

# 基于 RFID 及 3G 网络的物流跟踪系统研究

刘培学<sup>1</sup>, 金佩芬<sup>1</sup>, 陈玉杰<sup>1</sup>, 高颖<sup>2</sup>, 吕鹏<sup>2</sup>

(1. 青岛黄海学院, 山东 青岛 266427; 2. 烟台大学 光电信息科学技术学院, 山东 烟台 264005)

**摘要:** 为实现物流货物自动跟踪, 通过 RFID 电子标签自动记录货物的收货、入库、卸货、送货全过程, 在运输途中, 通过传感器实时采集运输环境参数并通过 3G 上传到服务器, 在地图上实现货物位置、运输环境、货物名称的精确对比, 运输环境不合适时及时报警; 详细介绍了系统的整体设计, 并对系统的软硬件设计进行了分析, 测试结果表明, 系统整体稳定, 环境测量误差率低, 能够实现物流货物的全程跟踪, 该系统可广泛应用于物流业。

**关键词:** 物流跟踪; 传感器网络; 嵌入式; RFID

## Research of Embedded Logistics Tracking System Based on Sensor and 3G Network

Liu Peixue<sup>1</sup>, Jin Peifen<sup>1</sup>, Chen Yujie<sup>1</sup>, Gao Ying<sup>2</sup>, Lv Peng<sup>2</sup>

(1. Qingdao Huanghai College, Qingdao 266427, China; 2. Institute of Science and Technology for Opto-electronic Information, Yantai University, Yantai 264005, China)

**Abstract:** In order to achieve logistics tracking, by using RFID electronic tagging, the system can automatically record the whole process of goods receiving, warehousing, unloading, and delivering. During the whole transportation, environment data are collected simultaneously by sensors and uploaded to the server via 3G network. The system realizes the precise comparison of goods location, transportation environment, the goods name on the map. Improper transportation environment will be immediately alarmed. This paper describes the general idea as well as hardware and software design of the system. Test result shows that the system have overall stability and low environment measurement error rate, it can realize the whole transportation process tracking. The system can be widely used in the logistics industry.

**Keywords:** logistics tracking; wireless sensor network; embedded; RFID

## 0 引言

随着全球经济化的推动发展, 物流行业在产业结构中占据了越来越大的比重<sup>[1]</sup>。但是, 我国物流产业信息化程度比较低。这使物流产业的发展受到一定程度的限制。目前已有的物流货物识别监控系统, 应用比较纯熟的技术是 GIS 和 GPS 技术, 实现了对车辆位置的定位<sup>[2]</sup>, 同时较大规模物流公司快递员也随身携带 PDA, 对接收货物和派送货物实行条形码扫描并通过 GPRS 上传至监控中心, 同时顺丰、申通等快递也推出了基于短消息的服务, 使发货方可以方便的通过短信查询货物信息。上述系统存在着条形码属于手工操作, 占据了大量的人力物力、GPRS 存在传输速率慢等问题<sup>[3]</sup>。货物在从一个中转站到另一个中转站或者终点的路途上处于真空无法监管状态, 对于特殊物流行业(比如冷链物流)仓储运输环境更是无法监控。RFID 的出现, 为解决货物识别问题提供了新的途径<sup>[4-6]</sup>, 同时, 3G 技术的发展, 使得 3G 用户越来越多, 数据、信息的传输也进入了新的 3G 时代, 为物流配送现代化奠定了坚实的基础<sup>[7]</sup>。

## 1 硬件设计

### 1.1 系统组成

针对货物在运输途中无法监控等问题, 设计了一种物流货物识别监控系统, 通过 RFID、3G、GPS、传感器网络结合, 实现货物收货、入库、分车、卸货、送货、收货全程自动记录, 且能够实时监测仓储及运输环境。系统整体业务流程如图 1 所示, 系统从收货开始, 能够完成定单创建、车辆调度、在途运输环境监测、位置监控、派送等作业管理过程<sup>[8]</sup>。

