

基于物联网的疫苗冷藏箱温度监控系统的设计

巩桂芬^{a,b,c}, 周健民^{a,b,c}, 何兴娟^{a,b,c}, 张美琦^{a,b,c}

(陕西科技大学 a.陕西省造纸技术与特种纸品开发重点实验室 b.中国轻工业纸基功能材料重点实验室 c.轻化工程国家级实验教学示范中心, 西安 710021)

摘要: **目的** 为满足疫苗运输在最后一公里的信息可视化和透明化的需求, 研究一款信息型智能包装的远程温度监控系统。**方法** 通过结合物联网技术, 设计一款基于 GD32F330C8T6 芯片为核心的子机节点与主机 LoRa 网关, 以及基于 Qt Creator 5.12 软件和 SQLite 数据库编写的上位机软件, 最终实现具体实例——远程温度监控系统, 将子机节点硬件嵌入疫苗冷藏箱中, 以及把多点测温探头置于箱内不同位置上, 实现对疫苗冷藏箱温度的区间监控。**结论** 通过该温度远程监控系统, 用户可以实时监测运输车内不同冷藏箱内的温度情况, 超温时系统可自动闭合主机继电器模块开启外部制冷器, 实现了疫苗冷藏箱智能包装。

关键词: 医药安全; 监测系统; 物联网; 嵌入式应用; 智慧物流

中图分类号: TB485.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)11-0214-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.11.024

Design of Vaccine Refrigerator Temperature Monitoring System Based on Internet of Things

GONG Gui-fen^{a,b,c}, ZHOU Jian-min^{a,b,c}, HE Xing-juan^{a,b,c}, ZHANG Mei-qi^{a,b,c}

(a. Key Laboratory of Paper Technology and Special Paper Product Development of Shaanxi Province b. China Key Laboratory of Light Industry Paper-based Functional Materials c. National Experimental Teaching Demonstration Center of Light Chemical Engineering, Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 710021, China)

ABSTRACT: The work aims to develop a remote temperature monitoring system for information-based intelligent packaging to meet the needs of information visualization and transparency in the last kilometer of vaccine transportation. By combining the Internet of Things technology, a LoRa gateway between the sub computer node and the host computer based on the GD32F330C8T6 chip as the core, and the upper computer software based on the Qt Creator 5.12 software and SQLite database were designed. Finally, a specific example of remote temperature monitoring system was realized, and the hardware of the sub computer node was embedded in the vaccine refrigerator. The multi point temperature measuring probes were placed at different positions in the refrigerator to monitor the temperature range in the vaccine refrigerator. Through the remote temperature monitoring system, users can monitor the temperature of different refrigerators in the transport vehicle in real time. The overtemperature system can automatically close the host relay module to open the external cooler, realizing the intelligent packaging of vaccine refrigerators.

KEY WORDS: medical safety; monitoring system; Internet of things; embedded application; smart logistics

收稿日期: 2022-10-28

基金项目: 国家自然科学基金(51575327); 陕西省教育厅重点实验室及基地项目(16JS014); 陕西省教育厅 2014 陕西本科高校专业综合改革试点子项目(陕教高[2014]16 号)

作者简介: 巩桂芬(1974—), 女, 副教授, 主要研究方向为缓冲包装动力学、运输包装和包装结构设计。

近年来,在新冠疫情暴发和全国防控常态化的背景下,医药冷链运输的需求开始剧增,据世界卫生组织和德国物流巨头麦肯锡公司统计全球的新冠疫苗的需求量将超过 100 亿剂,需要 20 万的托盘,1 500 万个冷藏箱和 15 000 个完整的波音 747 货物运输^[1]。目前,我国冷链物流产业正处在发展的初级阶段,行业呈现出规模小、分布混散和冷链低温环境、难以监控的特性。在当下疫情防控仍然艰巨,保障冷链物流安全就成为冷链物流发展的迫切需要解决的问题,因此,研究冷链物流的温度实时监控系統就十分重要与紧迫^[2]。

