

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.02.013

# 低温食品运输过程环境监测系统研究\*

戴光麟<sup>1</sup>, 梁学利<sup>1</sup>, 肖致友<sup>1</sup>, 赵小敏<sup>1,2\*</sup>

(1. 浙江工业大学 计算机科学与技术学院, 浙江 杭州 310023;

2. 浙江省可视媒体智能处理技术研究重点实验室, 浙江 杭州 310023)

**摘要:** 针对低温食品在运输过程中因温度过高引起变质而又难于实时监测的问题,运用RFID、WSN、GPS和GPRS技术,设计了由智能节点、数据采集端、RFID标签、监控管理平台和移动客户端组成的低温食品运输过程环境监测系统,着重设计了智能节点和数据采集端的硬件结构及其软件工作流程,并给出了监控管理平台和移动客户端的功能,研制了系统实验装置,对低温食品冷藏车运输过程中车厢内温、湿度和车辆位置信息进行实时监测,一旦监测到温、湿度异常能马上进行短信报警,从而确保食品的质量安全。实验测试结果表明,系统能获得低温食品运输过程中的温、湿度和地理位置信息,并将数据存储到服务器的数据库中,当监测到温度阈值时,及时地进行短信报警,能满足低温食品运输过程环境监测的要求。

**关键词:** 冷链运输; 实时监测; 温、湿度; 位置信息

中图分类号: TH811; TP273 文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2014)02-0191-04

## Environmental monitoring system for low-temperature food transport

DAI Guang-lin<sup>1</sup>, LIANG Xue-li<sup>1</sup>, XIAO Zhi-you<sup>1</sup>, ZHAO Xiao-min<sup>1,2</sup>

(1. College of Computer Science & Technology, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China;

2. Zhejiang Key Laboratory on Intelligent Processing of Visual Media, Hangzhou 310023, China)

**Abstract:** Aiming at high temperatures caused food spoilage during low-temperature food transport, but it is difficult to design the real-time system to monitor the temperature. A low-temperature food transport environmental monitoring system was proposed based on RFID, WSN, GPS and GPRS technology, which was included intelligent nodes, data collection terminal, RFID tags, monitoring and management platform, and mobile app client. It was focused on the design of intelligent nodes, data collection terminal hardware structure and software workflow. The functionality of monitoring and management platform, and the mobile client app were finished. An experimental apparatus system was developed to achieve real-time monitoring of temperature, humidity and vehicle location information for low-temperature food refrigerated trucks during transport. The alarm messages were immediately sent to the mobile phone when the system detected abnormal temperature and humidity. The test results show that the system could get the humidity and geographic location information of the low-temperature food during their transport, and the alarm SMS is sent when the temperature reached the threshold. This design can meet the requirements of low-temperature food transport environmental monitoring.

**Key words:** cold chain transport; real-time monitoring; temperature and humidity; location information

## 0 引 言

近年来,食品安全事故不断出现,人们对食品安全问题也格外重视,特别是水果、奶制品、水产品和肉

类等低温食品的保鲜问题更是广受关注。对温度敏感的食品不仅在生产、贮藏、销售等环节有控制温度的要求,在运输和配送过程中也同样有控制温度的要求。如果在运输和配送过程中不能做到有效控制温

收稿日期: 2013-10-22

基金项目: 浙江省公益性技术应用研究计划资助项目(2012C33085)

作者简介: 戴光麟(1979-),男,浙江宁波人,讲师,主要从事软件开发方法方面的研究。E-mail: dgl@zjut.edu.cn

通信联系人: 赵小敏,男,副教授。E-mail: zxm@zjut.edu.cn

度而造成食品质量问题,不但会造成经济损失,且由于运输配送过程环节多,对后续的事故原因鉴定工作造成困难。现有的冷藏车运输普遍采用温度记录形式进行事后管理,无法满足低温食品的实时性监测和预警的要求<sup>[1-5]</sup>。因此,需要设计一套低温食品运输过程环境监控系统,实现对低温食品温、湿度的实时监测,同时能记录运输车的动态位置信息,以使用户可以实时查看冷藏食品运输车的行车轨迹和温、湿度变化情况。