系统从整体上分为 PC 机监控中心、手持设备、车载设备三部分, 手持设备主要由业务员随身携带用于货物的接收与派送, 车载设备主要用于运输途中位置、环境等信息的检测, PC 机监控中心主要用于信息的查询。手持设备和车载设备包含以下模块: 3G 模块、微处理器模块、射频识别模块、传感器网络、GPS 模块、存储器模块、按键模块、报警模块等。3G 模块完成信息的远程传输; 微处理器控制模块完成信息的采集和处理; 射频识别模块完成货物的识别并将货物信息送至控制模块; 传感器模块完成仓储及运输环境的检测; 存储器模块负责信息的暂时存储, 报警模块在运输环境不合适时及时报警, 系统整体结构如图 2 所示。

### 1.2 手持设备设计

手持设备包含微处理器模块、RFID 读卡器模块、按键模块及 3G 模块, 微处理器模块选用 Cortex-M3 系列的 STM32F103, 该芯片是 32 位的 CPU, 带 64~512 kB 的闪存, 是一款中等容量增强型处理器。3G 模块需要安装在车载移动

收稿日期: 2014-02-27; 修回日期: 2014-03-29。

基金项目: 国家自然科学基金(61201457); 山东省高等学校科技计划项目(J12LN83)。

作者简介: 刘培学(1983-), 男, 讲师, 硕士, 山东临淄人, 毕业于烟台大学信号与信息处理专业, 主要研究方向嵌入式系统应用、信号与信息处理等。

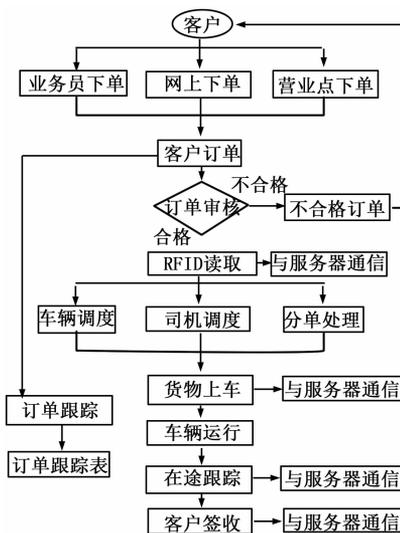


图 1 系统业务流程构建图

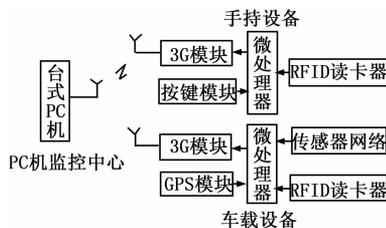


图 2 系统总体结构图

环境中, 因此, 该模块必须具有体积较小、抗震动性能强等特点, 经过比较, 最终选用华为公司的 3G 模块 MC509。射频识别模块由读卡器和标签组成, 作为一个移动设备, 体积小, 功耗低是其必然要求, 经过选型, 读卡器模块选择周立功单片机的 MFRC522 芯片, 手持设备硬件连接图如图 3 所示。

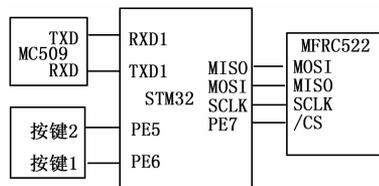


图 3 手持设备硬件连接图

MFRC522 是高度集成的非接触式读卡芯片, 有 SPI、UART、I<sup>2</sup>C 3 种通信协议可选, 本系统采用的是 SPI 通信协议, MFRC522 的 MISO、MOSI、SCLK 分别对应微控制器的 SPI 模块的 3 个引脚, CS 为片选引脚与控制器的 PE7 口相连, CS 为低时可选通 MFRC522 工作。3G 模块 MC509 采用标准的 AT 指令通信, MC509 与微控制器 STM32 串口 1 相连, 通信波特率为 115200。同时, 手持设备具有两个按键, 连接至 PE5、PE6 口, 用于选择收货、派送。

### 1.3 车载设备设计

车载设备的微处理器模块、RFID 模块、3G 模块与手持设备相同, 不同之处在于车载设备具有传感器网络及 GPS 模块。GPS 模块选择了 GR-87, 该模块与微处理器同样采用串行通信, 由于串口 1 与 3G 模块相连, GPS 模块可与串口 2 相连, 通信波特率为 9 600, GR-87

