◆产业赋能与业态融合◆

物联网技术在多点生态环境监测系统中的应用研究

杨　威[1]，何　明[2]

（1.广州软件学院 软件工程系，广东 广州　510900；2.广州软件学院 网络技术系，广东 广州　510900）

［摘　要］人类面临的生态环境问题越发严峻，需要获取可靠环境信息数据，一般利用多点生态环境监测系统获取环境参量信息。当前多点生态环境监测系统通信节点直接将数据发送至基站，造成通信网络数据拥塞，导致监测精确度较低。应用物联网技术优化多点生态环境监测系统，通过实时采集生态环境数据，获取与生态环境相关的要素信息及各类参数；构建通信网络节点分区结构，动态均衡数据负载，实现数据远程传输；智能化识别与处理数据，匹配数据库数据，调整制定目标值，监测实际生态情况。在多点生态环境监测系统中应用物联网技术，空气温湿度和土壤温湿度参量的监测误差在4%～7%，与未应用该技术相比，监测精确度提高了7～10百分点，更有利于准确监测生态环境。

［关键词］物联网技术；生态环境；多点监测；监测系统

［中图分类号］X835　　［文献标志码］A　　［文章编号］2097-4566（2024）07-0076-05

Application of Internet of things technology in multi-point ecological environment monitoring system

YANG Wei[1], HE Ming[2]

(1. *Department of Software Engineering, Guangzhou Software College, Guangzhou* 510900, *China*;
2. *Department of Network Technology, Guangzhou Software College, Guangzhou* 510900, *China*)

Abstract: Human beings are facing more and more serious ecological and environmental problems. It is necessary to obtain reliable environmental information data, multi-point ecological and environment monitoring system is used to obtain environmental parameter information. At present, the communication nodes of the multi-point ecological environment monitoring system directly send the data to the base station, resulting in the data congestion of the communication network and low monitoring accuracy. The Internet of things technology is applied to optimize the multi-point ecological environment monitoring system. Through the real-time collection of ecological environment data, we can obtain the elements information and various parameters related to the ecological environment; Construct the communication network node partition structure, dynamically balance the data load, and realize the remote data transmission; Intelligently identify and process the data, match the database data, adjust and formulate the target value, and monitor the actual ecological situation. Experimental results show that through application of Internet of things technology in the multi-point ecological environment monitoring system, the monitoring error of air temperature and humidity, soil temperature and humidity parameters are in the range of 4% - 7%, compared with not application of this technology, the monitoring accuracy is improved by 7 - 10 percentages, which is more conducive to accurate monitoring of the ecological environment.

Key words: Internet of things technology; ecological environment; multi-point monitoring; monitoring system

0　引言

人类利用和开发各类生态资源的强度越来越高，面临的生态环境问题愈发严峻，严重影响生产资源的可持续发展，对人类生命安全也造成一定威胁。各国政府逐渐加大对生态环境的保护力度，但是由于生态环境的复杂多变性，缺少参考数据，因此对生态环境保护的实施效果较差[1]。为获取可靠的信息数据，需要对生态环境进行监测，包括对不同地区的空气、水域、土壤等的温度、湿度、酸碱度和浓度等指标进行测定、传输、记录和分析，形成覆盖主要区域的监测网络，监管部门通过获得的

［收稿日期］2024-05-10

［作者简介］杨　威（1981-），女，黑龙江桦南人，讲师，主要从事软件工程及物联网方面研究。E-mail：cejingcejing@163.com

信息数据，实施科学的生态环境保护措施[2]。为使监测效果达到最优，多点生态环境监测系统陆续被研发并投入实际环境监控中，通过应用传感器和数据传输、储存、分析等技术，监测系统对生态环境的各类要素进行监控和测量，根据输出结果反映生态状况和变化趋势，多维度监测目标区域的生态环境。