分析对比现如今流通使用的智能疫苗冷藏箱,大多数智能冷藏箱都只带有单点温度显示和温度打印的功能,信息参考价值有限且不具备实时查看,这对运输物品的实际保护并不能提供有力的保障,这些问题同样反映了现在国内冷链物流都存在信息模糊不透明,难以实时监测等共同问题^[3-6]。目前,用于疫苗冷藏箱的信息化系统设计方案十分有限。朱宏等^[7]设计了冷链保温箱用温湿度云监测系统。虽然上述设计实现了自动化采集信息和远程信息监测系统^[8-10],但其缺点也十分明显,如 GPRS 网络容量限制了小片区域只能存在十几台设备节点,以及 GPRS 模块耗电量和成本高等劣势,都不利于其大规模部署实施。

基于上述问题,本文在节点信息传输方面选用 LORA 通信模块符合功耗低、数据包小和传输延时不敏感等优点^[11]。将传感器、通信模块与嵌入式单片机技术相结合,采用 LORA 组网+Wi-Fi 转发的方式,研究开发出一套可用于疫苗冷藏箱中的远程温度监控系统。

1 系统总体框架

本系统框架采用物联网经典的设备层、网络传输层和应用层 3 层架构^[12]搭建出基于物联网平台的医

用冷藏箱实时远程温度监测系统。整体系统框架如图 1 所示。

1.1 感知层框架

系统感知层是为本次实现的功能核心,主要由各冷藏箱中的子机节点组成,其实现的工作为自采集冷藏箱中的温度数据、信息打包处理和信息上传。其运行逻辑和调度皆由 ARM 内核主控芯片^[13]调度完成;上传的数据按 MODBUS 协议格式对数据进行组包,通过 LoRa 模块将打包好的数据通过一主多从的星形网络拓扑结构实时上传至主机 LoRa 节点。此外,用户可通过子机上的 OLED 屏幕对该冷藏箱中的温度区间参数进行实时查看。

1.2 网络传输层框架

本次设计的网络传输层结构包含车载 Wi-Fi、子机 LoRa 节点、主机 LoRa 网关和主机 Wi-Fi 模块。主机 LoRa 节点采用分时轮转片算法接收特定编号的冷藏箱中子机上传的数据包;通过主机芯片对每个数据包进行解包和数据校验处理;将验证通过的数据转换为 JSON 数组,再通过与车载 Wi-Fi 相连接的主机 Wi-Fi 模块;将打包好的 JSON 数组上传到 MQTT 服务器^[14],以供上位机的及时读取和更新上位机的数据显示。

1.3 应用层框架

本次设计应用层软件是基于 Qt 软件和 SQLite 数据库独自编写开发的一款上位机终端软件^[15]。该软件本质是 MQTT 客户端,通过与 MQTT 服务连接,实时监听接收 MQTT 服务器中下位机传上来的 JSON 数据包;对接收到的数据进行解析,解析出的数据显示到终端软件界面,并且保存到 SQLite 数据库中;为上位机软件中的温度折线图绘制和报警记录功能提供有效数据。

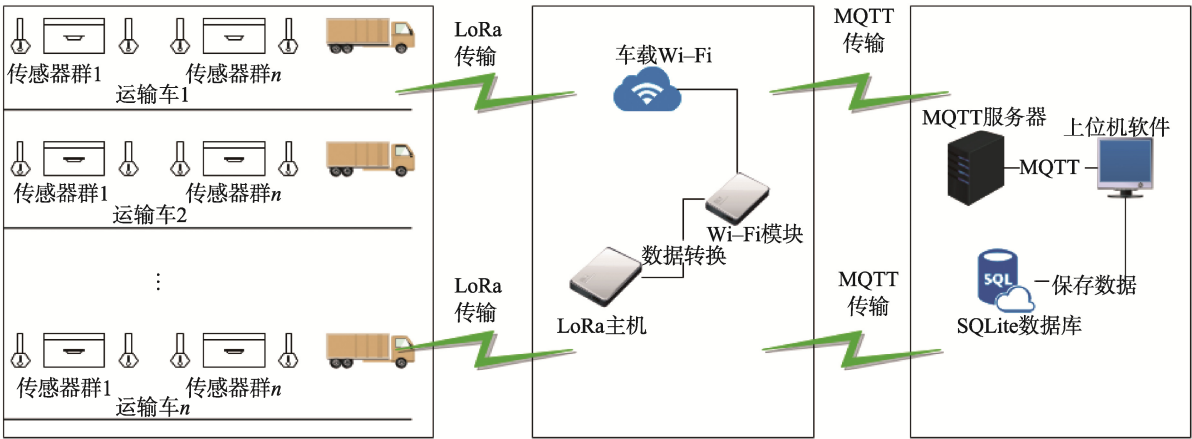


图 1 冷藏箱实时远程在线监测系统
Fig.1 Real time remote online monitoring system of refrigerator

