

## 一种轻量级物联网节点管理软件设计及应用

关世友<sup>1</sup>, 吴再群<sup>2</sup>

(1. 芯海科技(深圳)股份有限公司, 广东 深圳 518000; 2. 百色学院信息工程学院, 广西 百色 533000)

**摘要:** 采用模块化设计思想对物联网节点进行逻辑抽象, 将节点的功能和控制逻辑进行原子拆分, 原子功能模块可根据不同场景自由组合部署, 支持单一系统和分布式系统部署, 具有可插拔和易于扩展的特性, 满足物联网应用多元化的设计需求。设计并实现了基于该思想的轻量级物联网节点管理软件, 测试该软件实际运行最小仅需要 14 872 byte 的 flash 和 1 976 byte 的 RAM 空间, 可应用于硬件资源比较有限的场合。采用该软件框架设计了物联网智慧酒店客控系统包括基于 ESP32 (Wi-Fi Soc) 的语音网关节点和基于 CX32L003 (MCU) 的 4 位按键面板节点。基于该软件框架设计的客控系统可实现单次设计多酒店部署, 解决了传统客控系统针对不同酒店应用场景无法通用, 需要反复定制修改的问题, 极大加快了酒店智能化部署进程。目前该客控系统已经在希岸、涂派等快捷酒店部署并稳定运行。

**关键词:** 物联网; 原子模块; 酒店客控; ESP32; CX32L003; Wi-Fi

**中图分类号:** TP39

**文献标识码:** A

**doi:** 10.11959/j.issn.2096-3750.2021.00248

## Design and application of a lightweight management software for Internet of things node

GUAN Shiyu<sup>1</sup>, WU Zaiqun<sup>2</sup>

1. Chipsea Technology Co., Ltd., Shenzhen 518000, China

2. School of Information Engineering, Baise University, Baise 533000, China

**Abstract:** The modular design idea was used to abstract the logic of IoT nodes, and the function and control logic of nodes were divided into atoms, the atomic modules can be freely combined and deployed according to different application, they support single system and distributed system deployment, and were pluggable and easy to expand, meet the diversified design needs of IoT applications. The design and implementation of lightweight IoT node management software based on this idea were described in detail. The test results show that the software only needs 14 872 byte of flash and 1 976 byte of RAM, which can be used in limited hardware resources. This software framework was used to design smart hotel RCU(room control unit), including the design of voice gateway node based on esp32 (Wi-Fi SOC) and 4-bit key panel node based on cx32l003 (MCU). The RCU designed with this software framework can deploy to different hotels only needed to be designed once, which solves the problem that RCU cannot be used in different hotels and needs to be designed and modified repeatedly, and greatly speeds up the process of smart hotel deployment. At present, the RCU has been deployed and operated stably in Xi'an, Tupai and other express hotels.

**Key words:** IoT, atomic module, RCU, ESP32, CX32L003, Wi-Fi

收稿日期: 2021-06-18; 修回日期: 2021-10-21

通信作者: 吴再群, 452442557@qq.com

基金项目: 广西高校中青年教师基础能力提升项目 (No.2019KY0754)

**Foundation Item:** The Project of Improving the Basic Ability of the Young and Middle-aged Teachers in Guangxi Universities (No.2019KY0754)

# 1 引言

伴随着物联网技术的不断发展，物联网设备互联控制成为必不可少的技术环节，基于模块化设计思路<sup>[1-3]</sup>将物联网节点按照功能拆分成多个可自由组合的原子模块，并将这些原子模块共用的逻辑控制单元抽象成独立的应用服务组件，设计成可以重复使用的软件模块，在不同的物联网应用场景可以直接集成调用，减少了物联网应用场景在设备互联控制部分的重复设计。

## 2 软件框架原理设计

### 2.1 模块化设计原理

原子设备实体是指按照节点功能构建的最小逻辑体，由属性、状态、控制方式、功能事件组成，模块化设计原理如图 1 所示。例如，一路灯光设备可以看成是一个原子设备实体。其中，属性是一路灯光，状态有打开和关闭两种状态。控制方式代表该灯设备采用的硬件方式，如 GPIO (general purpose input output) 控制继电器方式。功能事件包括打开事件、关闭事件、状态翻转事件、属性配置事件等。

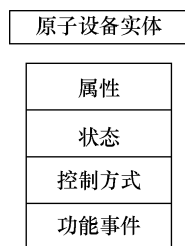


图 1 模块化设计原理

举例描述硬件功能的原子拆分原理，实例化原子节点如图 2 所示。硬件 a 支持 4 路 GPIO，其中，3 路 GPIO 为按键输入，1 路 GPIO 为继电器控制输出，硬件 b、硬件 c、硬件 d 仅支持 1 路 GPIO 控制输出。按照模块化设计思路将硬件 a 的硬件功能拆分成原子 A 和原子 D，原子 A 仅完成 3 位按键开关的触发功能，原子 D 仅完成一路灯光控制输出功

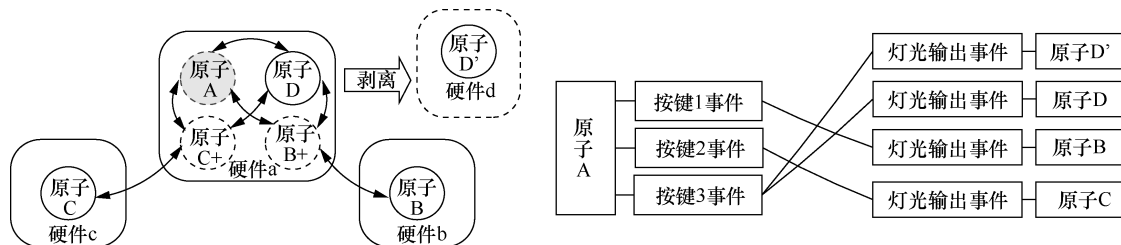


图 2 实例化原子节点

能；同理在硬件 b、硬件 c 构建原子 B、原子 C。与此同时还可以删除原子 D，将与原子 D 功能相同的逻辑功能部署在硬件 d 并创建原子 D'。通过逻辑功能绑定实现原子 A 与原子 B、原子 C、原子 D 建立互联控制关系，如原子 A 的按键 3 事件可以触发原子 D 的灯光输出事件。其中，原子 A 和原子 D 同一个硬件中，只需要构建本地绑定关系即可；原子 A 和原子 B、原子 C 部署在不同的硬件，需要采用远端连接的方式构建绑定关系，即在硬件 a 上分别构建原子 B 和原子 C 的镜像虚节点原子 B+和原子 C+，原子 A 通过本地绑定逻辑借助原子 B+和原子 C+完成与原子 B 和原子 C 的绑定控制关系。

