



基于工业物联网的工业数据采集技术研究与应用

张建雄¹, 吴晓丽², 杨震¹, 李洁¹

(1. 中国电信股份有限公司上海研究院, 上海 200122;
2. 中国电信股份有限公司上海分公司, 上海 200003)

摘要: 关注物联网在工业数据采集领域的应用场景和技术方案, 包括工业数据采集现状及问题分析、工业数据采集典型应用场景、工业数据采集技术特征、与电信运营商云网融合技术研究等, 提出电信运营商基于工业物联网的工业数据采集技术架构和应用方案, 可广泛应用于各类工业设备或智能产品的远程监控与智能维护应用场景, 实现设备远程监测、预防性维护和性能优化分析等功能。

关键词: 工业物联网; 工业数据采集; 工业通信协议; 预测性维护

中图分类号: TN958

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2018271

Research and application of industrial data acquisition based on industrial internet of things

ZHANG Jianxiong¹, WU Xiaoli², YANG Zhen¹, LI Jie¹

1. Shanghai Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Shanghai 200122, China
2. Shanghai Branch of China Telecom Co., Ltd., Shanghai 200003, China

Abstract: IoT application scenarios and technology in the field of industrial data acquisition were analyzed, including the current situation and problems analysis of industrial data acquisition, typical application scenario and technology characteristics of industrial data acquisition, and cloud network integration technology research with telecom operators. The technical architecture and corresponding solutions of industrial data acquisition for telecom operators were put forward. It can be widely used in remote monitoring and intelligent maintenance application for various industrial equipment or intelligent products, and can realize preventive maintenance and performance optimization analysis.

Key words: industrial internet of things, industry data acquisition, industrial communication protocol, preventive maintenance

1 引言

近年来, 物联网已广泛应用到工业生产优化、管理提升、改进服务和节能减排等方面。工业物

联网应用前景十分广阔, 有国际分析报告显示: 预计到2020年全球工业物联网产值将达到1 510亿美元。为此, 各国政府纷纷出台相关支持政策, 德国率先提出“工业4.0”, 通过提升制造业的计

算机化、数字化与智能化,建立具有适应性与资源效率的智能工厂;美国随后提出了“工业互联网”国家发展战略;中国相关政策密集发布,陆续发布了《中国制造 2025》^[1]《国务院关于深化制造业与互联网融合发展的指导意见》《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》^[2]等系列政策文件,提出大力发展智能制造,加速推动信息技术与制造技术的深度融合,并进一步提出 2025 年、2035 年和 21 世纪中叶“三步走”目标。

同时国内外工业巨头们纷纷布局工业物联网应用和平台:GE 推出工业物联网软件平台 Predix,连接各类工业设备,采集全球内建传感器的工业设备数据(如航空发动机、油气工业设备、风电设备等),通过 Predix 平台中的各种分析软件对这些采集到的设备数据进行实时分析,从而进行业务优化;西门子则推出 MindSphere 工业物联网平台,提供设备连接、数据采集、传输和安全存储,实现设备状态监测、预防性维护、能源数据管理以及工厂资源优化等;海尔推出 COSMOPlat 平台,构建面向智能制造的工业物联网平台,帮助企业实现全流程的业务模式创新,为中小企业提供柔性制造、供应链协同、设备远程诊断维护等一体化智能制造解决方案。

工业数据采集是智能制造和工业物联网的基础,是“两化(信息化和工业化)融合”的先决条件,发展工业数据采集是我国推动工业物联网全面深度应用的起点,也是制造业转型升级的必要条件。工业数据采集可以实现对生产现场各种工业数据的实时采集和整理,为企业的 MES、ERP 等信息系统提供大量工业数据,通过对积累沉淀的工业大数据的深入挖掘,实现生产过程优化和智能化决策。

2 国内工业数据采集现状及问题

当前我国工业数据采集技术和应用仍处于起步阶段,传感器部署不足、采集数据量有限、精

度不高、效率低下等问题严重。此外,工业通信协议种类繁多、兼容性与互操作性差等现实问题突出。无法支撑实时工业数据采集和实时分析、智能优化和科学决策等业务需求。

(1) 工业设备联网率较低

工控网提供的数据显示,截至 2017 年底我国工业设备联网率为 10%;而根据德国信息与通信技术行业协会(Bitkom)的最新报告,德国工业 1/4 的工业设备已经联网或准备联网。