2 具体实例

下位机是传感层子机节点和传输层主机的统称。下位机统指为上传信息、接受和处理上位机终端软件下载命令的具体实例机器。本次下位机实现含有硬件层和软件驱动程序 2 个方面。

2.1 下位机硬件实例

本文下位机中子机硬件电路主要由主控微控制单元 (Microcontroller Unit, MCU) 芯片及外围电路、电源模块电路、温度数据采集和传输模块等 3 个部分组成。下位机整体硬件系统组成如图 2 所示。

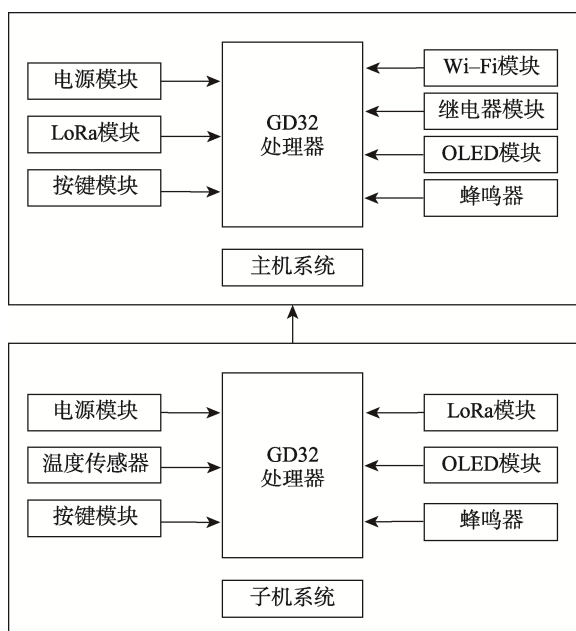


图 2 下位机硬件系统组成
Fig.2 Hardware system
composition of lower computer

2.1.1 芯片核心电路模块

主机节点和子机节点的 MCU 选用型号为 GD32F330C8T6, 芯片电路模块由 8 M 和 32.768 K 晶振电路、MCU 芯片供电电路和 BOOT 下载电路组成。8 M 晶振提供芯片时间脉冲, 即为芯片的时钟源; 32.768 K 晶振则为芯片的 RTC 时钟源; 芯片两路电源引脚和 ADC 电源引脚均由 3.3 V 电源供电。此外, VBAT 引脚由纽扣电池提供电源, 此电源是为了芯片在断点情况下 RTC 时钟一样可以计时运行。

2.1.2 电源模块电路

本次外部供电电源选用的为 5 V 直流源蓄电池, 因此, 整体电源电路只需设计 3.3 V 转换芯片、稳压电路和滤波电路, 整体电路中只含有 5 V 和 3.3 V 这 2 种电源。5 V 电源主要为继电器提供使用电源, 3.3 V

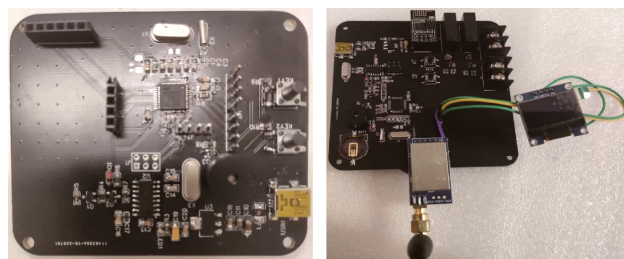
电源则为其余功能模块和主芯片提供电源。同时为保护整体功能模块, 电源输入口设计有保险丝, 以防止操作失误使得外部大电流流进整体电路, 损坏器件。

2.1.3 温度数据采集与通信模块

本次温度数据采集通过 DS18B20 温度传感器, 该传感器采用单总线数据采集, 有利于温度分布采集。通信模块选用可配置低功耗、远距离传输的 ATK-LoRa 模块。此通信模块是基于 SX1278 设计的, 可与主机 LoRa 模块进行双向信息传输, 每次信息传输完成, 模块都会进入睡眠状态, 等待下次数据需要传输时被唤醒。模块睡眠状态时的工作电流为 2.3 μ A, 发送信息时的功耗为 100 mW。

