

基于物联网技术的建筑工程电能数据采集方法

姚盛清, 肖智中, 孙梓尧, 张艳芳

中建安装集团有限公司南京公司, 江苏 南京

收稿日期: 2022年6月7日; 录用日期: 2022年6月21日; 发布日期: 2022年7月5日

摘要

针对建筑工程中存在的低信号空间内电能数据采集困难的问题, 提出了一种基于射频技术(窄带物联网)与多协议通讯的数据传输方法。该方法采用多径自适应组网方式, 基于433 MHz射频传输技术, 对物理层、数据链路层进行优化, 降低系统功耗; 再建立基于多协议的通讯模式, 实现电能数据远程采集管理。以地下空间数据采集为例, 实验验证能够通过该种方式实现数据精准、快速地传输。

关键词

射频技术, 窄带物联网, 多径, 自适应, 多协议通讯

Power Data Acquisition Method of Construction Project Based on IOT

Shengqing Yao, Zhizhong Xiao, Ziyao Sun, Yanfang Zhang

China Construction Installation Group Co., Ltd. Nanjing Company, Nanjing Jiangsu

Received: Jun. 7th, 2022; accepted: Jun. 21st, 2022; published: Jul. 5th, 2022

Abstract

According to transmission failure of power data acquisition in the low signal area of the construction project, a low-power-consumption and Ad-Hoc-Network remote data transmission method based on narrowband IOT and multi-protocol technology is proposed. This method adopts the multi-path & self-adaption Ad-Hoc-Network mode, and optimizes the design of the physical layer

and data link layer using 433 MHz radio frequency wireless transmission technology, thereby reducing the power consumption of the system and realizing the data transmission in a low signal area; and then, the system realizes the remote collection and management of power data by establishing IOT communication mode based on multi-protocol. This paper takes the underground power data remote collection as an example, the experimental results show that this method can achieve fast, accurate, low-power, and efficient data transmission.

Keywords

Radio Frequency, Narrow-Band IOT, Multi-Path, Self-Adaption, Multi-Protocol Communication

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

建筑施工现场由于用电设备种类多、作业环境复杂、缺乏规范化管理等特点,极易造成电能的浪费,同时也存在一定的电气火灾和人员触电的安全隐患,故迫切需要利用信息化技术对建筑工程的用电情况进行实时监控与管理。而对于复杂工程而言,如采用有线方式进行电能数据采集传输则敷设线路的成本极高,另有部分的用电设备采用现场发电机供电,无法通过电力线缆载波获取电能数据,且整体检修维护难度较大;若采用无线方式进行数据传输,则可减少敷设线路带来的上述问题,但在施工区域的封闭空间(如地下室、大型钢结构内部等),由于网络信号差等问题,极易造成电能数据传输的高延时、低精确性,从而导致系统反应的滞后。

无线物联网技术经过多年发展主要形成了以NB-IoT等技术为代表的低功耗广域网接入[1]、以ZigBee等技术为代表的低功耗局域网接入[2]以及以WIFI等传统网络及其变体直接接入的三种方式[3][4]。但是目前,NB-IoT等低功耗广域网依然依赖于运营商的基站建设[5],现阶段在很多地点运营商基站还没有覆盖,甚至某些地点根本不具备覆盖条件或覆盖存在困难[6];而ZigBee、WiFi等局域网,普遍使用mesh组网方式,所有路由节点也依赖有线供电的电源接入[7],而某些大型工程由于地域广,设备使用分散,现场环境复杂,故网络中部分路由节点(非电能采集单元)无法提供有线电源,故需要探究一种在无网络覆盖区域内可实现低功耗数据传输的物联网组网方式。

2. 基于窄带物联网技术的自组网方法设计

工程现场设备使用存在区域多离散性大的特点,故在组网设计中需要考虑如何将多台设备形成一个整体的数据通讯网络,实现数据快速精准地传输。本文设计的组网方式本身具有低并发、低带宽的特性,同时在此基础上,采用地址码空中唤醒技术,只有当节点接收到广播时才唤醒并处理数据,大大降低系统能耗。

2.1. 节点组网方法研究

本文设计的组网方法由图1所示,当有新节点加入时,其向所有旧节点发布广播声明,根据旧节点接收到的信号强度、距离等参数确定该节点的层属性,之后通过对该层中所有节点路由表的路径分析,最终确定新节点在拓扑网络中的位置及路由表。

