

DOI:10.19322/j.cnki.issn.1006-4710.2020.04.017

# 基于 JSON 的土壤环境监测物联网感知源信任评价模型研究

陈二阳<sup>1,2</sup>, 袁姜红<sup>3</sup>, 黎忠文<sup>1</sup>, 蒋毅<sup>1</sup>, 江丹<sup>1</sup>

(1. 成都大学 电子信息与电气工程学院, 四川 成都 610106; 2. 成都理工大学 地球物理学院, 四川 成都 610059;  
3. 四川长江职业学院, 四川 成都 610106)

**摘要:** 针对当前土壤环境参数采集系统可扩展性低、实时性差、数据可靠性不高等问题,设计并实现了基于 JSON 数据格式的感知源信任评价的土壤环境参数实时无线采集系统。系统以 CC2530 芯片为 ZigBee 组网核心,以 STM32 为 MCU,选取适合土壤环境的温度、湿度、光照强度等环境参数,相对于传统的土壤环境参数采集模块,系统的创新点在于使用 JSON 刻画了土壤环境参数;另一方面,环境监测过程中每路数据参数均由 3 路传感器同时工作,并基于感知源信任评价的可靠数据保障模型计算出一个可靠的数据和传感器状态。实验结果表明,系统工作正常,数据采集传输存储正确率高达 90% 以上,感知源信任评价的可靠数据保障模型的引入提高了系统的数据可靠性。JSON 传感资源描述方法的引入,使其他类型的传感设备能够很便捷地引入到系统中,提高了物联网系统的灵活性和可扩展性。

**关键词:** 土壤环境参数; ZigBee; JSON; 感知源信任评价; 物联网

**中图分类号:** TN911.7      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1006-4710(2020)04-0557-05

## Research on soil environmental monitoring IOT model based on JSON

CHEN Eryang<sup>1,2</sup>, YUAN Jianghong<sup>3</sup>, LI Zhongwen<sup>1</sup>, JIANG Yi<sup>1</sup>, JIANG Dan<sup>1</sup>

(1. School of Electronic Information and Electrical Engineering, Chengdu University, Chengdu 610106, China;  
2. College of Geophysics, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;  
3. Sichuan Changjiang Vocational College, Chengdu 610106, China)

**Abstract:** Aiming at the problems of low scalability, poor real-time performance and low data reliability of current farmland soil environmental parameter collection system, an IOT (Internet of Things) system based on perceptive source trust evaluation is designed and implemented. The system takes CC2530 chip as ZigBee network core and STM32 as MCU to collect environmental parameters such as temperature, humidity and light intensity. Compared with the traditional soil environmental parameter acquisition module, the innovation of this system lies in using JSON to characterize the soil environment parameters. In addition, in the process of environmental monitoring, each data parameter is operated by three sensors simultaneously, with a reliable data and sensor state calculated by the model. Experimental results show that the system works normally and that the accuracy rate of data acquisition, transmission and storage is up to 90%. The introduction of JSON sensor resource description method enables other types of sensor devices to be easily introduced into the system, improving the flexibility and expansibility of the IOT system.

**Key words:** soil environmental parameter; ZigBee; JSON; perceptual source trust evaluation; IOT

收稿日期: 2019-12-03; 网络出版日期: 2020-07-08

网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1294.N.20200708.1442.002.html>

**基金项目:** 国家重点研发计划资助项目(2016YFB0800604); 四川省教育厅自然科学重点资助项目(18ZA0123, 17ZA0340); 四川省数学地质重点实验室资助项目(csxdz201710); 模式识别与智能信息处理四川省高校重点实验室资助项目(MSSB-2020-9); 四川省高等职业教育研究中心资助项目(GZY20B45); 成都大学 CC 国家众创空间创新创业教育专项资助项目(ccyg202001006); 成都大学课程思政专项资助项目(2020KCSZA09)