每秒钟向控制器发送一次数据, 实时效果较好。温度传感器采用 DS18B20, 采用单总线进行通信, 数据线 SDA 可与微控制器任意一个 I/O 口相连, 测温范围 -55 ~ +125℃, 并可以多点分布应用, 较好地满足测量效果。湿度传感器采用 AM2321, AM2321 通信方式具有单总线、标准 I2C 两种通信方式, 本系统采用单总线通信方式, 数据线 SDA 与微控制器任意 I/O 口相连, 响应速度快, 抗干扰能力强。通过 I/O 口接三极管驱动蜂鸣器在运输环境不合适时报警。如果有线传感器在车辆上不方便布线, 还可采用无线网络。

### 1.4 供电模块设计

系统中, 3G 模块、微处理器模块、RFID 读卡器模块均需 +3.3 V 供电, 车载电源为 12 V, 且存在较大的纹波电流。3G 模块正常工作需电流 1.5 A 以上, 传统的 LDO 电源在实际测试过程中出现了在 3G 模块启动瞬间, 电压被瞬间下拉, 导致微处理器复位的问题。为解决上述问题, 基于 LMZ13610 设计了 +3.3 V 供电模块, 电路如图 4 所示, LMZ13610 允许最大输入电压 36 V, 最大输出功率可达 50 W, 输出电流可达 10 A, 满足系统需要, 电路各参数计算如下:

使能分压器的选择计算如式 (1):

$$\frac{R_{ENT}}{R_{ENB}} = \frac{V_{INUVLO}}{1.274} - 1 \quad (1)$$

当输入 12 V, 输出 3.3 V 时,  $V_{INUVLO} = 5.51 \text{ V}$ ,  $R_{ENT} = 42.2 \text{ k}\Omega$

$$\text{则 } R_{ENB} = \frac{R_{ENT}}{3.32} = 12.7 \text{ k}\Omega \quad (2)$$

当输出电压  $U_{OUT} = 3.3 \text{ V}$  时, 其 FB 电阻分压器计算如下式:

$$U_{out} = 0.795 * (1 + \frac{R_{FBT}}{R_{FBB}}) = 3.3 \text{ V} \quad (3)$$

取  $R_{FBT} = 3.32 \text{ k}\Omega$ , 得  $R_{FBB} = 1.07 \text{ k}\Omega$

给输入增设一个外部电容 CSS 可延长芯片的启动周期, 减少车载电源的浪涌电流, 当  $t_{SS} = 0.747 \text{ ms}$  时,

$$CSS = TSS * \frac{50 \mu\text{A}}{0.795 \text{ V}} = 0.047 \mu\text{F} \quad (4)$$

输出电容可以由若干个布设在模块附近的电容器并联组成。对于 12 V 的输入电压, 3.3 V 的输出电压, 其瞬态电压等于  $3.3 * 5\% = 0.615 \text{ V}$ , 在 9 A 负载阶跃 (ISTEP)、3 mΩ 的输出电容器有效 ESR ( $\Delta V_{OUT}$ ) 和 350 kHz 的开关频率 ( $f_{sw}$ ) 下计算其  $C_{OUT}$ :

$$C_{OUT} \geq \frac{I_{STEP}}{(\Delta V_{OUT} - I_{STEP} * ESR) * \frac{f_{sw}}{V_{out}}} =$$