### 2.2 软件框架设计

软件系统框架原理如图 3 所示，该轻量级节点管理软件包含用户层、应用服务组件层和硬件无关层。

#### (1) 用户层

由若干原子设备实体和本地控制逻辑构成，其中，本地控制逻辑代表该原子设备实体功能的具体实现。

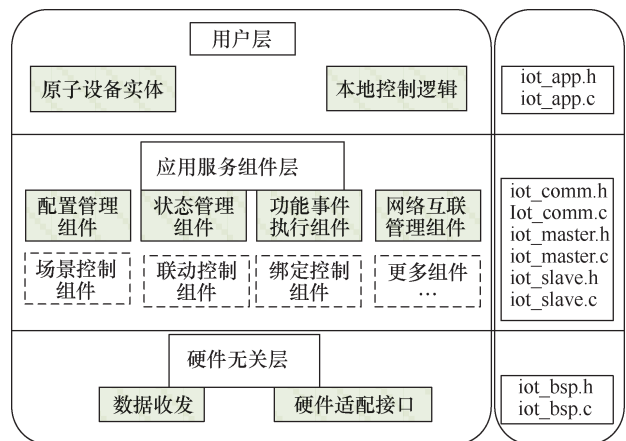
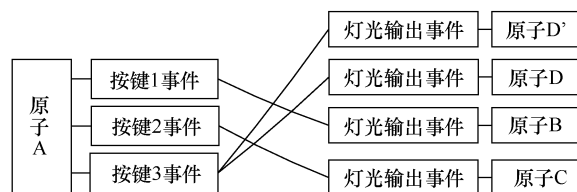


图 3 软件系统框架原理

#### (2) 应用服务组件层

将节点的逻辑控制功能抽象成若干功能单一的原子组件，各种组件根据实际的应用场合进行组合使用。包括以下功能组件，图 3 中虚线框代表非必需组件。



- 配置管理组件：实现节点中原子设备实体以及各应用服务组件的运行参数的配置管理。
- 状态管理组件：实时更新维护原子设备实体的状态数据，并发布状态变更消息。
- 功能事件执行组件：执行原子设备实体所定义的功能事件，执行指令缓存区中存放的来自各应用服务组件的控制指令。
- 网络互连管理组件：用于实现任意节点之间建立网络连接关系的组件，包括节点的组网、退网和生命周期管理。
- 场景控制组件：按照配置要求和指令要求完成一系列动作指令集的执行。
- 联动控制组件：实现对已建立逻辑绑定关系的设备节点执行关联控制功能。
- 绑定控制组件：用于建立原子设备实体之间逻辑绑定关系。

(3) 硬件无关层

提供软件在不同硬件平台移植的标准接口，并完成硬件数据的收发功能。

2.3 关键应用服务组件设计

2.3.1 配置管理组件

该组件通过维护一系列动态配置表，根据不同应用场景，实现对原子设备实体的配置、添加、删除和资源释放，以及各应用组件的运行参数的配置管理。配置管理组件功能如图 4 所示，包括网络互连组件功能参数配置表、原子设备资源池管理配置表、原子设备生命周期管理配置表、指令资源池控制及 QoS 策略配置表、扩展组件功能使能配置表、原子设备绑定配置表、原子设备联动配置表。

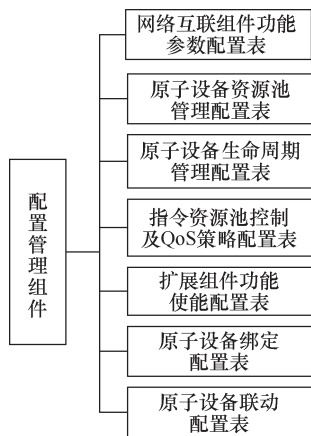


图 4 配置管理组件功能

2.3.2 状态管理组件

该组件实时读取硬件执行状态确保原子设备

实体的逻辑状态与硬件状态保持同步，通过维护当前状态和历史状态感知状态变更，进而产生同步触发消息传递给关联设备实体和其他功能组件。

2.3.3 功能事件执行组件

系统中所有控制指令和配置指令均会首先存放到指令缓存池中，由功能事件执行组件周期性地从指令池中抽取指令执行。该组件需要实时对指令池的状态进行监控并对指令的拥塞和调度实现简易的 QoS 管理<sup>[4]</sup>，QoS 将指令分为立即必须执行指令、立即非必须指令、可延迟必须执行指令和可延迟非必须指令 4 类，在发生拥塞时优先丢弃可延迟非必须指令，优先执行需要立即执行的指令，对于可以延迟必须执行指令在需要执行立即指令的时候重新存放到指令池中等待下一个周期执行。

功能事件执行组件流程如图 5 所示。该组件周期性地从指令池中提取指令，并执行 QoS 策略；然后解析待处理指令，判断该指令是本地指令还是远端指令，如果是本地指令则按照指令所携带的指令类型实现本地控制、场景控制以及联动控制；如果是远端指令则需要判断当前节点是否为主节点，如果为主节点则需要对广播指令或者远端指令进行转发，否则忽略该指令；执行完该条指令后需要释放其占用资源，然后继续下一条指令提取。

