

边缘计算在电机远程运维系统中的应用探讨

周洪发

[上海电器科学研究所(集团)有限公司, 上海 200063]

摘要: 介绍了边缘计算的基本概念及与云计算的对比。针对电机远程运维需求,介绍了电机远程运维系统的架构及主要功能。在描述边缘侧设备与远程运维平台的数据交互过程的基础上,详细阐述了边缘计算在电机远程运维系统中的应用。

关键词: 边缘计算; 云计算; 云平台; 远程运维系统

中图分类号: TM 307 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-6540(2019)04-0101-05

Application of Edge Computing in Remote Operation and Maintenance System of Motor

ZHOU Hongfa

[Shanghai Electrical Apparatus Research Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200063, China]

Abstract: The basic concepts of edge computing and the comparison with cloud computing were introduced. At the same time, the architecture and main functions of the remote operation and maintenance system of motor were introduced in view of the requirements. On the basis of describing the data interaction process between edge equipment and remote operation and maintenance platform, the application of edge computing in remote operation and maintenance system of motor was expounded in detail.

Key words: edge computing; cloud computing; cloud platform; remote operation and maintenance system

0 引言

大数据、云计算、智能技术的快速发展,给互联网、工业用户带来了深刻的变革,也对计算模式提出了新的要求^[1]。

美国国家标准与技术研究院(NIST)对云计算给出如下定义:云计算是一种按使用量付费的模式,这种模式提供可用的、便捷的、按需的网络访问,进入可配置的计算资源共享池(资源包括网络、服务器、存储、应用软件、服务等),这些资源能够被快速提供,用户只需投入很少的管理工作,或服务供应商进行很少的交互,就能进行应用。

传统云计算模式基于数据中心强大的计算和存储能力,所有的数据计算和存储过程均在数据的云中心实现,其主要特点是不需要占用其他的

计算资源和存储资源。但是随着网络的不断发展,边缘设备的数量也在逐年增加,随之而来的是海量数据的产生。在这种背景下,传统云计算模式的缺点开始暴露^[2],已不能满足数据实时传输、计算及快速决策的需求。针对该问题,更多的企业和研发中心开始寻求一种新的计算模型,来辅助云中心处理海量的数据,因此边缘计算应运而生。针对电机远程运维需求,本文详细阐述边缘计算在电机远程运维系统中的应用。

1 边缘计算介绍

边缘计算是指在靠近物或数据源头的一侧,采用集网络、计算、存储、应用核心能力为一体的开放平台,就近提供最近端服务。其应用程序在边缘侧发起,产生更快的网络服务响应,满足行业

在实时业务、应用智能、安全与隐私保护等方面的基本需求。

边缘计算联盟(ECC)针对边缘计算,定义了4个领域:设备域(感知与控制层)、网络域(连接和网络层)、数据域(存储与服务层)、应用域(业务和应用智能层)。

(1) 设备域。针对现场各类传感及执行感知单元进行数据采集及处理。

(2) 网络域。通过部署计算能力,实现各网络协议的自动转换,解决数据异构问题,实现数据格式的标准化和数据传递的标准化。如将所有感知数据都转换成 JSON 格式数据,并通过 MQTT 或 HTTP 协议上传至各类云平台。

(3) 数据域。主要实现数据的分析、计算、存储等。针对数据源的特性,对数据的完整性、一致性进行分析,对无效数据进行剔除;与云端计算保持高效协同,合理分担运算任务;可对存储能力以及系统负载进行动态部署,确保数据访问的实时性。

(4) 应用域。提供本地化的业务逻辑和应用智能,使得应用具有灵便、快速反应的能力,在离线(与云平台网络发生通信中断时)具有“本地存活”功能,仍能够独立地提供本地化的应用服务。

如图1所示,边缘计算架构与云计算架构存在对应关系,设备域对应云计算的基础 IaaS 层,网络域对应通过 PaaS 管理层的连接管理等,数据域对应平台层 PaaS 的组件库及大数据分析系统,应用域对应行业的服务及管理。



图1 边缘计算与云计算架构对比分析

对于云计算来说,所有的数据都要汇总到后端的数据中心才能完成,而在“云、管、端”三者的角色中,云计算更侧重于“云”,是实现最终数据分析与应用的场所。但是在边缘计算中,其强调“边缘”也就是“端”所在的物理区域。在这个区域,如果能够为“端”就近提供网络、计算、存储等资源,显然实时性等业务需求能够容易满足,因其主要计算节点以及应用分布式部署在靠近终端的数据中心,使得在服务的响应性能和可靠性方面都高于传统的中心化的云计算概念。这是“边缘计算”相比于“云计算”最大的不同与优势^[3]。