2.1.4 蜂鸣器与继电器模块

本次设计在主机系统硬件中加入有两路继电器模块。此模块的主要功能是可以外接车载制冷器的电源或者其他制冷设备的电源, 应对在运输时发生冷藏箱中蓄冷剂消耗过快, 箱中温度上升达到预定报警温度时, 主机继电器会自动闭合开启制冷器。当箱内的温度超过警告温度时, 蜂鸣器就会发出警报, 提醒操作员。加入两路继电器可方便多情况环境使用, 不仅可外接 2 台制冷器, 也可外接 1 台制冷器防止过温、1 台供热器防止极端地区出现过低温的风险。子机硬件实物和主机硬件实物如图 3 所示。



a 子机硬件

b 主机硬件

图 3 下位机硬件实物
Fig.3 Physical diagram for
hardware of lower computer

2.2 下位机软件驱动层实例

该下位机软件分为子机和主机 2 个部分软件代码。子机主要通过滴答定时器计时, 采用时间片轮询的方式判断温度传感器采集的温度是否异常, 以及是否到达温度数据上传时间。满足以上任意一个条件就唤醒 LoRa 模块给主机发送子机温度区间信息, 要是不满足模块就继续睡眠维持低功耗状态。主机则是采取一直监听模式, 当收到子机上传的数据则开始对数据进行解析和校验, 信息验证正确则对数据进行打包, 通过 Wi-Fi 模块上传至服务器。具体软件设计运行逻辑如图 4 所示。

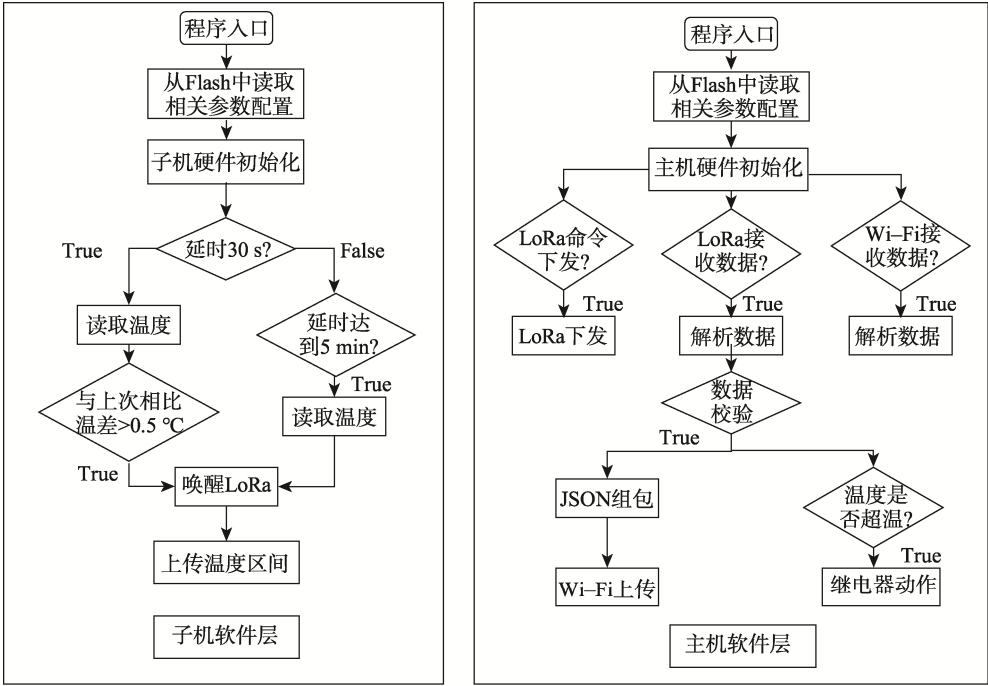


图 4 下位机软件设计逻辑
Fig.4 Software design logic of lower computer

2.2.1 子机主程序运行流程

由图 4 子机软件层所示,子机主程序运行流程可知,接通蓄电池电源后 GD32F330C8T6 会开始先对内核时钟进行初始化然后开始运行 main()函数。mian()函数会先从 flash 内存中读取一些硬件的参数信息,然后再初始化外设硬件(包含按键、温度传感器、OLED 显示屏、LoRa 模块和蜂鸣器)。硬件初始化完成后子机每 30 s 读取一次温度数据,当读取的相邻 2 次温度差值大于 0.5℃或者距离上次温度数据上报间隔达到 5 min 时,子机都会对本次读取的数据进行数据打包上报给主机。

