

分布式光伏电站 Web 实时监控平台设计

邢毓华, 罗林洁

(西安理工大学 自动化与信息工程学院, 西安 710048)

摘要: 随着光伏电站基础设施的广泛建设, 为电动汽车用户提供便利的同时, 也为其管理带来了巨大的挑战; 为了实现对光伏电站更加有效的管理, 在分析分布式光伏电站数据通信方案的基础上, 设计了一种光伏电站 Web 实时监控平台; 该平台基于 ZigBee 技术、GPRS-DTU 技术、HTTP 协议设计了直流充电桩无线传感器数据采集方案, 部署数据库服务器、Web 服务器以克服电站无人值守的问题, 实现对该分布式系统的集中管控, 同时设计用于充电预约、监控、提醒等功能的安卓用户 APP 以提升用户体验, 并对该系统进行实验验证; 经验证, 该设计方案能够有效实现对分布式光伏电站的实时数据采集与 Web 端集中管控, 为电站无人值守与远程监控提供了一种有效的技术解决方案。

关键词: 光伏电站; 分布式远程监控; 数据通信

Design of Real-time Web Monitoring Platform for Photovoltaic Charging Station

Xing Yuhua, Luo Linjie

(Faculty of Automation and Information Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: With the extensive construction of photovoltaic charging station infrastructure, not only provided convenience for the electric vehicles users, but also brought great challenges for its management. In order to achieve more effective management of photovoltaic charging stations, based on the analysis of the data communication scheme of distributed photovoltaic charging station, this paper designs a kind of Web real-time monitoring platform. Based on ZigBee technology, GPRS-DTU technology and HTTP protocol in this platform, we designed DC charging pile wireless sensor data acquisition scheme, while deployed the database server and the Web server in order to overcome the problem of charging pile unattended, to achieve centralized control of distributed systems, and we designed Android APP for charging reservation users to monitoring, alerts and other functions to improve user experience. And the experimental verification of the system is carried out. After verification, the design scheme can realize the real-time data acquisition and Web centralized control of distributed PV charging station. Provides an effective technical solution for the unattended and remote monitoring of the charging stations.

Keywords: photovoltaic charging station; distributed remote monitoring and control; data communication

0 引言

电动汽车具有节能环保的优势, 已成为汽车工业发展不可逆转的潮流。随着国家大力扶持电动汽车产业政策的实施, 充电站是电动汽车产业化后必须建设的基础设施, 实现充电站管理和监控的自动化是目前充电站建设的发展趋势^[1-2]。在充电站建设中, 实现其高效、安全、智能化管理已成为主流。

光伏电站的特点是部署地点分散, 难以实现实时统一管理。针对此问题, 将介绍一种光伏电站在线集中监控方案。该监控方案包括数据采集、通信、在线控制等功能, 有效解决了分布式光伏电站管理难的问题, 同时为光伏电站的后续功能拓展和故障诊断提供了有效的技术支撑。

1 总体设计方案概述

光伏电站按照功能可以划分为四个子模块: 光伏发电系统、配电系统、充电系统、充电站监控系统^[3]。这里主要介绍充电站监控系统的设计方案。如图 1 所示, 在整个结构的底层, 每个充电桩都被看做一个数据采集节点, 用来上传充电桩运行过程中产生的数据, 如电压、电流、温度等信息。这些数据采集节点通过 ZigBee 组成一个星型网络, 在星型网络的中心——汇集节点, 数据将通过它进行汇总, 经通用分组无线服务数据传输 (GPRS-DTU) 技术统一传输到远程服务器。

在服务器端架设 MySQL 5.1.73 数据库服务器用于存储实时上传的数据, 同时在 Web 服务器 Tomcat 7.0 上部署了 Web 应用, 向管理员和用户端 APP 提供访问入口。

2 数据采集传输方案

为了避免光伏发电诸多因素引起的不稳定性, 利用蓄电池将多余的能量储存起来, 作为光伏电站后备能量或者夜间备用电能^[4]。从应用的广泛程度来讲, 蓄电池主要有铅蓄电池与锂离子电池两大类。本方案使用锂离子电池进行能量存储, 相比于传统铅酸蓄电池, 锂离子电池的优点是比较稳定, 安全测

收稿日期: 2016-10-10; 修回日期: 2016-11-21。

作者简介: 邢毓华(1966-), 男, 陕西省西安市人, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事物联网通信技术方向的研究。

