项目:广东省科技计划项目(2014B010117005);深圳市重大技术攻关项目(JSGG20150601144258573);深圳市创新环境建设计划(GCZX20140509165654491);深圳星基装备物联技术工程实验室(深发改[2016]724号);深圳市未来产业资金(JSGG20160229173734086)

作者简介:高金龙(1991-),男,硕士研究生,研究方向为工业物联网;周受钦,博士,教授级高工,研究生导师,研究方向为信号处理与智能仪器、物联网关键技术;曹广忠,博士,教授,研究生导师,研究方向为先进控制理论及其应用、磁悬浮技术、物联网关键技术。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20170313.1546.064.html>

0 引言

集装箱是全球物流运输的载体。据预测,2016 年全球集装箱运输需求增速在 4% 左右,全球港口集装箱吞吐量有望以 3% 以上速度平稳增长,中国港口集装箱吞吐量也将有近 5% 的增速,达到 2.21 亿 TEU 左右,其中国际航线吞吐量可望实现 4% 的增长,在投资和内需增长带动以及水路集疏运优势进一步显现的背景下,内支线和内贸集装箱吞吐量增速预计为 6%。爆炸式增长的集装箱吞吐量加剧了港口拥塞^[1],另外又由于集装箱停放到各港口或堆场后对空重箱缺乏科学有效的测定,提货与否仅靠人来识记,常出现已经交货却还存放在堆场闲置不能实时流转的情况,也造成了部分地区阻塞且空箱严重积压,而另一部分区域无箱可用^[2],造成空箱浪费且空箱的调度与重派增加堆场运维成本^[3];目前业界的调度监控系统对集装箱在调度运输过程中各种状态的监控力度不足,不能及时得知箱内货物状况,同时也出现很多非法盗箱问题;船公司和租赁公司又不愿意共享集装箱的位置和数量等相关信息,这也使得建立集装箱空箱数据库极为困难。通过对存在的问题进行针对性研究,运用超声波、卫星定位、3G 通信、JavaScript、C++ 等技术及增加平台互动性等方法,为了在集装箱物流周期中实现定位、运输物品监控、在线调度等功能,提出了集装箱实时调度监控物联网系统^[4]。

1 系统方案

1.1 集装箱实时调度监控物联网系统概述

所提出的集装箱实时调度监控物联网系统由监控终端和平台两大部分组成^[5-6],具备信息采集、现场监控、信息传输、远程控制等功能^[7]。前者主要包含主板、天线、电池、各功能模块(位置检测、门状态检测、加速度检测、空重载检测、温湿度检测);后者主要包含软件服务器端、数据库部分和 Web 端部分。

监控终端通过传感器检测集装箱空重载信息、门开关信息、温湿度信息、加速度信息和位置信息并传至 CPU 将数据打包后通过蜂窝网络发送至服务器端,后者将数据中间件解析后存入数据库以供 Web 端调用,Web 端将位置信息取出后再调用相关地图接口将位置显示在页面地图上,其他数据信息取出后经过处理展示在平台其他部分,由此可以在平台的信息状态栏上看到集装箱的温湿度、门状态、运动状态、电池电量、空重载状态等信息。经过相关授权,平台会共享出集装箱空箱的位置和相关信息,相关租户可以很直观地浏览这些信息并自由联系空箱箱主进行平台层面的租用对接。同时箱主可在平台上输入控制命令对集装箱的状态参数进行操控。

1.2 系统架构设计

所提出的监控物联网系统设计方案采用物联网的三层架构:感知层、传输层和应用层^[8]。

感知层需要检测集装箱位置状态、箱门状态和空重载状态等,鉴于集装箱特殊的结构特性,采用 GPS/北斗双模定位技术、门磁感应技术、超声波技术等进行实现。

传输层需要将采集到的信息包传送至平台服务器,鉴于集装箱的全球流通特性,采用成本低廉、地面基站丰富、陆地通信效率高的蜂窝通信技术来传输数据,其中协议层是基于 TCP/IP 协议^[9]。

