

doi:10.3969/j.issn.1672-4348.2021.03.007

基于 NB-IoT 数据交互的电动自行车充电系统设计

程智宾¹,江吉彬^{1,2}

(1.福建信息职业技术学院,福建 福州 350003;
2.福建工程学院 机械与汽车工程学院,福建 福州 350118)

摘要: 针对电动自行车充电管理难、安全性低的问题,设计一种基于窄带物联网(narrow band internet of things, NB-IoT)的电动自行车充电管理系统,以 STM32F103C8 为主要控制器,通过 NB-IoT 通信模块与服务器进行数据交互,结合区块链技术,提高消费支付和资金管理的安全性。经实际使用验证,该系统具有管理手段先进、使用方便、安全可靠等特点,已在多个学校和社区安装使用。

关键词: NB-IoT; 区块链; 电动自行车; 充电系统

中图分类号: TP277

文献标志码: A

文章编号: 1672-4348(2021)03-0242-05

Design of charging system for electric bicycle based on NB-IoT data interaction

CHENG Zhibin¹, JIANG Jibin^{1,2}

(1.Fujian Polytechnic of Information Technology, Fuzhou 350003, China;
2.School of Mechanical and Automotive Engineering, Fujian University of Technology, Fuzhou 350118, China)

Abstract: In order to solve the problems of difficult charge management and low security of electric bicycle, an electric bicycle charge management system based on NB-IoT (narrow band internet of things) was designed. The system takes STM32F103C8 as the main controller, the data exchange with the server is carried out through NB-IoT communication module. Combined with blockchain technology, the security of consumption payment and fund management is improved. The system has been proved to be advanced in its management, easy to use, safe and reliable, and has been installed and used in many schools and communities.

Keywords: NB-IoT; blockchain; electric bicycle; charging system

根据消防部门的数据统计,电动车充电造成的事故在所有的火灾事故中占比高达 10%,究其原因多为充电线路故障或充电时间过长导致充电器发热、电池过热发生爆炸等^[1-2]。目前有采用刷卡或投币计费的多路电动车充电控制器^[3],也有基于 RFID 的智能充电站系统^[4]。这类使用刷卡或投币的充电系统,虽具备联网收费功能,但在实时监控、远程管理、在线故障排查等方面的功能还存在不足。近几年对充电桩的研究不少,有基于 ESP8266 无线模块实现的充电系统^[5-6],但要求部署现场有 Wi-Fi 网络支持;有专门研究基于窄带物联网(narrow band internet of things, NB-IoT)^[7]的充电桩;也有专门研究区块链算法^[8-9]

的充电桩。本课题设计了基于 NB-IoT 的电动自行车充电系统,同时结合区块链技术,使得系统部署方便、安全可靠。

1 系统组成及工作流程

基于 NB-IoT 的电动自行车智能充电系统的架构如图 1 所示,包括智能充电设备、服务器、用户手机端和区块链支付系统。智能充电设备是基于 NB-IoT 物联网通信模块的充电桩设备,内嵌有充电安全检测算法。系统设计了烟雾传感器和温度传感器,用于监测充电环境情况,设计了紧急按钮用于报警。服务器上设计了一个云端系统,对整个充电系统进行监控和管理,利用区块链支付

收稿日期: 2021-04-27

基金项目: 企业横向课题项目(HX2017-03)

第一作者简介: 程智宾(1980—),男,福建漳州人,副教授,硕士,研究方向:电子信息工程技术。

系统结合设备交互模块和信息推送模块实现安全的区块链支付;用户手机端运行“车智充”微信公众号,实现交互,通过手机端扫描充电插座上的二维码充电,同时与各签约的付费企业节点交互,设备开启相应的插座,实时监测充电状态,检测到充电不安全时将停止充电,用户可通过手机端接收充电信息,包括订单状态、电池状态、充电实时进度,并进行相应的控制。

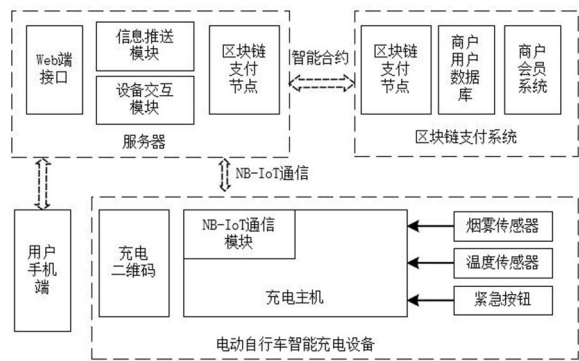


图 1 系统架构图
Fig.1 Diagram of system architecture

系统的工作流程如图 2 所示,用户可以采用刷卡模式实现充电应用,也可以扫描二维码实现充电应用,只要满足条件即可正常使用,控制器同时具有智能检测状态及自动控制等功能。充电过程中,系统会实时显示充电时长及消耗金额,用户可自由操控停止充电,充电结束后,系统会自动推送一条“充电完成通知”,用户可以在“车智充”微信公众号上查看整个充电过程的详细信息。

