

统一代理技术在输电线路状态监测前端的研究

林峰, 焦群, 朱江, 刘金锁, 赵华
(国网电力科学研究院, 江苏 南京 210003)

摘要: 针对输电线路状态监测前端存在的主要问题, 提出以智能代理技术在输电线路状态监测前端建立一个统一的具有多传感器协同能力的信息通信智能处理微型平台, 灵活适应输电线路各类状态监测的信息处理、远程通信、安全防护以及发展变化的需要。

关键词: 代理技术; 输电线路; 状态监测; 在线监测; 智能电网

中图分类号: TM755

文献标识码: A

文章编号: 0258-7998(2014)08-0122-04

Research on unified agent technology in transmission line condition monitoring front end

Lin Feng, Jiao Qun, Zhu Jiang, Liu Jinsuo, Zhao Hua
(State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China)

Abstract: Aiming at main problems existing in the front end of transmission line condition monitoring, the paper proposes a unified information and communication intelligent processing micro-platform with multi-sensor collaborative ability based on agent technology, which can flexibility to adapt to the various kinds of needs of information processing, remote communication, security protection and future development.

Key words: agent technology; transmission lines; condition monitoring; on-line monitoring; smart grid

智能感知对智能电网意义重大, 输电线路状态监测是实现智能电网输电环节状态感知的重要技术手段, 许多高等级重要线路迫切需要应用各种状态监测技术^[1-3]。目前通过各种传感技术可实现在线(实时)监测的输电线路运行和环境状态主要包括微气象环境、覆冰、导线弧垂、导线温度、导线微风振动、导线舞动、线路风偏、现场污秽度、杆塔倾斜以及图像/视频等, 而且监测种类还在不断扩展。

然而在输电线路实施状态监测却存在许多特殊性, 尤其是在监测的前端, 如前端供电困难、运行环境恶劣、通信盲区多、监测点分散、传感结构复杂、监测类型多变、存在信息安全隐患等诸多问题, 其实际应用效果一直不够理想, 远未达到实用化水平。更为严重的是, 由于输电线路状态监测的专业类型众多, 监测装置厂家各自为政, 导致前端装置设计和部署的一体化程度很低, 设备堆砌, 资源浪费, 整体功耗居高不下, 进一步加重了输电线路状态监测的实用化难度。以一基杆塔上典型的监测装置部署情况为例, 其多监测装置的配置存在以下问题: (1) 处理器重复, 现场计算资源没有得到充分利

用; (2) 因许多监测均需要微气象数据作为基础, 因此容易造成微气象传感器重复; (3) 电源没有统一策划, 而电源又是野外装置运行的最薄弱环节, 存在整合优化空间; (4) 数据远传通信资源没有充分利用; (5) 各厂家之间的监测缺乏协同机制, 不利于现场监测功能的进一步发挥。此外, 现场监测装置的数据远传通常是通过无线公网明文传输, 缺少必要的信息安全防护措施, 存在信息安全隐患, 导致前端监测数据无法进入企业内网。

长期以来, 在输电线路状态监测的前端领域, 大量研究集中于各种传感原理和单专业监测装置本身^[4-9], 对于监测前端的跨专业整体性考虑和一体化设计研究极少, 在统一性和标准化方面进展缓慢, 这在一定程度上制约了输电线路状态监测技术的应用和发展。本文针对输电线路状态监测前端存在的上述问题, 提出以智能代理技术^[10]在输电线路监测前端建立一个统一的、具有多传感器协同能力的信息通信智能处理平台, 灵活适应输电线路各类状态监测的信息处理、远程通信、现场协同、信息安全以及发展变化的需要, 在统一监测装置接入、简化前端结构、减少装置数量、降低现场功耗、提升标准