**第一作者:** 陈二阳, 男, 博士, 讲师, 研究方向为遥感应用及物联网技术。E-mail: chenyang0395@163.com

土壤是地球生物圈的重要组成部分,是农业和自然生态系统的基础。据粮农组织统计,由于人们不可持续的土地管理方式,已导致全球土壤的 1/3 出现退化,随着土壤退化越来越严重,农业生产必将面临更大的挑战。土壤环境参数的监测对稳定农业生产具有重要意义。然而,近年来,随着社会的发展以及云计算、4G/5G 通信、物联网等技术的进步,传感器的数量、种类和数据量均呈爆发式增长,物联网环境下的传感设备也受到了越来越多的网络攻击,传统的数据采集模块在扩展灵活性、数据可靠性等方面已经无法满足实际需求<sup>[1]</sup>。

近年来,无线传感器网络因其低成本、组网灵活及布控简单等优点,在环境监测中得到广泛应用,相关传感模块扩展、数据可靠性研究也逐渐成为物联网领域的研究热点。李邦训等<sup>[2]</sup>提出并设计了基于北斗与 ZigBee 的生态环境参数实时采集系统,将北斗定位与 ZigBee 组网结合起来,有较高的实用价值。周晓等<sup>[3]</sup>设计实现了一种树形结构的无线传感器网络,采用休眠机制有效降低了传感节点的功耗。许志伟等<sup>[4]</sup>通过对数据融合过程进行建模,发现并刻画了输入数据和融合结果之间的联系,提出一种高效的物联网数据融合安全检验机制。Boubrima 等<sup>[5]</sup>针对当前通用部署模型不适用于传感器监测污染的问题,设计计算了传感器部署位置的整数线性规划模型并分析了性能。

随着物联网技术的不断发展,万物互联导致各终端的数据维度不断提高,数据规模也越来越大,人们面临着数据冗余大、存储复杂的困境。本文结合物联网设备边缘计算的思想,设计土壤环境监测物联网感知源信任评价模型,并通过 JSON 刻画了土壤环境参数。

## 1 系统总体设计

考虑到 ZigBee 监测网的通信方式优化,整个系统划分为多个 ZigBee 个域网,每个个域网包含三个 ZigBee 通信节点,组成网状拓扑结构,以便降低系统延时,提高系统的可扩展性<sup>[6]</sup>。采集的土壤环境参数包括土壤温度、土壤湿度、光照强度三个参数。相对于传统的土壤环境参数采集模块,系统的创新点在于使用 JSON 刻画了传感器的参数和状态数据,同时提出了一种基于感知源信任评价的可靠数据保障模型。为了配合上述模型的硬件资源需求,土壤温度、土壤湿度、光照强度参数的采集分别需要三路传感器同时配合工作才能获得一组数据。以光照强度的采集为例,为了获得一组有效的光照强度参数,需要三个光照强度传感器同时工作,通过模型运算出一个

可靠的光照强度参数。系统整体框架如图 1 所示。

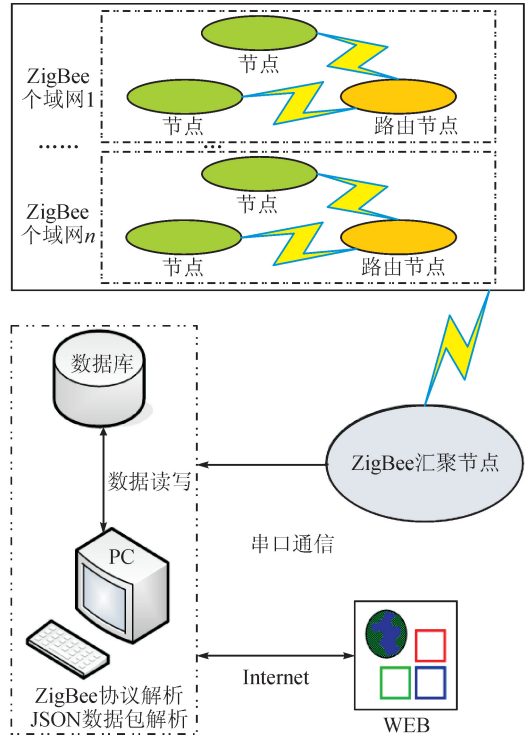


图 1 系统整体结构图

Fig. 1 Overall framework for the system

## 2 系统硬件设计

传感节点是 ZigBee 监测网中重要的数据采集单元,它由电源模块、射频通信模块、处理器模块、传感器模块及时钟模块 5 部分组成,传感节点结构如图 2 所示。其中,MCU 选用 STM32F103ZET6 芯片,电源管理模块负责给各相关模块供电。