应用层需要数据解析、平台展示、分析大数据且下发控制指令,解析层采用 C++ 技术,数据库层采用 MySQL 技术,Web 端采用 ASP.NET 技术并采用 Hadoop+Hive 技术进行大数据分析。

集装箱实时调度监控系统架构见图 1。

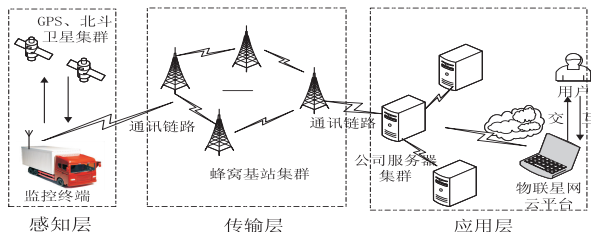


图 1 集装箱实时调度监控系统架构框图

2 监控终端设计

2.1 硬件设计

硬件由控制器、3G 模块、GPS/北斗模块、空重载状态检测传感器模块、门状态检测传感器模块、温度传感器模块、加速度传感器模块和电源模块组成。

主控制器采用 STM32L1 系列低功耗芯片,其具有超低泄漏制程、创新型自主动态电压调节功能和 5 种低功耗模式;蜂窝通信采用 3G 通信模块并配套采用国外某电信公司的移动通信服务,覆盖全球 99% 以上国家移动通信联网能力,也大大降低了对全球范围内集装箱监管的运营成本;空重载状态检测采用的是波束角小,不易受集装箱壁干扰,且易于区分不同量程从而有助于软件编程优化的超声波传感器;门状态检测选择有线方式接入的门磁开关传感器,其灵敏度一般在 30 mm 左右,基于集装箱特殊的结构,为了减少检测出错率,采用便于安装在旋转门把手处的型号。CPU 硬件资源分配见图 2。

监控终端硬件设计中共占用 CPU 的 4 路串口资源,其中 UART1 用于与超声波传感器的数据通信,又复用作为调试打印串口,UART2 用于与 GPS/北斗定位模块的数据通信,UART3 用于与 3G 模块的数据通信;加速度传感器模块使用 CPU 的 IIC 资源来发送检

测到的集装箱运动的状态信息和接收 CPU 指令;同时使用两路 GPIO 口与门磁开关传感器和温度传感器通

信,另外两路 GPIO 口控制 LED 指示灯,用来指示硬件系统的通电状态和工作状态。

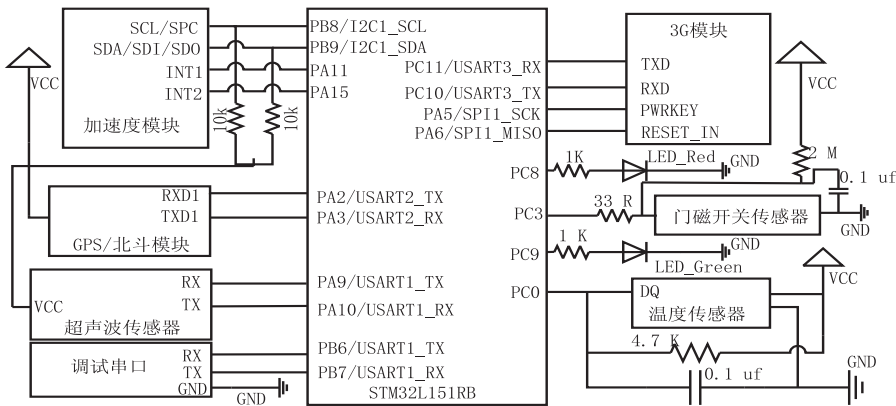


图2 CPU 硬件资源分配框图

2.2 软件设计

集装箱的使用场合要求监控终端能够高效快速得到各种状态信息并及时上报处理以便实时调度,所以软件设计中使用了 RTX 系统来管理内存并实时处理多任务,由于任务的并发执行,提高了程序的运行效率。系统主程序流程见图 3。