因此,边缘计算与云计算是天然的互补协同关系,云计算主要完成非实时要求、长周期数据的大数据分析,边缘计算完成实时性要求高、短周期数据的快速采集分析,更好地支撑本地业务的实时增值决策。

2 电机远程运维系统

电机是电力系统的核心装备,也是国民经济中重要的一环。据不完全统计,全国每年仅因电动机烧毁所消耗的电量就达数千万 kWh,电动机烧毁的数量达20万台次以上,容量约0.4亿kW,因维修所耗的电磁线约5000万kg,修理费达20亿元,而因停工停产所造成的损失更是一个无法估量的巨大数目^[4]。因此,亟需构建基于云平台的远程运维服务系统,实现对电机的全生命周期管理,提升电机生产工艺,降低电机售后成本及提高售后服务质量。

2.1 系统架构

如图2所示,基于云平台的电机远程运维服务系统主要由电机远程运维服务平台、手机APP、边缘侧设备(云网关、数据采集装置)、电机等核心产品组成。

2.2 电机远程运维服务平台

电机远程运维服务平台可采用私有云或公有云,主要分为基础层(IaaS)、平台层(通用PaaS管理、工业PaaS)、应用层(SaaS)。

基础层(IaaS)、通用PaaS层提供通用云平台的一些基础服务,工业PaaS层主要基于通用PaaS,叠加电机远程运维大数据处理、工业数据分析等功能,构建可扩展的开放式云操作系统。通过云平台获取的大量电机运行数据,结合行业内

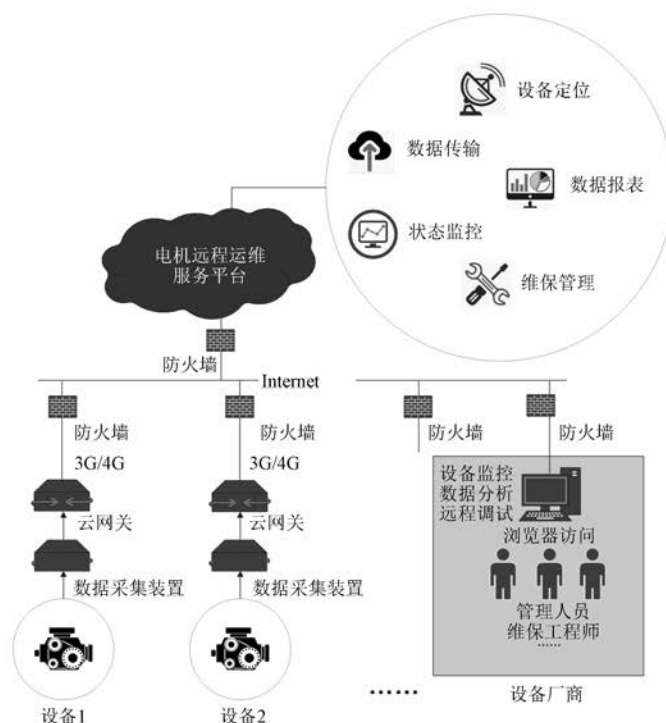


图2 电机远程运维服务系统图

长期积累的状态分析、能效分析、故障诊断等专家知识,基于机器学习等大数据挖掘方法进行数据融合分析和深度挖掘,固化为可移植、可复用的机理模型,最终构建应用开发环境,为应用层 App 的开发提供有效支撑^[5]。

应用层(工业 SaaS)主要实现各类管理、服务 App 的开发,提供电机在线监测、状态评估、能效评估、故障诊断、预测性维护等相关业务应用,实现电机远程运维应用的快速开发、部署、运行和集成^[5]。

2.3 手机 App

手机 App 主要目标是便于各类用户的管理和使用。云平台的各类运行数据也同时发布到手机 App,用户可随时随地查询电机设备状态,并及时处理各类信息。

2.4 边缘侧设备

市场上已有各种数据采集装置(外置或内置在电机本体内)实现电机系统本地在线监测系统所需数据(电机电学、振动、热学、绝缘、噪声等各类参数)的采集,但各种通信接口种类繁多,如 Modbus、Profibus-DP、Modbus/TCP 等,通信机制、

数据定义也各不相同。因此,可通过云网关实现电机的快速“智能改造”,实现各类电机运行参数异构数据的归一化、错误数据剔除、数据缓存、数据运算、增值决策等边缘计算,并通过以太网、3G/4G 等方式接入云平台,为上层电机远程运维服务平台提供有效数据支撑。