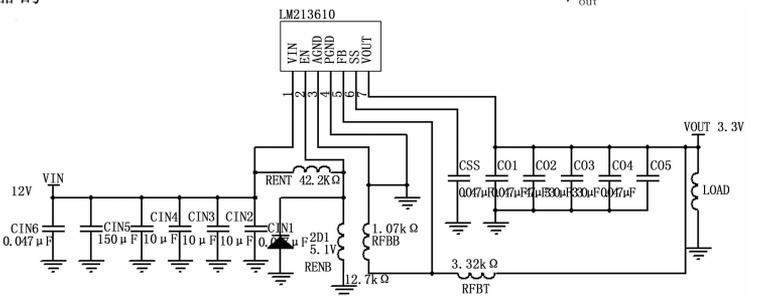


图 4 车载供电模块设计

$$\frac{9}{(0.165 - 9 * 0.003) * (\frac{350e3}{3.3})} = 615 \mu F \quad (5)$$

输入电容 CIN 的选择系统推荐值 28 μF. 经实际测试, 系统工作正常。

## 2 软件设计

为满足物流运作系统化需求, 系统采用 B/S 架构, 以 GPS、传感器为依托, 以 3G 为传输方式, 实现不同网络、不同权限的人员管理、查询货物。软件程序主要由微处理器应用程序、上位机程序组成。

### 2.1 微处理器应用程序

微处理应用程序完成系统所有的控制及主机与系统的交互工作, 根据设备不同分为车载设备及手持设备应用程序。主要功能包括: 控制 RFID 读卡器读取货物携带电子标签、控制 3G 模块完成信息的远程传输、与传感器、GPS 器件通信完成运输环境检测, 当运输环境不合适时及时报警。

#### 2.1.1 手持设备程序流程

手持设备主要完成的功能是货物的接收与派送, 货物信息的读取及上传。其主要工作流程如图 5 所示, 系统上电以后首先完成 RFID 读卡器及 3G 模块的初始化, 串口的工作方式、波特率及 SPI 的工作方式的配置等工作, 随后调用按键扫描程序, 如果有键按下, 处理器判断按下的是收货还是派送, 系统记录收货/派送信息, 通过 RFID 读取货物信息并通过 3G 上传至服务中心。

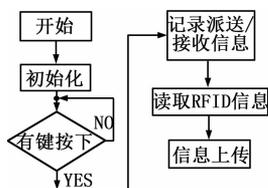


图 5 手持设备工作流程图

#### 2.1.2 车载设备流程

车载设备程序主要完成在途运输环境、位置检测跟信息的上报, 流程图如图 6 所示, 系统在出发前实时通过 RFID 检测货物上下车情况, 在运输途中, 微处理器通过与传感器通信取得温度、湿度等信息, 通过与 GPS 芯片通信取得位置信息, 在服务器有指令或定时通过 3G 模块将信息传到服务器, 当运输环境不满足服务器传来的预设值时, 驱动蜂鸣器报警, 到达目的地后, 结束信息采集, 由派送员完成整个物流配送。其中, 3G 模块、GPS 模块分别通过处理器串口 1、2 与处理器通信, 可采用 STM32 库函数 USART\_Init 来完成串口的初始化。

### 2.2 服务器程序

服务器程序是本设计的核心之一, 整个设计采用 VB+ACCESS 及 MAPX 控件完成, 需要完成驾驶员管理、车辆管理、货物添加、货物查询等一系列功能。软件开启后, 启动对 INTERNET 7000 端口的监听, 车载设备及手持设备通过此端口向服务器传送信息, 通过监听可以及时获得下位机传来的信息。每按一个菜单, 都有对应的响应函数, 完成对应的功能, 当收货员收货以后, 手持设备通过 3G 上传货物的序列号, 软件收到序列号后自动存入数据库, 服务器需要加入货物信息及

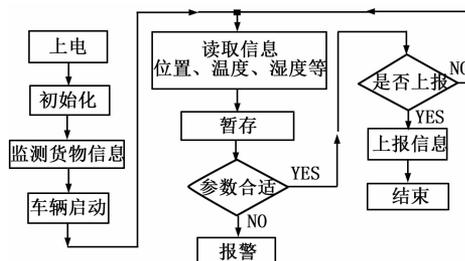


图 6 车载设备流程图

目的地。服务器工作人员完成分车等一系列工作, 通过菜单可实时查询某个货物的位置及运输环境, 派送完成自动记录。

## 3 系统测试及结果

按照如上介绍的硬件及软件设计方案设计系统并将程序载入微处理器, 搭建如下测试环境: 模拟货物鼠标运输全过程, 从青岛黄海学院接货, 货物上车后沿滨海大道行驶, 车载设备将收集到的运输环境及位置信息实时上传到服务器, 在服务器查询, 查询到的结果如图 7 所示。