化和智能化水平、保障监测装置稳定发展等方面均能发挥重要作用,对智能电网输电环节智能化的发展具有积极的意义。

1 一体化的输电线路状态监测前端微系统

采用智能代理技术可以在输电线路状态监测的前端构建如图 1 所示的通用的一体化微系统结构。

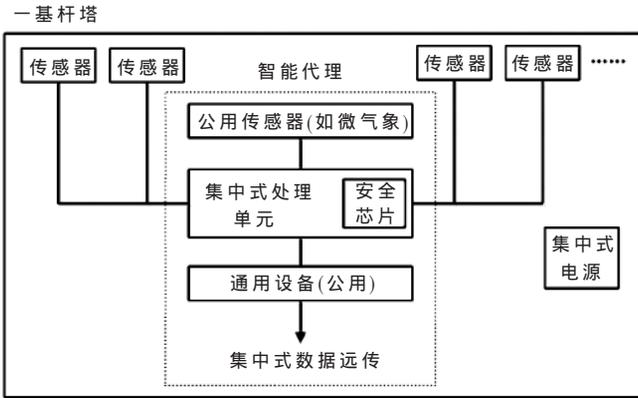


图 1 基于智能代理技术的一体化前端微系统结构

图 1 中的虚框是前端微系统结构的智能代理区域,由内置安全芯片的集中式处理单元、公用传感器、公用远程通信单元组成。采用这种新的前端系统结构,一基杆塔只要部署一个智能代理即可,更多监测量的扩展仅需通过部署更多的传感器即可,对于各种传感器数据的处理计算均可以通过在集中式处理单元中加载不同的软件算法实现,无需再增加额外的硬件设施,而软件算法的调整和扩展可以十分灵活,并可实现远程升级。

可以看出,采用上述统一智能代理技术后形成的前端微系统结构至少具有以下几个技术特点:

(1)现场核心计算资源的作用得到充分发挥,通过软件的调整和扩充实现多专业监测的应用需要。目前成熟的通用型处理器计算能力完全可以满足输电线路状态监测的各种计算资源要求。

(2)一些基础公用性数据可以通过公用传感器一次性采集完成,并在集中式处理单元内得到完全的复用,避免了此类传感器和数据通信的浪费。公用传感器可以内置于智能代理,也可通过配置在非内置传感器中指定。需要指出的是,该特点对于位置敏感型传感数据可能不适用。

(3)增加一种新的监测类型在硬件上只需要新装一个或一组传感器,大大简化了现场设备数量和安装工作量。

(4)数据远传通信设备和资源得到复用,多监测数据的集中远传满足当前输电线路状态监测的需要。目前许多输电线路状态监测仍采用收费的无线公网方式,通过智能代理集中通信可以节省可观的系统运行费用。同时,可以借助智能代理灵活适应无线公网、无线专网、OPGW 等以及未来通信技术的发展变化(如最新的 IPv6 等),最大限度减小由于通信方式变化对前端装置改造

的波及面。

(5)在智能代理中集中实施信息安全防护,也避免了分散实施或单独实施信息安全防护所造成的浪费,并可有效降低未来信息安全防护策略变化所带来的风险。

(6)减少了设备部署数量,降低了现场功耗,并为电源一体化设计提供了方便。设备部署数量的减少也必然能带来系统前端可靠性的大幅度提高,这对输电线路前端野外设备的运维具有十分现实的意义。

此外,在输电线路状态监测密集区域,智能代理也可以负责一个局部范围内多基杆塔的所有监测传感器数据处理和远程通信问题,其代理作用可进一步扩大。

智能代理的集中式处理单元在硬件上可采用相对统一的、能够满足多方面需求的硬件平台,在软件上应按功能不同进行模块划分,每个软件模块相对独立,存在形式可以是动态库也可以是可执行程序,并运行在一个统一的软件平台上,软件平台为各软件模块的运行和交互提供一致的支撑。根据信息安全策略实现身份识别、数据加解密和信息筛查等功能。

各功能模块按可复用和可移植的基本原则进行设计,在出现新的功能需求或者部分功能需求发生变更时,只需要增改相应的模块即可。例如主站系统因升级而改变下行通信协议时,只需更改主站通信协议模块,对其他模块则没有影响。

2 智能代理的标准化

在新的输电线路状态监测前端微系统结构中,可以对智能代理实施高度的标准化,使之成为一个可以独立发展及标准化生产和部署的部分。

(1)可以将智能代理与传感器之间的数据通信进行标准化,称之为 I1 标准接口。I1 标准接口使得智能代理能接入不同种类传感器的数据,并对所接传感器进行标准化控制,而不局限于特定的监测类型。一个传感器只要符合 I1 标准接口就能被安装部署并与智能代理通信,实际上这种传感器也随同智能代理而被标准化,随着输电线路状态监测传感技术的发展,会有越来越多的传感器被逐步标准化。

