

家庭太阳能电—热联产联供云监测系统设计

雷 旺¹, 李 鹏¹, 江海涛¹, 罗 琦², 付亚宇¹

(1. 武汉理工大学 机电工程学院, 武汉 430070; 2. 武汉理工大学 理学院, 武汉 430070)

摘要: 为满足对家庭太阳能电—热联产联供系统实时数据采集、监测、分析以及智能管理的需求, 研究了一种面向家庭太阳能电—热联产联供系统运行状态的云监测方案, 阐述了系统总体架构、组成以及数据通信方式, 分析了基于云计算的数据服务器的搭建方法和 .NET 框架下 PC 客户端监测功能的开发方法, 并完成了对系统研发和测试; 经实验测试该系统运行可靠, 验证了太阳能联产联供云监测系统的稳定性和可行性, 为家庭太阳能综合供能系统的能耗管理、高效运行提供了数据支撑, 具有一定工程实用价值。

关键词: 太阳能供能; 状态监测; 云服务; .Net 开发

Design of Cloud Monitoring System for Household Solar Power—heat Cogeneration

Lei Wang¹, Li Peng¹, Jiang Haitao¹, Luo Qi², Fu Yayu¹

(1. Mechanical and Electrical Engineering Institute, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China;

2. Faculty of Science, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: In order to meet the needs of real-time data acquisition, monitoring, analysis and intelligent management of the household solar—electric cogeneration system, a cloud monitoring scheme for the operation status of the household solar—electric cogeneration system was studied. The overall architecture, composition and data communication methods of the system are expounded. The construction method of data server based on cloud computing and the development method of PC client monitoring function under .NET framework are analyzed, and the system development and testing are completed. The system is tested and tested reliably, which verifies the stability and feasibility of the solar energy co-production cloud monitoring system. It provides data support for the energy management and efficient operation of the household solar energy integrated energy supply system, and has certain engineering practical value.

Keywords: solar energy supply; condition monitoring; cloud service; .Net development

0 引言

太阳能是一种广泛、可再生的绿色清洁能源, 太阳能的高效利用成为全球可再生能源开发利用和研究的热点^[1]。发展同时满足家庭电能和热能需求的太阳能电—热联产联供系统是未来太阳能分布式应用的重要方向^[2-3], 而采用物联网技术将地域分散、小规模的家庭太阳能供能系统联系起来, 实现集中式的监控和维护具有重要的意义。研发一种远程监测系统对太阳能电—热联产联供系统的运行参数的测量和状态监测具有很高的实用价值。

本系统以武汉某家庭太阳能电—热联产联供系统为例, 现场设备与数据采集器间采用 ZIGBEE 无线网络方式组网^[4], 数据采集器所采集数据通过家庭网络上传至云服务器^[5-6], 用户 PC 终端通过访问云服务器实现太阳能供能系统的监测, 实现随时随地对太阳能电—热联产联供系统的

发电参数、供热水参数、环境参数的监测, 对家庭全天候稳定的供电、供热水质量的稳定提供了数据依据, 对太阳能高效利用和节能减排的研究具有重大意义。

1 系统总体方案设计

1.1 太阳能联产联供系统组成

家庭太阳能电—热联产联供系统是用于家庭实现电—热联供的太阳能热泵系统, 包括太阳能电热联产组件、逆变器、空气源热泵、水箱、水泵、水阀及热水控制器等组成部分, 如图 1 所示。

家庭太阳能电—热联产联供系统各部分介绍如下:

太阳能电—热联产组件: 一种 PV/T 组件, 高效地综合利用太阳能进行发电、集热, 是太阳能供能系统的核心产能设备。

逆变器: 将太阳能电—热联产组件产生的直流电变换为交流电, 以供家庭内部使用或并入电网, 并且能够作为太阳能电站的数据采集装置。空气源热泵: 一种节能热水制取装置, 在太阳能不足时辅助加热用, 以保证家庭全天候稳定的热水供应。水箱: 用来贮存用水, 具有蓄热的功能。水泵: 用来输送水或给水增压。水阀: 对管道中水流