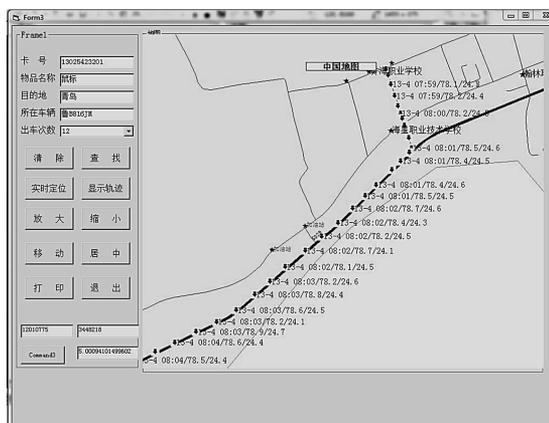


图 7 系统监控实时界面

从图 7 可以看出, 7 点 59 分从青岛黄海学院出发, 运载环境温度 24.3 度, 湿度 78.1%, 8 点 01 分到达滨海大道, 运载环境温度 24.5 度, 湿度 78.4%, 测试结果比较稳定。货物在某个时间的货物名称、位置、运输环境在图上可以得到精确对比, 全程记录了货物运输的整个线路及环境。

## 4 结束语

针对货物在运输途中无法监控等问题, 设计了一种基于 3G 网络和 RFID 技术的物流货物识别监控系统。该系统通过 RFID 电子标签进行无线网络通信实现物流货物的识别、分拣、装卸、存取的自动记录, 对货物及仓储环境实行全程监控, 货物仓储环境及运输环境不合适时及时报警, 可在地图上实现货物名称、时间、位置、运输环境的精确对比, 实现了整个物流环节的自动化及信息化, 解决了货物在路上不易监控、仓储环境下不易检测的问题<sup>[9]</sup>。该系统有助于物流产业升级以及提升服务质量, 降低物流成本, 缩小与国际现代物流差距, 能够给物流企业带来巨大的经济效益。

### 参考文献:

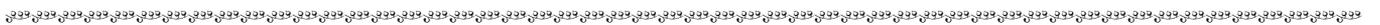
[1] 李成斌. 基于 RFID 技术的第三方物流实时跟踪系统设计 [D].

济南: 山东大学, 2012.

[2] 蒋代梅, 刘洋, 周小兵. 基于 GPS/GIS 的物流运输管理系统的实现技术 [J]. 北京工业大学学报, 2005, 31 (4): 443-448.  
 [3] 闫光辉, 孟杰. 基于 3G 的货物动态跟踪管理信息系统的设计 [J]. 交通标准化, 2007, (4): 189-190.  
 [4] 金波, 台毅柱, 王逸乔, 等. 基于无线传感器技术便携式仓储管理系统的设计 [J]. 传感器与微系统, 2011, 30 (7): 79-81.  
 [5] Vi swanadham N. The past, present, and future of supply-chain automation [J]. IEEE robotics & Automation Magazine, 2002.  
 [6] Roenblatt DB. The impact of selective availability on precise relative

position with static GPS [J]. Journal of the Geodesic Society of Japan, 2001, 38 (1): 29-44.

[7] 冯飞, 刘培学, 姜宝华. MCU 控制基于 3G 及低功耗自组网图像传输、信息采集、远程控制系统 [J]. 计算机科学, 2012, 11 (A): 400-401.  
 [8] 李 隼, 韦佳洵. 基于网络 GPS 的货物动态跟踪系统研究与实现 [J]. 武汉理工大学学报, 2013, 37 (2): 396-399.  
 [9] 金作涛. 一种仪表仓库自动识别管理系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2011, 28 (11): 2743-2745.