(2) 工业通信协议标准繁多、互不兼容

目前在工业数据采集领域,存在 Modbus、Profibus、LonWorks、HART、Profinet、EthernetIP 等多种工业通信协议标准,各个自动化设备生产商还会自己开发各种私有工业协议,各种协议标准不统一、互不兼容^[3];同时很多设备和系统的数据开放性不够,缺乏数据开放接口及文档说明。导致工厂内大量设备和终端无法联网,成为信息孤岛,无法实现工业数据互联互通互操作,无法满足生产过程全流程的数据采集、流动及智能化生产的需求。

(3) 工业数据采集存在数据安全隐患

工业数据采集会涉及大量重要工业数据和用户隐私信息,在传输和存储时存在一定的数据安全隐患,也存在黑客窃取数据、攻击企业生产系统的风险。

3 工业数据采集典型应用场景

工业数据采集是利用泛在感知技术对多源设备、异构系统、运营环境、人为等要素信息进行实时高效采集和云端汇聚。本文中的工业数据采集范围主要指工业现场设备的数据采集和工厂外智能产品/装备的数据采集,具体如下。

(1) 工业现场设备的数据采集

主要通过现场总线、工业以太网、工业光纤网络等工业通信网络实现对工厂内设备的接入和数据采集^[4],可分为 3 类:对传感器、变送器、采集器等专用采集设备的数据采集;对 PLC、



RTU、嵌入式系统、IPC 等通用控制设备的数据采集；对机器人、数控机床、AGV 等专用智能设备/装备的数据采集。

主要基于智能装备本身或加装传感器两种方式采集生产现场数据，包括设备（如机床、机器人）数据、产品（如原材料、在制品、成品）数据、过程（如工艺、质量等）数据、环境（如温度、湿度等）数据、作业数据（现场工人操作数据，如单次操作时间）等数据。主要用于工业现场生产过程的可视化和持续优化，实现智能化的决策与控制。

（2）工厂外智能产品/装备的数据采集

主要通过工业物联网（3G/4G、NB-IoT 等）实现对工厂外智能产品/装备的远程接入（通过 DTU、数采网关等）和数据采集。主要采集智能产品/装备运行时关键指标数据，包括但不限于如工作电流、电压、功耗、电池电量、内部资源消耗、通信状态、通信流量等数据。主要用于实现智能产品/装备的远程监控、健康状态监测和远程维护等应用。

4 工业数据采集技术架构与特征

工业数据采集通过各类通信手段接入不同设

备、系统和产品，采集大范围、深层次的工业数据以及异构数据的协议转换与边缘处理，构建工业互联网平台的数据基础^[5]。工业数据采集技术架构包括设备接入、协议转换、边缘数据处理三层，向下接入设备或智能产品，向上与工业互联网平台/工业应用系统对接，如图 1 所示。

设备接入：通过工业以太网、工业光纤网络、工业总线、3G/4G、NB-IoT 等各类有线和无线通信技术，接入各种工业现场设备、智能产品/装备，采集工业数据。

协议转换：一方面运用协议解析与转换、中间件等技术兼容 ModBus、CAN、Profinet 等各类工业通信协议，实现数据格式转换和统一；另一方面利用 HTTP、MQTT 等方式将采集到的数据传输到云端数据应用分析系统或数据汇聚平台。

边缘数据处理：基于高性能计算、实时操作系统、边缘分析算法等技术支撑，在靠近设备或数据源头的网络边缘侧进行数据预处理、存储以及智能分析应用，提升操作响应灵敏度、消除网络堵塞，并与云端数据分析形成协同。