收稿日期: 2018-11-21; 修回日期: 2019-01-18。

基金项目: 青海省重点研发与转化计划项目(2016-GX-118)。

作者简介: 雷 旺(1995-), 男, 湖北天门人, 硕士, 主要从事新能源技术方向的研究。

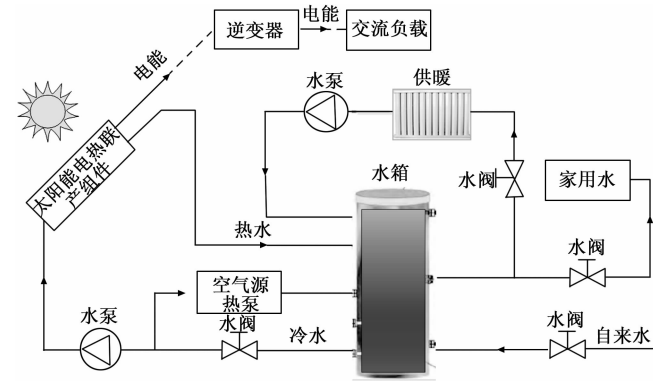


图 1 家庭太阳能电—热联产联供系统图

量进行调节。热水控制器：根据各出入口节点的温差、流量等来控制系统热水的产出和供应，并且能够作为热水供暖系统的数据采集设备。

家庭太阳能电—热联产联供云监测系统是一个基于云计算的监测平台，要求用户能够跨区域通过网络实现对家庭太阳能联产联供系统关键参数的实时监测^[7]，进而评估系统的电—热联产联供情况，还能随时查看相关参数的历史计量数据。

该监测系统与传统意义上的远程监测不同^[8]，由数据采集模块、云服务器和客户终端应用程序三部分组成。数据采集模块采集到太阳能供能系统的相关参数后，将数据上传云服务器并存储到云端数据库，用户在客户终端实现监测功能。

1.2 系统通讯方式

数据由数据采集模块通过家庭网络上传至云服务器，客户终端同样是通过网络访问云数据库服务器从而实现人机交互，这过程主要用到成熟的 TCP/IP 协议的 Socket 接口通信^[9]。考虑到监测系统的灵活性，避免布线干扰，数据采集模块中采用无线传输方式进行数据传输。本文选用了具有自组网、传输距离远等优点短距离的 ZIGBEE 无线通信技术，ZIGBEE 功耗低，传输距离可以由 ZIGBEE 节点作为中继无限延伸。由于逆变器、热水控制器等现场设备均支持 Modbus 通讯协议，数据采集模块中将 Modbus—RTU 作为通信协议^[10-11]。Modbus 协议是一种主从模式的通讯协议，在同一时间，系统内仅有一个 Modbus 主机，却能够有多个 Modbus 从机。Modbus 请求和响应报文都是由设备地址、功能码、数据以及差错校验组成，主机发送请求消息报文，从机响应并将数据按照编码发送返回到主机。

Modbus—RTU 帧格式其中地址表示 Modbus 从机的唯一地址，功能代码表示消息帧的功能（例如 03 和 06 功能码分别表示操作保持寄存器的读和写），数据包括 N 个 8 位字节，CRC 校验是一种循环冗余的差错校验方式。

1.3 系统总体网络架构

家庭太阳能电—热联产联供系统是一种分布式的家庭太阳能发电系统和热水供暖系统，现场采集设备由逆变器、

热水控制器、环境参数传感器和用于安防监控的网络摄像头等构成，数据采集器完成对逆变器、热水控制器和环境参数传感器的数据采集，现场采集设备的数据上传保存在云端数据库服务器，用户在 PC 客户终端通过网络访问云服务器实现对家庭太阳能的电—热联产联供情况的监测。