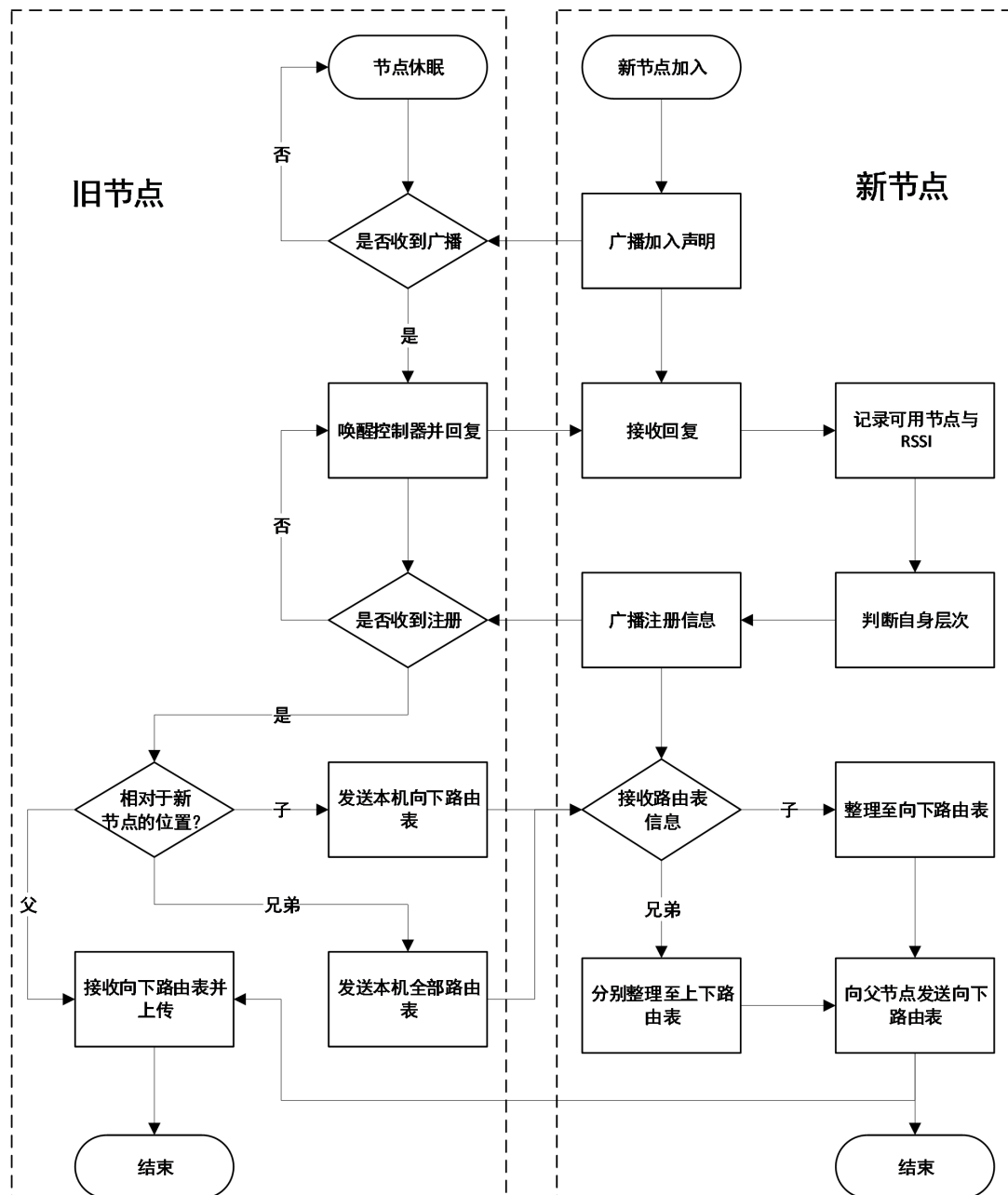


Figure 1. Node networking method

图 1. 节点组网方法

2.2. 数据传输路由方式研究

本文设计的拓扑网络数据路由方式由图 2 所示, 当系统中有数据需要发送时, 相应节点通过查询路由表决定其路由方向。当其中存在多路径节点时, 其接收时限的计算公式为:

$$\delta = (y/x)/(u_0 \cdot v_0)$$

当 δ 等于平均值 u_0 时, 则表示该节点可正常传输数据; 当 δ 大于或小于 u_0 时, 则表明其传输将出现拥堵或延缓, 据此选择最优化路径, 降低数据反复传输带来的设备能耗损失。