2.2.2 主机主程序运行流程

由图 4 主机软件层所示、主机主程序运行流程可知,上电后初始化流程和子机主机是相同的。硬件初始化之后,程序会一直在 LoRa 数据接收和 Wi-Fi 数据接收循环中运行。当有按键按下时会触发外部中断,软件会转到中断服务函数中先处理按键操作。按键主要控制 OLED 屏幕菜单,用于设置子机报警温度,设置完成会通过 LoRa 模块发送给子机。main 函数内容如图 5 所示。

2.3 上位机终端软件实例

本次设计应用层软件是基于使用 Qt 软件独立编写开发的一款上位机软件。该应用层软件主要行为是实时监听接收下位机主机上传到物联网 OneNET 中的 JSON 数据包^[16-17],并对接收到的数据进行解析,实时显示到软件界面中并保存到 SQLite 数据库中,

为上位机软件中的温度折线图绘制和异常记录功能提供有效数据。

```
35 #include "common.h"
36
37 const char *devSubTopic = "/mySmartBox/sub";
38 const char *devPubTopic = "/mySmartBox/pub";
39
40 void HardWare_Init(void)
41 {
42     systick_config(); //系统滴答定时器配置
43     OLED_Init(); //OLED屏初始化
44     Relay_Init(); //继电器、蜂鸣器初始化
45     KEY_Init(); //按键初始化
46     OLED_ColorTurn(0); //0正常显示,1反色显示
47     OLED_DisplayTurn(0); //0正常显示,1屏幕翻转显示
48     OLED_Clear(); //清屏
49     uart_init_0(115200); //串口0初始化
50     uart_init_1(115200); //串口1初始化
51     TimeCnt[5] = 2000; //屏幕刷新定时器
52     ESP8266_Init(); //WIFI模块初始化
53     while(OneNet_DevLink() //连接物联网服务器
54         DelayXms(500);
55     OneNet_Subscribe(&devSubTopic, 1);
56     Beep_Action(1);
57     DelayXms(500);
58     Beep_Action(0);
59     Task_Handle(); //LOrO模块初始化和配置,任务开始执行
60 }
61
62 int main(void)
63 {
64     HardWare_Init();
65 }
```

图 5 主机 main 函数内容
Fig.5 Main function content of host

上位机软件主要提供功能有:实时数据记录(在表格中罗列出接收到的各冷藏箱中的温度区间)、接收数据(在面板上打印出接收的原始数据)、日记记录、温度曲线、设备管理、参数设置(可设置软件界面的一些提示信息、报警温度、登录账号和密码)、车辆管理等。上位机数据监测界面如图 6 所示。

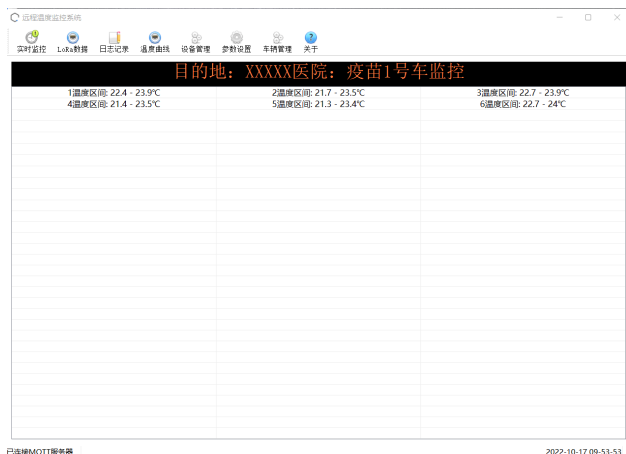


图6 上位机软件监控界面
Fig.6 Software monitoring interface of upper computer

2.3.1 应用层绘制温度曲线

应用层可对所监控的同一车辆中所有冷藏箱或单个冷藏箱进行温度曲线查看,可通过时间区间选择进行图像数据筛选。若只输入车辆编号,可实现查看此车中所有冷藏箱内的温度曲线,可通过鼠标点击右侧的曲线名称对相应曲线进行隐藏和显示操作。上位机温度图像界面如图7所示。