罗林洁(1991-), 男, 陕西省宝鸡市人, 硕士研究生, 主要从事物联网通信技术方向的研究。

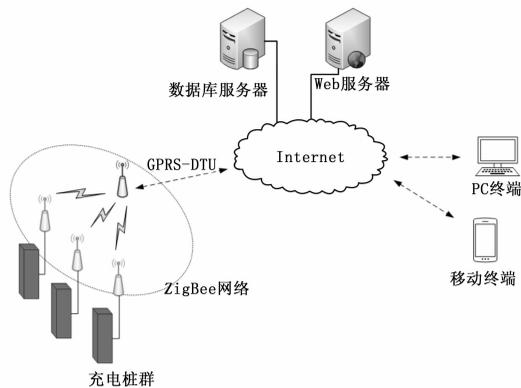


图 1 分布式光伏电站监控方案结构图

试已证明锂离子电池不会爆炸，适宜作为充电站内的储能装置^[5]。

在该方案中，采用低功耗的 Maxim DS2780 芯片完成对锂电池数据的采集工作，该芯片可以测量电压、温度和电流，对可重复充放电的锂离子聚合物电池评估可用电量。其优点包括：15bit 高精度 ADC 电路，16 字节的用户 EEPROM，库仑计和损耗评估数据通过 24 字节非易失性 EEPROM 自动备份；单芯特性以及应用参数将被记录在 EEPROM 芯片中；全球独有的 ID 和易操作的单总线接口。其典型的采集电路如图 2 所示。

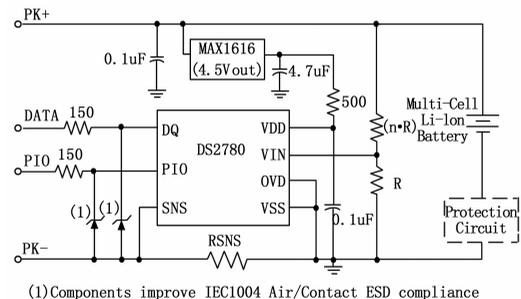


图 2 DS2780 典型应用电路

该采集电路由 STM8 单片机来管理，是 BMS 的一部分，通过串口与主控板进行数据通信，主控板作为 BMS 的上位机，通过定时发送查询指令，查询 BMS 的状态信息。

图 3 描述的是数据采集方案的结构图，在该数据采集方案中，主控板是采用友善之臂公司的 Tiny4412 开发板进行开发的。Tiny4412 使用高性能的 Cortex-A9 核心板，采用三星高性能 Exynos 4412 四核处理器，运行主频 1.5GHz，标配 1G DDR3 内存和 4GB 高速 eMMC 闪存，外设接口非常丰富，完全满足开发要求。采用 ZigBee 作为通信方案的考究是，ZigBee 是一种低功耗的无线组网解决方案，工作在 2.4GHz ISM 开放频段，理论情况下每个网络最多可以容纳 65535 个节点，所以在本设计中，充电桩节点个数可以根据需求动态调整，无需进行软件的二次开发就可以快速地进行拓展。

采集对象主要分 3 组：①充电机运行时的传感器信息，涉及充电装置故障、监控单元故障、充电模式等状态信息；直流输出过流、直流输出过/欠压、直流侧开关跳闸等保护信息以

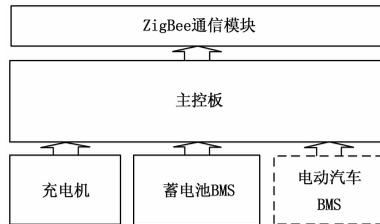


图 3 数据采集方案结构图

及相应定值；充电装置直流输出电压、电流、高频电源模块输出电流等测量信息；充电机充电模式的调整等控制信息^[6]。②蓄电池 BMS 的状态信息，主要有蓄电池组运行状态、蓄电池组故障等状态信息^[7]；蓄电池组电压、温度、充电功率以及单体蓄电池电压与荷电等测量信息。③电动汽车 BMS 连接充电机后的状态回馈信息，包括电压、电流等测量信息；充电枪状态改变、插座门关门故障等状态信息；过负荷、欠压、过压等保护信息和定值信息。