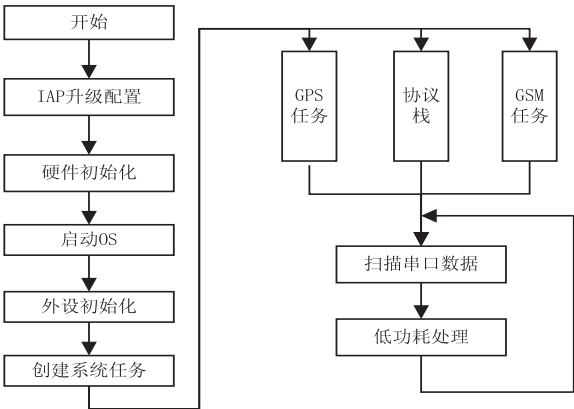


图3 系统主流程图

工程升级程序一般通过远程升级或者串口升级,前提是必须有 IAP 引导程序,软件设计中首先设置 IAP 引导程序,然后初始化硬件和各外设,接着创建三个操作系统任务并发执行,最后循环每隔一定时间唤醒读取串口数据的变动。

具体实现是:先初始化各硬件,后启动操作系统进程,每隔一定时间唤醒一次 CPU 采集集装箱的门开关信息、运动状态信息、温度信息、空重载信息和终端的电池电压信息等,定位模块在设定的超时时间内会进行多次定位,时间到则不管有无定位都将定位状态连同其他采集到的数据一起发送给协议栈进行打包处理,利用建立的 Socket 通道基于 TCP/IP 协议^[10-12]将打包后的数据包发送至平台服务器,若终端下位机收到回复且正确,表示发送数据成功,并继续将之前保存的历史数据发送至平台服务器,否则保存等待下次唤醒的时候发送。

醒的时候发送;若无回复,则重发几次后同样保存数据等待下次发送,然后关闭 CPU 进入休眠。报警信息优先级最高,如果有门被异常开启,便会立即触发 CPU 唤醒并发送报警信息至平台服务器。为了接收下行数据,通信模块一直处于监听状态,一旦监听到数据便将其接收发送到协议栈进行解析后通过 CPU 进行相关的控制。

由于集装箱监控终端的工作环境使其不便于维护,终端需要使用时间尽量长,维护率尽量低,所以低功耗尤其重要。在软件上对其进行了低功耗优化处理,低功耗优化设计流程见图 4。

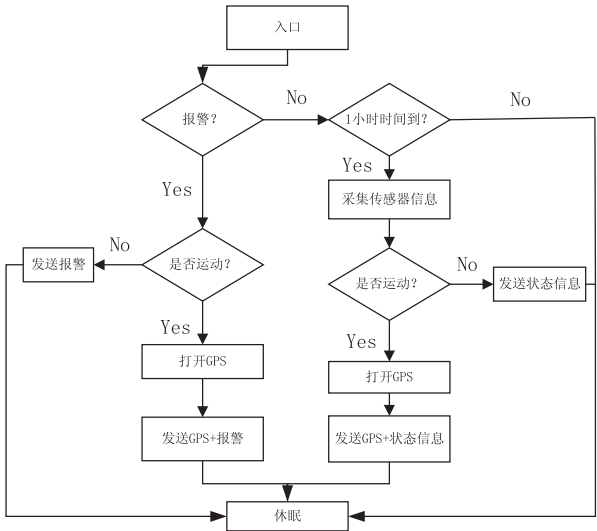


图4 低功耗处理流程图

软件上除对 CPU 进行休眠优化外,也对定位模块开启与否进行逻辑优化,从而免去频繁开启定位模块带来的接近 70 mA 的功耗。一方面若有异常报警便立即唤醒 CPU,此时判断是否有运动,若无便不开启定位模块,只上传报警信息;另一方面若指定时间间隔到,同样判断是否有运动,若无便不开启 GPS 定位,只上传温度、运动、门开关、超声波和电池电压等信息。

