

1.8 GHz 电力无线专网远程通信终端设计*

王云棣¹, 王兴涛¹, 吴庆¹, 付海旋¹, 武占侠², 吕玉祥³

(1. 国网信息通信产业集团有限公司, 北京 102211;

2. 深圳市国电科技通信有限公司, 广东 深圳 518000; 3. 安徽继远软件有限公司, 安徽 合肥 230088)

摘要: 泛在电力物联网建设是国家电网公司落实“三型两网、世界一流”战略目标的核心任务, 其中电力无线专网是其重要的无线接入网络, 1.8 GHz 频段电力无线专网具有带宽高、承载能力强等特点, 可满足电力业务需求, 远程通信终端是泛在电力物联网边端设备的必要通信传输装置。针对用电信息采集业务, 分别从终端整体架构、硬件、软件开展设计, 研制了嵌入式远程通信终端, 并开展业务适配性和功能性挂网试点验证, 结果表明该远程通信终端能够承载用电信息采集业务。

关键词: 泛在电力物联网; 电力无线专网; 用电信息采集; 远程通信终端; 试点验证

中图分类号: TN915

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.200017

中文引用格式: 王云棣, 王兴涛, 吴庆, 等. 1.8 GHz 电力无线专网远程通信终端设计[J]. 电子技术应用, 2020, 46(5): 88-92.

英文引用格式: Wang Yundi, Wang Xingtao, Wu Qing, et al. The design of telecommunication terminal for 1.8 GHz power wireless private network[J]. Application of Electronic Technique, 2020, 46(5): 88-92.

The design of telecommunication terminal for 1.8 GHz power wireless private network

Wang Yundi¹, Wang Xingtao¹, Wu Qing¹, Fu Haixuan¹, Wu Zhanxia², Lv Yuxiang³

(1. State Grid Information & Telecommunication Group Co., Ltd., Beijing 102211, China;

2. China Gridcom Corporation, Limited, Shenzhen 518000, China; 3. Anhui Jiyuan Software Co., Ltd., Hefei 230088, China)

Abstract: The construction of ubiquitous power Internet of things is the core task of the strategic target of state grid corporation. The power wireless private network is the important wireless access network. The 1.8 GHz power wireless private network has the characteristics of high bandwidth, strong carrying capacity, etc., which can meet the needs of power business. The telecommunication terminal is the necessary communication device of edge equipment in ubiquitous power Internet of things. According to the power consumption information collection, this paper designed the system architecture, hardware, and software, and developed the embedded telecommunication terminal. The pilot verification was conducted to test the business suitability and functionality. The results showed that the terminal can bearer the power consumption information collection business.

Key words: ubiquitous power Internet of things; power wireless private network; power consumption information collection; telecommunication terminal; pilot verification

0 引言

国家电网公司提出了全面推进“三型两网”建设、加快打造具有全球竞争力的世界一流能源互联网企业的战略部署, 泛在电力物联网建设是落实“三型两网、世界一流”战略目标的核心任务, 其中在网络层重点推进电力无线专网和终端通信建设, 增强带宽, 实现深度全覆盖, 满足新兴业务发展需求^[1]。电网建设 LTE 无线专网具有迫切的业务需求、行业可行性以及完善的解决方案^[2]。目前, 电力无线专网可分为 230 MHz 和 1.8 GHz 两种类型, 230 MHz 专网工作于电力授权频点, 覆盖范围广, 但国内知识产权未对外开放, 两套 LTE-G 230 和 IoT-G 230 标准未统一, 厂家参与积极性不高, 以致设备厂商单一。

1.8 GHz 专网频谱资源充足, 标准成熟, 设备厂商较多, 产业链较完整^[3-4]。两者在网络覆盖能力和业务承载能力等方面存在一定的差异^[5-6], 国家电网各省公司根据自身特点开展不同类型电力无线专网的建设, 在配用电领域开展多种业务场景测试应用^[7-11]。

本文基于 ARM-Linux 嵌入式系统, 研制了用于用电信息采集业务的 1.8 GHz 电力无线专网远程通信终端, 该终端上行与基站通信, 执行空中接口过程来建立连接; 下行与电力业务设备集中器连接通信, 主要接口包括 RS232 串口、以太网口、IO 口等, 实现业务信息的采集与解析。远程通信终端通过接入网实现集中器与业务主站之间的数据、协议以及控制信息等内容的交互^[12-13], 通过终端业务接入试点, 验证了终端运行的适配性与可靠性。