在 Tiny4412 搭载嵌入式 Android 系统的基础上，开发针对采集和数据通信的应用程序。对于充电站这样强电磁环境、数据量不是特别大的场合，监控系统和设备之间通信推荐采用 CAN 总线通信^[9]，连接主控板时，使用 USB-CAN 转换接口即可。因为嵌入式 Android 系统的底层基于 Linux 操作系统，所以其串口设备连接之后的设备是以 ttyUSBx 来命名的。

如图 4 所示，数据经 ttyUSBx 设备采集之后，首先将保存在本地轻量化数据库 SQLite 中，以便后期故障维修查找问题；然后系统将启动另外一个子线程用于数据上传，ZigBee 采集设备作为 ZigBee 网络的子节点，通过串口接收主控板输出的数据，无线转发给 ZigBee 汇集节点。

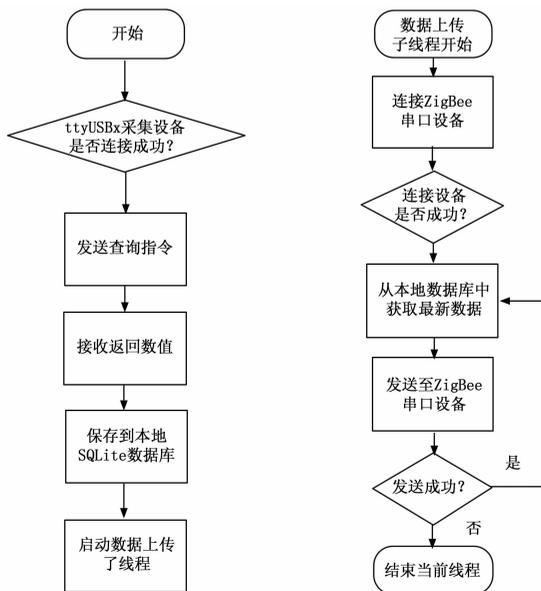


图 4 数据采集与发送流程图

在 ZigBee 发送数据之前，需要确认该子节点是否加入当前有效范围内的网络，子节点加入网络的过程如图 5 所示。上电后初始化 Zigbee 模块硬件资源，包括通道、频率、串口等；接着，发出网络发现消息，若发现存在新网络，则发出网络加

入请求, 申请加入发现的新网络; 若收到加入成功应答信标, 则更新网络状态并进入低功耗状态; 如果加入失败, 则继续发送申请信号, 直到完成加入; 最后, 进入低功耗模式后等待从串口传来的数据, 唤醒至工作模式进行数据传输, 完成数据传输后继续进入低功耗模式。

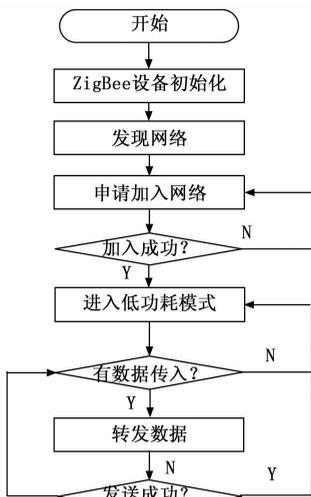


图 5 ZigBee 子节点工作流程图

在 ZigBee 汇集节点一端, 对子节点数据进行汇集, 由于每个节点在网络中都有一个短地址, 该地址会随着数据包作为节点标识进行发送。汇集节点将数据直接转发给 GPRS-DTU 模块, 经 GPRS 网络上传至数据库服务器。

3 服务器端架构与软件设计

分析光伏电站管理系统的功能需求, 在 Web 服务器上设计并实现了 Web 应用, 其功能包括: 数据源写入、充电桩监控数据实时显示、订单管理、用户管理、故障管理等功能。

Web 应用采用 MVC 模式, 自顶向下分为表示层 (View Layer)、业务逻辑层 (Service Layer) 和数据访问层 (Dao Layer)^[10], 如图 6 所示。