工业数据采集包括如下技术特征。

（1）连接性

连接是工业数据采集的基础。所连接物理对象

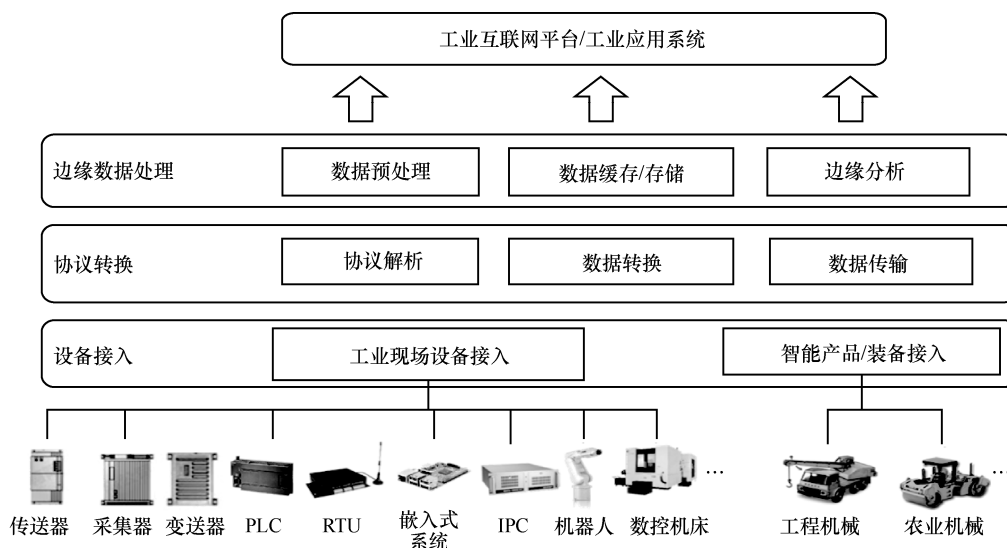


图 1 工业数据采集技术架构

的多样性及应用场景的多样性,需要工业数据采集具备丰富的连接功能,如各种网络接口、网络协议、网络拓扑、网络部署与配置、网络管理与维护。连接需要充分借鉴吸收网络领域先进研究成果,如 TSN、SDN、NFV、WLAN、NB-IoT、5G 等,同时还要考虑与现有各种工业总线的互联互通。

(2) 数据第一入口

工业数据采集作为物理世界到数字世界的桥梁,是数据的第一入口,拥有大量、实时、完整的数据,可基于数据全生命周期进行管理价值创造,将更好地支撑预测性维护、资产性能管理等创新应用;同时,作为数据第一入口,工业数据采集也面临数据实时性、确定性、多样性等挑战。

(3) 数据量高速增长

随着工业系统由物理空间向信息空间、从可见世界向不可见世界延伸,工业数据采集范围不断扩大;同时工业企业中生产线处于高速运转,由工业设备所产生、采集和处理的包括设备状态参数、工况负载和作业环境等数据量呈爆发式增长,远大于企业中计算机和人工产生的数据。随着智能制造和物联网技术的发展,产品制造阶段少人化、无人化程度越来越高,运维阶段产品运行状态监控度不断提升,未来人产生的数据规模的比重降低,机器产生的数据将出现指数级的增长。

(4) 融合性

OT 与 IT、CT 的融合是工业数字化转型的重要基础。工业数据采集作为“OICT (operational、information、communication technology)”融合与协同的关键承载,需要支持在连接、管理、控制、应用、安全等方面的协同。工业数据采集既需要 OT 技术提供在工厂中的对于各种工业流程和机器的控制技术并且能够保证工业环境中的高可靠性,又需要 IT 技术支持工厂中大量数据分析和促进工业生产数字化和智能化,也需要 CT 能够提供可靠、快速和低成本的“传输”实现工业连接^[6]。

5 工业数据采集应用方案

电信运营商应充分发挥云网融合及物联网应用上的优势,与工业数据采集技术紧密结合,形成以工业连接为核心的工业数据采集整体解决方案,升级工业网络连接,增强云网融合能力,定制工业网关,构建全程全网工业连接服务网络:将光纤、LTE 专网、NB-IoT、5G 等新一代信息通信技术引入制造行业,为数字工厂提供高带宽、扁平化的工业光纤网络数据传输解决方案;为智能产品提供移动化、安全可靠的网络传输解决方案;研发统一的工业智能网关,推动了工业数据采集、安全终端与网络传输终端的融合。解决方案架构如图 2 所示。