(上接第 2166 页)

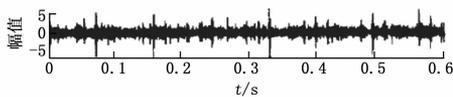


图 5 稀疏信号

同时还能提取出谱频和调制频率信号, 其对应的分解余项如图 7 所示。

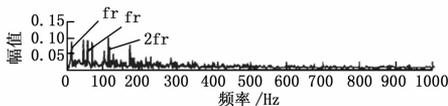


图 6 稀疏信号对应的包络谱

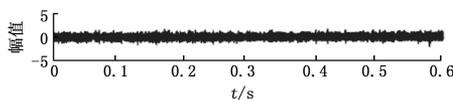


图 7 分解余项

从图 7 所示的分解余项可以看出, 余项的波动范围非常小, 在 (-0.1, 0.1) 之间波动, 收敛性非常好, 这表明了文中方法求取的原子集选取的优越性。

为了进一步验证文中方法的优越性, 将文中方法与文献 [9] 和文献 [10] 方法进行对比, 从峰值信噪比、余量误差 2 范数和运行时间 3 个方面进行仿真, 结果如表 1 所示:

表 1 不同算法稀疏表示结果

算法名称	峰值信噪比(dB)	余量误差 2 范数	运行时间(s)
文中方法	31.323	0.045 2	12.35
文献[9]	22.724	0.134 2	15.12
文献[10]	28.334	0.097 3	13.78

从表 1 中可以看出, 文中方法提出的故障特征信号最好, 这表现在文中方法具有最大的峰值信噪比和最小的余量误差 2 范数, 同时由于其避免了在获取原子集时遍历冗余字典中的所有原子, 因此, 计算开销较小, 具有较少的运行时间, 显然, 综合上述指标, 文中方法最优。

## 5 结论

正交匹配算法是压缩感知理论中的一种经典的信号重构方

法, 其通过贪婪迭代思想不断搜索满足条件的原子, 但由于其在获取原子集时遍历冗余字典中的所有原子具有较大的时间开销, 因此, 文中提出了一种基于稀疏编码和禁忌优化的故障信号提取方法, 采用禁忌优化算法来寻求具有最小余量的原子集, 然后再通过最小二乘方法来获得信号的稀疏表示, 仿真实验证明了文中方法能实现信号的精确重构, 在强噪声背景下仍然具有较高的信噪比, 同时具有较小的余量误差和重构时间, 较其他方法具有较大优越性。

## 参考文献:

[1] Liang M, Bozchalooi I S. An energy operator Approach to Joint Application of Amplitude and Frequency-demodulations for Bearing Fault Detection [J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2010, 24 (5): 1473-1494.  
 [2] 吴 斌, 于春梅, 李 强. 过程工业故障诊断 [M]. 北京: 科学出版社, 2011.  
 [3] Selesnick I W. Resonance-based signal decomposition: A New Sparsity-enabled signal analysis method [J]. Signal Processing, 2011, 91 (12): 2793-2809.  
 [4] 于春梅. 稀疏特征选择在过程工业故障诊断中的应用 [J]. 计算机工程与应用, 2013.  
 [5] Li H, Zhang Y P, Zheng H Q. Application of Hermitian wavelet to crack fault detection in gearbox [J]. Mechanical systems and signal processing, 2011, 25 (4): 1353-1363.  
 [6] 莫代一, 崔玲丽, 王 婧. 基于双重 Q 因子的稀疏分解法在滚动轴承早期故障诊断中的应用 [J]. 机械工程学报, 2013, 9 (49): 37-41.  
 [7] Selesnick I W. Wavelet transform with tunable Q-factor [J]. IEEE Transactions on Signal processing, 2011, 59 (8): 3360-3575.  
 [8] 李 蓉, 于德介, 陈向民. 基于形态分量分析与能量算子解调的齿轮箱复合故障诊断方法 [J]. 中国机械工程, 2013, 13 (24): 1787-1795.  
 [9] Ming Y, Chen J, Dong G M. Weak fault feature extraction of rolling bearing based on cyclic wiener filter and envelope spectrum [J]. Mechanical System and signal Processing, 2011, 25: 173-1785.  
 [10] 王宏超, 陈 进, 董广明. 基于最小熵解卷积与稀疏分解的滚动轴承微弱故障特征提取 [J]. 机械工程学报, 2013, 49 (1): 88-94.