3 平台设计

平台运用 HTML、CSS、JavaScript 等技术语言开发 Web 端进行数据展示和交互,运用 C++技术语言开发

软件服务器来查询或入库数据,其中数据传输媒介的数据库部分采用 MySQL 技术完成^[13-14]。平台设计架构见图 5。

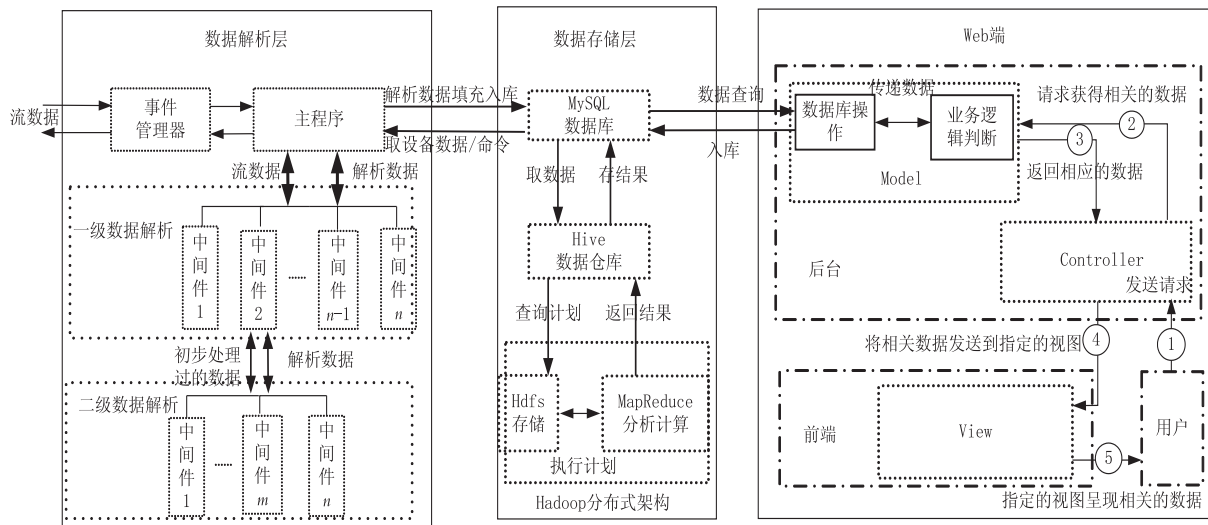


图 5 平台设计架构图

数据解析层由 C++搭建的软件服务器端完成,该服务器运行在具有公网 IP 的公司主机上,它为所有待接入的 Client 端分配所需的 IP 地址和不同的端口并等待 Client 端的套接字提出连接申请,当 Server 端套接字响应申请后便注册一个事件集交由事件管理器托管,完成通信的准备工作。TCP/IP 通信建立的是长连接,Server 端一直监听 Client 端,一旦有数据并把数据交由主程序处理,Server 端为不同类型的 Client 端开发了不同的中间件,对传来的数据包进行一级解析或二级解析,直到解析出其中的有效数据并存入数据库,以便 Web 服务器端的调用。

数据库层使用的是 MySQL 数据库存储数据,一些简单的数据可以供 Web 服务器直接调用,当需要一些分析数据时,就需要使用 Hadoop 和 Hive 进行大数据的分析和处理。使用 SQL 语句查询大数据时,Hive 将结构化的数据文件映射为一张数据库表存入 HDFS,再将 SQL 语句翻译成 MapReduce 程序对大数据进行计算,待计算结束将处理结果转移到 MySQL 数据库中供 Web 端调用。其中 MySQL 与 Hive 之间的导入导出通过 Sqoop 来实现。