(2)可以将智能代理与远方主站之间的数据通信进行标准化,称之为 I2 标准接口。I2 标准接口使得状态监测主站能借助智能代理按标准方式接入各厂家生产的监测装置,接收这些装置发送的数据,并对这些装置进行标准化远程控制。

(3)智能代理可以提供标准化的软件框架以容纳不同类型状态监测专用模型和算法,各种监测数据处理算法可以软插件方式载入智能代理标准化软件框架之中,智能代理提供框架与插件之间的标准访问接口,称之为 I3 标准接口。I3 标准接口使得状态监测算法包可以独立开发和插拔式运行,可以跨厂家部署和应用,具有良好的可扩展性,并可随同智能代理而逐步标准化。

3 基于智能代理的信息安全防护

依托智能代理的一体化设计, 输电线路状态监测系统前端的信息安全防护就可以通过该代理得以集中实现。

传统的各类输电线路状态监测装置通过光纤专网、无线公网(GPRS、CDMA、3G)以及无线短距离通信(WiFi、WiMAX)等通信方式与主站系统进行通信, 由于缺乏必要的信息安全防护措施, 一方面其传输通道存在被非法终端接入的可能性, 另一方面传输的数据存在被窃取或篡改的隐患, 这些都对输电线路状态监测系统的安全造成影响^[11-12]。由于监测装置普遍硬件资源配置低, 处理能力有限, 且类型各异, 部署分散, 在其上进一步添加信息安全防护功能存在诸多困难, 总体造价也难以控制。智能代理的引入统一了智能代理所辖范围内的数据处理和数据远传, 并为前端实施信息安全防护提供了一个理想的控制点, 可集中解决一定范围内的信息安全防护问题。

智能代理在操作系统、网络通信、安全审计等方面进行信息安全防护, 智能代理信息安全防护基本结构图如图 2 所示。

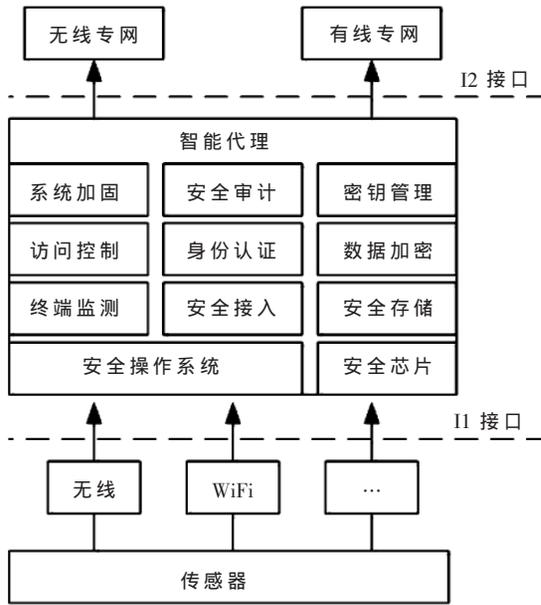


图 2 智能代理信息安全防护基本结构图

智能代理采用经合理裁剪与加固后的嵌入安全操作系统, 加载权限控制、访问控制、入侵检测、深度内容检查、特征检测等安全模块, 实现操作系统的强制访问控制, 可抵御包括 Syn Flood、Smurf、IP 碎片、端口扫描等在内的多种网络攻击。

智能代理的通信包括与传感器端的 I1 接口通信和与主站系统的 I2 接口通信。由于 I1 接口属于短距离通信, 安全威胁相对较小, 可通过启用无线通信身份认证、数据加密、MAC 地址绑定、禁用无线广播等措施加强安全防护能力; I2 接口属于长距离通信, 安全威胁大, 因

此除使用网络通道自身的一些安全防护措施外, 还必须实施更高强度的信息安全防护^[13-16]。综合考虑国家密码局对信息安全产品的安全算法的最新要求以及输电线路状态监测对数据传输的速度要求, 智能代理采用集成有国密 SM1 和 SM2 算法的安全芯片来提供信息安全算法支撑, 以 SM2 非对称算法实现智能代理与主站系统的双向身份认证, 以 SM1 对称算法实现数据加密。