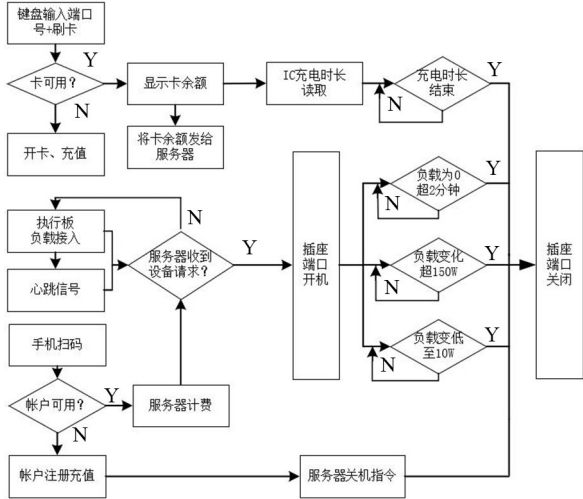


图 2 系统工作流程图
Fig.2 Flowchart of the system

2 充电设备硬件设计

充电设备的硬件主要由 1 块具备 NB-IoT 通信功能的主控板和 1 块执行板组成,如图 3。其中执行板上的充电控制模块内嵌充电安全检测算法,完成充电过程的实时检测。充电设备主控板是整个设备的控制核心,采用单片机 STM32F103C8 为主控 MCU,连接有 NB-IoT 通信模块(4G 通信模块)、串口通信模块、人机交互模块、烟雾传感器、温度传感器、紧急按钮和电源模块。主控板通过串口通信模块与执行板进行命令交互,收集各插座端口状态等数据,通过 NB-IoT 通信模块与服务器交互,并对服务器下发的命令解析后,转换为对应控制执行板的命令,最终完成对插座端口的电能输出控制。人机交互模块主要包含了语音提示、按键输入、数码管显示和 IC 卡刷卡应用等部分,是用户现场操作的必要模块。烟雾传感器和温度传感器是用来监测充电环境,紧急按钮用于一键报警,进一步提升充电安全。

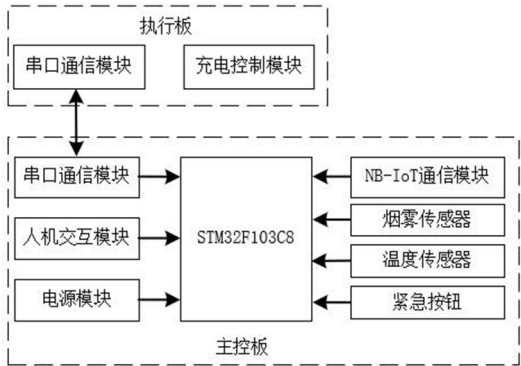


图 3 充电设备的硬件框图
Fig.3 Hardware block diagram of the charging equipment

2.1 NB-IoT 无线通信模块

NB-IoT 技术功耗低、成本低且覆盖范围广泛的应用需求,使用互联网协议(IPv6),实现广域物联网通信的同时有效降低部属成本。本技术使用蜂窝网络架构,每个信道只需占用 180 kHz 的无线通道带宽,直接应用于 GSM、UMTS 和 LTE 网络^[10]。NB-IoT 可以有效地连接大量设备,每个网络单元可以支持接入 5 万个设备终端,同时最大程度地降低功耗并增加传统蜂窝技术无法覆盖的位置的覆盖范围,良好通信环境状况下 NB-IoT 终端模块网络增益比 LTE 提升 20 dB,相当于发

射功率提升达 100 倍,即覆盖能力提升 100 倍。

为确保在地下室、金属顶棚的车棚等场景也能正常工作,NB-IoT 模块选择移远公司的 BC95,其具备高接收灵敏度、高 RF 传输功率、低功耗等特性,MCU 通过 AT 指令可控制 NB-IoT 模块进行网络数据传输,模块功能和相关电路的集成度高,无需太多的外加电路。模块的低功耗优点使电源供应方面只需使用微型化 SOT-23 封装的 LDO 即可,天线是使用市售的标准 NB-IoT 天线,以 IPEX 连接器与模块对接,再加上简单的天线匹配元件达成 50 Ω 的 RF 阻抗匹配。系统覆盖能力提高,在地面车棚或地下车库均可稳定运行。