家庭太阳能电—热联产联供监测系统包括数据采集模块、云服务器和客户终端三个部分。总体架构如图 2 所示。

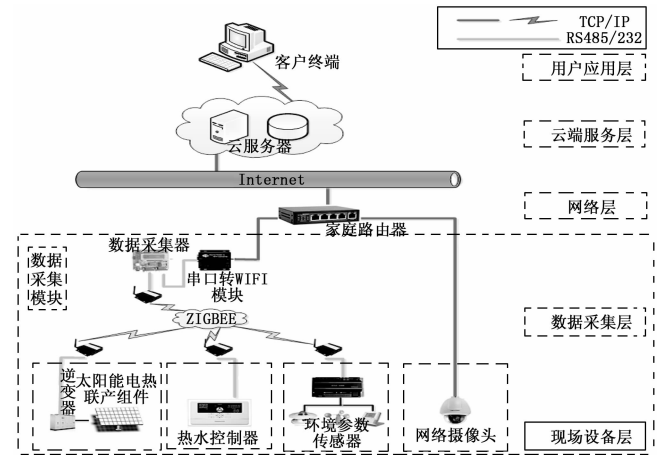


图 2 系统总体网络架构

2 监测系统设计

2.1 数据采集模块

数据采集模块由现场设备及传感器、ZIGBEE 无线网络模块、数据采集器以及串口转 WIFI 模块组成。数据采集器通过 Modbus 协议获取现场设备及传感器的数据，其中数据采集器为 Modbus 主机，现场设备及传感器为 Modbus 从机，ZIGBEE 无线网络模块工作时，自动组建 ZIGBEE 无线网络，实现数据从现场设备及传感器部分到数据采集器之间的透明传输。串口转 WIFI 模块实现现场数据的网络接入与上传，模块连接家庭 WIFI 后，通过网络的 TCP 协议将数据采集器发送来的数据传输上传到云端。

数据采集器是数据采集模块的核心，由 STC12C5A60S2 双串口单片机作为 Modbus 主机，通过串口 1 以轮询的方式主动向现场设备及传感器部分请求读取 Modbus 从机数据，然后按照一定的格式通过串口 2 将采集到的数据发送给串口转 WIFI 模块。

数据采集器的串口 1 用于向现场设备及传感器发送 Modbus 请求并接收返回的 Modbus 数据帧，串口 2 通过串口线与串口转 WIFI 模块相连将单片机处理打包的数据转发到串口转 WIFI 模块。

首先，数据采集器的串口 1 发送 Modbus 请求消息，相应设备地址的从机返回数据，CRC 校验通过后，在从机返回数据帧的末尾加上一个数据区分位打包数据，数据区分位的格式为 0x0A、0x0B、0x0C 等，以便于服务器端的解析，最后串口 2 转发打包好的数据。采集流程如图 4 所示。

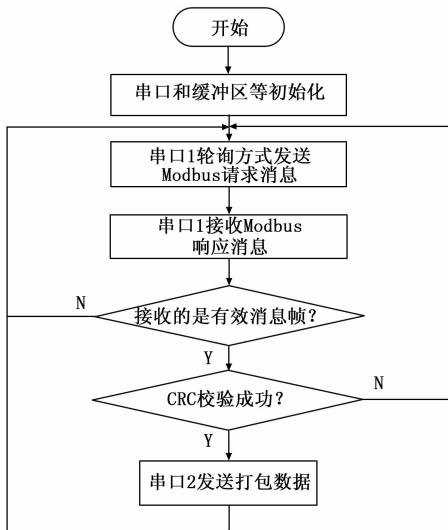


图 3 数据采集器采集流程

2.2 云服务器设计

本文家庭太阳能电—热联产联供系统云监测的云平台选择阿里云 CES 服务器，在阿里云 CES 部署本系统的 TCP 服务器程序和 MySQL 数据库服务器，能够实现家庭太阳能供能系统监测数据的云端存储及对用户终端的请求响应^[12]。TCP 服务器使用 C# 语言进行开发，接收数据的软件流程如图 4 所示。

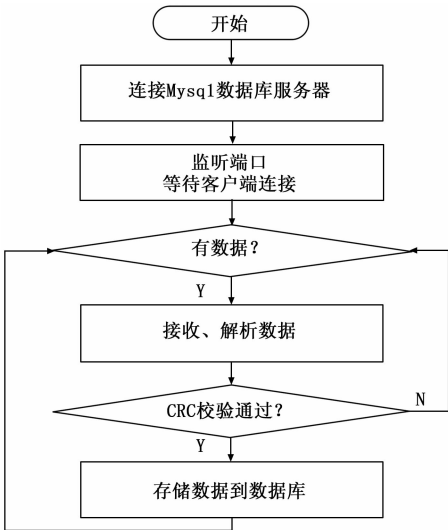


图 4 TCP 服务器接收数据的软件流程

云服务器采用 MySQL 作为数据库服务器，用于存储家庭太阳能电—热联产联供系统的监测数据。主要包括用户信息数据，设备关系数据，逆变器数据，热水控制器数据，环境监测数据以及警示信息数据。服务器的功能是接收和存储数据，并对客户端的请求做出响应。云服务器由云服务器程序和云数据库组成，云服务器程序负责接收数据采集模块上传的数据并连接云数据库将数据存储在云数据库，并且将云服务器部署在公网能够实现跨区域的异地访问。