值得强调的是, 依据上述基于智能代理的输电线路状态监测信息安全防护设计, 未来如果一个电力企业(如国家电网公司)信息安全防护要求发生变化, 只要升级智能代理相应的信息安全模块即可, 所有厂家的监测装置则不受影响, 无需改造。同时, 所有厂家的各类监测装置可以无障碍应用于不同电力企业(如南方电网公司或其他电力企业)中, 对于其他电力企业所采取的不同信息安全防护策略, 可以通过改造智能代理一次性满足。

按照国家电网公司坚强智能电网建设及生产精益化管理工作要求, 国家电网公司各下属单位依托已经建成的统一生产管理系统(PMS)进一步建立了两级部署、三级应用的统一输变电设备状态监测主站系统, 并在全公司范围内接入了 2460 多条输电线路的状态监测装置 7000 余套, 570 多座变电站的变电设备状态监测装置 12000 余套, 覆盖 11 类输电线路监测专业和 13 类变电设备监测专业。本文提出的智能代理技术顺应此发展趋势, 在符合国家电网公司相关标准规范的前提下, 通过一体化整合解决输电线路状态监测系统前端存在的一些问题, 在系统前端建立一个微型的统一信息通信处理平台, 为监测前端的智能化发展提供基础支撑。该技术有可能成为输电线路状态监测领域未来发展的一个方向, 应用前景广阔。目前, 本文提出的智能代理已在多个省电力公司进行了试点应用, 达到了预期效果。

参考文献

[1] 陈海波, 王成, 李俊峰, 等. 特高压输电线路在线监测技术的应用[J]. 电网技术, 2009, 33(10): 55-58.
 [2] 刘红伟, 李俊峰, 王常飞. 1000 kV 特高压输电线路在线监测管理平台的应用[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(23): 98-102.
 [3] GUNGOR V C, SAHIN D, KOCAK T, et al. Smart grid technologies: communication technologies and standards[J]. Industrial Informatics, IEEE Transactions on, 2011, 4(7): 529-539.
 [4] 刘畅. 输电线路在线监测技术研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2010.
 [5] Fang Xing, Qiao Liwei, Sun Hongbin, et al. Smart transmission grid: vision and framework[J]. Smart Grid, IEEE Transactions on, 2010, 2(1): 168-177.
 [6] 何耀佳, 刘毅刚, 刘晓东, 等. 高压输变电设备绝缘子等值盐密的在线监测[J]. 电力设备, 2006, 7(12): 22-25.
 [7] 张重远, 黄涛, 任寅寅, 等. 应用电站设备宽频特性的过

- 电压在线监测装置[J].高电压技术,2011,37(2):310-317.
- [8] 邢毅,曾奕,盛戈,等.基于力学测量的架空输电线路覆冰监测系统[J].电力系统自动化,2008,32(23):81-85.
- [9] 黄新波,赵隆,舒佳,等.输电线路导线微风振动在线监测技术[J].高电压技术,2012,38(8):1863-1870.
- [10] 张明光,鲁云云.多代理分层的智能配电网自愈控制研究[J].电子技术应用,2012,38(11):77-79,83.
- [11] 杨浩,吴畏.基于三维重建的输电线路覆冰在线监测方法[J].电力系统自动化,2012,36(23):103-108.
- [12] 徐震,刘韧,于爱民,等.智能电网中的移动应用安全技术[J].电力系统自动化,2012,36(16):82-87.
- [13] MCDANIEL P D, MCLAUGHLIN S E. Security and privacy challenges in the smart grid[J]. Security & Privacy, IEEE, 2009, 3(7): 75-77.
- [14] 杨永标,周立秋,丁孝华,等.智能配用电园区技术集成方案[J].电力系统自动化,2012,36(10):74-77.
- [15] Mo Yilin, KIM T H. Cyber-physical security of a smart grid infrastructure[J]. Proceedings of the IEEE, 2012, 1(100): 195-209.
- [16] 杨漾,黄小庆,曹一家,等.变电站通信报文安全认证及其实时性仿真[J].电力系统自动化,2011,35(13):77-81.
(收稿日期:2014-03-17)

作者简介:

林峰,男,1969年生,硕士研究生,高级工程师,主要研究方向:电力信息化。

焦群,男,1956年生,硕士研究生,高级工程师,主要研究方向:电力系统通信。

朱江,男,1977年生,硕士研究生,高级工程师,主要研究方向:输变电设备状态监测。