因此,通常把数据采集装置、云网关都统称为边缘侧设备。某些场合,也可把外置数据采集装置、云网关合二为一,省去数据采集装置与云网关之间数据交互的过程。

3 边缘计算在电机远程运维中的应用

3.1 电机故障诊断概述

电机故障诊断在工业生产形成规模化、电机被大规模投入应用以来就已存在,但由于科技水平的限制,故障诊断主要依靠有经验的专家或维修人员凭借个人经验和简单仪表从电机温度、声音、振动等方面做出主观判断。直至 20 世纪 60 年代,电机故障诊断技术才逐渐发展为一门专门的综合性学科。随着现代电子技术、传感器技术、检测技术的发展,电机故障诊断技术得到了进一

步发展,开始了对电机在线监测和故障诊断的研究,推进了设备维修方式的改革,探索了基于状态的维修和预测维修等新型维修模式^[6]。

电机故障诊断的方式包括:电流分析法、振动分析法、绝缘诊断法、温度诊断法、换向诊断法、振声诊断法等。针对不同类型的电机,可对一些常见故障形成机理模型库,系统运行时,只需根据采集的参数解析该模型,即可得出相应结果,判断是否有该类型故障产生,给出故障的等级等信息。对于一些较为复杂的故障,则需采用专家系统,通过大

数据分析,建立良好的训练集,对故障特征进行学习提取,不断训练优化,最后应用于故障诊断。

3.2 边缘计算应用介绍

电机内部包含磁路系统、电路系统、绝缘系统、机械系统和通风散热系统,其故障类型多样、故障诊断技术复杂,因此,边缘计算在电机远程运维系统中的作用尤为重要。

3.2.1 边缘侧设备数据交互过程

图3所示为电机远程运维服务系统中的数据流程图。

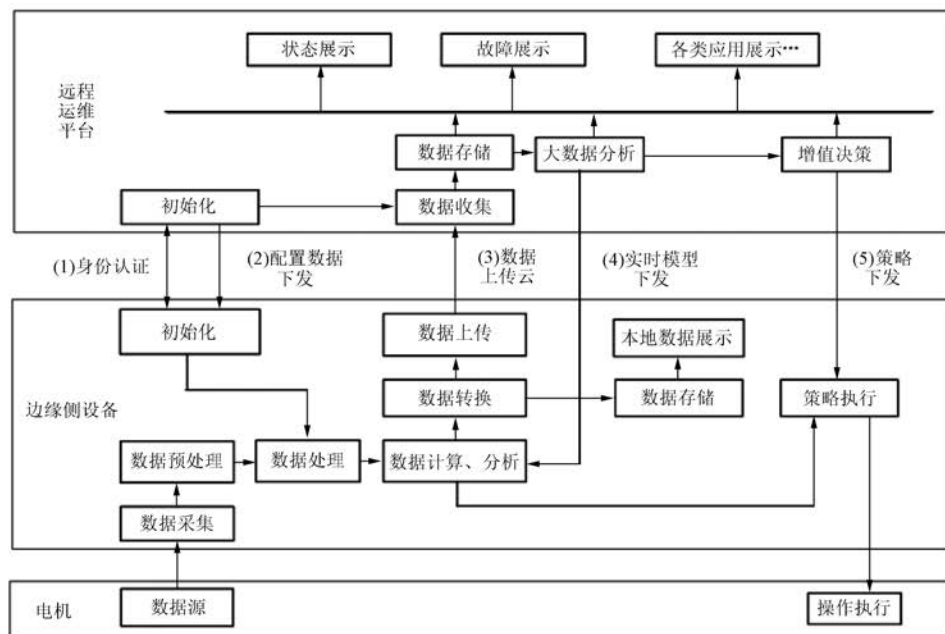


图3 电机远程运维服务系统数据流程图

远程运维平台与边缘侧设备主要交互过程如下。

(1) 身份认证。边缘侧设备上电后,与云平台进行身份认证,只有双方身份确认无误后才进行后续操作,提升数据交互的安全性。

(2) 配置数据下发。认证通过后,云平台把预先配置好的数据(如需采集电机参数列表、机理模型库等)发送给边缘侧设备,边缘侧设备根据配置信息开始采集电机远程运维所需各类参数数据。

(3) 数据上传云。边缘侧设备进行各种边缘计算后,把数据上传至云平台。

(4) 实时模型下发。云平台收到边缘侧设备上传的数据后,进行数据存储,通过分析监测数据和故障数据的相关性,进行大数据分析和机器学习,

建立实时机理模型,如可预测电机的剩余寿命模型和维护决策等。若这些模型需要边缘侧设备本地处理,则可以把这些实时机理模型下发给边缘侧设备。

(5) 策略下发。云平台建立实时机理模型后,若某些机理模型对数据实时性要求不高,不需要边缘侧设备执行,则云平台自动执行这些机理模型,并把最终增值决策下发给边缘侧设备。