2.3 用户应用层

家庭太阳能电—热联产联供系统监测终端为 PC 端，用户能够在客户机上查看家庭太阳能供能系统的运行状态、历史数据和电量、水量等警示信息。在 Windows 操作系统中，利用 Visual Studio 开发平台基于 Visual Basic .Net 语言开发一种面向对象的云监测软件作为本文的客户终端。

客户终端软件采用 TCP 协议连接阿里云服务器上的 MySQL 数据库，从云端数据库获取家庭太阳能站的发电功率、发电量、辐照、风速、环境温度、水流量、水温以及水箱的水位、水温等数据，并实时显示在系统状态图上。同时，用户能够在 PC 端查看历史数据和预警信息。此外，客户终端还能够登录网络摄像头实现对家庭太阳能供能状态的视频监控。

基于 .Net 设计的客户端软件，作为家庭太阳能供能系统云监测的重要部分，实现的主要功能如下。

(1) 用户登录：通过正确的用户名和密码进入客户端软件，获取数据时，软件会根据用户名从数据库匹配相应用户的监测数据。

(2) 系统状态：系统演示能够动态直观地演示太阳能供能系统的运行情况；天气情况栏自动更新城市天气、温度以及风向、湿度、紫外线、空气质量等天气实况信息；通过客户端软件可以连接云端 MySQL 数据库，每分钟获取并更新显示家庭太阳能供能系统的发电参数、供热水参数、环境参数的监测数据。

(3) 历史报表：历史数据表格与云端 MySQL 数据库绑定，按时间筛选数据，显示历史数据情况，包括时间、输出功率、逆变器效率、全辐照、直射辐照、风速、环境温度、各出入口节点的水温及流量、水箱水量等数据；发电量图从逆变器数据表获取当前月份的日发电量，以柱状图的形式显示；温度曲线显示客户端软件实时更新的温度曲线走向。

(4) 视频监控：通过动态 IP 地址和端口登录网络摄像头，能够实时预览视频监控画面；右键能够实现抓图功能，选择保存画面为 JPEG 或 BMP 格式图片；云台控制能够通过按键调整网络摄像头的视角和焦距，查看清晰的视频画面。

(5) 报警信息：显示参数报警信息的代码及描述，帮助用户排查异常。

由以上介绍可以知道客户终端软件的基本功能，图 5 为客户终端软件的总体流程图。

3 实验与验证

在各部分模块分析设计完成后，进行了系统的测试。家庭太阳能电—热联产联供系统状态监测客户端软件主界面包括四大子界面，它们分别是：系统状态、历史报表、视频监控、报警信息。

如图 6 所示为系统的四个子界面，系统状态页面主要

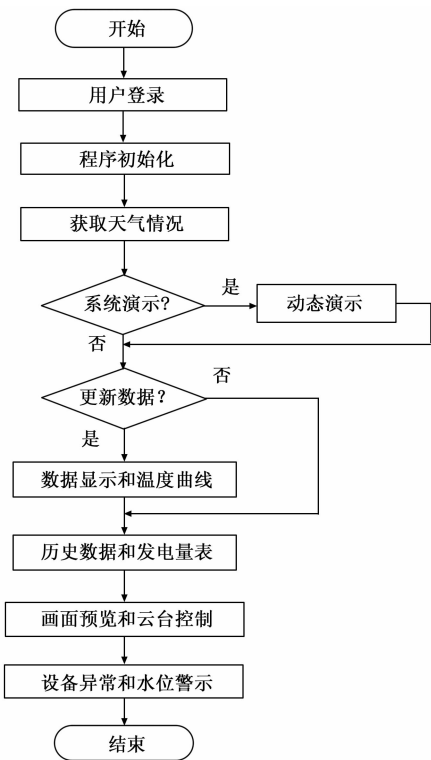


图 5 客户终端软件总体流程图

包含天气状况、系统简图以及家庭太阳能站的发电参数、供热水参数、环境参数的监测数据, 包括时间、输出功率、逆变器效率、全辐照、直射辐照、风速、环境温度、各出入口节点的水温及流量、水箱水量等数据;