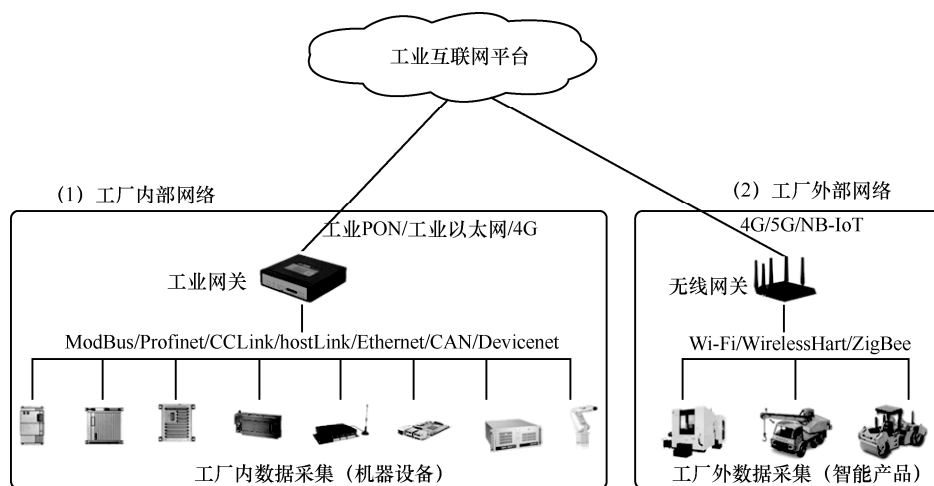


图2 工业数据采集解决方案架构



基于图 2 所示的技术架构, 本文提出一个基于工业物联网的工业设备运行监视与预测性维护技术方案, 基于对工业设备(包括工厂内机器设备和工厂外智能产品)运行数据的大数据分析, 通过对设备的位置、状态、传感器、告警、性能等运行数据进行采集分析, 实现设备远程监控、故障报警、预防性维护和性能优化分析等功能, 提高服务效率和效能, 如图 3 所示。

工业设备运行监视与预测性维护技术方案包括设备远程监控与维护平台、基于大数据挖掘的设备使用分析系统、智能手机应用自助服务系统, 主要功能如下。

(1) 设备运行监视

设备实时监测: 可以对设备开关状态, 运行状态等数据进行监测, 并显示各种报表、图标及趋势分析。

设备告警: 对于设备异常运行数据进行告警和记录。

设备远程管理: 可以远程下载/更新工业设备的 PLC 程序和参数。

(2) 设备预测性维护

通过对工业设备的上百种数据进行采集、存储, 及时分析设备使用典型行为, 为客户提供设备优化解决方案及实时监控设备使用情况的综合服务, 可以大大提高工作效率, 服务维护成本显

著降低, 产品差异化程度提升。

设备预测性维护系统围绕设备在健康状态分析、故障预测预警、维修决策支持等方面的需求, 基于智能制造技术、物联网技术、大数据及云平台技术, 建立设备互联与数据采集、应用平台, 对设备进行现场数据实时采集, 并通过特征值、训练算法等工业大数据分析技术建立设备健康度模型, 实现对异常情况进行故障报警和预判处理、以及预防性维护等功能。

(3) 应用效果

该技术方案可广泛应用于流程型或离散型的各类工业设备的远程监控与维护, 已在某大型智能工厂的拧紧机参数一致性分析中得到成功应用。对螺栓拧紧的拧紧方式、参数等数据进行采集并分析, 分析结果从扭矩、角度、斜率等结果来判断螺栓一致性。

大部分螺栓拧紧机分为两个步骤完成拧紧流程, 同时可以查看每个螺栓拧紧角度、扭矩以及第二阶段的斜率, 也可以进行特定时间范围内同样的拧紧数据的对比分析。算法分析模型采用线性回归, 利用称为线性回归方程的最小平函数对一个或多个自变量和因变量之间关系进行建模的一种回归分析, 这种函数是一个或多个被称为回归系数的模型参数的线性组合。