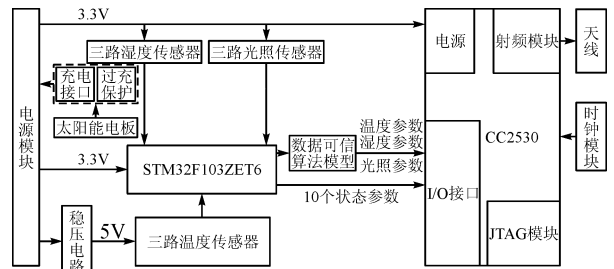


图 2 传感节点结构

Fig. 2 Structure of sensor nodes

由于监测区域一般处于露天环境,复杂多变,传感节点的电源补给将不能保障,传统采集方式获取的土壤环境参数可信度也将大大降低。为了提高系统的可靠性,一方面,系统使用锂电池给节点供电,锂电池可通过移动电源供电或者太阳能电板充电;另一方面,为了采集到一路可信可靠的数据,温度、湿度及光照传感器均采用三路同时输入的方式。

### 3 系统软件设计

#### 3.1 传感节点程序设计

由于温度、湿度、光照传感器强度均遵循 I2C (inter-integrated circuit), CC2530 芯片无 I2C 接口,故采用单片机中两个普通 IO 口模拟实现 I2C 总线通信。采用 CC2530 芯片串口 0 用于 485 总线结构,从而实现传感器的驱动<sup>[2]</sup>,I2C 总线结构软件设计流程图如图 3 所示。

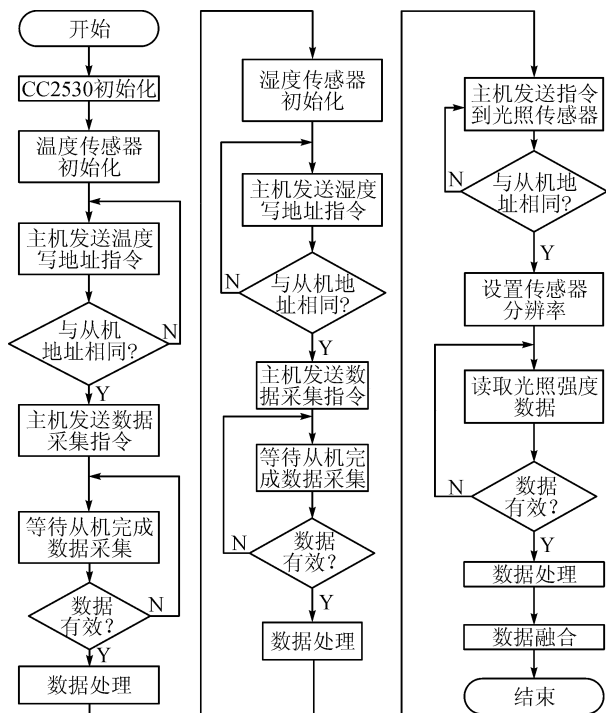


图 3 I2C 总线结构软件设计流程图

Fig. 3 Flow chart for I2C bus structure

#### 3.2 上位机管理软件

上位机管理软件用于监控串口数据,并将采集模块上传的 JSON 数据包进行解析和存储,便于 WEB 服务依据权属访问数据。上位机管理软件流程图如图 4 所示。

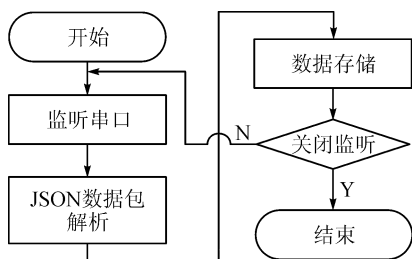


图 4 上位机管理软件流程图

Fig. 4 Flow chart for upper computer software

#### 3.3 基于 JSON 的统一资源描述

物联网系统中,一般包含各种不同类型和用途的

传感器设备,而各种传感器的数据接口、属性功能、数据格式不可避免地存在差异性。JSON (JavaScript Object Notation) 是一种轻量级的数据交换格式,采用完全独立于编程语言的文本格式来存储和表示数据,易于人阅读和编写,能有效提升网络传输效率,同时也易于机器解析和生成,支持 C、Java、Python、C#、JavaScript 等多种服务器端语言。