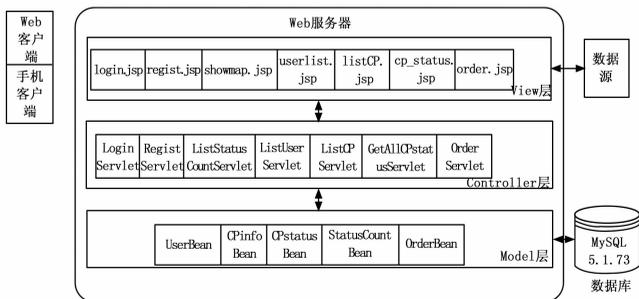


图 6 Web 服务器端应用框架

如图 7 所描述, 在浏览器与 Web 服务器之间, 增加了 Ajax 引擎层, 它同样使用 HTTP 协议传输数据, 但摒弃了传统的 HTML+CSS 数据交互形式, 改而采用 Json 等轻量化数据交互形式, 这样就可使网页从服务器请求少量的信息,

大大削减了用户与服务器之间的 I/O, 使得信息交互变得轻量化, 用户的体验更加流畅。这样做的好处在于, 在页面展

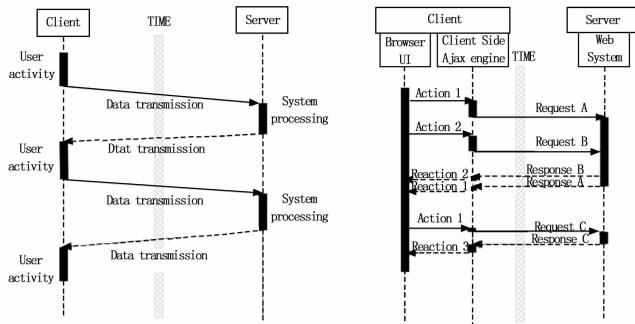


图 7 传统 HTTP 请求与 Ajax 请求的对比

示端, 用户不用手动刷新页面, 即可接收到从后台服务器传回的最新数据。

图 8 是充电桩 Web 在线监控界面, 在线监测可以通过判断状态码来实现对故障充电桩的识别, 并记录在故障表中备份。



图 8 充电桩 Web 在线监控界面

为了让用户体验到更便捷的服务, 设计用户专用 APP, 完成在线查找充电桩、充电预约、导航等功能。如图 9, 在用户端 APP 中嵌入百度地图引擎, 方便用户进行充电桩的在线查找、预约等需求。其中的绿色 Marker 表示空闲可用, 红色 Marker 表示正在使用, 灰色 Marker 表示出现故障停用。用户点击绿色 Marker 之后可以进行下一步的预约操作。



图 9 用户端 APP 界面

4 测试与结果分析

搭建系统测试环境, 验证该系统的实际运行效果, 对 ZigBee 数据传输的误码率和 GPRS 网络时延两个指标进行统计, 测试地点为金花校区体育场。

模拟采集网络包括 3 个采集节点、1 个汇集节点, 汇集节点分两路输出, 一路与 PC 机之间通过 RS-232 方式相连, 利

用串口调试工具统计接收数据包，另一路通过串口连接 GPRS 模块，ZigBee 设备的射频中心频率为 2485MHz、发射功率为 3dbm、串口波特率为 115200 bps，接收天线灵敏度为 -92dbm。为提高数据的可信度，每次发送数据包 1000 个，每个测量点进行了 30 次数据测量并取平均值。

表 1 丢包率统计表

组号	距离(m)	丢包率
1	10	0 %
2	30	0.05 %
3	50	0.27 %
4	75	0.86 %
5	100	6.75 %
6	150	9.20 %

实验结果如表 1 所示，丢包率指实际未接收到的数据包个数占总发送数据包个数的百分比。从表 1 中可以看出，当距离在 75m 以内时，丢包率控制在 0.86 % 以内，具有较高的可靠性；而当距离在 100m~150m 时，丢包率明显增大，无线信号传输质量明显下降。

实验结果表明，该采集系统在 75m 范围内，具有较强的数据传输能力。GPRS 链路数据传输时延控制在 2~3s 以内，具有较高的可靠性。

5 结论

通过实验数据得出结论，该平台基于 ZigBee 技术、GPRS-DTU 技术、HTTP 技术设计的直流充电桩无线传感器数据采集方案，部署数据库服务器、Web 服务器，可以有效实现对该分布式系统的集中管控，克服充电桩无人值守的问题。

（上接第 72 页）

用 DL/T645 规约并结合先进的电力载波通信技术，设计工业物联控制节点。通过以 RJ45 口通信、USART 口通信、电力线载波通信、DL/T645 规约和 TCP/IP 规约的解析与重组、协议转换等一系列过程，实现智慧工厂现场设备的用电信息、运行状态和传感器等数据的高效传送，即可靠又便利，降低成本。在程序设计时，对 DL/T645 规约中的数据域、控制代码进行了扩展并使用功能块编程，程序具有良好的通用性避免了重复编程，大大提高了 MCU 的执行效率。为智慧工厂的搭建提供有效技术支撑。