随着计算机信息技术的发展，物联网技术为生态环境监测提供了新的发展方向。物联网技术利用无线通信网络互联各种信息感知设备，建立交互通信的智能化网络，实现智能感知识别和监控管理。目前，学术界对物联网技术在生态环境监测系统中的应用开展了广泛研究，以提高监测水平。文献[3]设计智能监测系统，实现对信息的自动采集和移动监测，提高了系统的实时性和拓展性，但在监测结果精确度上还存在上升空间。文献[4]提出的监测系统可对区域温度和湿度进行实时监控，具有功能多样、操作简单的特点，但其数据处理过程存在缺陷，监测结果存在误差。由于生态环境监测主要用于环境复杂区域，且监测范围较大，而当前监测系统通信节点直接将数据发送至基站，造成网络数据拥塞，影响数据远距离传输质量，造成监测信息的精确度较低，不利于多点生态环境监测[5]。针对当前生态环境监测需求和物联网技术特点，对物联网技术在多点生态环境监测系统中的应用进行研究，提高数据远距离传输质量。

1　物联网技术在多点生态环境监测系统中的应用

物联网技术在多点生态环境监测系统中的应用可分为3层架构。第一层为感知层，负责采集生态环境的关键信息，利用射频识别电子标签和进行信息读写；第二层为网络层，利用感知层信息配置通信环境，实现物联网络智能化信息融合与传输，完成人与物、物与物的信息通信[6]；第三层为应用层，将获得的信息数据进行分析和处理，通过智能化管理对生态环境进行全方位监控，以此指导生态环境预防和保护工作。

1.1　实时采集生态环境数据

生态环境多点监测首先要获取环境数据，数据主要来源有两个渠道：第一类数据为无线网络接收监测设备实时发送的数据；第二类数据为网页端历史文件的监测数据[7]。物联网技术对生态环境数据的获取通过感知层完成，主要利用无线传感器和射频识别技术对物体进行感知、识别和信息采集，获取与生态环境相关的要素信息及各类参数[8]。监测系统的传感器部署节点需要符合生态环境的特点，从以下方面对其进行综合衡量：由于监测区域范围广、规模大，需要大量且均匀地部署传感器节点，因此传感器体积越小越便于操作；在降低传感器价格的同时充分发挥节点性能[9]；大量传感器节点仅依靠有限电量发挥性能，受到电量局限性影响，选择节能环保的太阳能板提供电能；传感器节点受无线通信距离的影响，节点距离会消耗发射功率，受距离限制，应选取射频性能较高的传感器。无线传感器节点结构如图1所示。

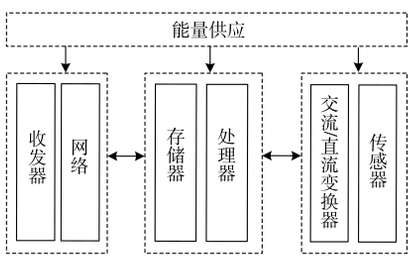


图1　无线传感器节点结构

在无线传感器节点中，太阳能板为节点提供作业能量，节点利用传感器采集环境参数信息[10]；转换后的数据经过处理器和存储器完成无线节点传输和控制，其中处理器芯片是数据采集与传输的核心，保证节点各模块正常工作；最后通过特定频段的射频芯片与其他节点进行数据通信[11]。传感器节点采集数据方便快捷，可以嵌入到各种设备中。对于生态环境监测的特殊性，温湿度、酸碱度和浓度等数据的采集由相应的传感器完成，具体包括光敏传感器、温湿度传感器、CO_2传感器和pH传感器，用于实时测定环境各参数信息，可靠输出信号值[12]。

1.2　构建通信网络节点动态分区结构

各节点采集到的生态环境数据，通过通信网络进行快速收集和传输。如果通信网络中每一个传感器节点将数据直接发送至网关或基站，随着数据量增加和通信网络规模扩大，数据拥塞和碰撞概率增加，节点的利用率降低，还会造成数据丢失，影响生态环境监测效果[13]。因此提出动态分区控制方法，对通信网络节点建立集中式路由分簇，均衡节点负载，实现数据远程传输。监测节点分布在整个生态环境监测区域内，与基站形成无线通信网络，按固定周期发送监测数据[14]。由于基站具有较强的存储和控制能力，因此对基站录入的节点位置信息进行区域划分。首先将节点地理位置的经纬度坐标转换为直角坐标，以基站为坐标原点，计算各节点与原点的相对距离，从而得到各节点坐标[15]。设定节点位置坐标为（x，y），将基站作为原点的