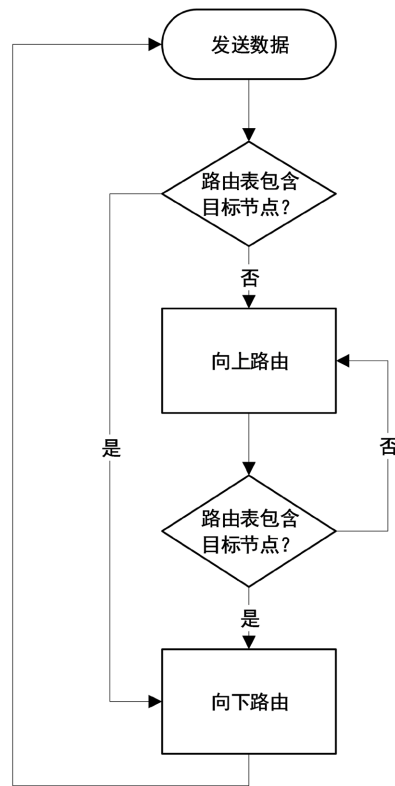


Figure 2. Node data transmission method
图 2. 节点数据传输方法

2.3. 实验测试与数据对比

用上述方法在实验室环境下进行数据传输测试(传输距离 1000 m; 单次发送时间间隔 10 s; 单次发送数据包大小 512 bits), 同时结合其他三种组网方式在相同实验环境下进行实测参数对比(如表 1 所示), 由此可以看出本文所述方法在功耗、成本、传输稳定性上都具有明显优势。

Table 1. Comparison of networking modes
表 1. 各组网方式实验参量对比

对比参量	基于窄带物联网自组网方法	ZigBee	NB-IoT	WiFi
供电方式	电池供电	有线供电	需基站覆盖	有线供电
成本	低	中	高	极高
数据采集节点平均功耗	25 uW	10 uW	100 uW	400 mW
数据路由节点平均功耗	50 uW	500 mW	-	2 W
低信号空间通讯	√	×	×	×
数据传输稳定性	个别节点异常不影响数据传输	需全部节点工作正常	依赖运营商网络环境	需全部节点工作正常

3. 基于多协议通讯的电能数据远程采集优化设计

本文设计的远程数据采集系统架构如图 3 所示, 由下到上分别是感知层、控制层、网络层和用户层。

最底层感知层主要是通过传感器将采集到的物理信号转化为可识别的数字或模拟量信号，也是整个架构的数据来源层；控制层，又是硬件逻辑设备层，主要起到数据处理与简单控制功能；网络层主要作用是进行数据的传输，在这层中，系统的硬件模块通过将数据进行多种协议的转换以及编码解码，实现最优化传输；用户层主要包括服务器及管理平台，可对采集的数据实行分析处理汇总等多项功能，真正实现人机交互与远程管理。



Figure 3. Remote data acquisition system architecture

图 3. 远程数据采集系统架构

3.1. 基于自定义协议的电能表数据获取方法

本文设计的系统中采用可编程控制器(PLC)作为硬件逻辑层，通过自定义协议与电能质量表实现数据交换，从而获取电能数据，其中自定义协议格式如表 2 所示，而数据的发送和接收则通过 PLC 中 RS 指令指定的收发寄存器来完成，其核心逻辑程序如图 4 所示。