本研究采用 RFID (Radio Frequency IDentification, 射频识别)、WSN(Wireless Sensor Network, 无线传感网络)、GPS、GPRS 技术实现低温食品运输过程环境监测系统,其中 RFID 负责读取食品信息,WSN 负责将传感器采集的数据上传到终端的 sink 节点,GPS 用以记录冷藏车的位置信息,GPRS 负责上传数据到服务器。该系统能够实现对冷藏车箱内的温、湿度状况和冷藏车所在位置进行实时监测,一旦检测到温、湿度异常能马上进行短信报警,从而确保食品的质量安全,实现食品运输过程中的全程可追溯。

## 1 系统结构

系统主要由智能节点、数据采集端、RFID 标签、监控管理平台和移动客户端组成。其中智能节点包括主控芯片、温、湿度传感模块和 RFID 阅读器。主控芯片采用 CC2430,该芯片包含一个增强型工业标准的 8 位 8051 微控制器内核,以及一个无线通信模块。智能节点加入数据采集端建立的 ZigBee 网络,周期性的上传所监测区域的温、湿度值<sup>[6-9]</sup>。在系统启动时,通过 RFID 阅读器读取各 RFID 标签中商品的信息,并发送给数据采集端<sup>[10-12]</sup>。

数据采集端主要实现组网、收集数据、上传数据到服务器以及短信报警和 GPS 定位功能。数据采集端主控芯片采用 TI 公司的 STM32F103 系列,该芯片属于中等容量增强型,32 位基于 ARM 核心的带 64 KB 或者 128 KB 闪存的微控制器。数据采集端的 GPS 模块采用 SIM908 芯片,能通过 GPRS 与服务器建立连接,还能获得经纬度等位置信息。当温、湿度异常时,可以向指定人发送短信进行报警。系统结构如图 1 所示。

## 2 系统硬件设计

### 2.1 智能节点

智能节点由传感器、RFID 阅读器模块、WSN 模块、微控制器以及电源模块等几部分组成,硬件结构图如图 2 所示。

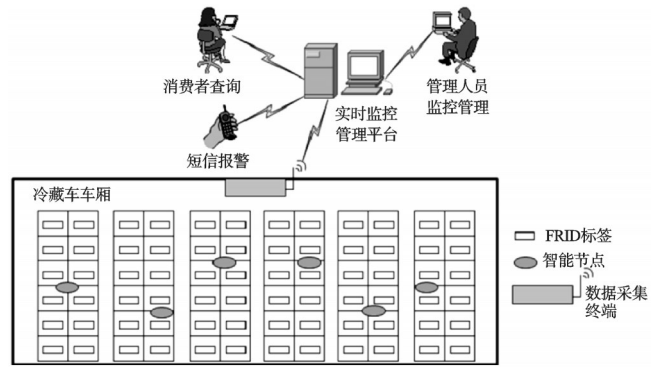


图 1 系统结构图

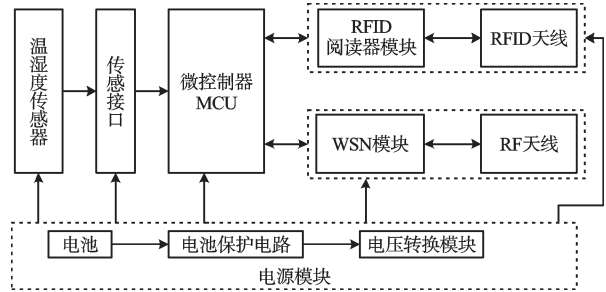


图 2 智能节点硬件结构图

(1) 传感器由温度、湿度和其他(如气敏等)传感器构成,负责监测低温食品周围的环境参数,其中温、湿度传感器采用 AM2303 芯片。

(2) RFID 阅读器模块采用超高频远距离 AS3992 阅读器,通过串口与主控芯片连接,接收指令并返回读取的 RFID 标签数据。

(3) 微控制器负责将传感器监测到的数据及 RFID 阅读器读取到的 RFID 标签信息进行本地处理,由 WSN 模块负责将采集的温、湿度数据发送给数据采集终端的 WSN 接收器,节点要求兼容标准的 IEEE 802.15.4 协议,这两个模块由 CC2430 芯片实现。