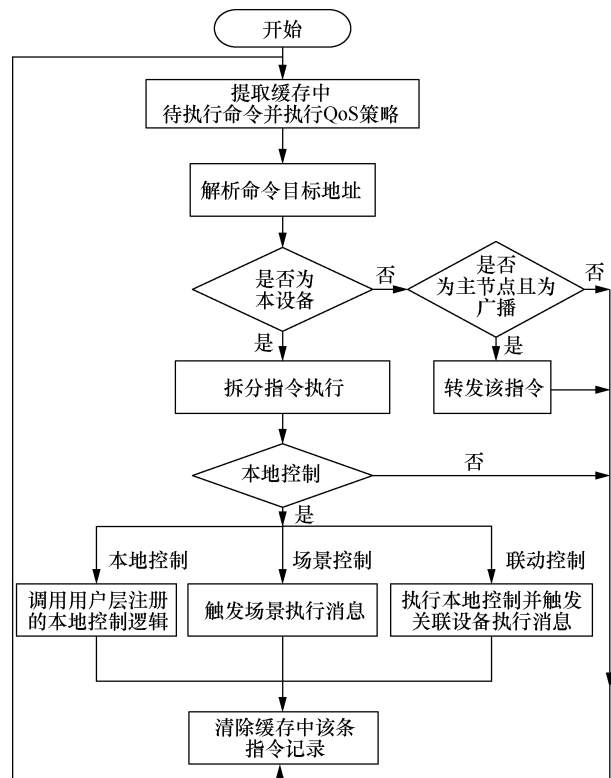


图 5 功能事件执行组件流程

### 2.3.4 网络互连管理组件

网络互连管理组件通过节点间通信报文交互握手的方式<sup>[5]</sup>，建立节点间的网络互连关系，网络互连管理通信流程如图 6 所示。

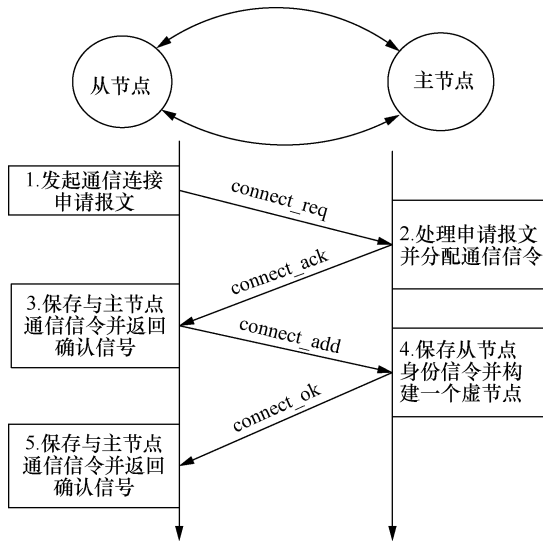


图 6 网络互连管理通信流程

首先，在配置管理组件中打开节点的网络互连报文监听功能，将需要建立连接的两个节点配置为一主一从；然后，由从节点发起网络互连请求，发送携带从节点原子属性的 connect\_req 报文；主节点收到 connect\_req 后将报文中的节点原子属性与本地虚节点原子属性进行比较，如果是已经存在的虚节点，则回复 connect\_ok 报文结束通信握手，如果比较的结果显示为新的虚节点，则主节点分配一个虚节点存储地址信息通过 connect\_ack 报文发给从节点；从节点根据 connect\_ack 报文中的虚节点信息在本地构建一个主节点的虚拟镜像，并将所构建的虚节点信息通过 connect\_add 报文发送给主节点；主节点收到 connect\_add 报文后根据报文内容在刚才分配的虚节点存储地址地方构建一个从节点的虚拟镜像，并返回 connect\_ok 报文给从节点，结束本次的网络互连通信流程；主、从节点如果在规定时间内均没有收到任何互连报文则自动退出监听状态返回正常工作状态；主节点软件流程和从节点软件流程分别如图 7 和图 8 所示。

生命周期维护旨在通过采用节点心跳报文交互的方式<sup>[2]</sup>，实现对各节点网络连接状态的管理和维护；主、从节点通过心跳报文和心跳应答报文的交互监控网络连接的状态，报文中需要携带节点的原子属性作为通信标识；主节点周期性地向网络中

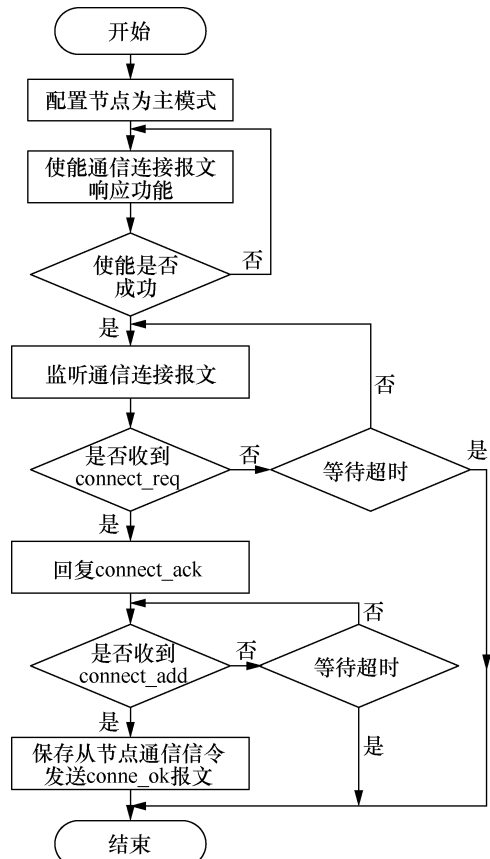


图 7 主节点软件流程

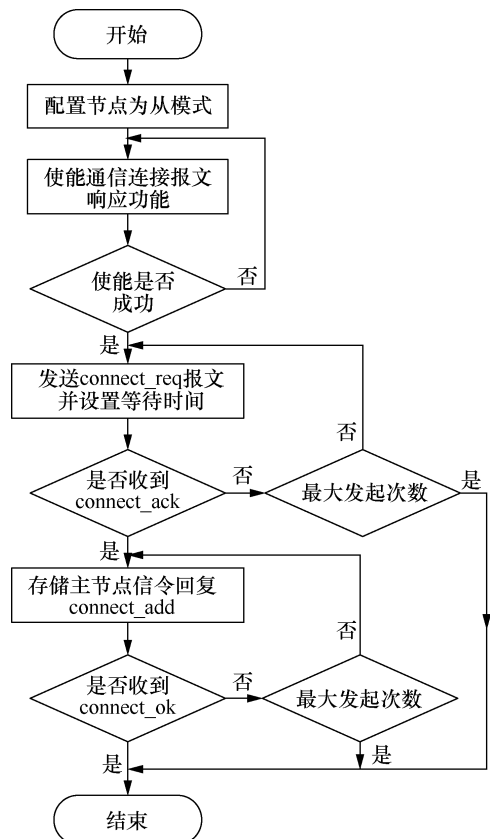


图 8 从节点软件流程

的节点发送心跳报文，由对应从节点进行心跳应答；如果在规定时间内主节点无法收到对应从节点的心跳应答报文，则主节点需要将该节点从网络连接表中删除，清除之前建立的网络连接关系。

### 2.3.5 场景、联动、绑定控制组件

场景控制组件提供一系列分组指令缓存区，用户可以自由对该缓存区进行指令添加、删除、分组管理，并根据对应的分组管理策略，执行存放在场景表中指令序列。

联动控制组件在已建立绑定关系的源、目的节点基础之上，根据绑定配置关系实现对应触发事件的联动控制。例如，设定源节点为一个 3 位按键面板，目的节点是一个 3 路灯光节点，可以通过上述绑定流程将源节点的第二个按键的事件与目的节点的第一个灯光事件进行绑定控制，即按下源节点的按键二可以打开目的节点的灯光一，以此类推，通过绑定关系可以将任意两个节点的事件进行关联操作设计。

绑定控制组件借助一个主节点，可实现在任意两个原子节点之间建立逻辑直连关系<sup>[6]</sup>，绑定功能设计原理如图 9 所示，主节点向源节点发起绑定申请指令 (bind\_req)，该指令会携带目的节点的属性和事件 ID；源节点收到该请求后将本节点中可以用于建立绑定关系的事件 ID 以及原子属性通过 bind\_ack 返回给主节点，并将目的节点的属性和事件 ID 存放在本地绑定表中；主节点通过绑定添加指令 (bind\_add) 将源节点的属性和事件 ID 发给目的节点，目的节点收到 bind\_add 后将源节点的属性和绑定事件 ID 存储到绑定表中，返回绑定成功指令 (bind\_ok) 给主节点表示本次流程执行完毕。取消绑定只需要源、目的节点删除各自绑定表的配置即可。

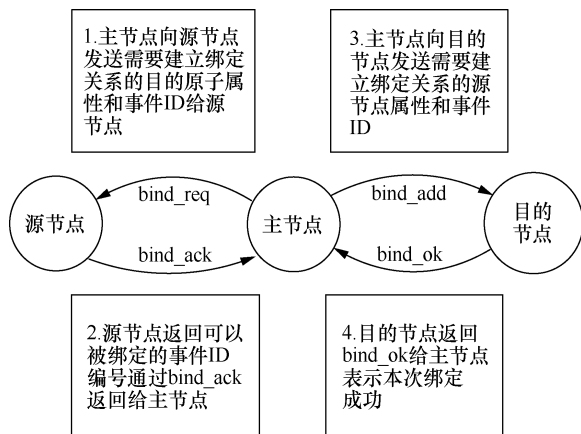


图 9 绑定功能设计原理

## 3 实例验证

### 3.1 基于 ESP32 的物联网通信硬件节点设计

#### 3.1.1 硬件设计

采用乐鑫 ESP32 Wi-Fi SOC<sup>[7]</sup>作为主控芯片，硬件原理如图 10 所示。A 节点硬件资源支持 3 路串口分别接入语音识别模块、无线射频模块和一路 RS485 通信接口；一路配网按键，一个网络指示灯以及红外发射电路。