监测区域划分为 n 个相等的子区域，如图 2 所示。

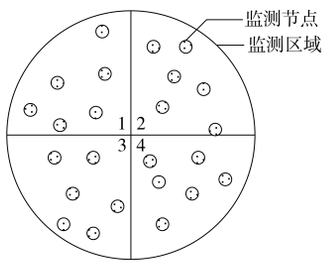


图 2　监测节点划分

子区域个数与节点个数和密集程度有关，每个子区域内节点数量不宜过多。假设节点总数为 u，子区域节点个数为 $u_m(m=1，2，\cdots，n)$，则：

$$u=u_1+u_2+\cdots+u_n。\tag{1}$$

n 个子区域的圆心角 θ 相同，可以表示为：

$$\theta=\frac{2\pi}{n}。\tag{2}$$

根据区域划分个数，n 个子区域起始角和终止角范围表示为 $\left[0,\frac{2\pi}{n}\right],\left[\frac{2\pi}{n}，2\cdot\frac{2\pi}{n}\right]，\cdots,\left[2\pi-\frac{2\pi}{n}，2\pi\right]$。根据位置坐标（$x$，$y$）计算与 x 轴夹角 ω，计算公式为：

$$\omega=\begin{cases}\pi+\arctan\left(\dfrac{y}{x}\right)，x<0；\\ \dfrac{3\pi}{2}，x=0，y<0；\\ 0，x=0，y=0；\\ \dfrac{\pi}{2}，x=0，y>0；\\ 2\pi+\arctan\left(\dfrac{y}{x}\right)，x>0，y<0；\\ \arctan\left(\dfrac{y}{x}\right)，x>0，y\geqslant 0。\end{cases}\tag{3}$$

通过 ω 判断每个阶段所属子区域，并分别对各区域内信息进行存储。将各子区域识别为 1 个簇，由于节点与基站间使用无线通信技术，监测区域内节点都可与基站直接通信，因此子区域内任意节点都可作为簇头节点，转发数据[16]。首先在起始阶段，选择剩余能量最高的节点作为簇头节点，每隔相同周期时间向簇头节点传递一次监测数据，簇头节点将数据融合汇总，并转发至基站。为平衡监测区域内节点负载，上传 k 次数据后对簇头节点进行轮换[17]。因此需对划分位置进行动态调整，动态分区过程如图 3 所示。

在选取新的簇头节点前，将现阶段划分位置旋转 $\Delta\theta\left(\Delta\theta<\dfrac{\pi}{n}\right)$，重新划分的区域满足如下条件：

$$s\cdot\Delta\theta=\frac{2\pi}{n}。\tag{4}$$

式（4）中，s 表示重新划分区域次数。经过

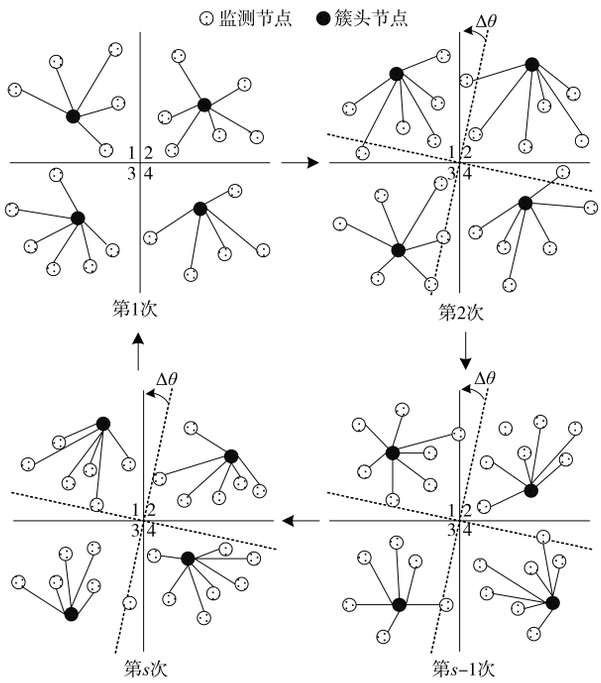


图 3　动态分区示意

$s\cdot k\cdot W$ 时间后，分区将与第一次相同。通过对监测区域通信网络节点的动态分区，可以每次都选取能量较高的节点作为簇头节点，与基站进行数据传输，减少了节点与基站直接通信的数据量，有利于网络数据负载均衡。