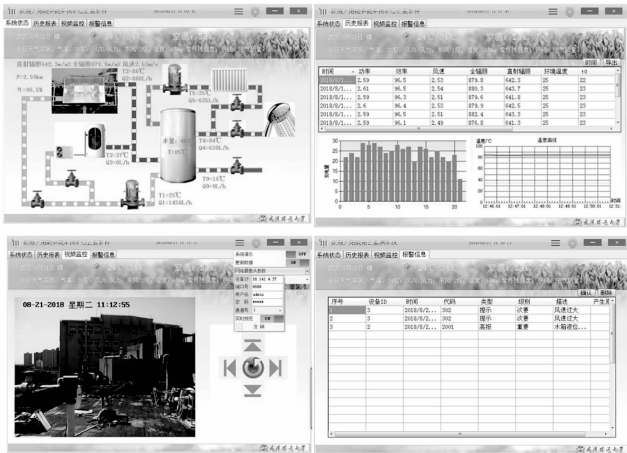


图 6 系统测试页面

左上角图为历史报表, 其中发电量图从逆变器数据表获取当前月份的日发电量, 以柱状图的形式显示; 温度曲线显示客户端软件实时更新的温度曲线走向。打开更新数据开关, 软件会连接云端数据库, 每分钟更新显示发电参数、供热水参数、环境参数等监测数据。

右下角图为视频监控画面, 各参数设置完成后打开实时预览开关, 还可以根据需要通过右侧的云台控制来调整

视角和焦距。

最后为报警信息页面, 描述并记录系统异常, 帮助查找故障原因, 让太阳能电—热联产联供系统高效稳定运行。

4 结束语

为满足对家庭太阳能电—热联产联供系统实时数据采集、监测、分析以及智能管理的需求, 研究了一种基于云平台的太阳能远程监测系统, 实现了太阳辐照强度、环境温度、光伏发电系统发电功率、发电效率、太阳热能系统水温等参数的实时数据远程监测。未能对家庭能耗进行有效的质量评估和管理指导, 没有开发平板或手机移动端监测软件需进一步研究设计与测试。经实验测试

可知, 本监测系统能够实现所设计的功能, 可以随时随地掌握家庭太阳能供能系统的运行情况并对可能出现的异常做出及时的处理, 突破了传统监测系统监控时空的局限性, 可扩展性强, 对太阳能供能系统监测领域具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 国家能源局. 太阳能发展“十三五”规划 [J]. 太阳能, 2016, 5-14.
- [2] Rahman M M, Selvaraj J, Rahim N A, et al. Global modern monitoring systems for PV based power generation: A review [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018, 82: 4142-4158.
- [3] Bayrak G, Cebeci M. Monitoring a grid connected PV power generation system with Labview [A]. International Conference on Renewable Energy Research and Applications [C]. IEEE, 2014: 562-567.
- [4] 潘 骁. 基于 ZigBee 与 GPRS 的无线仓储环境参数监测系统的设计 [D]. 桂林: 广西师范大学, 2016.
- [5] 李曼曼. 云计算发展现状及趋势研究 [J]. 无线互联科技, 2018, (5): 42-44.
- [6] 朱磊明. 云计算平台基础服务 [J]. 信息与电脑 (理论版), 2018, (4): 30-31.
- [7] 李秀忠, 钟造胜. 基于远程无线监控的太阳能和热泵集中供热系统设计 [J]. 节能, 2015, (4): 62-66.
- [8] 周平旺. 聚光光伏电站无线远程监控系统的研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2015.
- [9] 李 序, 姜周曙, 叶晓平, 等. 基于 TCP/IP 协议的太阳能热水工程远程监控系统设计 [J]. 工业控制计算机, 2015, (7): 32-34.
- [10] 陈启伟. 电机状态云监测系统研究与实现 [D]. 杭州: 浙江大学, 2016.
- [11] 田会峰, 韩 斌. 基于多协议的分布式光伏电站智能控制系统设计 [J]. 测控技术, 2013, (2): 70-73.
- [12] 李金龙, 朱 杰, 梁殿鹏. 基于 Amazon 弹性计算云的高性能计算平台解决方案 [J]. 电脑知识与技术, 2011, (28): 7024-7026.