(4) 电源模块则为其它各个模块提供能量支持,采用微型电池通过电压转换供电。

### 2.2 数据采集端

数据采集终端包括 WSN 模块、GPS 模块和 GPRS 模块,硬件结构图如图 3 所示。WSN 模块负责接收 WSN 智能节点上传的温、湿度数据,GPS 模块负责实

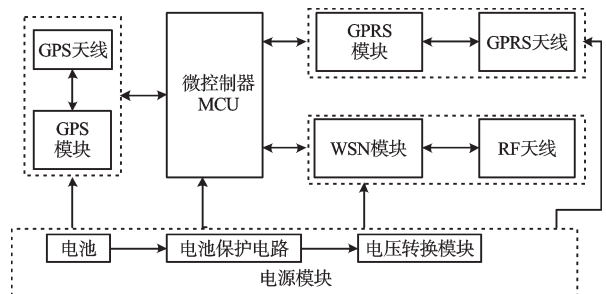


图 3 数据采集终端硬件结构图

时定位冷藏运输车的位置信息,GPRS 模块负责将采集的数据上传至后台服务器。

数据采集端的微控制器采用TI公司的STM32 F103RBT芯片,WSN模块采用CC2420。在采集数据时,传感网络采用星型拓扑结构。数据采集端担任协调器的角色,负责建立网络,当智能节点发送加入网络请求时,经验证允许其加入后就可以接收来自智能节点的数据了。

短信报警、GPS定位、GPRS发送数据的功能主要由SIM908完成。SIM908是一款集成GPS导航技术的四频GSM/GPRS模块,通过串口与主控芯片连接通信。它采用AT指令进行模块控制,功耗低。主控芯片如果接收的是食品信息,则直接通过SIM908的GPRS模块发送给服务器。如果接收到的是温、湿度信息,则先判断温、湿度数据是否异常,如果没有异常,则连同位置信息一起发给服务器,如果异常,则先发送预警短信,再把温、湿度值和位置信息发给服务器。

### 3 系统软件设计

#### 3.1 智能节点软件设计

智能节点的软件主要包括:搜索并加入网络;通过RFID阅读器读取标签的数据,并发送给数据采集终端;周期性的发送温、湿度数据到数据采集终端。智能节点开启后,首先进行初始化,主动扫描有效网络信道,申请加入网络。得到数据采集终端验证后,即正式入网。接着,读取食品信息,因为食品信息不变,所以读取一次即可。如果只是个别区域温、湿度异常,可以找出受影响的食品,减少损失。最后,周期性读取温、湿度信息并发送给数据采集终端即可。由于温、湿度一般不会出现剧变,为减少能耗,周期选择5 min~10 min即可。

智能节点采用的主控芯片是TI公司的CC2430,该芯片有Zstack协议栈。ZigBee协议栈的结构在采用OSI 7层模型的基础上可根据应用的实际需求定义,在ZigBee协议栈中,通信数据是采用帧的格式来组织完成的,协议的每一层都有特定的帧结构。当应用程序发送数据时,首先通过应用支持子层数据实体发送数据请求到应用层,下面的每一层都会为数据加上对应的帧头,组成格式正确的帧信息以发送。

TI公司在IEEE802.15.4标准和ZigBee联盟所推出的ZigBee2006规范的基础上,发布了功能全面的ZigBee2006协议栈即Zstack协议栈,并通过了ZigBee联盟的认证。该协议栈用C语言编写,免费提供给用户使用。同时,在协议栈内部还嵌入了一个片上操作系统,对于用户而言,只需要了解应用层函数并进行