Web 端采用 MVC-模型、视图、控制器 (Model、View、Controller) 架构。模型层对解析入库的数据进行操作,其中模型层又可以分为两层:底层数据库操作和业务逻辑。前者主要处理对数据库的 CURD (增删改查) 操作,后者主要进行数据的逻辑运算。初步处理的数据由控制器层传给视图层,后者通过 DOM 将不同的数据段插入页面中不同位置呈现给用户。控制器层与视图层进行交互,接收用户下发的指令,进行逻辑运算后交给模型层进行入库。

4 设计结果与测试数据

监控终端是一个防水的整体:内置主板 (包含温度传感器、加速度传感器)、超声波传感器和电池,外置门磁开关传感器防水接口、3G 天线、GPS 天线接口。设备安装于集装箱内壁,将门磁开关传感器、3G 和 GPS 天线置于集装箱外,门磁开关感应部分固定于集装箱外壁,磁铁部分通过螺钉或者卡环固定在集装箱门杆上,随着开关门动作所带动的门杆旋转而旋转。开门时,转动门杆,磁铁远离设备感应区域,设备检测到门开。关门后,磁铁进入设备的感应区域,设备检测到门关。防水型超声波传感器从设备前面露出 2 mm 的高度探进集装箱内部检测箱内货物情况。

对监控终端进行功耗测试,测试时间大概是 3 h,样本采集的时间间隔是 8 min,打开 GPS 等模块后的功耗为 59 mA 左右,采集数据后打开 3G 模块联网并发送数据,功耗迅速增加,达到了 200 mA 左右,数据发送完毕后关闭 3G 模块,设备进入休眠,此时功耗仅为 70 μ A 左右。功耗测试结果见图 6。

从集装箱监控平台上可以直观看到集装箱运输过程中的温湿度、位置、速度、空重载、门开关信息,可以为集装箱的实时调度决策提供依据,货物的运输过程也变得透明安全。当货物到达堆场后,会及时监控集装箱的空重载情况,一旦货物完成交接,便在平台上显示出来并提示调度需求,箱主可以很容易得知。另外在得到箱主授权下,空箱的部分信息将公布到公共平台,附近的空箱需求客户能够及时获得最近的空箱位置和信息,联系箱主,减少了空箱的不必要运输成本和

调度时间,提高了空箱的利用率。

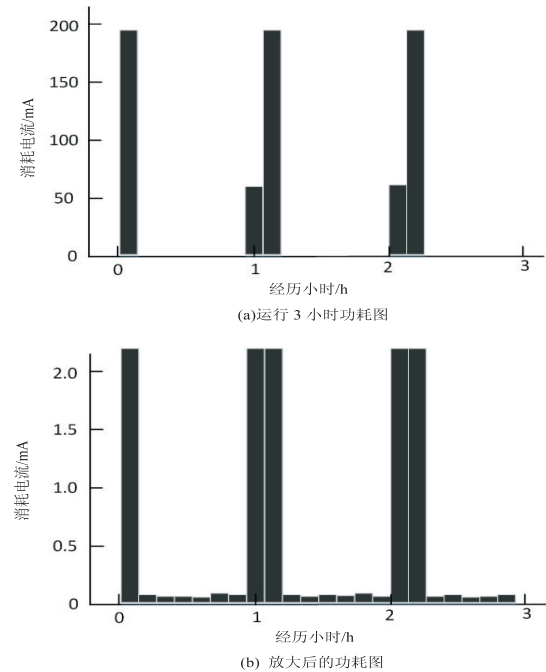


图 6 监控终端功耗测试效果图

5 结束语

集装箱的实时调度不仅可以提升工作效率并且大大降低了管理运营成本,实时性关键在于对集装箱的实时监测并及时处理。实时调度系统中的关键点是集装箱空箱的高效利用,其作为促进集装箱货物运输的根源,国内外都在研究相关的空箱调度的有效解决方案,但大多是以调度的管理模式和优化方案为主,很少涉及监测技术。为了弥补相关的技术空缺,将具体问题量化成为各种待监控参数,研发监控终端和可视化平台,运用 DCM 技术架构将具体问题用物联网的手段解决并将结果通过平台呈现出来,从而从技术层面克服了空箱闲置鲜为人知的缺陷和箱体运输过程状态未知的问题。

参考文献:

[1] Kang T W, Ju S M, Liu N. Research on the empty container

.....