* 基金项目: 国家电网公司科技项目(536800180015)

嵌入式技术 Embedded Technology

1 终端总体架构设计

远程通信终端以 ARM9-Linux 嵌入式系统作为主控平台,同时兼容两款商用公专双模通信模组,通过 ID 识别当前运行的通信模组,如图 1 所示。ARM 主控平台通过串口与集中器通信,通过 UART/USB 接口与通信模组进行交互控制,运行嵌入式 Linux 操作系统,实现通信终端的多任务处理机制,并支持 PPP 协议,实现集中器不同通信模式的兼容。该终端通过模组连通 1.8 GHz 专网基站及核心网,与电力业务主站建立通信,可实现 4G 公网与 1.8 GHz 专网的信道切换。通过 LED 指示灯显示设备运行、网络通信以及上下行数据传输等状态,便于直观指示设备当前工作情况。

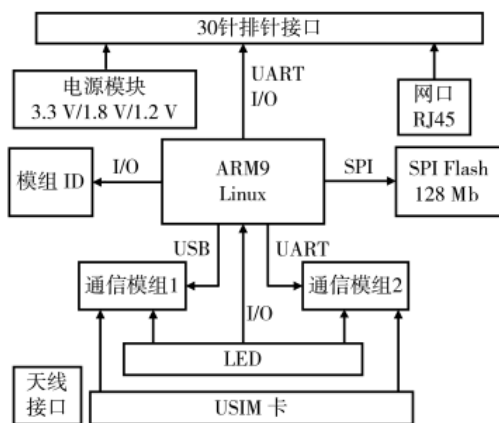


图 1 终端总体架构设计

2 硬件电路设计

2.1 电源模块

集中器通过排针接口给终端提供 DC 4 V±0.2 V 的输入电源,正常工作电流不大于 500 mA,电压纹波小于 30 mV,主要为通信模组提供稳定电源和 USIM 卡加热电路;电源模块采用 TI 降压斩波器 TLV62565,将 DC 4 V 转换为 DC 3.3 V±0.3 V,电流不大于 500 mA,电压纹波小于 30 mV,主要用于逻辑电路工作电源、LED 驱动、温度检测以及 ARM 核心控制器的输入电源,如图 2 所示;同样,使用 TLV62565 将 DC 3.3 V 转换为 DC 1.8 V 和 DC 1.2 V,主要为 ARM 核心控制器提供输入电源。

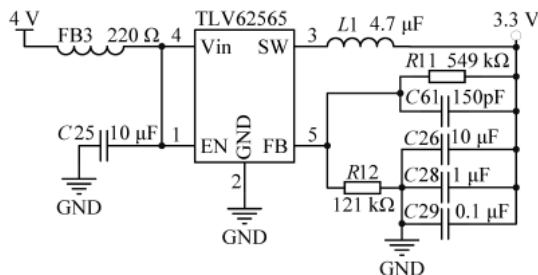


图 2 DC 4 V 转 DC 3.3 V 电路原理图

2.2 ARM 核心控制器电路

终端采用 ARM9 作为核心控制器,该芯片基于 32 bit

ARM926ej-s,核心频率 300 MHz,拥有两路 USB 2.0 HOST 接口,6 个串口,总计 80 个 I/O,片内集成 16 MB DDRII RAM,同时,外扩 128 Mb 的 SPI Flash,设计通信模组、Flash 芯片等硬件 ID 识别电路,核心控制器外围电路设计如图 3~图 5 所示。

