**项目情况简介（省科技进步奖）**

**1、项目名称**

**基于泛在物联网的电力线路智慧监测系统关键技术研究与应用**

**2、主要完成人**

**王军选，卢光跃，张燕燕，王孝敬，江帆，刘家兵，杨武军，孙长印，王鹤鸣**

**3、提名单位**

**西安市科技局**

**4、提名意见**

该成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科学技术进步提名条件。推荐该项目申请陕西省科学技术进步奖二等奖及以上。

**5、项目简介**

本项目研究开发一套输电线路铁塔、通信铁塔、大型建筑物等塔基滑移与形变的在线监测设备与系统。该系统基于北斗RTK毫米级定位技术，结合安装在塔体上的二维角度传感器，利用4G/5G无线传输链路，建立一套多维的实时在线监测与预警系统。同时在基准站安装高清拍照摄像机用于可视了解现场设备和杆塔塔基实时状况，结合深度机器学习技术，进行图片、视频的在线识别，在杆塔遭到人为破坏、火灾等意外场景时进行分级预警。在监测站还加装微气象监测单元，随时了解现场气象状况，进行自然灾害的分析与预警。

主要研究内容包括：（1）基于复杂情况下北斗多频多星快速求解算法，定位精度在水平和高程的方向可达到1-3mm；（2）开发了由基准站和监测站构成的一整套前端监测主机和后台软件支持系统，利用高精度定位和二维角度传感器建立铁塔/建筑物的形变模型，研究产生形变的原因作为基本判据启动预警机制，保障输电线路故障塔基滑移、沉降隐患的准确预警和及时维护；（3）基于FASTER R-CNN+SSD的深度机器学习的图像视频识别系统，用于对周围环境的实时、快速识别监测，进行分级预警；（4）利用气象监测单元的数据，结合铁塔的滑移、沉降情况和气象历史数据，进行泥石流、滑坡等自然灾害的预警。

**6、客观评价**

电力输电线路大部分在崇山峻岭之间，电力铁塔易受山体滑坡、地质凹陷等地质灾害影响，现阶段传统的监测手段，还不能完全监控地质灾害对输电线路的影响。

项目结合毫米级精度的北斗RTK技术和基于深度机器学习的图片识别技术，实现了输电线路全程全时的无缝覆盖监控。项目的创新点主要有：1)完成复杂环境下北斗RTK的快速求解算法设计，融合二维角度传感器数据建立铁塔形变模型，使得对铁塔形变的监测达到毫米级，并对形变原因进行定位；2)系统合理完整的供电方案设计，通过实际测试，完成适合高寒地带的供电方案，在-40℃~80℃范围内保障监测系统的正常运行；3)完成基于FASTER R-CNN+SSD的深度机器学习的快速、高精度图像视频识别算法的设计与优化，满足不低于15幅/秒的识别速度和不低于90%的高精度识别率；4)设计了分级预警系统，利用AI算法对危险源进行分类分析，给出不同预警等级。

项目通过对输电线路进行毫米级的形变监测，结合气象数据，能够全面地掌握杆塔地质灾害风险状态，为灾害的预判、及时采取防治措施和灾后应急处置提供技术依据，提高地质灾害隐患排查治理的效率和效益，提升输电线路的地质灾害风险管控能力，对国家电网输电线路安全运行保障和输电线路防灾减灾具有重要意义。

**7、应用情况**

2015年以来，该项目的产品从传统的电力线覆冰检测、气象检测逐渐完善到基于北斗RTK的3维高精度电力线铁塔的滑移检测和图像/视频检测。目前产品功能涵盖电力线维护的全部功能，产品已经销往国网陕西电力公司、国网河北电力公司、国网河南电力公司、国网广东电力公司、国网重庆电力公司等10多个省份的国网电力企业，销售额超过7000万元，受到用户的广泛好评。产品在2019年通过陕西省电子产品检测站检验。

**主要应用单位情况如下表：**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 主要应用单位情况表 | | | | | |
| 序号 | 单位名称 | 应用的技术 | 应用对象及规模(MW) | 应用起止时间 | 单位联系人/电话 |
| 1 | 国网翼北电力有限公司检修分公司 | 视频图像监控设备 | 电力线路在线监控，632套 | 2017.10.10-至今 |  |
| 2 | 国网内蒙古东部电力公司检修分公司 | 测控及在线监测系统 | 电力线路在线监控，162套 | 2018.6.10-至今 |  |
| 3 | 山东山大电力股份有限公司 | 视频在线监控 | 电缆线无线视频在线监控，375套 | 2018.11-至今 |  |
| 4 | 国网山西省电力公司 | 视频在线监控 | 电缆线路在线监测系统 | 2016.5-至今 |  |
| 5 | 国网江苏省电力公司电网 | 视频在线监控 | 线路在线监测装置，25套 | 2016.6-至今 |  |
| 6 | 国网西藏电力有限公司 | 视频在线监控 | 线路在线监测装置，59套 | 2018.3-至今 |  |
| 7 | 国网陕西西安供电公司 | 在线监控系统 | 电力线隧道监控，23套 | 2018.9-至今 |  |
| 8 | 国网辽宁沈阳供电公司 | 在线监控系统 | 线路在线监测装置，77套 | 2019-至今 |  |
| 9 | 国网重庆市电力公司 | 在线监控系统 | 线路在线监测装置，93套 | 2018.8-至今 |  |