参考文献:

[1] 王喜文. 工业 4.0: 智能工业 [J]. 物联网技术, 2013, 12: 3-6.
 [2] 张小平, 李佳宁, 付 灏. 全球能源互联网对话工业 4.0 [J]. 电网技术, 2016, 40: 1-5.
 [3] 李少壮, 张泽光, 李洪波. 从“工业 4.0”看工业计量的未来 [J]. 计测技术, 2015, 35 (6): 1-5.
 [4] Wu R C. Wu R C. Intelligent control via power-line carrier for illumination and air condition in buildings [A]. 19th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management

系统投入使用后的数据量将日益增多，难以存储在一台机器上，研究人员可以利用 Hadoop 大数据平台中的 HDFS 分布式文件系统组件对该平台海量监控数据进行存储，利用 Spark 计算平台进行在线实时数据分析，寻找更加智能、高效的管理策略。

参考文献:

[1] Wang Yunyan, Li Jingxin, Jiang Jiuchun, et al. Management information system of charging station for electricvehicle (EV) [A]. 2005 International Conference on Electrical Machines and Systems [C]. 2005, 1: 857-860
 [2] Su C L, Yu J T, Chin H M, et al. Evaluation of power-quality field measurements of an electric bus charging station using remote monitoring systems [A]. 2016 10th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering (CPE-POWERENG) [C]. Bydgoszcz, 2016, pp. 58-63.
 [3] 王 健, 姜久春. 电动汽车充电站信息管理系统的设计和实现 [J]. 微计算机信息 2006 (11): 16-18
 [4] 王盛强, 李婷婷. 新能源光伏汽车充电站发展现状与分析 [J]. 科技创新与应用, 2016, (2): 106-107.
 [5] 杨忠亮, 柳 羿. 带光伏储能的锂电池充电站充电平稳性分析 [J]. 低压电器, 2012, (15): 31-35.
 [6] SZDB/Z 29.3-2010 电动汽车充电系统技术规范, 第 3 部分: 非车载充电机 [S]. 深圳: 深圳市市场监督管理局, 2010.
 [7] 胡 勇, 郭子健, 刘奇峰, 等. 基于 IEC 61970/61850 的电动汽车充电站监控系统建模方案 [J]. 电力系统自动化, 2013, 37 (2): 91-96.
 [8] 严 辉. 电动汽车充电站监控系统研究 [D]. 北京: 华北电力大学 (北京), 2009.
 [9] 艾明浩, 齐林海. 基于有序充电的电动汽车充电站在线监控系统 [J]. 陕西电力, 2014, 42 (6): 6-11
 [5] Kolberg, Dennis. Zühlke, Detlef. Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies [A]. IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline), ISPLC 2015 [C]. 2015: 1870-1875.
 [6] 孟珺遐, 朱宁辉, 白晓民. 基于 DL/T645-2007 协议的智能电表嵌入式通信软件开发 [J]. 电网技术, 2010, 34 (9): 7-12.
 [7] 冯小英, 储昭碧. 自适应波特率的 DL/T-645 规约通信的实现 [J]. 中国仪器仪表, 2007, 9: 38-41.
 [8] 李驹光, 张 华. 基于 ARM 的工业以太网控制系统智能节点的设计 [J]. 电子技术, 2003, 7: 17-18.
 [9] Guo J. Liu D. Design of a smart meter recorder with mass storage based on DL/T645-2007 protocol [J]. Communications in Computer and Information Science, CCIS, 2015: 660-666.
 [10] 马利人, 宗建华. DL/T 645-2007《多功能电能表通信协议》的技术特点和创新 [J]. 电测与仪表, 2009, 46 (3): 1-13.
 [11] 何 宾, 吕育斌, 冯 涛. Zigbee 技术和 DL/T645 规约在无线抄表系统中的应用 [J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37 (24): 81-84.
 [12] 周峰华, 潘文亮, 刘军亮. Linux 下 ARM 和单片机的串口通信设计 [J]. 仪表技术, 2011, 8: 27-32.