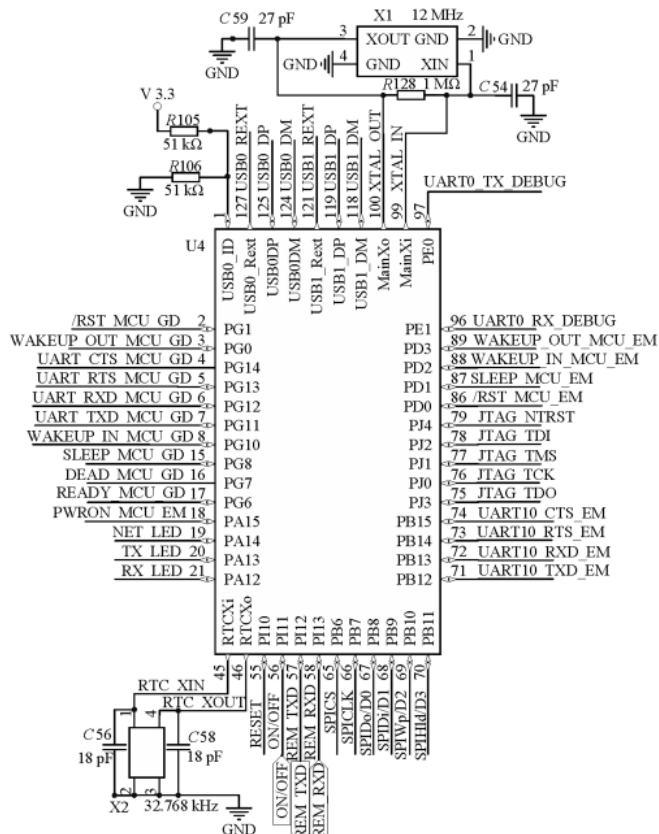


图 3 ARM9 引脚电路图

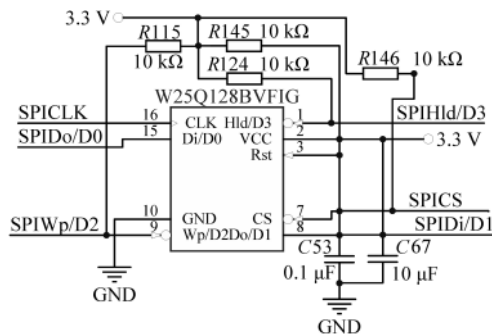


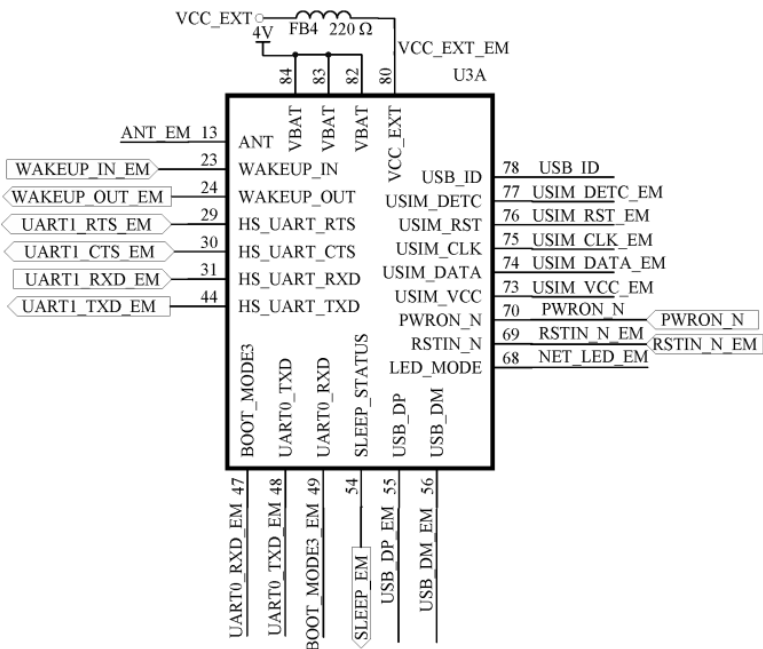
图 4 SPI Flash 模块电路原理图

2.3 通信模组电路

远程通信终端可兼容两款商用 1.8 GHz 通信模组,硬件电路设计两组接口,通过硬件 ID 方式进行模组识别,如图 6 和图 7 所示。

2.4 USIM 卡模块电路

通信模组通过外插实体 USIM 卡的形式实现网络接入,USIM 卡由通信模组预留管脚直接引出,外接标准 SIM 卡座,由集中器提供 DC 4 V 电源驱动 USIM 卡,如图 8 所示。



TXS0108E			
UART1_RXD_EM1	A1	B1	20 UART10_TXD_EM
VCC_EXT2			19 VDD33
UART1_TXD_EM3	A2	B2	18 UART10_RXD_EM
UART1_CTS_EM4	A3	B3	17 UART10_RTS_EM
UART1_RTS_EM5	A4	B4	16 UART10_CTS_EM
WAKEUP_OUT_EM6	A5	B5	15 WAKEUP_OUT_MCU_EM
WAKEUP_IN_EM7	A6	B6	14 WAKEUP_IN_MCU_EM
SLEEP_EM8	A7	B7	13 SLEEP_STATUS_MCU_EM
RSTIN_N_EM9	A8	B8	12 /RST_MCU_EM
VCC_EXT10	10	OE	11 GND

