

基于大数据技术的电力监控网络态势感知系统

王满帅, 程晓悦, 李晓东, 王双, 王继飞, 金言

(国网冀北电力有限公司张家口供电公司, 河北 张家口 075000)

摘要: 电网结构日益复杂, 电力监控网络态势相关数据量大幅增加, 形成冗余大数据环境。提出基于大数据的电力监控网络态势感知系统。将系统硬件部分划分为界面层和功能层, 给出关键的大数据采集模块和大数据分析模块的设计方法; 设计改进深度神经网络的大数据分析软件算法, 建立电力监控网络态势感知模型, 将全部大数据完成预处理后输入到模型, 获取态势感知曲线, 实现电力监控网络态势感知。实验结果表明, 所提系统可以获得准确度更高的电力监控网络态势感知结果。

关键词: 大数据技术; 电力监控; 网络态势感知; 系统设计; 深度神经网络

中图分类号: TP311.13 文献标识码: A 文章编号: 1003-7241(2025)04-0080-05

Power Monitoring Network Situation Awareness System Based on Big Data Technology

WANG Man-shuai, CHENG Xiao-yue, LI Xiao-dong, WANG Shuang, WANG Ji-fei, JIN Yan

(Jibei Electric Power Co., Ltd., Zhangjiakou Power Supply Company, Zhangjiakou 075000 China)

Abstract: With the increasingly complex power grid structure, the amount of data related to power monitoring network situation has increased significantly, forming a redundant big data environment. The power monitoring network situation awareness system based on big data is proposed. The hardware part of the system is divided into interface layer and function layer, and the design method of key big data acquisition module and big data analysis module is given. It designs and improves the big data analysis software algorithm of deep neural network, establishes the power monitoring network situation awareness model, inputs all big data into the model after preprocessing, obtains the situation awareness curve, and realizes the power monitoring network situation awareness. The experimental results show that the power monitoring network situation awareness results with higher accuracy can be obtained by using this system.

Keywords: big data technology; power monitoring; network situational awareness; system design; deep neural network

0 引言

通信技术以及计算机技术的快速发展, 人类已经进入到智能化和自动化时代, 我国电力企业也紧紧跟随国家信息化脚步, 构建电网一体化信息系统。电力信息的综合感知系统, 是确保电网稳定运行的重要基础, 关系着民生以及国家核心利益。随着电力监控网络结构日益复杂, 不同类型的安全漏洞层出不穷, 相应的电力态势感知系统的数据分析难度也不断增加。电力态势感知系统是智能电网建设中的重要设施, 与电网的稳定运行存在十分密切的关联, 感知电力网络的各种态势是十分必要的^[1-2]。

国外对电力网络安全态势感知的研究起步较早, 根据对电网网络安全的理解以及分析制定对应的态势感知方案, 是主要的解决思路。随着智慧电网技术的飞速发展, 我国也开始重视网络安全态势感知问题, 例如: 王秉等人^[3]对安全态势感知系统和安全情报系统对比分析, 获

取安全感知系统的内涵, 进而构建安全态势感知系统, 通过系统实现态势感知。李敬兆等人^[4]利用云计算设施中建立局部安全态势感知模型, 以此为依据, 对不同子系统的监测数据展开分析, 完成局部安全态势感知。张亮等人^[5]根据网络安全态势感知的基本概念和框架, 获取电网监控网络存在的风险, 同时构建电力监控网络态势感知平台, 通过平台完成安全态势感知。

但是, 以上方法在运用到复杂电网环境下, 相关方法的效果存在一定的问题, 主要因为电网结构较为复杂, 数据较多, 形成复杂的大数据环境。本文在上述几种网络态势感知系统的基础上, 提出一种基于大数据技术的电力监控网络态势感知系统。经实验测试结果表明: 采用本系统可以准确感知电力监控网络态势, 达到电力监控网络安全风险可控的目的^[6-7]。

1 系统的逻辑结构设计

系统主要由硬件部分和软件部分构成, 采用层次化

*基金项目: 国家电网冀北电力基金项目(520107220003)