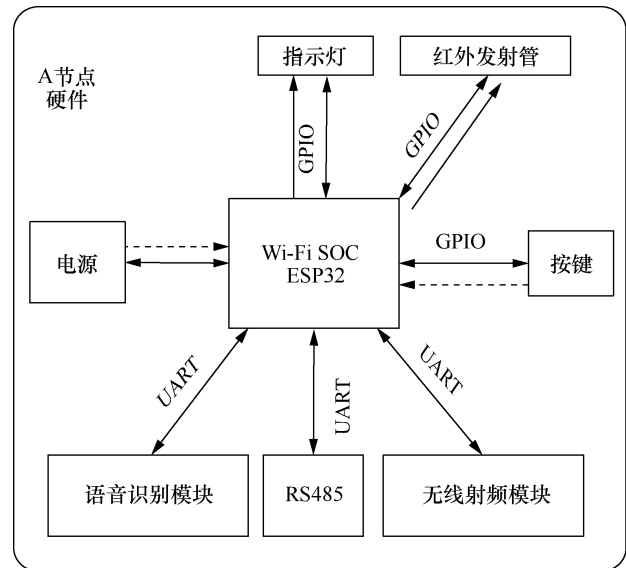


图 10 硬件原理

#### 3.1.2 软件设计

软件设计如图 11 所示，基于 ESP32 idf 3.3 SDK 框架<sup>[7]</sup>分别创建通用定时器服务进程、Smart config Wi-Fi 配网进程和 MQTT 客户端服务进程；初始化 ESP32 硬件模块接口；移植轻量级物联网节点管理软件，通过配置管理组件分别部署电视设备实体（原子 E）、空调设备实体（原子 D）、语音识别设备实体（原子 A），以及 2 个 4 位按键面板设备虚拟节点（虚原子 B+和虚原子 C+）；电视和空调设备的执行逻辑需要实现调用红外码库并通过硬件的红外发射（IR）电路发送红外码实现对空调和电视的控制功能；网络互联组件、功能事件执行组件、状态管理组件和场景执行组件由通用定时器服务进程调用执行；软件运行流程如图 12 所示。

### 3.2 基于 CX32L003 的 4 位按键面板设计

#### 3.2.1 软硬件设计

CX32L003 是 32 位 ARM®Cortex®-M0+内核通

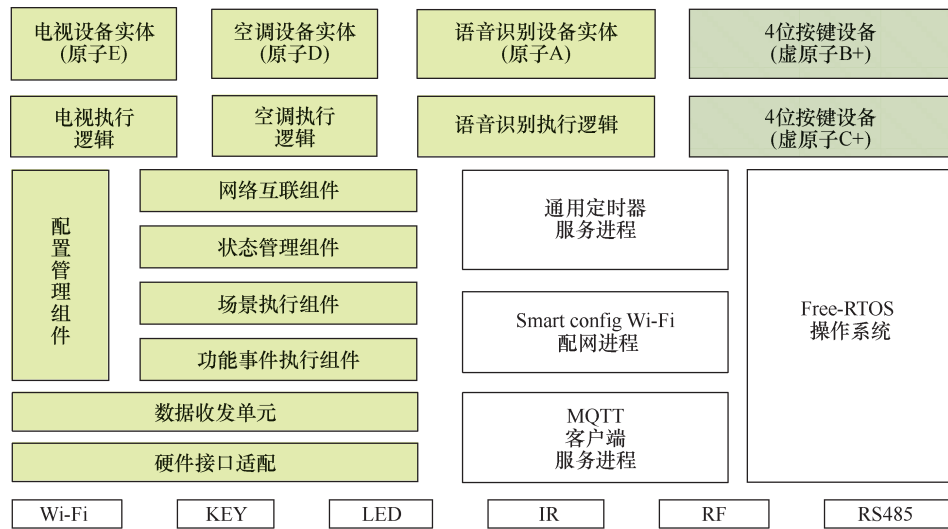


图 11 软件设计

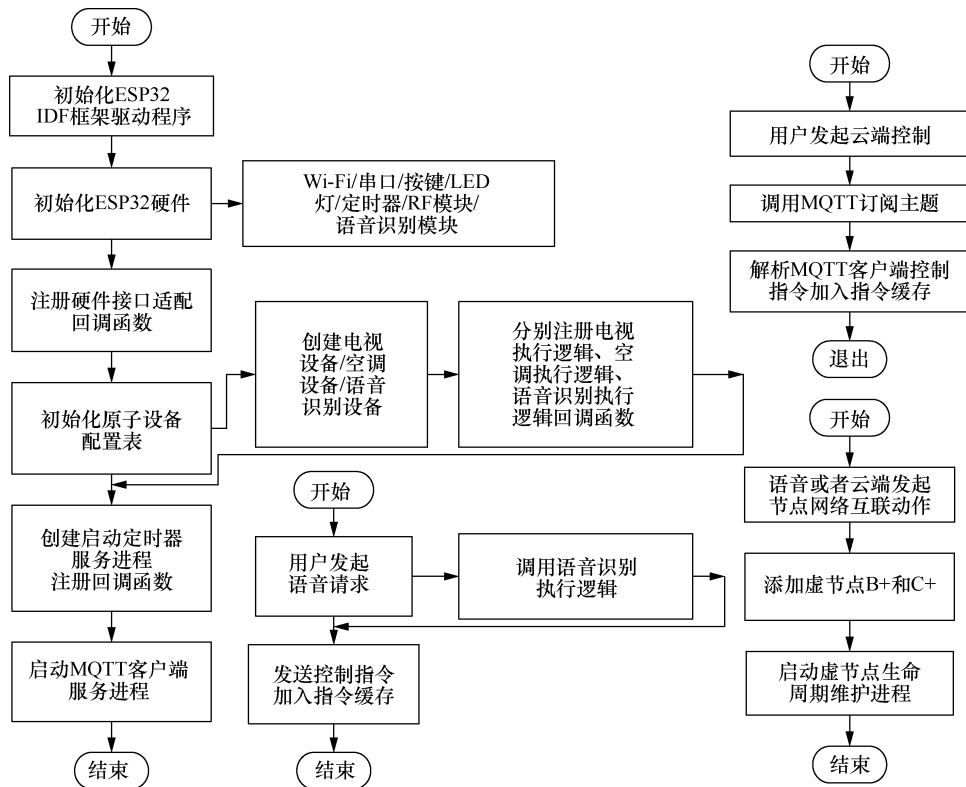


图 12 软件运行流程

用 MCU，主频 24 MHz，内置 64 KB flash 和 4 KB SRAM<sup>[8]</sup>。基于该 MCU 设计一款 4 路按键开关面板，硬件结构如图 13 所示；由于硬件资源有限，本节点实现最小资源配置功能，仅包含一个原子设备实体和 5 个基本功能组件，软件框架如图 14 所示。软件设计除了包含通用的组件之外，需要实现 4 位按键的本地执行逻辑和一个通用定时器，通用定时器为各功能组件实现提供时间基础。