Figure 10 shows the pin connections for the AP2020 module. The module is represented by a block labeled U2 with pins 1 through 52. The connections are as follows:

- Power and Ground:**
 - Pins 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52 are connected to a 4V supply.
 - Pins 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52 are connected to GND.
- Signal Connections:**
 - Pins 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52 are connected to various signal lines.
 - Pins 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52 are connected to various signal lines.

3.2 ARM 与模组通信模块

3.3 集中器国网模式处理模块

90 欢迎网上投稿 www.ChinaAET.com

《电子技术应用》 <http://www.chinaaet.com>

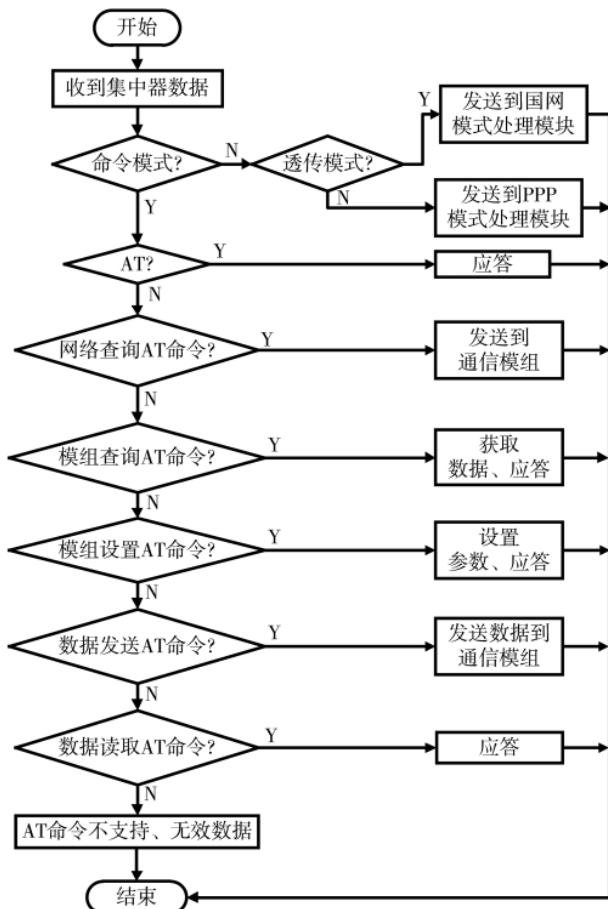


图9 ARM与集中器通信流程

基站连接和 Socket 通信的建立及维护,ARM 完成集中器数据转发和 AT 命令转换。二是通信模组负责基站连接,ARM 完成 Socket 通信的建立及维护、集中器数据转发以及 AT 命令转换。下面主要介绍第二种情况的 ARM 工作流程。

终端完成集中器 AT 命令交互流程后,ARM 创建 Socket 连接,与远程业务主站成功建立通信后,数据通道建立。终端收到集中器数据后转发到主站,收到主站数据后转发到集中器,在与集中器通信过程中需判断是否是在透明模式下,若在透明模式下直接发送数据;若不在透明模式下,则需要等待查询后应答数据,如图 11 所示。

3.4 集中器 PPP 模式处理模块

集中器工作在 PPP 模式下,由通信模块负责网络基站连接,ARM 完成 PPPoE Server 建立、通信维护以及数据转发,其中 PPP 链路的建立和认证等通过在嵌入式 ARM-Linux 平台移植 PPPoE 实现。通信模组成功注册基站后获得一个 IP 地址,在此基础上 ARM 创建 PPPoE Server,开始与集中器建立 PPP 拨号连接。连接成功后开启 IP 转发,ARM 将集中器 PPP 报文解析后转发到业务主站,如图 12 所示。