Table 2. Custom protocol data transmission format

表 2. 自定义协议通讯收发数据格式

发送命令格式	地址码	功能码	通信起始地址	通讯字节数	CRC 校验码
接收命令格式	地址码	功能码	通信起始地址	通讯字节数	CRC 校验码

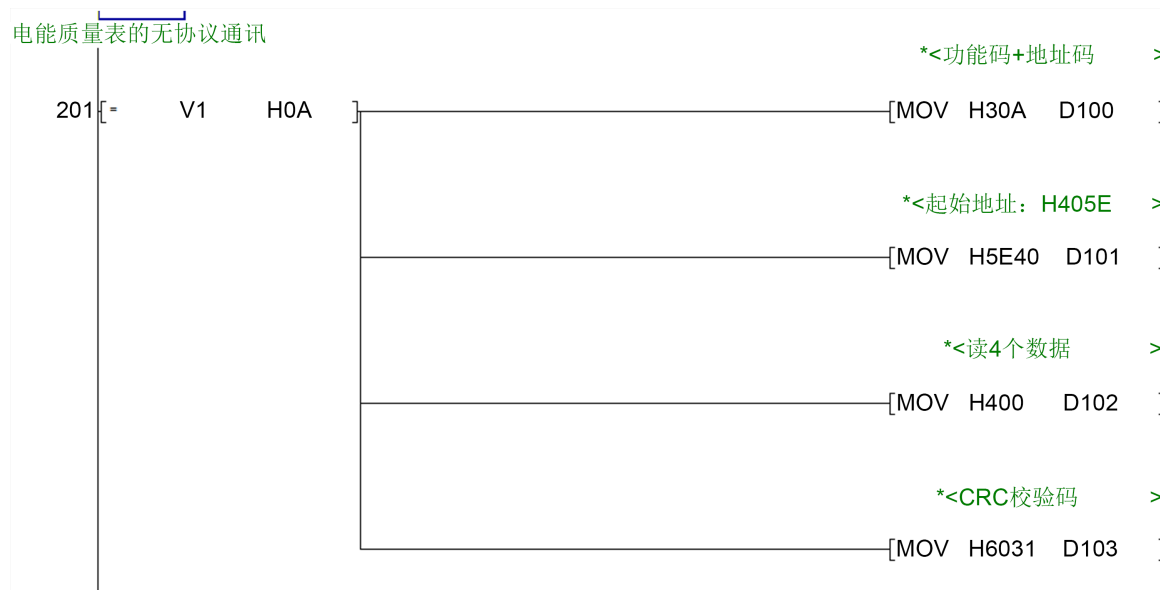


Figure 4. Custom protocol data transmission program (part of)
图 4. 自定义协议通讯程序(部分)

3.2. 基于 MUDBUS 协议的硬件层数据传输方法

本文设计的系统中利用 MUDBUS 协议实现控制层中各硬件模块的数据交换，其以 PLC 中特殊继电器 M8411 设定通信参数标志位，以 D8420 寄存器定义通信格式，并保持拓扑网络中其他硬件设备通讯参数的一致，PLC 程序如图 5 所示。



Figure 5. DTU and communication ladder diagram
图 5. DTU 及通讯梯形图

3.3. 基于 MQTT 协议的网络层数据传输方法

本文设计的系统中利用 MQTT 协议实现硬件层与远端服务器的数据交互，其借助 DTU 将数据网络接入基于 MQTT 协议搭建的 Apache Apollo 服务器，并将传输数据配置成 JSON 格式，通过 MQTT.fx 实现服务器端对数据的收发功能，具体流程与参数配置如图 6 所示。

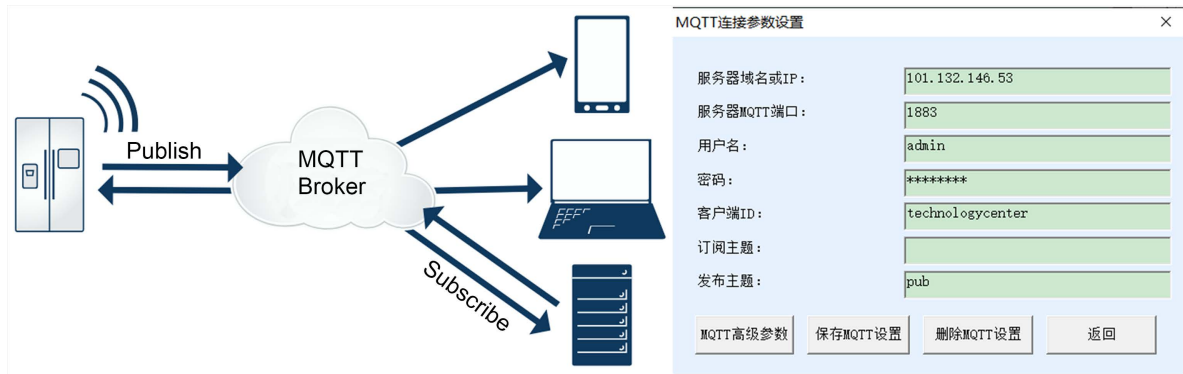


Figure 6. Communication settings based on MQTT protocol
图 6. 基于 MQTT 协议的通讯设置

4. 地下空间用电数据拓扑网络远程采集试验

在南京地铁 S8 号南延线项目中，主体工程位于地下 45 米空间，该空间内无任何网络信号，属于通讯盲区。试验将地下 45 米空间 26 台机械设备运行过程的用电参数通过文中所述的自组网方式(网络中共包含 32 个通讯节点)上传至云端服务器，图 7 左侧所示为现场监视到某区域的实际用电数据(D8013 至 D8018 表示数据通信时间为 2022/2/24/14:17:23)，图 7 右侧所示为服务器收到的用电数据包记录，通过对比可知该方法可实现低信号空间内数据的精准与低延时传输。