基于 JSON,系统对各个不同传感器资源设备进行统一的描述和管理,以光照传感器为例,详细的资源描述如图 5 所示。

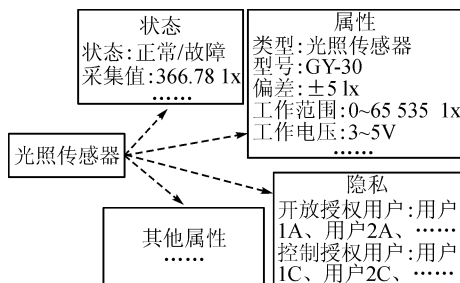


图 5 光照传感器资源描述

Fig. 5 Resource description of illumination sensor

针对模型中涉及的光照传感器,系统采用如下 JSON 格式进行资源描述:

```

{
  "Net": {
    "jinxing": "NetID": "1",
    "IDnode": "1",
    "IDaddr": "20"
  },
  "attribute": {
    "Type": "Illumination_Sensor",
    "Model": "GY-30",
    "Precision": "±5",
    "Range": "0-65535 lx",
    "Working_Voltage": "3-5V"
  },
  "status": {
    "Model": "working",
    "Value": 390.68
  },
  "privacy": {
    "Access_authority": ["user1A", "user2A"],
    "Control_authority": ["user1C", "user2C"]
  },
  "History": {
    "DateTime-value": [
      "20191201160010 388.56",

```

```

"20191201161010 393.16",
"20191201162010 395.05",
"20191201163010 391.12",
"20191201164010 390.68"]
}
}
}

```

在实际系统应用过程中,需要将传感器采集到的信息定时更新到描述文件中的指定传感器状态字段,并同步更新执行器的控制段状态,以便根据需求更新维护设备的资源描述文件。

### 3.4 数据可靠保障模型

针对物联网源头数据可靠性问题,提出基于感知源信任评价的数据可靠保障模型,如图6所示。该模型以感知层为基础,引入直接信任、同行信任及能量信任评价机制,并据此计算综合信任程度。设节点  $N_n$  为待评估节点,  $\{N_1, N_2, \dots, N_{n-1}\}$  是它的同行节点集,则直接信任值代表  $N_n$  与自身历史采集数据的关联程度,  $N_n$  与  $\{N_1, N_2, \dots, N_{n-1}\}$  的关联程度称之为同行信任值,能量信任值则代表节点  $N_n$  对电源的消耗程度。

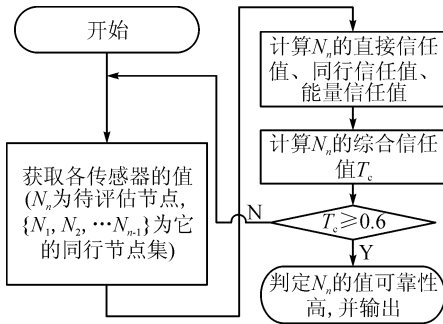


图6 基于感知源信任评价的数据可靠保障模型

Fig.6 Data reliability assurance model based on perceived source trust evaluation

通过各传感器节点将采集到的数据经过算法计算出相关信任值,以实现评测单元内的工作节点自评和同行工作节点之间的互评,并引入能量信任评价机制,以得到更精确的综合信任值,从而实现对各工作节点的判断和监测。

#### 1) 直接信任值的计算

工作节点按其固有的频率采集数据(记为  ${}^r data$ )并传递给中继节点。中继节点按业务的需要保存工作节点多个过时的数据,即历史数据。令  ${}^{ave} data$  是工作节点多个历史数据的平均值。假设  ${}^{lim} data$  是工作节点当前感知数据和历史数据之差的上限。记:

$$x = |{}^r data - {}^{ave} data| \quad (1)$$

则工作节点的直接信任值  $T_{data}$  ( $T_{data} \in [0,1]$ ,且初值为1)计算方法为:

$$T_{data} = \begin{cases} 0, & x > {}^{lim} data \\ \alpha \cdot \frac{1}{x}, & \alpha \leq x < {}^{lim} data \end{cases} \quad (2)$$