收稿日期: 2023-11-22

的逻辑设计。每一层的电力监控网络态势感知过程和功
能是完全不同的,需要各个层次之间相互协调,进而达到
电力监控网络态势感知的目的,系统设计的逻辑结构如
图1所示。

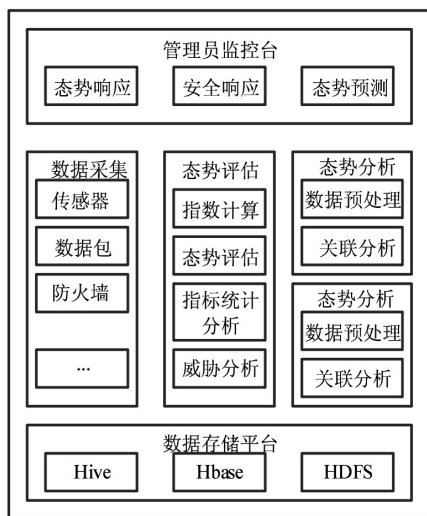


图1 系统的逻辑设计架构图

2 系统的关键硬件设计

在硬件部分的功能层,主要利用各种数据传感器采
集电力监控网络中的不同类型基础数据,输入到数据处
理模块,进行关联分析以及态势评估,完成电力监控网
络态势感知。在系统的硬件设计过程中,数据采集模块
和数据处理模式是关键硬件模块。这两个模块的设计决定

后期软件系统的安全分析功能,决定了系统的整体运行
效率。模块的设计思路为:

(1) 电力大数据传感采集模块:

利用不同的传感器完成网络拓扑结构以及外部环境
数据等相关信息的采集,同时对采集到的全部数据简单
处理,将采集到的信息提交至数据处理模块^[8-9],最终实现
电力监控网络数据采集,模块的硬件架构如图2所示。

(2) 大数据的处理模块:

考虑到传感器采集的数据较为复杂这一情况,本文
在传感器采集数据的基础上,设计并实现了与传感器数
据层兼容的数据处理模块。该模块是基于核心处理芯片
ATMEGL128L,保证了远程通信的射频部分,这部分是
通过CC2420芯片完成。在大数据存储部分,采用容量达
50 GB的低功耗存储器AT45DB041。在外围配合电路中:
通信芯片CC2420内部使用1.8 V工作电压,可以用普通
电池保证电力供应;外部数字I/O接口使用3.3 V电压,
这样可以保持和3.3 V逻辑器件的兼容性。为了保证模
块的稳定性,在核心处理器上集成了一个直流稳压器,可
以保证电压持续维持在1.8 V。保证其他电压的电压不
需要在额外进行电压转换。芯片CC2420使用SFD、FIFO、
FIFOP和CAA四个引脚表示收发数据的状态;而核心的
处理器可通过预设接口与通信芯片完成交换数据。除了
主存以外,AT45DB041还有两个容量为264字节的数据
缓存。缓存可以用作主存与外部进行数据交换时的缓冲
区域,也可以暂存一些临时数据。缓存读写方便迅速,掉
电数据会丢失^[10-12]。

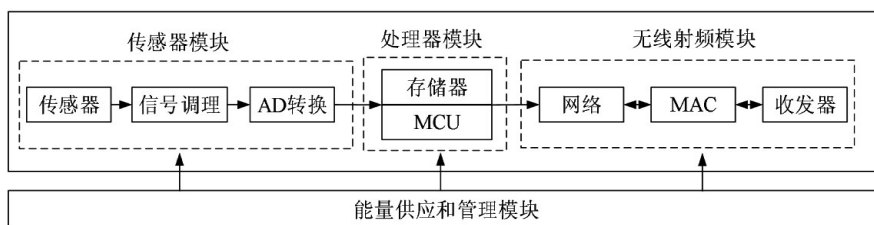


图2 数据采集模块架构图

3 电力监控网络态势感知算法设计

传感数据采集是电力监控网络态势感知的基础,大
数据处理才是整个系统的关键。数据处理是否全面准确
直接决定最终的网络态势感知效果。在系统实际运行过
程中,产生大量的运行数据信息,不同设备采集的信息存
在协议和数据格式完全不一致的问题,同时还会存在大
量的冗余信息,为电力监控网络态势感知带来一定的难
度。因此,对采集到的电力监控网络数据展开高精度的
处理是十分必要的,本文设计基于深度神经网络的算法
完成数据处理。操作步骤如下:

(1) 将传感器采集到的电力监控网络数据集中,同时

对其展开预处理,进而获取全新的电力监控网络数据集
 $S(t)$,如公式(1)所示。

$$S(t) = \begin{Bmatrix} s(t)_{1,1}, s(t)_{1,2}, s(t)_{1,3}, \dots, s(t)_{1,n} \\ s(t)_{2,1}, s(t)_{2,2}, s(t)_{2,3}, \dots, s(t)_{2,n} \\ \vdots \\ s(t)_{m,1}, s(t)_{m,2}, s(t)_{m,3}, \dots, s(t)_{m,n} \end{Bmatrix} \quad (1)$$

(2) 通过减法一致化方法对全部电力监控网络数据
一致化处理,其中逆向数据需要正向化处理,将其转换
为正向化数据。

(3) 在完成步骤(1)和(2)的操作后,通过预处理后的

标准值全面反映原始数据之间的关系,为后续电力监控网络态势感知奠定坚实的基础。

通过深度学习中的深度神经网络建立电力监控网络态势感知模型^[13]。在模型建立前期,需要对神经网络中的相关参数优化处理,主要包含神经网络中全局和局部微调。其中,全部微调是通过无监督的预训练和有监督的全局微调完成。局部微调需要单独训练,同时由低层向高层训练。微调阶段是通过后向传播算法完成权重和偏置的微调。以下通过全部微调的方式对参数展开训练,详细的操作步骤为:

(1) 采用非监督方式对网络权值展开训练。在网络训练过程中,可以将可视值映射到隐含层中,利用隐含层内的节点重新构建可视节点。设定各个节点的取值在{0,1}中,对于可视节点而言,在给定状态的情况下,可以获取深度神经网络对应的能量函数 $\rho(e)^{(u,v)}$,如式(2)所示。

$$\rho(e)^{(u,v)} = \frac{\mathcal{G}_{ij} \cdot h_j \cdot k(h,v)}{\exp\{x_i - x_j\} \times \rho(e)^{(u,v)}} \quad (2)$$

式中, \mathcal{G}_{ij} 代表隐含层节点的偏移量; h_j 代表神经网络中可视节点的偏移量; $k(h,v)$ 代表滑动窗口序号; x_i 和 x_j 代表滑动窗口和的滑动步长。

(2) 在可见层节点一致的情况下,如果隐含层各个节点是单一存在的,则隐含层中第 n 个节点的概率分布情况 $E(p|v)$ 如式(3)所示。

$$\begin{cases} E(p|v) = \prod_{n=1} f(d_j|x) \\ f(d_j=1|x) = l(e_i + \exp\{x_i - x_j\}) \\ f(d_j=0|x) = 1 - f(d_j=1|x) \end{cases} \quad (3)$$

式中, f 代表概率函数; d_j 代表激活函数; l 代表分类标签中的节点总数; e_i 代表电力监控网络态势数据源标签。

(3) 在顶层展开深度神经网络训练的过程中,需要获取具有电力监控网络历史态势数据集合,通过一定的比例划分训练集和测试集,将全部类型的数据整合,进而构建多维态势序列数据集 $R(m)$,如式(4)所示。

$$R(m) = \begin{Bmatrix} r(m)_{1,1}, r(m)_{1,2}, r(m)_{1,3}, \dots, r(m)_{1,n} \\ r(m)_{2,1}, r(m)_{2,2}, r(m)_{2,3}, \dots, r(m)_{2,n} \\ \vdots \\ r(m)_{m,1}, r(m)_{m,2}, r(m)_{m,3}, \dots, r(m)_{m,n} \end{Bmatrix} \quad (4)$$