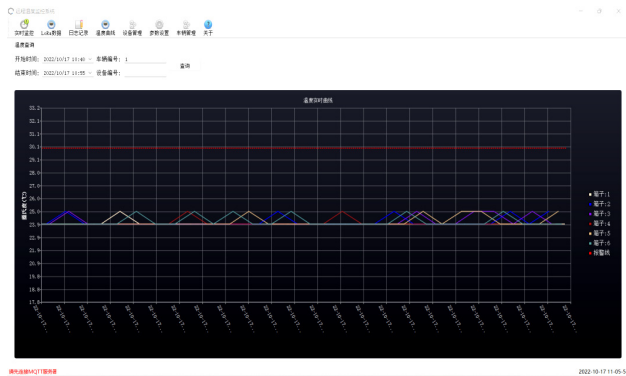


图7 上位机温度图像界面
Fig.7 Temperature image interface of upper computer

2.3.2 应用层设备管理

本次设计的上位机软件功能中包含远程下发指令功能。远端操作人员可依据上报的温度数据情况,远程手动控制车辆主机中通过继电器模块与外界连接的制冷设备。同时,为了软件下发命令的可拓展性,额外加入了下发命令输入行,在此可输入其他的控制命令。此功能页面如图8所示。

2.3.3 应用层车辆管理

本次设计的上位机软件功能中包含有车辆管理功能,其功能实质是对每台车中的主机进行管理操作。此功能是为了方便管理和查看同批次的多辆运输

车。远端操作人员可以通过车辆管理对车辆进行添加、删除和切换的动作,添加的车辆信息也同样保存在SQLite数据库中。此功能页面如图9所示。



图8 上位机设备管理界面
Fig.8 Equipment management interface of upper computer

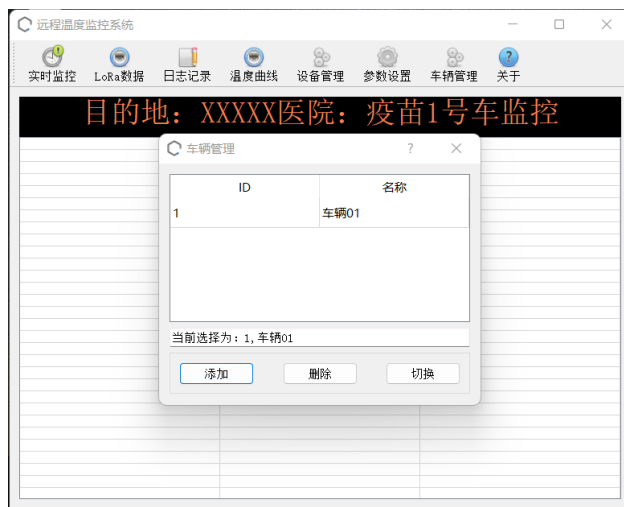


图9 上位机车辆管理界面
Fig.9 Vehicle management interface of upper computer

3 通信协议

无线传输的稳定性没有有线传输稳定可靠,因此接受端对接收到的数据进行校验就十分重要。将重要数据按事先制定的通信协议进行组包传输是十分有利于接收端对接受到的数据进行校验的。规范的通信协议对后期协议的修改和维护都是十分重要的。

3.1 子机 LoRa 数据包组成

子机上传的温度数据包从高位到低位的字节可分为起始字符、子机编号、最高温度高位、最高温度

低位、最低温度高位、最低温度低位、校验码高位、校验码低位,均采用十六位字符表示。例如编号为 01 的冷藏箱中的节点上传的数据为:“0x0A 0x01 0x00 0x53 0x00 0x4F 0x8C 0x94”,则这组数据包表达的意思为:编号为 01 号箱中温度区间为 7.9~8.3℃,第 1 位字节“0x0A”为数据包起始字符,表示数据的开始;第 2 和第 3 字节“0x00 0x53”表示最高温度为 8.3℃(0x53=83,此为保留一位小数点);第 4 和第 5 字节“0x00 0x4F”表示最低温度为 7.9℃(0x4F=79,此为保留一位小数点);第 6 和第 7 字节“0x8C 0x94”表示这组数据的校验码,在主机接收到数据并进行数据正确校验时使用。

3.2 主机 LoRa 下发命令组成

主机以广播形式下发命令,子机群都是可以收到的。子机主要通过数据包中的子机编号来区分此命令是否为自己所发,如果是就对命令进行解析,反之则丢弃。命令组成:功能码、子机编号、功能命令数据、校验码。功能码含义如表 1 所示。