1.3　智能化识别与处理监测数据

在实时采集信息数据和节点动态分簇的基础上，应用物联网技术对获取的数据进行智能化识别与处理，多方位展示生态环境监测结果，确保监测系统实用性。针对上传的实时监测数据，建立无线传感器与服务器的通信连接网络，利用不同主机间的数据交换，完成系统数据获取[18]。为保证数据可靠传输，首先识别数据传输帧的基站信息和采集时间，与数据库进行匹配。若不能与数据库匹配，则判定该条数据丢失，进行下一步解析；若与数据库匹配，则跳过当前数据，处理其他数据。数据解析按照采集的指标类型对应规则进行转码，完整的数据帧格式包含监测站点和节点的位置信息，以此实现数据转换[19]。监测系统接口完成数据获取后，服务器对数据类型进行识别。将原始数据转换为头部标识结构体，以此确定分类结果。监测数据可分为 3 类：监测数据、设备信息数据和保活数据。其中设备信息识别头部标识前三位即可。以监测雨量和土壤水分等指标为例，监测数据用于描述实际生态情况，其详细格式包括采集时间、对应雨量、湿度、水位等具体指标和结尾固定标识；设备

数据包括设备信息和调整指令，设备信息用于描述时钟和频率等运行状态，调整指令用于调整监测设备状态为指定目标值；保活数据用于保证通信连接活跃，由于监测设备处于公网环境，而服务器连接私网内，利用保活数据避免设备与服务器的映射超时。基于上述识别过程，进一步处理数据格式，转换为客户端可识别的格式，便于储存和读取[20]。数据智能化识别与处理后，根据不同类别选择相应的储存途径，以此完成对生态环境状况的监测。

2　实验结果与分析

为检验物联网技术在多点生态环境监测系统中的应用效果，测试应用该技术前后的生态环境数据监测效果。选取某一监测区域，在该区域搭载生态环境监测传感器和数据传输设备，进行定点连续监测。

2.1　通信节点动态分区控制功能调试

为验证基站对监测网络的动态分区控制功能，在 1 km × 1 km 的区域范围内，部署 50 个监测节点，整个区域划分为 4 个分区，节点上传周期为 1 min，设定重新分区的旋转角度为 20°。对节点数据负载均衡性进行测试，在初始能量相同的情况下，经过数据传输后，测定应用物联网技术前后通信节点剩余负载的平均方差，测试结果见图 4、图 5。

根据图 4 的测试结果，在初始数据负载相同的条件下，应用物联网技术前，节点剩余负载平均方差随数据发送次数的增加而增加，各节点负载出现不均衡的现象，不同区域节点的通信时间存在较大差异；而应用物联网技术后，节点剩余负载平均方差增长速度较慢，表明通信时间比较接近。根据图 5 的测试结果，在初始数据负载不同的条件下，节点剩余负载平均方差均随数据发送次数增加而减小；但应用物联网技术时节点剩余负载平均方差小