(4) 降低态势样本数值差异比较大对神经网络的影响,对全部态势样本归一化处理;通过时间窗展开子序列提取,通过式(3)获取不同节点的概率分布情况,采用隐变量分布完成采样,同时将全部隐变量映射到原始输入数据空间中,获取对应的输出子序列 U ,进而实现参数训练操作,如式(5)所示。

$$U = \{u_1, u_2, u_3, u_4, \dots, u_n\} \quad (5)$$

通过对参数训练处理后,采用神经网络对时间序列特征训练,进而获取既定的态势值序列,以此为依据构建电力监控网络态势感知模型 $T(x,y,z)$,对应的表达式如下:

$$T(x,y,z) = \frac{|x_i - x_j| \times R(m) - f(d_j|x)}{\mathcal{G}_j \cdot h_j \cdot k(h,v)} \quad (6)$$

将经过预处理的电力监控网络数据输入到模型中,获取态势感知曲线,进而实现电力监控网络态势感知。

4 实验结果与分析

为了验证所提基于大数据技术的电力监控网络态势感知系统的有效性,构建网络拓扑图,分别采用不同网络态势感知系统展开实验分析,不同节点的条件概率收敛图如图3所示。

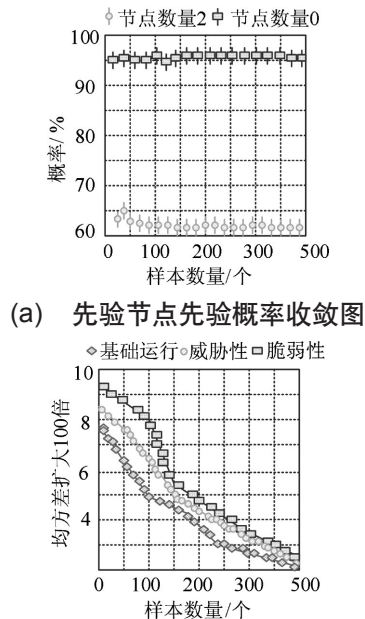


图3 参数学习收敛图

根据图3,在电力监控网络异常的情况下,系统内全部组件不安装任何防毒软件,对其展开不同类型的病毒攻击,电力监控网络内的态势因子会受到不同程度的影响。将全部异常数据加入到数据中,其中含有病毒软件的电力监控数据采样结果如图4所示。

在电力监控网络中接入异常,分析各个系统的电力监控网络态势感知能力,详细的实验测试结果如图5所示。

分析图5中的实验数据可知,所提系统的电力监控网络态势感知结果和真实态势值基本吻合,而另外两种系统的感知结果则和真实态势值存在比较大的误差,全面验证所提系统的优越性。