**8、主要知识产权和标准规范**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 知识产权类别 | 知识产权  具体名称 | 国家  (地区) | 授权号 | 授权日期 | 证书编号 | 权利人 | 发明人 |
| 1 | 发明 | 服务小区通知、选择方法、装置及系统 | 中国 | ZL201310492481.8 | 2017.7.14 | 2553932 | 西安邮电大学 | 孙长印、卢光跃 |
| 2 | 发明 | 分配成员载波的方法及装置 | 中国 | ZL201210439289.8 | 2018.07.17 | 3001475 | 西安邮电大学 | 孙长印、卢光跃 |
| 3 | 发明 | 一种D2D多播场景下用户分簇与资源分配方法 | 中国 | ZL201610944320.1 | 2019.3.26 | 3307023 | 西安邮电大学 | 江帆 |
| 4 | 实用新型专利 | 一种室外定位模块 | 中国 | ZL201820100272.2 | 2018.8.14 | 7718147 | 西安邮电大学 | 王军选，姬天相，罗丹 |
| 5 | 实用新型专利 | 基于北斗卫星短报文通信的森林火险气象数据监测装置 | 中国 | ZL201821947516.7 | 2018.11.23 | 8663389 | 王鹤鸣，王军选 | 王鹤鸣 |
| 6 | 实用新型专利 | 一种高压铁塔地线取能和太阳能供电电源 | 中国 | ZL2018 20168584.7 | 2018.11.02 | 8025447 | 西安金源电气股份有限公司 | 王孝敬，程荣贵，武健，杨琳 |
| 7 | 软件著作权 | 基于人工智能的图像目标检测系统V1.0 | 中国 | 2019SR0721318 | 2018.12.20 | 4142075 | 西安邮电大学 | 王军选，李睿鑫，王漪楠 |
| 8 | 软件著作权 | 基于人工智能的视频目标检测系统V1.0 | 中国 | 2019SR0723271 | 2018.12.20 | 4144028 | 西安邮电大学 | 王军选，李睿鑫，王漪楠 |
| 9 | 软件著作权 | 电力电缆隧道基站在线监控中心软件系统V1.0 | 中国 | 2018SR607927 | 2017.12.21 | 2937022 | 西安金源电气股份有限公司 | 西安金源电气股份有限公司 |
| 10 | 软件著作权 | 输电线路故障定位在线监控中心软件系统V1.0 | 中国 | 2018SR607700 | 2017.11.21 | 2936795 | 西安金源电气股份有限公司 | 西安金源电气股份有限公司 |

**9、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 排序 | 完成人 | 行政职务 | 技术职称 | 工作单位 | 完成单位 | 对本项目的贡献 |
| 1 | 王军选 | 研究生院副院长 | 教授 | 西安邮电大学 | 西安邮电大学 | 负责北斗RTK的算法优化以及实现、人工智能算法架构确定以及算法实现 |
| 2 | 卢光跃 | 副校长 | 教授 | 西安邮电大学 | 西安邮电大学 | 负责移动位移监测的定位算法与塔身传感器数据的融合 |
| 3 | 张燕燕 | 无 | 高级工程师 | 西安邮电大学 | 西安邮电大学 | 负责危险源监测的系统架构的确定，分级告警系统的功能分析以及软件的测试。 |
| 4 | 王孝敬 | 副总经理 | 高级工程师 | 西安金源电气股份有限公司 | 西安金源电气股份有限公司 | 要负责后台系统架构的设计，参与前端开发和数据库管理系统的开发与调试，系统联调、测试，对产品的售前/售后支持 |
| 5 | 江帆 | 无 | 教授 | 西安邮电大学 | 西安邮电大学 | 负责数据传输内容分发模块的设计，根据实际需求，设计分发方案并进行连接调试 |
| 6 | 刘家兵 | 董事长 | 无 | 西安金源电气股份有限公司 | 西安金源电气股份有限公司 | 负责产品需求的确定、市场的调研与拓展 |
| 7 | 杨武军 | 无 | 副教授 | 西安邮电大学 | 西安邮电大学 | 负责数据传输方案的设计，验证和优化，有力的保障了前后端数据传输的及时性和可靠性 |
| 8 | 孙长印 | 无 | 副研究员 | 西安邮电大学 | 西安邮电大学 | 负责无线传输方案的设计以及相关资源的调度与优化 |
| 9 | 王鹤鸣 | 无 | 无 | 无 | 西安邮电大学 | 负责基于北斗报文的气象检测与告警子系统的设计与调试 |

**10、主要完成单位及创新推广贡献**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 排序 | 完成单位 | 对本项目的贡献 |
| 1 | 西安邮电大学 | 高精度定位以及AI识别算法的开发 |
| 2 | 西安金源电气股份有限公司 | 标准的制定以及相关产品的生产和销售 |
|  |  |  |

**11、完成人合作关系说明**

项目主要由西安邮电大学、西安金源电气股份有限公司联合完成。西安邮电大学无线通信团队基于国家重大专项子课题BBU-RRU接口数据压缩方案研究（2014ZX03003005，负责人杨武军）和陕西省国际合作与交流课题5G通信中大规模天线信道信息获取技术研究（2015KW-012，负责人王军选）等多个课题在无线传输中的成果，结合2017年以来多次受西安金源电气股份有限公司委托，由王军选、张燕燕作为项目负责人完成的基于北斗RTK定位的电力线铁3维塔移位检测以及图像/视频识别系统的模型分析和算法开发等内容，完成了课题关键技术的研发；王鹤鸣在西安邮电大学求学期间负责气象检测部分；西安金源电气股份有限公司刘家兵负责新开发功能和原有产品的整合、生产并推向市场，截止2019年3月，产品销售到全国10多个省份的国家电网分公司，销售额超过7000万元，且取得了较好的成绩。