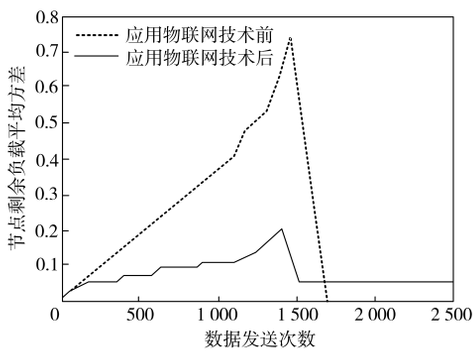


图 4　初始数据负载相同时通信节点剩余负载平均方差变化

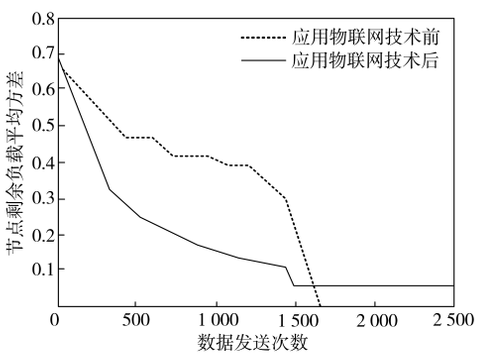


图 5　初始数据负载不同时通信节点剩余负载平均方差变化

于应用物联网技术前，说明应用物联网技术负载的均衡性得到改善。因此经过动态分区控制功能调试，监测系统通信节点的负载均衡性得到了改善，减少了数据发送次数增加时数据传输不均衡的现象，从而保障网络监测性能。

2.2　多点生态环境监测效果评估

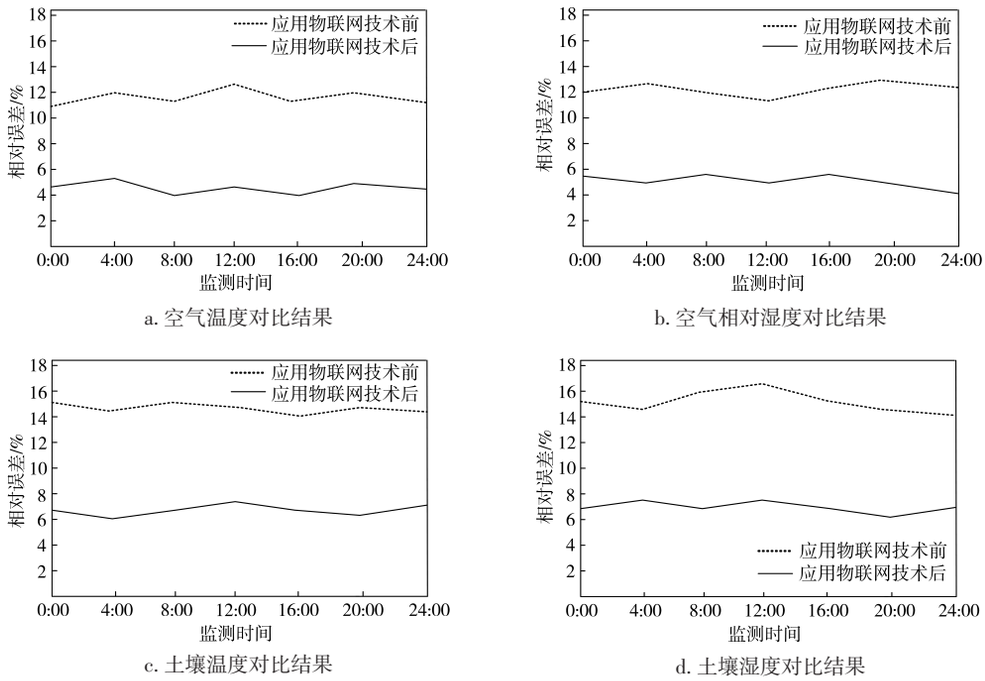
应用物联网技术的监测方法，对生态环境监测效果进行评估。根据目标监测区域的环境特点与环境信息监测要求，选取空气温湿度和土壤温湿度为环境监测参量，对生态环境信息实时监控，环境参量的实际值与监测值见表 1。

根据表 1 监测结果，计算实际值与系统监测值的相对误差，以此作为衡量监测精确度的指标，结果如图 6 所示。

表 1　环境监测参量的实际值与监测值对比

时间/h	空气温度/℃			空气相对湿度/%			土壤温度/℃			土壤湿度/%		
	实际值	应用物联网技术前监测值	应用物联网技术后监测值	实际值	应用物联网技术前监测值	应用物联网技术后监测值	实际值	应用物联网技术前监测值	应用物联网技术后监测值	实际值	应用物联网技术前监测值	应用物联网技术后监测值
6	20.1	22.8	21.5	44.6	49.5	46.2	30.5	36.4	31.2	42.3	48.5	43.8
12	28.9	30.6	29.6	42.8	48.7	43.8	32.8	38.5	33.9	38.9	42.7	40.1
18	24.5	27.4	26.0	37.5	46.5	39.5	29.6	34.1	31.2	40.6	45.9	41.6
24	26.8	28.1	27.4	40.8	42.8	41.9	28.4	32.9	30.4	39.7	44.6	40.8