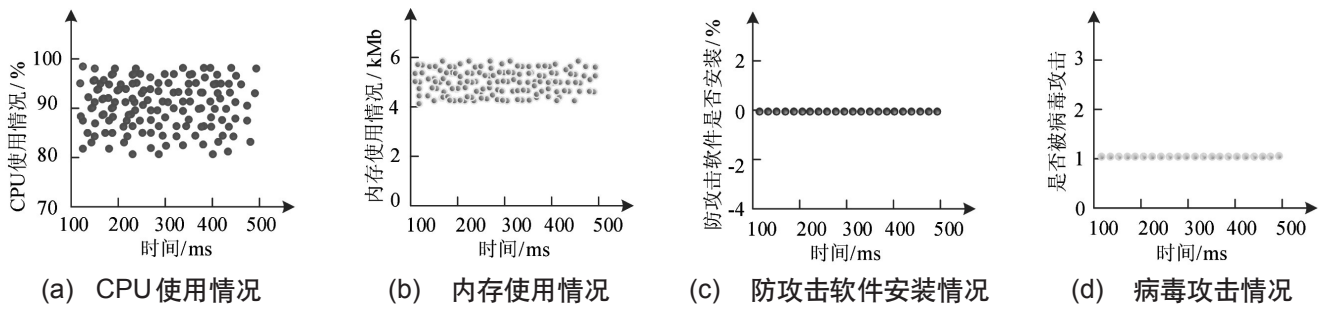


图4 电力监控网络组件异常数据采样图

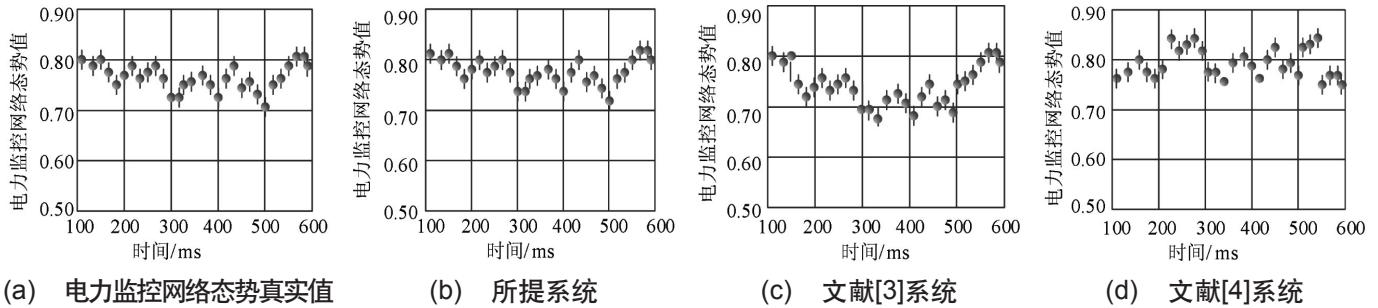


图5 不同系统的电力监控网络态势感知能力测试结果对比

为了进一步验证所提系统的网络态势感知能力,实验从三个方面对各个系统研究。在表1中,yes代表具备该类感知能力,no则代表不具备该项能力,详细的实验测试结果如表1所示。

表1 不同系统电力监控网络态势感知要素对比

网络态势感知要素	所提系统	文献[3]系统	文献[4]系统
防护方	yes	yes	yes
攻击方	yes	no	no
网络环境	yes	no	no
是否可以感知Dos发生频率	yes	yes	no
是否可以感知威胁严重程度	yes	no	no
报警数量是否准备	yes	no	no
是否可以准确感知攻击类型	yes	no	no
是否具备自动报警功能	yes	yes	yes
是否具备数据预处理功能	yes	yes	no

分析表1中的实验数据可知,采用所提系统可以展开最全面的电力监控网络态势感知,同时可以真实反映当前电力监控网络的运行情况,进而为相关工作人员提供准确且有效的数据参考;而另外两种系统的电力监控网络态势感知能力还需要进一步完善。

5 结束语

信息化建设的不断进步,电力监控网络的结构也日益复杂,传统的安全防护和网络态势感知系统已经无法满足电力企业的运行需求。为此,设计并提出一种基于

大数据技术的电力监控网络态势感知系统。经实验证明,所提系统可以准确感知电力监控网络的运行情况,获取高精度的网络态势感知结果。由于研究时间有限,所提系统仍然存在不足,后续将针对以下内容展开研究:在大数据技术方面,需要及时掌握数据的变化情况,根据数据的增长情况制定对应的预处理方案,确保数据的利用率得到有效提升。考虑加入电力监控网络态势安全要素,同时全部安全要素展开深入分析,为后续的网络态势感知奠定坚实的基础。进一步扩大研究范围,使其被广泛应用于不同的研究领域内,可以为其提供有效的数据支持。

参考文献:

- [1] 丁华东,许华虎,段然,等.基于贝叶斯方法的网络安全态势感知模型[J].计算机工程,2020,46(6):130-135.
- [2] 张红斌,尹彦,赵冬梅,等.基于威胁情报的网络安全态势感知模型[J].通信学报,2021,42(6):182-194.
- [3] 王秉,巩燕,周佳胜.基于安全情报的安全态势感知系统研究[J].图书馆杂志,2022,41(8):30-36,47.
- [4] 李敬兆,孟亦凡,王继伟.矿山多层次安全态势感知系统[J].工矿自动化,2020,46(12):1-6.
- [5] 张亮,屈刚,李慧星,等.智能电网电力监控系统网络安全态势感知平台关键技术研究及应用[J].上海交通大学学报,2021,55(S2):103-109.
- [6] 朱凌锋,曹槩,邹付军,等.基于大数据分析技术的刀具寿命预测研究[J].机械制造与自动化,2022,51(4):148-151.
- [7] 赵子源,邢宏伟.基于大数据的电力监控系统网络安全监测系统[J].能源与环保,2022,44(1):242-247,255.
- [8] 严智,邹鑫灏,潘伟.基于无线网络的物联网数据传输质量

(下转第142页)