其中,  $\alpha$  为经验值正常量,取值小于  ${}^{lim} data$ ,用来调整信任值的计算结果。

#### 2) 能量信任值的计算。

能量信任值保持稳定是传感器能正常工作的重要保障,传感器在正常工作时,其传感器平均能量值保持平稳,即能量波动值越小,表示传感器工作越稳定。此外,当工作节点的环境恶劣或遭受安全攻击时,其平均能量消耗率  $E_{ave}$  就会增加,因此,能量消耗越多,工作节点能量信任值就越低。

设工作节点最小能量值记作  $E_{min}$ ,剩余能量值记作  $E_{res}$ ,能量消耗率记作  $E_{use}$ ,则能量信任值  $T_{en}$  ( $T_{en} \in [0,1]$ ,且初值为1)为:

$$T_{en} = \begin{cases} 0, & E_{res} < E_{min} \\ \beta \cdot \frac{E_{ave}}{E_{use}}, & E_{res} > E_{min} \text{ 且 } E_{use} \geq \beta \cdot E_{ave} \\ 1, & E_{res} > E_{min} \text{ 且 } E_{use} < \beta \cdot E_{ave} \end{cases} \quad (3)$$

其中,  $\beta$  为经验值正常量,用来调整信任值的计算结果。

#### 3) 同行推荐信任值的计算。

在物联网中,往往存在多个传感器对同一信息进行采集的情况。设同一评测单位有  $n$  个工作节点执行相同任务,即采集同一信息,记为工作节点集  $\{N_1, N_2, \dots, N_n\}$ 。为便于说明,不妨设节点  $N_n$  为待评估节点,则  $\{N_1, N_2, \dots, N_{n-1}\}$  是它的同行节点集。

设第  $j$  个同行节点当前采集到的数据为  ${}^j data$ ,  ${}^{lim} data$  为节点  $N_n$  与同行节点采集数据之差的上限。记:

$$z = |{}^r data - {}^j data| \quad (4)$$

则第  $j$  个同行节点对节点  $N_n$  的推荐信任值  $T_{rj}$  ( $T_{rj} \in [0,1]$ ,且初值为1)为:

$$T_{rj} = \begin{cases} 0, & z > {}^{lim} data \\ \gamma \cdot \frac{1}{z}, & \gamma \leq z < {}^{lim} data \end{cases} \quad (5)$$

其中,  $\gamma$  为经验值正常量,取值小于  ${}^{lim} data$ ,用来调整信任值的计算结果。

则对于工作节点  $N_n$ ,它的  $n-1$  个同行对它的推荐信任值  $T_{rec}$  ( $T_{rec} \in [0,1]$ ,且初值为1)为:

$$T_{rec} = \frac{1}{n-1} \times \sum_{j=1}^{n-1} T_{rj} \quad (6)$$

## 4) 综合信任值的计算。

工作节点的综合信任值  $T_c$  是直接信任值、能量信任值和同行信任值的加权平均值,其表达式为:

$$T_c = \delta_1 \cdot T_{data} + \delta_2 \cdot T_{en} + \delta_3 \cdot T_{rec} \quad (7)$$

其中  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$  是权重因子,满足  $0 < \delta_1, \delta_2, \delta_3 < 1$ , 且  $\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = 1$ , 实际应用中根据经验调整。

## 4 实验及结果分析

## 4.1 ZigBee 监测网通信测试分析

基于上述硬件系统,随机选取 3 个传感节点和 1 个网关节点构建 ZigBee 测试网络,测试系统的可靠性及稳定性,结合上位机软件来测试无线采集系统的数据发送、接收和存储情况。测试数据显示,随机选取的 3 个传感节点都能正常工作,能够实现 ZigBee 个域网的创建、加入、退出、网拓扑结构及多跳路由传输。