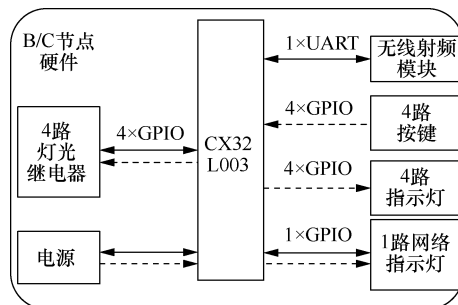


图 13 硬件结构

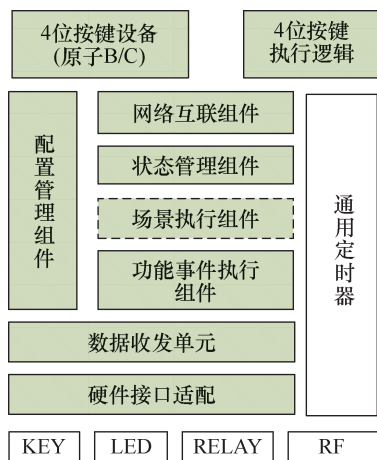


图 14 软件框架

### 3.2.2 软件占用资源评估

在 Keil MDK5.28 IDE 环境下关闭代码优化功能，对图 14 所示软件的最小资源配置进行编译，对实际资源占用情况进行验证，包含物联网通信管理软件的编译数据如图 15 所示，包含 CX32L003 SDK 在内，总共占用 flash 大小为 17 380 byte，占用 SRAM 空间大小为 3 592 byte (ZI+RW)；屏蔽本软件所有功能模块，仅配置 CX32L003 硬件资源进行编译，不含物联网通信管理软件的编译数据如图 16 所示，占用 Flash 大小为 2 508 byte，占用 SRAM 为 1 616 byte (ZI+RW)，由上可以评估得出本文所设计的物联网通信管理软件包最小占用资源为：Flash 占用为 17 380-2 508 = 14 872 byte，SRAM 占用为 3 592-1 616 = 1 976 byte。

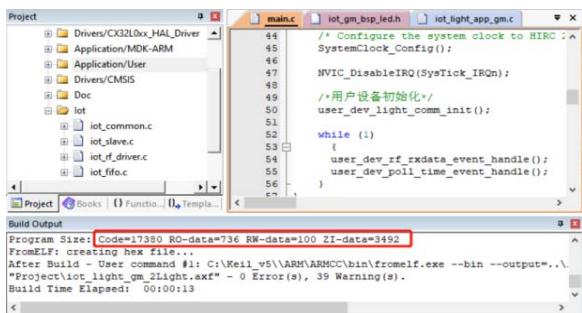


图 15 包含物联网通信管理软件的编译数据

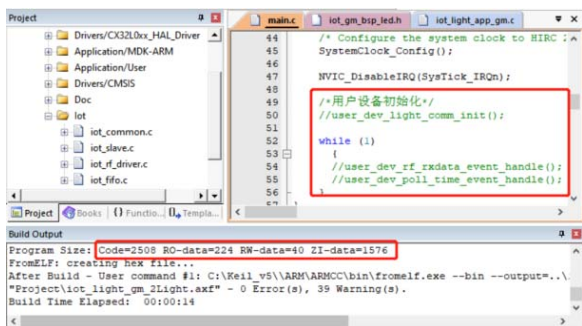


图 16 不含物联网通信管理软件的编译数据

### 3.3 酒店客房控制应用实例设计

将上述设计的物联网通信管理软件应用到智慧酒店客房控制系统中，设计一套酒店客控系统，一个插卡取电开关节点、一个语音超级节点和两个 4 位按键面板节点，节点之间通过 RF433 模块进行分布式互联控制，酒店客控功能框图如图 17，酒店客控实物如图 18 所示，该套件可以实现通过离线语音控制酒店房间的电视空调和灯光，同时通过 Wi-Fi 连接云端实现云端后台或者微信小程序实现远程控制，目前该客控系统已经在希岸、涂派等快捷酒店部署使用。

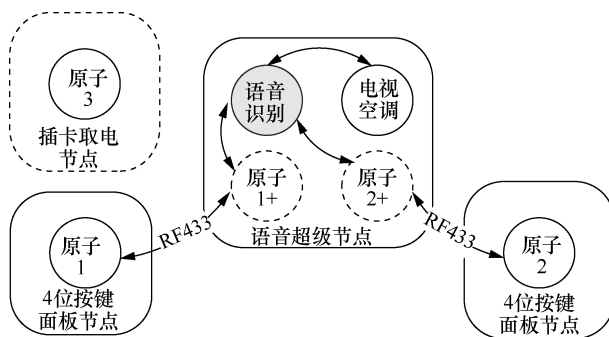


图 17 酒店客控功能框图

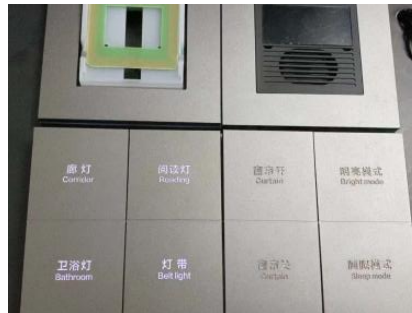


图 18 酒店客控实物

## 4 结束语

采用模块化设计思想对物联网节点进行逻辑抽象，将节点功能拆分成多个可以自由组合的原子功能模块，将节点控制逻辑部分拆分成可复用的单一功能服务组件；基于该思路设计的轻量级物联网节点管理软件具有以下特点：节点原子功能模块可以根据不同的物联网应用场景自由组合部署，支持单一系统和分布式系统部署，具有可插拔和易于扩展的特性；开发者在使用该软件框架时只需要关注底层硬件无关层的实现和应用层实际控制逻辑的实现即可，若干可重复使用的单一功能服务组件可帮助开发者在物联网应用场景中实现单次设计多场

景部署的能力,满足物联网应用多元化的设计需求;同时该软件占用较小的存储资源,仅需要 14 872 byte 的 flash 和 1 976 byte 的 RAM 空间,可以满足嵌入式硬件资源非常有限的应用场景。采用该软件框架设计的客控系统可实现单次设计多酒店部署,解决了传统客控系统针对不同酒店应用场景无法通用需要反复定制的问题,极大加快了酒店智能化部署进程;目前该客控系统已经在希岸、涂派等快捷酒店部署并稳定运行。

### 参考文献:

- [1] 华为鸿蒙学堂. 鸿蒙系统概述[EB]. 2021.  
Huawei Harmonyos School. Overview of Harmonyos system[EB]. 2021.
- [2] 陈文艺, 高婧, 杨辉. 物联网网关实时双向通信模块化设计[J]. 计算机工程与设计, 2021, 42(5): 1215-1221.  
CHEN W Y, GAO J, YANG H. Modular design of real-time two-way communication for IoT gateway[J]. Computer Engineering and Design, 2021, 42(5): 1215-1221.
- [3] 关传普. 一种可动态配置的智能酒店 RCU 系统及其实现方法: CN108984209A[P]. 2018-12-11.  
GUAN C P. A dynamically configurable intelligent hotel RCU system and an implementation method thereof: CN108984209A[P]. 2018-12-11.
- [4] MQTT Chinese Network, MQTT Verion 5.0 committe specification[EB]. 2018.
- [5] 左晓静, 赵永乐, 王荣. 基于 Wireshark 的 TCP 协议工作过程分析[J]. 电脑知识与技术, 2019, 15(5): 67-68.