2.2 充电控制模块

充电控制模块执行充电控制功能,负责与主 MCU 通信,接收上位机指示命令并执行操作、上传用电状态和电池性能等信息给主 MCU。每个充电主机有 2 块执行板,每块执行板支持 10 路插座,可支持 20 路插座。电动自行车充电插座是 220 V 的民用交流电,电控制模块使用继电器来控制民用电火线的通断,需要充电时控制相应继电器动作,对应的插座端口才能正常通电。

充电控制模块内部的电能检测功能部分的原理图如图 4 所示,采用电流互感器把大电流信号变换为小电流信号,电流互感器 T1 初级线路接入充电回路,次级线圈与取样电阻 R6 并联,选择一定的匝数比,可在取样电阻两端得到一个交流电压小信号,采用全波精密整流电路将交流信号变成直流信号,接入单片机的 AD 通道进行多次采样,对数据进行滤波处理,换算出电流大小,最后通过采集到的电压值和该电流值即可计算出线路的功率大小。

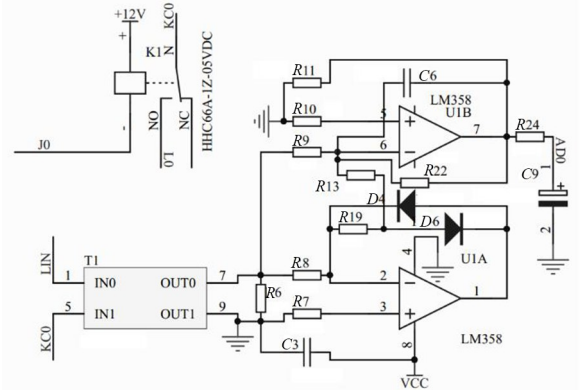


图 4 电能检测功能原理图

Fig.4 Schematic diagram of the detection of electric energy

3 系统软件设计

本系统的软件设计主要涉及:充电设备的通信与控制程序设计、应用平台程序设计、资金安全设计,其中充电设备的通信与控制程序设计又包含了主控板与执行板通信、主控板与服务器端通信以及执行板充电检测与控制等关键任务。

3.1 主控板与执行板通信

主控板与执行板之间是通过串口进行通信的,波特率为 9 600 bps,由主控板发起命令,执行板进行响应。表 1 即是主控板发起命令(下行)的通信格式。主控制板除了发起开关插座命令外,还有心跳请求命令,心跳请求命令是本系统针对执行板做死机检查时所创建的独有命令,每分钟请求一次,如果 3 次请求后执行板仍无数据回复,说明执行板故障。

表 1 主控板与执行板的下行通信格式

Tab.1 Downlink communication format between main control panel and executive panel

数据字段	字段含义
D0	固定为 0xAA,表示一帧数据的开始。
D1	00:为 0 号执行板;01:1 号执行板
D2	01~10:每块执行板有 10 个插座端口,01 表示第一个插座;22:表示所有插座
D3	10:表示来自主控的
D4	01:关端口;02:开端口;03:请求端口状态(心跳)
D5	固定为 0x5A,表示一帧数据的结束。

表 2 为执行板响应命令(上行)的通信格式,其中插座端口状态有端口使用、端口空闲、端口异常和端口故障。负载情况有负载的功率等级、充满电、负载脱落等。

表 2 主控板与执行板的上行通信格式

Tab.2 Uplink communication format between main control panel and executive panel

数据字段	字段含义
D0	固定为 0xAA,表示一帧数据的开始。
D1	00:为 0 号执行板;01:1 号执行板
D2~D11	每个插座对应一个字节数据。每个字节的高 4 位为端口状态低 4 位是负载情况。
D12	表示每秒的总电流。
D13	固定为 0x5A,表示一帧数据的结束。

3.2 主控板与服务器通信

主控板使用 TCP 方式与服务器进行通信,数据格式: 192.168.X.X:8000/D1/D2/D3/D4/D5/D6 其中 192.168.X.X:8000 为服务器地址,/为区分符,D1,D2,D3,D4,D5 为数据,D6 为数据包序列号。数据的具体字段定义如表 3 所示。通过定义不同的功能类别,可以完成 IC 卡账号管理、插座端口管理等功能,预留冗余字段,可快速升级其它管理功能。

表 3 主控板与服务器通信格式

Tab.3 Communication format between main control panel and server

数据字段	字段含义	字段长度/B
D1	设备地址,单片机的 UID	16
D2	实际端口地址	2
D3	功能类别	1
D4	功能具体操作	1
D5	数值	12
D6	包序列号	4