4 终端试点验证

该终端具备 1.8G 专网和 4G 公网双模通信功能,分

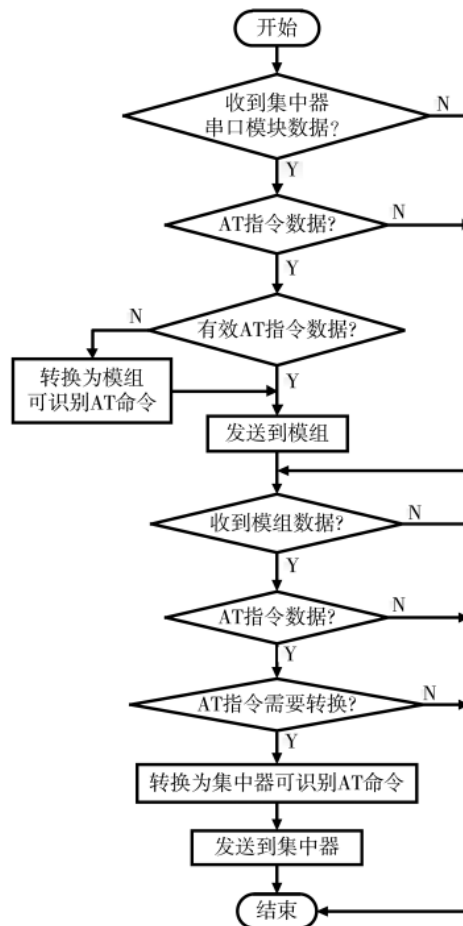


图10 ARM与模组通信流程

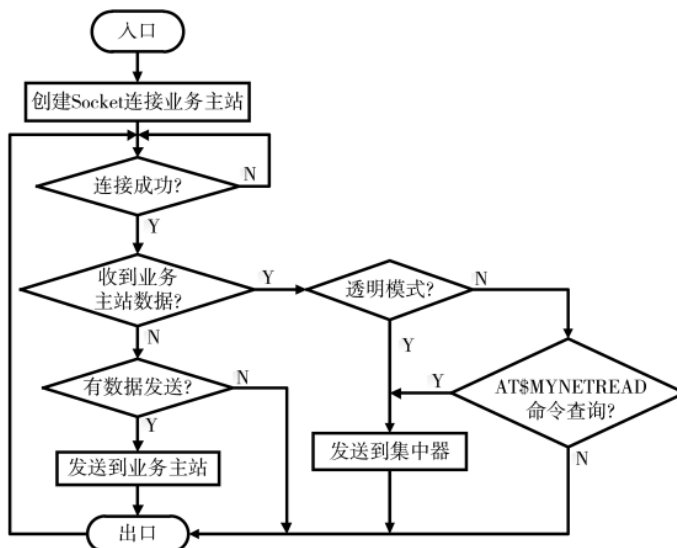


图11 集中器国网模式处理流程

别在南京市溧水区的爱涛天逸城小区室外 1# 箱变和爱涛天岳城小区地下室 2# 箱变开展 1.8G 专网和 4G 公网试点验证,试点现场如图 13 所示。1.8G 无线专网信号覆盖良好,信号强度为 23 dBm 左右,4G 公网信号覆盖正常,信号强度为 20 dBm 左右,试点测试前两个台区的集中器等电力设备均已安装并正常运行,使用本文研制的

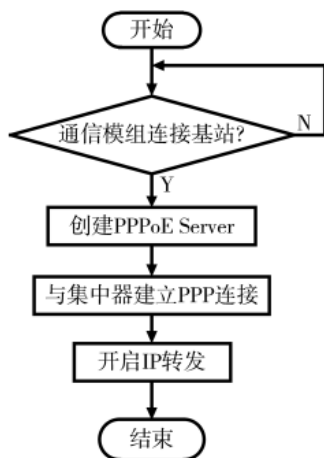


图 12 集中器 PPP 模式处理流程

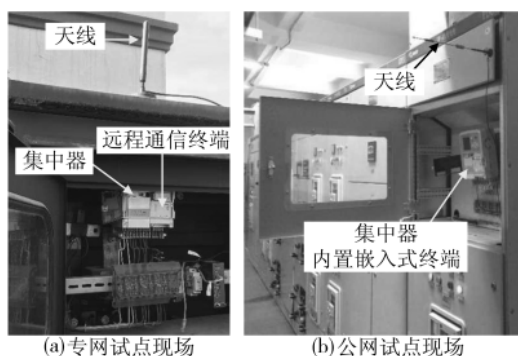


图 13 试点验证现场

远程通信终端连接集中器，重启集中器后终端正常上线，并连通供电公司的业务主站。

试点验证所用通信系统配置20 MHz 带宽、帧结构上行/下行配置 0、特殊子帧配置 7、常规长度 CP，按照终端业务接入测试的步骤进行验证，结果如表 1 所示。

表 1 用电信息采集业务试点验证结果

验证内容	验证结果	
	1.8G 无线专网	4G 公网
一次召测成功率/%	100	100
召测最大响应时间/ms	1 713	2 241
遥控正确率/%	100	100
遥控最大响应时间/ms	1 154	2 163