ZUO X J, ZHAO Y L, WANG R. Analysis of TCP protocol working process based on Wireshark[J]. Computer Knowledge and Technology, 2019, 15(5): 67-68.

- [6] 蒲国民, 郁滨, 朱璇. 一种基于邻居关系的 ZigBee 抗节点复制攻击方法[J]. 系统仿真学报, 2014, 26(5): 1026-1031.  
PU G M, YU B, ZHU X. Approach against node replication attacks based on neighbor relationships for ZigBee[J]. Journal of System Simulation, 2014, 26(5): 1026-1031.
- [7] Espressif (Shanghai) Co., Ltd. ESP32-SProduct overview[EB]. 2019.
- [8] Zbitsemi (Hefei) Co., Ltd. CX32L003Product overview[EB]. 2019.

### [作者简介]



关世友 (1986- ), 男, 芯海科技 (深圳) 股份有限公司工程师, 主要研究方向为光通信、物联网通信。



吴再群 (1982- ), 男, 百色学院信息工程学院副教授, 主要研究方向为人工智能、信号控制与检测技术。

# 物联网学报

## 2021年(第5卷)总目次

### 前沿与综述

面向万物智联的云原生网络 .....	于全, 梁丹丹, 张伟	2	(1)
图神经网络驱动的交通预测技术: 探索与挑战 .....	周毅, 胡姝婷, 李伟, 承楠, 路宁, 沈学民	4	(1)

### 专题: 物联网边缘智能与雾计算

智能自适应边缘系统: 探索与挑战 .....	王旭, 陈南希, 张柔佳	1	(1)
移动边缘计算中的分层资源部署与共享策略 .....	张厚浩, 李晗琳, 高林	1	(11)
基于NOMA的车辆边缘计算网络优化策略 .....	杜剑波, 薛哪哪, 孙艳, 姜静, 李树磊, 卢光跃	1	(19)
多无人机辅助移动边缘计算中的任务卸载和轨迹优化 .....	嵇介曲, 朱琨, 易畅言, 王然	1	(27)
海洋观测传感器网络多接入边缘计算卸载方法 .....	苏新, 王子怡, 王宇鹏, 周思源	1	(36)
物联网中多现象观测的压缩感知通信一体化方法 .....	韩成成, 陈力, 王卫东	1	(53)
边云协同智能技术在电力领域的应用 .....	韩青, 高昆仑, 赵婷, 陈江琦, 杨新宇, 杨树森	1	(62)
云原生边缘计算: 探索与展望 .....	曾德泽, 陈律昊, 顾琳, 李跃鹏	2	(7)
赋能新一代物联网的LoRaWAN技术 .....	顾超杰, 谭睿	2	(18)
面向万物智联的语义通信网络 .....	石光明, 肖泳, 李莹玉, 高大化, 谢雪梅	2	(26)
基于博弈优化边缘学习的物联网入侵检测研究 .....	梁浩然, 伍军, 赵程程, 李建华	2	(37)
基于深度增强学习的无人机赋能雾无线电接入网络的能效优化 .....	梅海波, 杨鲲, 范新宇	2	(48)
基于最优运输理论的物联网边缘计算资源优化机制 .....	张琪, 蒋宇娜, 葛晓虎, 李永会	2	(60)
边缘计算中具有QoS保证的在线能耗感知任务分派 .....	袁昊, 郭得科, 唐国明, 罗来龙	2	(71)
移动边缘计算任务切分与最优卸载算法设计 .....	路静, 李晗琳, 高林	2	(78)
边缘智能驱动的高能效无人机自主导航算法研究 .....	林椿珉, 曾烈康, 陈旭	2	(87)

### 专题: 工业互联网与智能制造

批量定制柔性生产的数字化、智能化、网络化制造发展 .....	单忠德, 汪俊, 张倩	3	(1)
一种轻量化五轴全并联加工机器人研发与应用 .....	解增辉, 梅斌, 毕伟尧, 谢福贵, 刘辛军	3	(10)
面向系统健康度的网络节点重要度评估 .....	刘剑慰, 姜斌, 杨蒲	3	(21)
基于AR虚实图像注意力机制的电缆装配质量检测方法 .....	..... 赵甘霖, 余畅, 张建富, 杨建新, 冯平法, 沈群	3	(27)
基于工业大数据的厚板板形预报系统研发 .....	马宇飞, 刘长鑫, 孔伟, 丁进良	3	(39)
面向工业互联网的制造服务协作等级协议轻量级框架研究 .....	蔡金莹, 向峰, 左颖, 钟雷, 周平	3	(49)

### 理论与技术

区块链技术在物联网中的应用概述 .....	郭才, 李续然, 陈炎华, 戴弘宁	1	(72)
-----------------------	-------------------	---	------

基于时隙 ALOHA 与自适应接入类禁止混合的大规模终端接入算法 .....朱振宇, 朱晓荣, 蔡 艳, 朱洪波 1 (90)

基于改进樽海鞘群寻优 SVM 的土壤含水量预测算法 ..... 赵小强, 杨 帆, 晏珠峰 1 (99)

基于参与意愿的物流联盟资源优化配置模型 .....李梦蓉, 朱华瑜, 亓 晋, 孙雁飞 1 (108)

泛在电力物联网形势下考虑多主体投资的配电网运行优化策略 ..... 沈晓东, 刘俊勇, 胡 帅, 饶 萍, 何 迈 1 (117)

基于模拟退火算法和改进灰狼优化器的异构无线传感器网络路由协议 .....  
..... 赵小强, 任少亚, 翟永智, 权 恒, 杨 婷 2 (97)

基于生成对抗网络的高精度室内无线定位方法 .....王福展, 朱晓荣, 陈美娟, 朱洪波 2 (107)

一种具有主从区块的区块链架构 ..... 谭朋柳, 万里旭冉 2 (116)

基于物联网技术的空港区智慧能源管控平台的研究与设计 .....黄 媛, 吴 刚, 刘俊勇, 杨晨曦, 高梦媛 2 (125)

反向散射通信网络资源分配综述 .....徐勇军, 杨浩克, 叶迎晖, 陈前斌, 卢光跃 3 (56)

一种基于 Beta 分布的 NB-IoT 接入方案 ..... 李梦雅, 李正权 3 (70)

基于自适应压缩感知的大规模 MIMO-OFDM 系统信道估计方法 ..... 胡奕旻, 齐丽娜 3 (78)

结合聚类与 CMAB 的群智感知车联网任务分配方法 .....冯心欣, 郭丹颖, 柳泽烽, 郑海峰 3 (86)

设备接入受限的 UAV 空基应急物联网节点分簇部署研究 .....王 巍, 梁雅静, 彭 力, 魏忠诚, 赵继军 3 (97)

车联网中安全认证技术的分析与研究 .....王曼竹, 李梓琦, 陈翌飞, 洪高风, 苏 伟 3 (106)

基于射频指纹的 LoRa 网络安全方案研究 .....姜 禹, 陈思卿, 孙 雯 4 (17)

面向海洋观测传感网的移动终端位置隐私保护研究 .....苏 新, 江 苏, 周一青 4 (26)

基于 FPGA-Jetson 的智能电网硬件实时联合仿真 .....段 通, Venkata Dinavahi, 程天石 4 (37)