3.3 充电控制管理

充电控制需要实时处理主控板的命令,进行充电继电器的开关操作,并实时采集端口的状态,端口状态是根据电压监控值进行模数转换(analog to digital convert, ADC)后得出的功率大

小作为判断基准。充电智能控制过程如图 5 所示分成 3 个阶段:恒流阶段、恒压阶段和浮充阶段。恒流阶段采用恒定电流充电,避免低电量时电流过大造成电池发热严重引起火灾。恒压阶段采用恒定电压充电,保证电池达到额定电压。浮充也称为涓流充电,当充电功率小于 15 W 后,继续用小电流充电一段时间,补充电池自放电造成的容量损失,可以抑制活性物质硫酸盐化,延长电池使用寿命。当浮充结束时,自动断电,避免充电时间过长引发安全事故。如图 6(a)所示,在恒流充电过程中或是涓流充电过程中,如果总输出功率出现异常波动,即功率浮动变化过大,表明充电过程中有安全隐患,系统将会基于安全因素自动停止充电,并提示使用者及时检查充电器^[11]。

3.4 应用平台

应用平台包含用户前端使用的微信公众号程序和 WEB 服务器接口及后台管理程序,其中微信公众号开发采用 TP5 的 MVC 设计模式,后台通过接口与数据库进行交互,具有充电状态信息推送、扫码充电、区块链积分支付码、充电历史数据查询等功能,WEB 服务器端程序开发采用基于 Linux 操作系统的 B/S 架构模式,包括公众号平台、UDP 设备端、刷卡业务端、扫码业务端、WEB 服务接口端等部分。