天气良好的情况下,选取一块空旷的区域,采集节点每隔 10 秒采集一次数据,数据包长度 588Byte。节点之间的距离从相隔 10 m 开始逐渐增大,测试 ZigBee 监测网通信情况。测试结果发现,在传感节点相距 35 m 之内时,数据的发送、接收和存储成功率保持在 90% 以上,可以有效达到土壤环境参数的监测目的。

## 4.2 数据可靠保障模型测试分析

假设传感器  $N_3$  为待评估节点,  $\{N_1, N_2\}$  是  $N_3$  的同行节点集。通过人工干预的方式,调整传感节点  $\{N_1, N_2, N_3\}$  的状态,每种情况单独实验 200 次,统计每次模型的输出状态。详细情况如表 1 所示。

表 1 数据可靠保障模型测试分析

Tab. 1 Test and analysis of the data reliability guarantee model

供电模块是否正常工作	$N_3$ 是否正常工作	$N_1$ 是否正常工作	$N_2$ 是否正常工作	本模型输出状态			传统模块是否报警
				正常输出次数	正常输出概率/%	是否报警	
√	√	√	√	200	100.0	×	×
√	√	√	×	185	92.5	×	×
√	√	×	√	187	93.5	×	×
√	√	×	×	167	83.5	×	×
√	×	√	√	99	49.5	√	×
√	×	√	×	74	37.0	√	×
√	×	×	√	71	35.5	√	×
√	×	×	×	0	0.0	√	×
×	√	√	√	0	0.0	√	√

注:“√”表示对应指标正常;“×”表示对应指标异常。

测试结果表明,本系统模型更加稳定,能够及时发现传感模块的不稳定现象,采集到的数据也更加可靠。

## 5 结语

针对传统的土壤环境参数物联网采集模块存在的可扩展性低、实时性差、数据可靠性不高等问题,以 CC2530 芯片为 ZigBee 组网核心,以 STM32 为 MCU,使用 JSON 刻画传感器的参数和状态数据,同时提出了一种基于感知源信任评价的可靠数据保障模型。实验结果表明,数据的采集传输存储正确率高达 90% 以上,且系统运行稳定可靠。本文在物联网系统提高灵活性和可扩展性方面做了较好的探索。

## 参考文献:

- [1] 李继蕊,李小勇,高雅丽,等. 物联网环境下数据转发模型研究[J]. 软件学报,2018,29(1):196-224.  
LI Jirui, LI Xiaoyong, Gao Yali, et al. Review on data forwarding model in internet of things[J]. Journal of Software, 2018, 29(1):196-224.
- [2] 李邦训,陈崇成,黄正睿,等. 基于北斗与 ZigBee 的生态环境参数实时采集系统[J]. 福州大学学报(自然科学版),2019,47(4):460-466.  
LI Bangxun, CHEN Chongcheng, HUANG Zhengrui, et al. Real-time acquisition system for ecological environment parameters based on Beidou and ZigBee[J]. Journal of Fuzhou University(Natural Science Edition), 2019, 47(4):460-466.
- [3] 周晓,李杰,边裕挺. 基于无线传感网络的环境温度监测系统的设计[J]. 浙江工业大学学报,2013,41(4):440-443.  
ZHOU Xiao, LI Jie, BIAN Yuting. Design of environment temperature monitoring system based on wireless sensor network[J]. Journal of Zhejiang University of Technology, 2013, 41(4):440-443.
- [4] 许志伟,张玉军. 高效物联网虚假数据融合结果检测机制[J]. 计算机研究与发展,2018,55(7):1488-1497.  
XU Zhiwei, ZHANG Yujun. Efficient detection of false data fusion in IoT[J]. Journal of Computer Research and Development, 2018, 55(7):1488-1497.
- [5] BOUBRIMA A, BECHKIT W, RIVANO H. Optimal WSN deployment models for air pollution monitoring[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2017, 16(5):2723-2735.
- [6] REBAI M, LE-BERRE M, SNOUSSI H, et al. Sensor deployment optimization methods to achieve both coverage and connectivity in wireless sensor networks[J]. Computers & Operations Research, 2015, 59:11-21.

(责任编辑 周 蓓)