基于标签量信息的联邦学习节点选择算法 .....马嘉华, 孙兴华, 夏文超, 王玺钧, 谭洪舟, 朱洪波 4 (46)

基于 MIMO 的大容量 LPWAN 技术 TurMass 与 LoRa 对比 .....江 昊, 陈宏铭, 曹以龙, 崔昊杨 4 (54)

基于测距修正及改进灰狼优化器的 DV-Hop 定位算法研究 .....  
.....赵小强, 吴 帅, 高传义, 李 宁, 李波东, 杨小勇 4 (62)

面向车联网的认知雷达通信复合波形设计 .....姚 誉, 李妍洁, 吴乐南, 苗 圃, 唐小渝 4 (71)

基于多预测模型与非线性组合的神经网络风速预测 .....王家君, 曹 薇, 张贵龙, 张准智, 凌子兴, 赵小强 4 (81)

基于卡尔曼滤波器和多层感知器的大麦幼苗最优生长参数预测 .....黄云龙, 李正权, 孙煜嘉 4 (90)

基于 NB-IoT 技术的环境温湿度监测系统的研制 .....茅敏敏, 居家奇, 欧阳玉玲, 金 妍 4 (99)

基于 Wi-Fi 信号的身份识别技术研究综述 .....魏忠诚, 张新秋, 连 彬, 王 巍, 赵继军 4 (107)

服务与应用

基于 IR-VGG 的多分类皮肤病实时诊断 .....谈 玲, 荣杉山, 夏景明, Sajib Sarker, 马雯杰 3 (115)

石油化工行业工业互联网发展现状分析及展望 .....孙思齐 3 (126)

智慧渔业时代的深远海养殖平台控制系统 .....张建波, 王 宇, 聂雪军, 吴国庆, 刘久军, 严 俊 4 (120)

基于信道编码理论的电表台区识别技术 .....谢映海, 张 玉 4 (137)

一种轻量级物联网节点管理软件设计及应用 .....关世友, 吴再群 4 (145)

# Chinese Journal on Internet of Things

## Contents List Vol.5 (2021)

### Frontier and Comprehensive Review

Cloud native network for intelligent Internet of everything .....	<i>YU Quan, LIANG Dandan, ZHANG Wei</i>	2	(1)
Graph neural network driven traffic prediction technology: review and challenge .....	<i>ZHOU Yi, HU Shuting, LI Wei, CHENG Nan, LU Ning, SHEN Xuemin (Sherman)</i>	4	(1)

### Topic: Edge Intelligence and Fog Computing in IoT

Intelligent adaptive edge systems: exploration and open issues .....	<i>WANG Xu, CHEN Nanxi, ZHANG Roujia</i>	1	(1)
Hierarchical resource deployment and sharing strategy in mobile edge computing .....	<i>ZHANG Houhao, LI Hanlin, GAO Lin</i>	1	(11)
Optimization strategies in NOMA-based vehicle edge computing network .....	<i>DU Jianbo, XUE Nana, SUN Yan, JIANG Jing, LI Shulei, LU Guangyue</i>	1	(19)
Joint task offloading and trajectory optimization for multi-UAV assisted mobile edge computing .....	<i>JI Jiequ, ZHU Kun, YI Changyan, WANG Ran</i>	1	(27)
Multi-access edge computing offloading in maritime monitoring sensor networks .....	<i>SU Xin, WANG Ziyi, WANG Yupeng, ZHOU Siyuan</i>	1	(36)
CS-communication integration method in IoT monitoring multiple phenomena .....	<i>HAN Chengcheng, CHEN Li, WANG Weidong</i>	1	(53)
Application of edge-cloud collaborative intelligence technologies in power grids .....	<i>HAN Qing, GAO Kunlun, ZHAO Ting, CHEN Jiangqi, YANG Xinyu, YANG Shusen</i>	1	(62)
Cloud native based edge computing: vision and challenges .....	<i>ZENG Deze, CHEN Lvhao, GU Lin, LI Yuepeng</i>	2	(7)
LoRaWAN technologies for enabling new generation Internet of things .....	<i>GU Chaojie, TAN Rui</i>	2	(18)
Semantic communication networking for the intelligence of everything .....	<i>SHI Guangming, XIAO Yong, LI Yingyu, GAO Dahua, XIE Xuemei</i>	2	(26)
Leveraging edge learning and game theory for intrusion detection in Internet of things .....	<i>LIANG Haoran, WU Jun, ZHAO Chengcheng, LI Jianhua</i>	2	(37)
Deep reinforcement learning to enhance the energy-efficient performance of UAV-enabled F-RAN .....	<i>MEI Haibo, YANG Kun, FAN Xinyu</i>	2	(48)
Resource allocation based on optimal transmission theory in IoT edge computing .....	<i>ZHANG Qi, JIANG Yuna, GE Xiaohu, LI Yonghui</i>	2	(60)
Online energy-aware task dispatching with QoS guarantee in edge computing .....	<i>YUAN Hao, GUO Deke, TANG Guoming, LUO Lailong</i>	2	(71)
Design of task dividing and offloading algorithm in mobile edge computing .....	<i>LU Jing, LI Hanlin, GAO Lin</i>	2	(78)
Research on power efficient autonomous UAV navigation algorithm: an edge intelligence driven approach .....	<i>LIN Chunmin, ZENG Liekang, CHEN Xu</i>	2	(87)

### Topic: Industrial Internet and Smart Manufacturing

Development of digital intelligent networked manufacturing for flexible customized manufacturing .....	<i>SHAN Zhongde, WANG Jun, ZHANG Qian</i>	3	(1)
Development and application of a lightweight five-axis parallel machining robot .....	<i>XIE Zenghui, MEI Bin, BI Weiyao, XIE Fugui, LIU Xin-Jun</i>	3	(10)
Health-based network node importance assessment .....	<i>LIU Jianwei, JIANG Bin, YANG Pu</i>	3	(21)
Inspection method for cable assembly quality based on AR virtual-real image attention mechanism .....	<i>ZHAO Ganlin, YU Chang, ZHANG Jianfu, YANG Jianxin, FENG Pingfa, SHEN Qun</i>	3	(27)
Research and development of thick plate shape prediction system based on industrial big data .....	<i>MA Yufei, LIU Changxin, KONG Wei, DING Jinliang</i>	3	(39)
Research on a lightweight framework of industrial Internet-oriented manufacturing service collaboration level agreement .....	<i>CAI Jinying, XIANG Feng, ZUO Ying, ZHONG Lei, ZHOU Ping</i>	3	(49)