恰当地调用,就可以构建功能完善、性能稳定的ZigBee无线网络。

#### 3.2 数据采集端软件设计

数据采集终端的软件功能主要包括建立网络,接收智能节点的数据并发送给服务器以及获取GPS位置信息等。数据采集终端担任网络协调器的角色,与智能节点组成星型网络通信。主要工作流程如下:

(1) 系统初始化。初始化包括对各个外设模块的初始化,并与服务器建立TCP连接,用以上传数据。初始化后,先扫描选择一个空闲信道,按照指定的网络标识符建立网络,然后对外广播,接受智能节点的入网请求。

(2) 接收食品信息并发送到服务器。

(3) 接收并发送温、湿度数据。在接收到温、湿度数据时,先判断温、湿度值是否超过设定的阈值,即是否异常。如果超过则先发送预警短信;如果正常,则直接读取GPS位置信息,并连同接收到的温、湿度值发送到服务器。

#### 3.3 监控管理平台设计

监控管理平台包括后台软件和前端Web查询系统组成,软件功能结构如图4所示。后台软件中的GPRS接口程序接收数据采集终端发来的数据包,解析数据包中的GPS经纬度、温度、湿度和RFID标签信息等数据,存入数据库。为方便监测人员实时监控,管理平台将接收到的温、湿度与GPS数据通过GIS地图可视化。用户可以根据日期、数据类型和数据范围查询整个冷藏车内低温食品的温、湿度情况,这样可以帮助管理人员评估食品变质的风险。系统中的指令产生模块可以根据用户需要向监测节点发送指令,如无线传感器网络同步指令,采样时间间隔设置指令等。

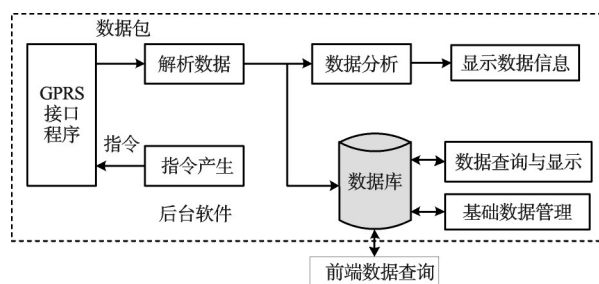


图4 实时监控管理平台软件功能结构图

基础数据管理包括车辆信息管理、食品信息管理、客户信息管理、RFID标签信息管理等,管理人员可通过数据查询和显示模块查询基础数据及温、湿度变化图等。客户或消费者可通过前端Web查询系统查询食品在运输过程中的温、湿度变化情况,以评估食品变质的风险。



### 3.4 移动客户端设计

为方便用户随时取实时的温、湿度数据,查询并掌握温度的变化,本研究设计了一个基于 Android 的移动客户端,主要模块包括:数据查询、数值显示、曲线显示和地图显示等。客户端可根据运输车、时间段进行数据查询。数值显示模块实现对用户选择的范围中的温、湿度数据显示出具体的数值;曲线显示模块的功能则是把用户选择的范围中的数据描绘成曲线,便于了解温、湿度变化的趋势;而地图显示模块的功能则是根据 GPS 位置信息在百度地图模块中描绘冷藏车的轨迹,而如用户单击轨迹中的某个位置点,则会显示出在该位置车厢内的温、湿度数据。

## 4 系统测试

为了测试低温食品运输过程环境监测系统的可行性,本研究将数据采集端(中继节点)从智能节点(传感节点)的数据发送到服务器,服务器上的程序接收温、湿度和地理位置信息并将数据存储到数据库中,以便客户端查看,程序界面如图5所示。实验结果表明,系统能够采集到监测环境的温、湿度和地理位置信息,并将数据存储到服务器的数据库中。当监测到的温度超过 25 ℃ 的阈值时,出现了短信报警。