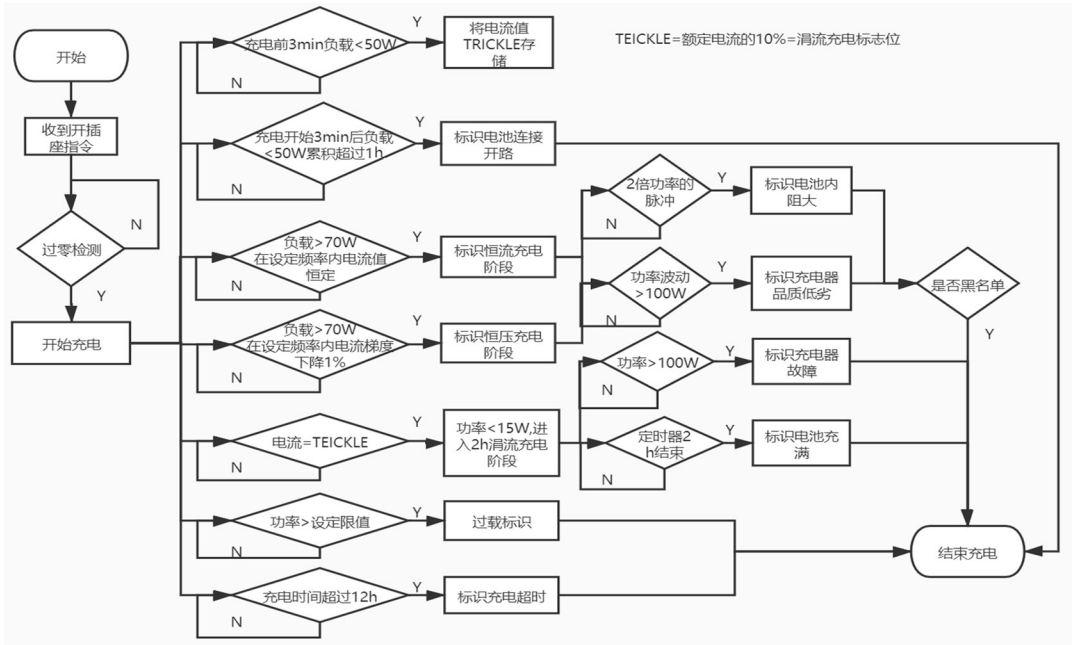


图 5 充电智能控制过程

Fig.5 Intelligent control of the charging process

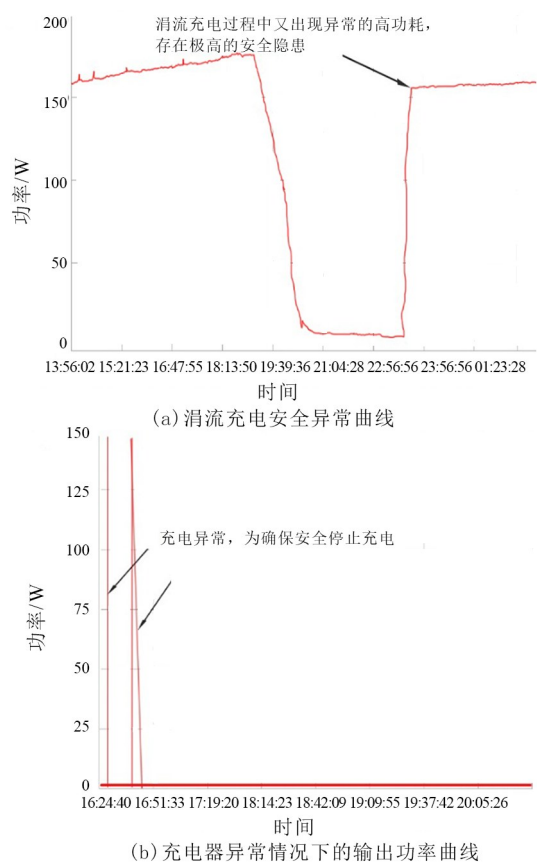


图 6 异常充电输出功率曲线图

Fig.6 Output power curve of abnormal charging

3.5 区块链支付程序

为提升充电消费和资金管理的安全性,本系统采用区块链技术开发支付系统,架构如图 7 所示,用户和充电运营商在通过身份认证及信用背

书条件后可分别与充电积分的付费企业节点对接,进行智能合约的交互并调用智能合约相关的函数和参数,与充电设备的交易参数都能经由专设通道对接到排序服务节点和交易记账节点,并实时收到监管信息。

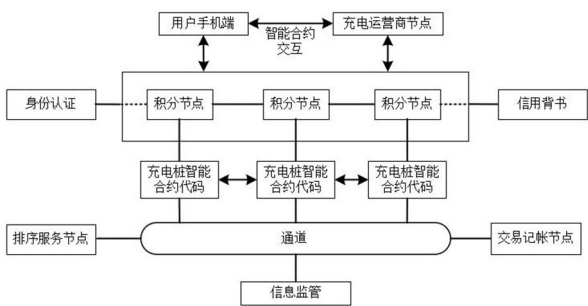


图 7 区块链支付架构图

Fig.7 Diagram of blockchain payment architecture

4 结语

本系统基于 NB-IoT 为电动自行车智能充电,集智能充电终端、管理云平台、微信公众号一体。用户利用微信公众号可随时查看充电状态,实现对充电状态的监控,基于区块链技术开发的支付系统可让充电支付更安全。系统具备电量监测、自动断电、电池性能检测、故障报修、线上支付、防二维码诈骗等功能,可有效保护电动自行车电池的寿命,防止因电动自行车充电造成的火灾,具有很好的应用价值。截至 2020 年,已覆盖全国 26 个省份,近 100 个城市,1 000 多个社区,据用户反馈和数据统计,系统运行稳定、可靠。

参考文献:

[1] 蒋军. 电动车火灾成因分析及技术调查[J]. 宁夏师范学院学报, 2017, 38(6):40-44,48.

[2] 杜志刚, 梁韡, 李宜辉. 探究电动自行车火灾现场勘验技术[J]. 消防界(电子版), 2019, 5(24):45.

[3] 裴美珍. 一种电动车智能充电器的设计[J]. 价值工程, 2018, 37(36):146-147.

[4] 伊怀诗, 侯得元, 姜鹏, 等. 基于 RFID 的智能充电站系统[J]. 科技传播, 2018, 10(6):102-103.

[5] 卢伟. 小区电动自行车智能充电系统设计[J]. 信息记录材料, 2020, 21(12):103-104.

[6] 黄赵明. 基于物联网平台的充电站系统的设计与实现[D]. 南昌:南昌大学, 2020.

[7] 焦绍华. 基于 NB-IoT 技术的电动自行车充电桩系统的设计与实现[D]. 杭州:杭州电子科技大学, 2019.

[8] 高兰. 基于区块链的电动汽车充电桩安全防护技术研究[D]. 青岛:山东科技大学, 2020.

[9] 辛凯华. 基于智能合约的电动汽车充电选择决策方法[D]. 湘潭:湘潭大学, 2020.

[10] 叶炜, 吕伟, 洪宽, 等. 基于 NB-IoT 技术的道路照明智能控制系统[J]. 照明工程学报, 2017, 28(5):20-23, 41.

[11] 赵杰权, 谢俊春, 张骥小, 等. 浅论电动自行车电池的优化充电方法(2):电动车电池充电器改进方法[J]. 蓄电池, 2013, 50(6):243-251.

(责任编辑:方素华)