表 1 主机命令功能码
Tab.1 Host command function code

功能码	功能命令数据	说明
0x01	0x00 0x00	询问子机温度数据
0x02	0x00 0x50 0x00 0x14	修改子机报警温度区间

3.3 主机 Wi-Fi 数据包组成

例如,主机在接收到子机节点上传的数据包“0x0A 0x01 0x00 0x53 0x00 0x4F 0x8C 0x94”后对数据进行解析和校验判断数据是否接收完整;然后对解读出的子机编号为 01,最高温度为 8.3℃,最低温度为 7.9℃;之后进行 JSON 数组转换,JSON 数据都是由键值对组成,此数据转换的数据格式为{"Id":1, "HTemp":83, "LTemp":79};最后上传给 MQTT 服务器,以供上位机从服务器中读取。JSON 数据显示如图 10 所示。

如图 10 显示中第 1 条数据所表达的有效信息:[09:56:48]为具体接受此信息时间;/mySmartBox/pub 为具体的上传主机名称也可代表车辆名称;{"Id":6, "HTemp":232, "LTemp":217}为编号 6 的冷藏箱内最高温度 23.2℃、最低温 21.7℃。

3.4 本章小结

整套系统通信协议采用实时下位机 MODBUS 工业协议和上位机 JSON 数组通信方式,十分便捷地实现了下位机子机节点与主机之间通信命令、数据的有效分类和校验等功能。同时,JSON 数组良好的自我描述性、读写速度快和结构简单等特性,使得上位机

软件能够快速解析数据,并可视化地显示出来。



图 10 下位机上传 JSON 数据显示
Fig.10 Display of uploading JSON data through lower computer

4 结语

本文基于现代物联网技术,根据设备感知层、传输层和应用层 3 层结构体系,自主研发了一套物流冷藏箱温度信息远程监测系统。

1) 感知层通过结合嵌入式单片机、无线传输技术和传感器技术自主设计研发了一整套子机采集节点与主机网关节点的下位机,并采用时间片轮询和节能控制,最大限度地延长了子机节点的电量使用周期。

2) 传输层通过设计开发了 LoRa 网络信息接收处理与 Wi-Fi 数据上传的信息处理设备。整套系统通过主机节点进行信息处理和交互。主机节点实时接收子机 LoRa 信息并通过 Wi-Fi 模块链接车载网络上传至服务器。

3) 应用层实现了数据表格展示、接收数据流展示、异常记录、温度曲线、设备登录、车辆信息管理等多功能设计。使用户可远程实时查看车辆中每个冷藏箱的温度区间,以及温度异常时间点记录等。其通用性强,操作上手简单,运行稳定,具有良好的应用价值。

整套系统验证表明,该系统可有效地提高运输途中数据信息采集效率,有效节约了人力和物力,有效地提高了物流运输的安全性和智能化。对提高物流产业的可视化、智能化和信息化,以及推进智慧物流具有重要意义。

为了后期扩展使用范围,例如将其运用到海运,跨国运输中,将进一步改进优化子机节点的功耗方案,更换主控芯片,采用专用的低功耗芯片来进一步降低子节点的功耗;研究数据上传至服务器的设备改进方案,Wi-Fi 天线方面从贴片式天线改用外接延长天线,以此来增强 Wi-Fi 接收信号;应用层方面可优化开发一款 APP 应用,更加方便远端人员随时随地通过移动端查看信息数据。

参考文献:

- [1] 余飞. 新冠疫苗问世撬开冷链运输百亿市场[J]. 中国储运, 2021(2): 54-55.
YU Fei. COVID-19 Vaccine Comes Out, Opening up the 10 Billion Market of Cold Chain Transportation[J]. China Storage & Transport, 2021(2): 54-55.
- [2] 袁学国, 邹平, 朱军, 等. 我国冷链物流业发展态势、问题与对策[J]. 中国农业科技导报, 2015, 17(1): 7-14.
YUAN Xue-guo, ZOU Ping, ZHU Jun, et al. Development Trend, Problems and Countermeasures for Cold Chain Logistics Industry in China[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2015, 17(1): 7-14.
- [3] 林振强. 我国医药冷链发展现状与趋势[J]. 物流技术与应用, 2021(S1): 42-45.
LIN Zhen-qiang. Development Status and Trend of Pharmaceutical Cold Chain in China[J]. Logistics & Material Handling, 2021(S1): 42-45.
- [4] 葛虎, 郑琰. 医药冷链物流现状及问题研究[J]. 物流工程与管理, 2019, 41(6): 13-14.
GE Hu, ZHENG Yan. Research on the Development of Medicine Cold Chain Logistics in China[J]. Logistics Engineering and Management, 2019, 41(6): 13-14.
- [5] 庞琮远, 杨文通, 王洪宇, 等. 我国医药冷链物流发展现状、存在问题与趋势分析[J]. 中国市场, 2019(17): 165-166.
PANG Cong-yuan, YANG Wen-tong, WANG Hong-yu, et al. Analysis on the Development Status, Existing Problems and Trends of Pharmaceutical Cold Chain Logistics in China[J]. China Market, 2019(17): 165-166.
- [6] 代景云. 国内冷链物流发展存在问题及对策研究[J]. 新西部, 2019(21): 73-74.
DAI Jing-yun. Research on Problems and Countermeasures of Domestic Cold Chain Logistics Development[J]. New West, 2019(21): 73-74.
- [7] 朱宏, 王冬梅. 冷链保温箱用温湿度云监测系统的设计与测试[J]. 包装学报, 2018, 10(1): 42-45.
ZHU Hong, WANG Dong-mei. Design and Test of Wireless Temperature and Humidity Monitoring System for Cold Chain Incubator[J]. Packaging Journal, 2018, 10(1): 42-45.
- [8] MARQUES G, RUI P. Non-Contact Infrared Temperature Acquisition System based on Internet of Things for Laboratory Activities Monitoring[J]. Procedia Computer Science, 2019, 155: 487-494.
- [9] 朱俊光, 高健, 田俊, 等. 基于物联网技术的远程温湿度监测系统[J]. 实验技术与管理, 2014, 31(11): 94-97.
ZHU Jun-guang, GAO Jian, TIAN Jun, et al. Long-Distance Temperature and Humidity Monitoring System Based on Technology of Internet of Things[J]. Experimental Technology and Management, 2014, 31(11): 94-97.
- [10] CHEN X, CHEN J, WU Y, et al. Design of Indoor Temperature Monitoring System Based on Narrowband Internet of Things[C]// 2018 24th Asia-Pacific Conference on Communications (APCC), 2019.
- [11] CODELUPPI G, CILFONE A, DAVOLI L, et al. LoRaFarM: A LoRaWAN-Based Smart Farming Modular IoT Architecture[J]. Sensors, 2020, 20(7): 2028.
- [12] 刘化君. 物联网体系结构研究[J]. 中国新通信, 2010, 12(9): 17-21.
LIU Hua-jun. Study on the Architecture for Internet of Things[J]. China New Telecommunications, 2010, 12(9): 17-21.
- [13] 邓猛, 李倩. 基于 ARM 的远程环境参数监测系统[J]. 新型工业化, 2018, 8(9): 73-75.
DENG Meng, LI Qian. Remote Environment Parameters Monitoring System Based on ARM[J]. The Journal of New Industrialization, 2018, 8(9): 73-75.
- [14] 王瑞, 兀玉洁, 李燕苹. 基于 MQTT 协议的物联网实训云平台设计[J]. 工业控制计算机, 2018, 31(9): 101-103.
WANG Rui, WU Yu-jie, LI Yan-ping. Design of an Internet of Things Cloud Platform Based on MQTT Protocol[J]. Industrial Control Computer, 2018, 31(9): 101-103.
- [15] 郭翠娟, 暴宁, 荣锋. 基于 MQTT 的物联网平台研究与设计[J]. 计算机工程与设计, 2022, 43(8): 2378-2384.
GUO Cui-juan, BAO Ning, RONG Feng. Research and Design of Internet of Things Platform Based on MQTT[J]. Computer Engineering and Design, 2022, 43(8): 2378-2384.
- [16] HUA X, HAN X, SUN H. Design of Environment Monitoring System for Greenhouse Based on OneNET[C]// 2021 IEEE Asia-Pacific Conference on Image Processing, Electronics and Computers (IPEC), IEEE, 2021.
- [17] 刘晓剑. 基于 Onenet 的物联网监控系统[D]. 郑州: 郑州大学, 2016.
LIU Xiao-jian. Internet of Things monitoring System Based on Onenet[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2016.