编号节点	中继节点	接收时间	位置	温度	湿度	报警	
00000001	0005	2013-6-7 14:37:05	30 13601027, #	120.01965020, E	21.5	91.2	2.9
00000001	0005	2013-6-7 14:37:20	30 13601027, #	120.01965020, E	21.5	91.5	2.9
00000001	0005	2013-6-7 14:37:45	30 13601027, #	120.01965020, E	21.5	96.3	2.9
00000001	0005	2013-6-7 14:38:05	30 13601027, #	120.01965020, E	21.5	91.5	2.9
00000001	0005	2013-6-7 14:38:25	30 13601027, #	120.01965020, E	21.6	96.6	2.9
00000001	0005	2013-6-7 14:38:45	30 13601027, #	120.01965020, E	21.6	96.9	2.9
00000001	0005	2013-6-7 14:39:05	30 13601027, #	120.01965020, E	21.7	95.9	2.9
00000001	0005	2013-6-7 14:39:25	30 13601027, #	120.01965020, E	21.7	91.4	2.9

图5 服务器端接收数据程序

## 5 结束语

本研究设计完成了一种基于 RFID、WSN、GPS、GPRS 的低温食品运输过程环境监控系统,分别从系统框架设计、硬件设计、软件设计等方面将 RFID、WSN、GPS、GPRS 等技术应用到冷链运输系统中,实现

了对低温食品冷藏车运输过程中的温、湿度状况和位置信息进行实时全程监测,从而可确保食品的质量安全,提高了监管部门的工作效率,也可为事关食品质量问题纠纷提供强有力的调查依据。

### 参考文献(References):

- [1] YUE Jun, LIU Lu, LI Zhen-bo, et al. Improved quality analytical models for aquatic products at the transportation in the cold chain[J]. **Mathematical and Computer Modelling**, 2013, 58(3-4):474-479.
- [2] 徐书芳,王金梅,宫玉龙. 基于 RFID 冷链运输监测网络的研究与设计[J]. **电子技术应用**, 2013, 39(7):56-61.
- [3] 周照莎,黄波,贾春兰. RFID 在汽车物流监控与生产管理中的应用[J]. **机械**, 2012, 39(12):1-5.
- [4] SHABANI A, SAEN R F, TORABIPOUR S M R. A new benchmarking approach in cold chain[J]. **Applied Mathematical Modelling**, 2012, 36(1):212-224.
- [5] LAGUERRE O, HOANG H M, FLICK D. Experimental investigation and modelling in the food cold chain: thermal and quality evolution [J]. **Trends in Food Science & Technology**, 2013, 29(2):87-97.
- [6] MA Shu-guang. Construction of wireless fire alarm system based on ZigBee technology [J]. **Procedia Engineering**, 2011(11):308-313.
- [7] PARK S, CHOI M, KANG B, et al. Design and implementation of smart energy management system for reducing power consumption using ZigBee wireless communication module [J]. **Procedia Computer Science**, 2013(19):662-669.
- [8] KAZEMIAN H B, OUZZANE K. Neuro-fuzzy approach to video transmission over ZigBee [J]. **Neurocomputing**, 2013, 104(15):127-137.
- [9] CUOMO F, ABBAGNALE A, CIPOLLONE E. Cross-layer network formation for energy-efficient IEEE 802. 15. 4/ZigBee wireless sensor networks[J]. **Ad Hoc Networks**, 2013, 11(2):672-686.
- [10] WAMBA S F, ANAND A, CARTER L. A literature review of RFID-enabled healthcare applications and issues[J]. **International Journal of Information Management**, 2013, 33(5):875-891.
- [11] ARKAN I, LANDEGHEM H V. Evaluating the performance of a discrete manufacturing process using RFID: a case study [J]. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, 2013, 29(6):502-512.
- [12] ROYO J, LAMBÁN P, VALENCIA J. Influence of the Position of a UHF-RFID tag relative to the antenna in the information reading[J]. **Procedia Engineering**, 2013(63):151-157.

[编辑:张翔]

### 本文引用格式:

戴光麟,梁学利,肖致友,等. 低温食品运输过程环境监控系统研究[J]. **机电工程**, 2014, 31(2):191-194.

DAI Guang-lin, LIANG Xue-li, XIAO Zhi-you, et al. Environmental monitoring system for low-temperature food transport[J]. **Journal of Mechanical & Electrical Engineering**, 2014, 31(2):191-194.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>