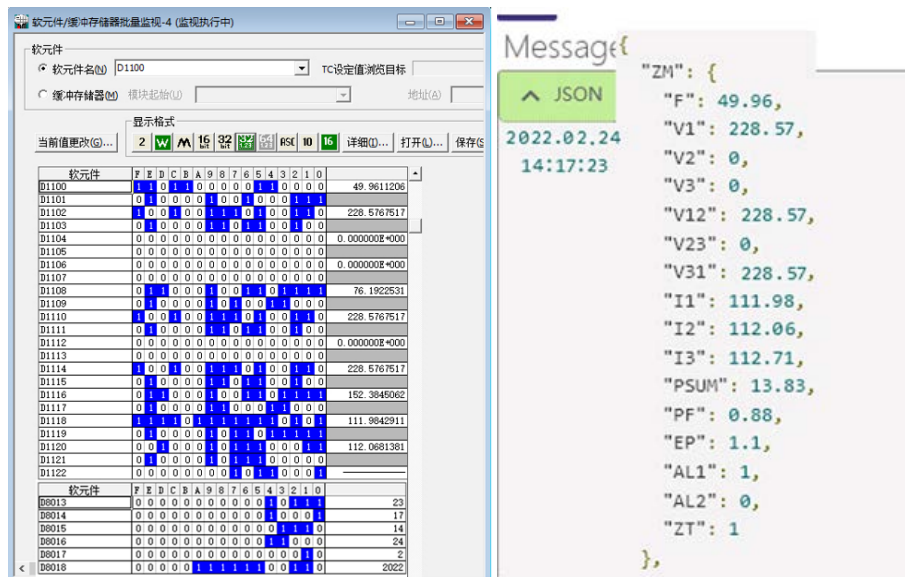


Figure 7. Comparison of monitoring data and server receiving data
图 7. 现场监视数据与服务器接收数据对比

5. 结语

本文提出了一种基于射频技术与多协议通讯的低功耗自组网远程电能数据传输方法，并以地下空间的电能数据传输为例验证了上述方法的可行性与优势。与传统的 mesh 组网的物联网通信相比，上述方法能够借助窄带物联网技术实现低信号空间内机械设备用电参数的信息化采集，并通过多协议的通讯模式，实现采集到的电能数据精准高效的传输。该方法解决了工程中低信号空间机械设备电能数据无线传输的

难题,使工程管理人员可在任何区域对设备的用电和用能实现科学化管控,显著提高了效率,在缩短设备电力故障报警与反应时间的基础上进一步降低了设备的能耗,为整体工程实现“碳达峰”与“碳中和”提供有力支撑。

参考文献

- [1] 郑飞, 吴斯栋. 窄带物联网标准化概述和性能测试[J]. 中国自动识别技术, 2020(5): 69-72.
- [2] 魏玉峰. 智能家居物联网网关的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 沈阳理工大学, 2018.
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?doi=10.27323/d.cnki.gsgyc.2019.000195&dbcode=CMFD>
- [3] 徐石雄, 曹秋挺. 一种物联网 WiFi 设备的网络接入设计方案[J]. 物联网技术, 2021, 11(7): 42-43+47.
- [4] 唐振中, 郑思, 熊正东, 等. 基于 WiFi Halo 的无线工业物联网应用[J]. 无线互联科技, 2021, 18(2): 13-14.
- [5] 何勇. NB-IoT 低速率窄带物联网通信技术现状及发展趋势[J]. 长江信息通信, 2021, 34(4): 196-198.
- [6] 卫鸿婧, 郭宝, 桑胜波. 基于 NB-IoT 多业务复杂网络覆盖的评估和优化[J]. 太原理工大学学报, 2019, 50(5): 673-678.
- [7] 王凯. ZigBee 网络路由器低功耗优化设计与实现[J]. 电子元器件与信息技术, 2021, 5(4): 101-102.