(上接第 148 页)

[8] Mao C, Johnson K M. Fast-switching liquid-crystal-on-silicon microdisplay with framebuffer pixels and surface-mode optically compensated birefringence[J]. Optical Engineering, 2006, 45(12): 1269-1278.

[9] 吴子平,徐爱钧. 基于 Qt/Embedded 的嵌入式 GUI 的研究与构建[J]. 电脑开发与应用, 2012, 25(1): 13-16.

[10] Battye T G G, Kontogiannis L, Johnson O, et al. iMOSFLM: a new graphical interface for diffraction-image processing with MOSFLM[J]. Acta Crystallographica, 2011, 67(4): 271 -

transportation management innovation for import and export enterprises[C]//International symposium on management of technology. [s. l.]: [s. n.], 2012: 262-265.

[2] Drewry. Annual container market review & forecast 2006/07 [R]. London: Drewry Shipping Consultants Ltd, 2006.

[3] 吉清凯, 胡祥培, 孙丽君. 集装箱空箱调度问题的研究现状与发展[J]. 系统工程理论与实践, 2014, 34(6): 1578 - 1586.

[4] Jiang Y N, Hao S C. Research on the development of intelligent logistics based on Internet of Things[C]//International conference on remote sensing. [s. l.]: [s. n.], 2011: 5254-5257.

[5] 吕洁印, 周受钦, 曹广忠. 面向冷藏箱箱温的智能化监控系统研究[J]. 自动化与信息工程, 2013, 34(2): 28-32.

[6] 吕洁印, 周受钦, 曹广忠. 基于无线射频传输的大型车辆智能辅助倒车系统设计[J]. 电子设计工程, 2013, 21(17): 67-70.

[7] 邓延洁, 倪 鹏, 蒋 鑫, 等. 内河水上危险货物集装箱运输监测系统研究[J]. 交通信息与安全, 2011, 29(5): 99-105.

[8] Xu D H, Zhang X F, Deng Q C. Study on intelligent logistics system based on Internet of Vehicles[C]//International conference on ubiquitous intelligence and computing. [s. l.]: IEEE, 2015: 681-685.

[9] Ma J, Tang S Y. Container real-time positioning on the terminal[C]//International conference on logistics systems & intelligent management. [s. l.]: IEEE, 2011: 1069-1071.

[10] 余 雷, 许宏科, 胡 欣. 基于物联网的远程视频监控系统设计[J]. 计算机技术与发展, 2016, 26(4): 139-143.

[11] 关 勇. 物联网行业发展分析[D]. 北京: 北京邮电大学, 2010.

[12] 孙科学, 洪 樾, 章康宁, 等. 一种联合检测门禁系统的设计与实现[J]. 计算机技术与发展, 2016, 26(1): 155-159.

[13] Xu Z Q, He J L, Chen Z Y. Design and actualization of IoT-based intelligent logistics system [C]//IEEE international conference on industrial engineering & engineering management. [s. l.]: IEEE, 2012: 2245-2248.

[14] 程青青, 姚振强, 胡永祥. 危险品集装箱运输远程监控平台设计与实现[J]. 计算机工程, 2009, 35(14): 192-194.

281.

[11] 王 璐, 官 琴. 基于 PowerPC 嵌入式平台的 WindML 图形驱动设计[J]. 兵工自动化, 2013, 32(5): 95-96.

[12] 张继伟. 基于 WindML 环境下的显卡驱动设计[J]. 现代电子技术, 2010, 33(14): 78-80.

[13] 李 鸽. 基于 VxWorks WindML 组件的 SM502 显卡驱动开发[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2014.

[14] 谢周标. 嵌入式二维图形硬件加速引擎研究与设计[D]. 长沙: 湖南大学, 2013.