对曲线进行清洗后, 分段进行线性回归, 可

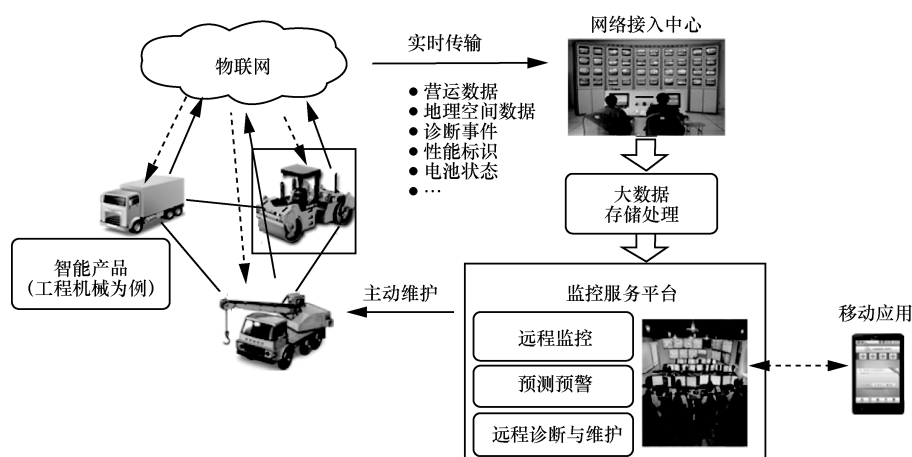


图 3 工业设备运行监视与预测性维护技术方案

以得出每颗螺栓在每一阶段的回归线斜率(T/A), 然后对相同种类多颗螺栓进行汇总统计, 通过统计图的特征, 判断螺栓的一致性是否良好(曲线越瘦高, 说明螺栓一致性越好)。

6 结束语

本文提出的基本工业物联网的工业数据采集技术与应用方案, 可广泛应用于流程型或离散型各类工业设备或智能产品的远程监控与智能维护应用场景。通过对设备/智能产品的位置、状态、传感器、告警以及性能等运行数据采集分析, 实现设备远程监控、故障报警、预防性维护和性能优化分析等功能, 提高服务效率和效能。

参考文献:

- [1] 国务院. 中国制造 2025[R]. 2015.
The State Council. Made in China 2025[R]. 2015.
- [2] 国务院. 关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见[R]. 2017.
The State Council. Guidance on deepening the development of industrial internet in the “internet + advanced manufacturing industry”[R]. 2017.
- [3] 常洁, 王艺, 李洁, 等. 工业通信网络现有架构的梳理总结和未来运营商的发展策略[J]. 电信科学, 2017, 33(11): 121-133.
CHANG J, WANG Y, LI J, et al. Summary of existing framework in industrial communication networks and future development strategies for communication operators[J]. Telecommunications Science, 2017, 33(11): 121-133.
- [4] 李洁, 张东, 常洁, 等. 面向智能制造的工业连接现状及关键技术分析[J]. 电信科学, 2017, 33(11): 146-153.
LI J, ZHANG D, CHANG J, et al. Situation description and critical technology analysis for industrial connection of intelligent manufacturing[J]. Telecommunications Science, 2017, 33(11): 146-153.

- [5] 工业互联网产业联盟. 工业互联网平台白皮书(2017)[R]. 2017.
Alliance of Industrial Internet. White paper on industrial Internet platform (2017)[R]. 2017.
- [6] 工业互联网产业联盟. 工业互联网体系架构(版本 1.0)[R]. 2016.
Alliance of Industrial Internet. Industrial internet architecture (version 1)[R]. 2016.

[作者简介]



张建雄(1969-), 男, 中国电信股份有限公司上海研究院副研究员, 主要研究方向为物联网技术与应用、工业互联网平台、工业云和工业大数据等。



吴晓丽(1973-), 女, 中国电信股份有限公司上海分公司政企客户部总经理, 主要研究方向为工业互联网行业客户需求及综合解决方案应用, 包括工业 PON、工业云、工业物联网及工业大数据等。



杨震(1972-), 男, 博士, 中国电信股份有限公司上海研究院教授级高级工程师, 主要研究方向为人工智能、自然语言处理、搜索引擎技术等。



李洁(1980-), 男, 中国电信股份有限公司上海研究院工程师, 主要负责车联网及工业互联网领域的产品开发、技术研究工作。