### Theory and Technology

Blockchain technology for Internet of things: an overview	<i>GUO Cai, LI Xuran, CHEN Yanhua, DAI Hongning</i>	1	(72)
Large-scale terminal access algorithm based on slot ALOHA and adaptive access class barring	<i>ZHU Zhenyu, ZHU Xiaorong, CAI Yan, ZHU Hongbo</i>	1	(90)
Prediction method of soil water content based on SVM optimized by improved salp swarm algorithm	<i>ZHAO Xiaoqiang, YANG Fan, YAN Zhufeng</i>	1	(99)
Optimal allocation model of logistics alliance resources based on willingness to participate	<i>LI Mengrong, ZHU Huayu, QI Jin, SUN Yanfei</i>	1	(108)
Optimization strategy of distribution network operation considering multi-investment entities under the situation of ubiquitous power Internet of things	<i>SHEN Xiaodong, LIU Junyong, HU Shuai, RAO Ping, HE Mai</i>	1	(117)
Heterogeneous wireless sensor network routing protocol based on simulated annealing algorithm and modified grey wolf optimizer	<i>ZHAO Xiaoqiang, REN Shaoya, ZHAI Yongzhi, QUAN Heng, YANG Ting</i>	2	(97)
High-precision indoor wireless positioning method based on generative adversarial network	<i>WANG Fuzhan, ZHU Xiaorong, CHEN Meijuan, ZHU Hongbo</i>	2	(107)
A blockchain architecture with master-slave blockchain	<i>TAN Pengliu, WAN Lixuran</i>	2	(116)
Research and design of the intelligent energy management and control platform in the airport area based on the IoT technology	<i>HUANG Yuan, WU Gang, LIU Junyong, YANG Chenxi, GAO Mengpin</i>	2	(125)
A survey on resource allocation in backscatter communication networks	<i>XU Yongjun, YANG Haoke, YE Yinghui, CHEN Qianbin, LU Guangyue</i>	3	(56)
A NB-IoT access scheme based on Beta distribution	<i>LI Mengya, LI Zhengquan</i>	3	(70)
Channel estimation method of massive MIMO-OFDM system based on adaptive compressed sensing	<i>HU Yiyang, QI Lina</i>	3	(78)
Task allocation in IoV-based crowdsensing combing clustering and CMAB	<i>FENG Xinxin, GUO Danying, LIU Zefeng, ZHENG Haifeng</i>	3	(86)
Node clustered deployment of emergency Internet of things based on UAV with equipment access restriction	<i>WANG Wei, LIANG Yajing, PENG Li, WEI Zhongcheng, ZHAO Jijun</i>	3	(97)
Research and implementation of safety authentication technology in Internet of vehicles	<i>WANG Manzhu, LI Ziqi, CHEN Yifei, HONG Gaofeng, SU Wei</i>	3	(106)
Research on LoRa network security schemes based on RF fingerprint	<i>JIANG Yu, CHEN Siqing, SUN Wen</i>	4	(17)
Research on location privacy protection of mobile terminals for maritime monitoring sensor networks	<i>SU Xin, JIANG Su, ZHOU Yiqing</i>	4	(26)
FPGA-Jetson based hardware real-time co-simulation for smart grid	<i>DUAN Tong, DINAVAH I Venkata, CHENG Tianshi</i>	4	(37)
Node selection based on label quantity information in federated learning	<i>MA Jiahua, SUN Xinghua, XIA Wenchao, WANG Xijun, TAN Hongzhou, ZHU Hongbo</i>	4	(46)
Comparison of MIMO based on high capacity LPWAN technology TurMass and LoRa	<i>JIANG Hao, CHEN Hongming, CAO Yilong, CUI Haoyang</i>	4	(54)
Research on DV-Hop location algorithm based on range correction and improved gray wolf optimizer	<i>ZHAO Xiaoqiang, WU Shuai, GAO Chuanyi, LI Ning, LI Bodong, YANG Xiaoyong</i>	4	(62)
Cognitive waveform design for radar-communication transceiver networks	<i>YAO Yu, LI Yanjie, WU Lenan, MIAO Pu, TANG Xiaoyu</i>	4	(71)
Neural network wind speed prediction based on multiple prediction model and nonlinear combination	<i>WANG Jiajun, CAO Wei, ZHANG Guilong, ZHANG Huaizhi, LING Zixing, ZHAO Xiaoqiang</i>	4	(81)
Prediction of optimal growth parameters of barley seedling based on Kalman filter and multilayer perceptron	<i>HUANG Yunlong, LI Zhengquan, SUN Yujia</i>	4	(90)
Design and implementation of NB-IoT based environmental temperature and humidity monitoring system	<i>MAO Minmin, JU Jiaqi, OUYANG Yuling, JIN Yan</i>	4	(99)
A survey on Wi-Fi signal based identification technology	<i>WEI Zhongcheng, ZHANG Xinqiu, LIAN Bin, WANG Wei, ZHAO Jijun</i>	4	(107)

### Service and Application

Real-time diagnosis of multi-category skin diseases based on IR-VGG	<i>TAN Ling, RONG Shanshan, XIA Jingming, SAJIB Sarker, MA Wenjie</i>	3	(115)
Analysis and prospects of the development of the industrial Internet in the petrochemical industry	<i>SUN Siqi</i>	3	(126)
Offshore aquaculture platform control system in intelligent fishery era	<i>ZHANG Jianbo, WANG Yu, NIE Xuejun, WU Guoqing, LIU Jiujiun, YAN Jun</i>	4	(120)
Electricity meter area identification technology based on channel coding theory	<i>XIE Yinghai, ZHANG Yu</i>	4	(137)
Design and application of a lightweight management software for Internet of things node	<i>GUAN Shiyu, WU Zaiqun</i>	4	(145)

## 高级顾问

国际电信联盟秘书长

赵厚麟

中国科学院院士

李 未 姚建铨 朱中梁 陈国良 吴培亨 何积丰 吴一戎  
徐宗本 梅 宏 王 巍 吕 建 郝 跃 陆建华 房建成  
黄 如 毛军发 王金龙

中国工程院院士

倪光南 孙 玉 薛禹胜 邬贺铨 贲 德 邬江兴 柴天佑  
刘韵洁 戴 浩 于 全 吴曼青 段宝岩 王广基 何 友  
费爱国 桂卫华 余少华 姜会林 钱 锋 樊邦奎 张 平

## 第二届编辑委员会

主任委员：尹 浩

常务副主任委员：朱洪波

副主任委员：

刘海涛 马华东 杨 旻 刘明亮 宋 彤 刘华鲁

委 员：（按姓氏笔画排序）

丁大志 丁进良 丁恩杰 于季弘 马建国 王文博 王永建  
王汝言 王红刚 王承祥 王新兵 仇洪冰 卢光跃 田 野  
冯 伟 兰巨龙 吕卫锋 朱 艳 朱 琦 乔 辉 任保全  
全 智 刘 飞 刘 云 刘元安 孙 怡 孙玲玲 阳春华  
李 剑 李建东 李宣东 李德识 杨 健 杨龙祥 吴 怡  
吴启晖 冷甦鹏 汪一鸣 沙学军 沈连丰 宋令阳 迟 楠  
张 杰 张 彦 张云勇 张文生 张在琛 张治中 张钦宇  
张海君 张海霞 张朝阳 张登银 陈 岚 陈 钟 陈山枝  
陈仪香 陈后金 陈前斌 范九伦 范平志 林金朝 易东山  
金 石 金 海 於志文 赵小强 赵军辉 胡清阳 胡瑞敏  
钟章队 施 毅 姜 斌 钱 毅 徐煜华 郭 庆 郭贵生  
高 跃 高飞飞 陶小峰 陶梅霞 曹 汛 盛 敏 崔曙光  
隆克平 葛俊祥 葛晓虎 程崇虎 詹 杰 潘 炜

# 依法科学有序**防控** 坚决遏制**疫情**扩散



不聚集

戴口罩

勤洗手