3.2.2 边缘计算功能介绍

图3中,边缘侧设备在电机远程运维中,主要实现数据采集、数据预处理、数据处理、数据计算与分析、数据转换、数据上传、数据存储、本地数据展示、策略执行等功能,都属于边缘计算范畴。

(1) 数据采集。边缘侧设备通过传感器(如温度传感器、振动传感器等)、IO(模拟量、数字量)等采集电机电学、振动、热学、绝缘、噪声等各类参数,为电机远程运维平台提供有效数据支撑。

(2) 数据处理。电机诊断的方式不同,其采用的数据分析技术也不同。若某电机基于信号分析技术进行故障诊断,如采集到定子电流、机械振动等信号,采用傅里叶变换(FFT)、小波变换等信号分析技术进行分析,则通过比对正常状态和故障状态的频谱差异,来诊断电机的故障情况。因此需针对电机不同诊断方法对采集到的电机原始参数进行数据预处理。所有采集到的数据都应有时间标签,便于后期的数据分析。

(3) 数据处理。市场上的电机数据采集装置种类繁多,其传输方式、机制、通信协议都会有不同,因此需对利用各种通信协议采集的数据实现自动转换,对数据格式进行标准化处理,实现多源异构数据的融合;同时,针对电机采集参数特性及相关算法,对数据完整性和一致性进行分析,对“脏”数据进行有效剔除。

(4) 数据计算、分析。支持简单的加减乘除等基本运算以及各种基于复杂算法的计算分析。对各类采集数据即来即处理,能根据既定机理模型库的算法迅速计算,也能执行云平台实时下发的机理模型,快速响应事件,分析结果并做出相应策略执行。这样,通过对数据进行本地处理及分析,能有效应对云平台数据爆炸,减轻网络流量压力,从而节约云通信、云存储成本;同时在边缘侧设备上执行策略执行,直接控制电机的某些操作,实现实时决策。

(5) 数据转换。主流云通信协议主要采用 HTTP、MQTT 等,与云平台通信的数据格式一般采用面向对象的 JSON 格式,因此,需把上传云平台的数据按照云平台的格式需求进行转换。

(6) 数据存储。边缘侧设备需把采集的数据按时间序列进行本地存储,通过实时数据库确保数据访问的实时性;同时针对电机采集参数特性确定本地数据存储容量,通过 RAM、FLASH、SD 卡等存储介质确保数据的完整性,在设备掉电情况下也能确保当前数据、历史数据不丢失。

(7) 数据上传。当系统网络正常时,边缘侧设备能将云平台所需各类参数、状态数据按照既定格式上传至云端;当发生网络通信故障时,边缘侧设备能实现“本地存活”,当通信恢复后,在不影响实时数据通信的基础上,能评估历史数据大小,根据一定的算法将历史数据上传至云平台。

(8) 数据本地展示。当用户想查询电机采集的数据及相关故障诊断结果时,可通过 Web 或者上位机软件的方式进行数据的浏览或数据的导出。

(9) 策略执行。根据预定义的规则或数据分析结果,在边缘侧进行策略执行,控制电机的某些操作。

4 结 语

电机远程运维系统服务于广大电机设备制造商、生产线用户及系统集成商,实现电机远程管理、远程运维,可降低电机售后成本、提高售后服务质量,进而改进产品质量;同时也能降低电机设备用户停机、维修时间,极大地提高用户生产效率。边缘计算聚焦于万物智能连接,能满足电机远程运维系统在边缘侧连接、实时、智能、数据优化、安全与隐私保护等方面的关键需求,是电机行业远程运维数字化转型不可或缺的关键要素。

【参考文献】

- [1] 赵梓铭,刘芳,蔡志平,等.边缘计算:平台、应用与挑战[J].计算机研究与发展,2018,55(2): 327.
- [2] 刘俊奇,范明翔,李潇.大数据时代下的新型计算模型——边缘计算[J].电脑知识与技术,2017,13(7): 182.
- [3] 吴勇毅.下一个技术风口——论边缘计算[J].网络安全和信息化,2018(1): 21.
- [4] 王惠中,王小鹏.现代电机设备智能故障诊断综述[J].工业仪表与自动化装置,2009(6): 16.
- [5] 周洪发.基于云平台的电机设备远程运维系统设计[J].电机与控制应用,2018,45(10): 96.
- [6] 张岳.多传感器信息融合技术在电机故障诊断中的应用研究[D].兰州:兰州理工大学,2014.

收稿日期: 2018-12-18