根据图 6 对比结果，应用物联网技术后，监测系统在空气温湿度和土壤温湿度参量上的监测误差在 4% ~ 7% 范围内，较应用前的监测效果而言，监测误差降低了 7 ~ 10 百分点，说明监测精确度得到



a. 空气温度对比结果　　b. 空气相对湿度对比结果

c. 土壤温度对比结果　　d. 土壤湿度对比结果

图 6　监测精确度测试结果

提升，进而验证了物联网技术对多点生态环境监测系统具有促进作用，提高了数据监测质量。

3　结束语

多点生态环境监测系统中应用物联网技术，能够提高环境信息预测精确度和监测质量，有利于生态环境的防治与保护。由于多点生态环境监测系统较为复杂，该研究还存在一定局限性。后续研究可在监测数据采集方面进行优化，利用图像和视频采集实际环境情况信息，提高监测系统的智能化程度。

［参考文献］

［1］ 吴飞龙，朱晓芒，张哲，等.智慧校园物联网平台设计与实现[J].软件导刊，2024，23(5)：75-82.

［2］ 郑艺达.基于物联网的医院机电设备远程监测与维修技术研究[J].家电维修，2024(5)：9-11.

［3］ 王俊迪.基于物联网技术的智能家居PLC控制系统的设计与实现[J].家电维修，2024(5)：68-70.

［4］ 陈锦锋.5G　RedCap来袭　轻联万物打开全新市场空间[N].通信信息报，2024-05-01(006).

［5］ 杨静，马虹.基于物联网技术的古建筑监控与保护[J].中国建设信息化，2024(8)：74-78.

［6］ 任众.物流信息技术在综合立体交通系统中的应用探讨[J].中国航务周刊，2024(18)：67-69.

［7］ 魏誉.基于物联网技术的聚氨酯胶水生产装置控制系统研究[J].当代化工研究，2024(1)：179-181.

［8］ 赵洪波，魏国军，陈杰，等.基于物联网技术的钢铁行业备件库方案研究[J].中国设备工程，2024(8)：216-218.

［9］ 佚名.应用物联网技术实现慢阻肺患者家庭无创通气管理的随机对照前瞻性研究成果发表[J].中国临床医学，2024，31(2)：250.

［10］ 刘霞，石元伍，王文聪，等.基于智慧物联网的社区老年健康监测服务设计研究[J/OL].包装工程.https://link.cnki.net/urlid/50.1094.TB.20240419.1623.007.

［11］ 杨霞，田申，龙婷.物联网技术在智慧物流中的应用研究[J].物流科技，2024，47(8)：39-42.

［12］ 郑应豪，蔡圣本，金叶欢.基于物联网技术的电力设备站所水位自动检测装置设计与实现[J].科技风，2024(11)：1-3.

［13］ 王耀东.基于物联网的配电网络智能监控系统[J].电气技术与经济，2024(4)：177-179.

［14］ 廖永利，蒙存智，周俊飞，等.基于物联网技术的低压配电箱空开状态监测与远程控制系统设计[J].电气技术与经济，2024(4)：109-111.

［15］ 李忠阳.基于物联网技术的智能输电线路监测系统设计[J].电气技术与经济，2024(4)：157-159.

［16］ 唐翔，孙璐，倪雨，等.物联网技术对教学资源利用的提升作用研究[J].中国教育信息化，2024，30(4)：100-106.

［17］ 李艳，刘瑞，张庆，等.基于Qt Creator的农业大棚远程自动监控系统设计[J].智慧农业导刊，2024，4(8)：1-4.

［18］ 何小婷.固定资产管理及快速盘点系统[J].电脑编程技巧与维护，2024(4)：68-70.

［19］ 陆昱帆，吴有龙，王蓉，等.基于物联网技术的智慧路灯系统设计[J].物联网技术，2024，14(4)：82-84.

［20］ 卢光云，程俊玮.基于Qt的智能交通管家的开发[J].物联网技术，2024，14(4)：109-113.