试点过程中终端通信稳定可靠，上线运行效果良好，业务主站数据抄收与遥控均无异常。远程通信终端能够有效适应现场环境，在无线专网没有覆盖的地区可以连接 4G 公网，在 1.8G 无线专网覆盖区域，只需更换 SIM 卡和天线就能正常切换到无线专网网络，可为无线专网的快速稳定推广提供有力支撑^[14]。

5 结论

本文针对用电信息采集业务和 1.8 GHz 电力无线专网，开展集中器远程通信终端设计，首先，概述了电力无线专网应用现状，然后，基于嵌入式 ARM-Linux 平台，

分别从终端总体架构、硬件电路以及软件功能流程介绍了远程通信终端的设计开发，最后，开展了终端用电信息采集业务功能挂网试点验证。结果表明，本文设计的远程通信终端可满足试点现场的环境要求，能够适配用电信息采集业务，既可以适用于 1.8G 无线专网覆盖的业务场景，也可在无线专网覆盖能力欠缺的地区采用 4G 公网实现业务可靠通信，同时该终端兼容两款主流厂商的通信模组，有助于终端产业生态和电力无线专网的推广。

参考文献

- [1] 宋伟,杨睿,高崧.电力物联网及其应用[J].电子技术应用,2016(21):310-312,315.
- [2] 杨鑫,张若文,李艷.国家电网公司无线专网技术方案浅析[J].通信与信息技术,2017(6):51-55.
- [3] 周春良,张峰,程伦,等.LTE230 无线通信基带芯片的设计与应用[J].电子技术应用,2015,41(12):48-50.
- [4] 吴博科,芮小峰,钱瑛.无线专网技术在电力通信网中的应用[J].中国新通信,2016(9):50-53.
- [5] 蔡根,张健明,杨大成.TD-LTE 电力专网 230 MHz 与 1.8 GHz 的研究[J].软件,2015,36(12):83-88.
- [6] 郭丹丹,宋继高,王炫中,等.基于改进蝙蝠算法的电力无线专网室内覆盖优化策略研究[J].供用电,2019,36(6):23-28.
- [7] 卜亚杰,白杰,李志峰,等.1.8 GHz 宽带 TD-LTE 专网在配用电通信网络中的应用[J].电力信息与通信技术,2016,14(12):101-106.
- [8] 周建勇,田志峰,李艳,等.广覆盖 LTE 230 系统在电力配用电应用中的研究与实践[J].电信科学,2014,30(3):168-172.
- [9] 高雪,朱骥,程远.LTE 电力无线专网多业务承载方案研究[J].电力信息与通信技术,2014,12(12):24-26.
- [10] 李元九,林明福,张宏坡,等.电网企业 LTE 无线专网建设若干问题探讨[J].电力信息与通信技术,2017,15(2):80-85.
- [11] 李永亮,冯杰波,郑晓庆,等.基于 1.8 GHz TD-LTE 无线专网的负荷控制终端接入技术[J].电测与仪表,2019(24):128-132.
- [12] 毛永泉,周子冠,宋彦斌,等.基于 LTE-230MHz 无线专网的用电信息采集技术研究[J].供用电,2015,32(12):1-7.
- [13] 万强,安立平,黄小恬,等.基于双模通信模块的用电信息采集系统设计[J].电气传动自动化,2017,39(6):23-27.
- [14] 吕超,赵高峰,马涛,等.面向电力业务的 LTE 无线专网通信终端设计与实现[J].电工电气,2018,245(5):31-35.

(收稿日期:2020-01-08)

作者简介:

王云棣(1989-),女,硕士,工程师,主要研究方向:电力信息与通信技术。

王兴涛(1985-),男,博士,高级工程师,主要研究方向:嵌入式系统。

吴庆(1983-),男,博士,高级工程师,主要研究方向:通信技术。

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所