

工业互联网应用软件开发平台研究及应用

郑立兵, 路畅, 孙洪喜, 李学锋, 赵传奇

(青岛弯弓信息技术有限公司, 山东 青岛 266114)

摘要: 随着制造业数字化、智能化需求增多, 且制造业设备类型众多, 通讯协议也多种多样。针对不同的应用场景, 需要构建不同的开发平台和系统, 因此研发构建一款可组态的工业互联网应用软件开发平台, 集成不同的通讯协议, 实现各种设备、系统的快速集成, 根据实际生产业务场景快速构建各种应用, 从而满足当前市场的快速变化, 加速产品研发的速度以及提升产品质量, 从而提升企业的竞争力。

关键词: 软件开发平台; 组态化; 工业互联网

引用论文: 郑立兵, 路畅, 孙洪喜, 等. 工业互联网应用软件开发平台研究及应用 [J]. 橡塑技术与装备, 2026, 52(8):01-06.

中图分类号: TQ330.493

文章编号: 1009-797X(2026)08-0001-06

文献标识码: B

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2026.08.001

0 引言

制造业对国防安全及民生具有无比重要的意义。传统的制造模式难以应对客户满足智能化工厂的产品质量要求, 无法快速提升企业的生产制造能力、快速响应能力、智能决策能力、智能调控能力。传统制造模式下, 工业软件种类较多, 接口模式复杂, 实施难度高, 难以适应企业的快速发展及工业互联网的发展需求。要充分把握计算机软件开发技术的未来发展趋势, 从而既可以满足用户需求, 也能促进经济发展^[1]。

传统制造业工业软件种类众多, 一般根据现场的业务进行定制开发及实施, 存在实施周期长, 实施难度大, 需求的变化对软件的质量影响也较大^[2], 运维人员必须具备一定的专业知识, 而且许多工业软件核心技术都由国外公司掌握。当前国内、国外竞争的加剧, 贸易争端持续升级, 要求传统制造业顺应工业互联网的发展趋势, 对工业软件进行整合升级, 快速响应市场的需求, 提升产品的制造能力和产品的质量。

工业软件从复杂系统软件向平台化转变, 依托平台的工业 APP 成为工业软件的新形态^[3]。本文基于工业互联网技术对工业软件相关关键技术研发, 形成工业互联网应用开发平台, 能够根据现场实际业务场景快速构建系统。通过图形化快速开发与个性化配置技术, 基于模块化、工具化、图形化的设计理念, 实现工业软件快速构建, 用户无需代码开发, 可灵活配置适合不同设备的工业控制软件; 基于智能化感知技术, 实现生产制造过程的智能化排产优化调控技术, 实现

工艺、设备、生产的一体化管理, 搭建业务模型和知识模型的一体化, 解决设备场景、业务无法自动匹配调整的瓶颈技术。通过数据总线集成技术, 可视化的配置实现与 ERP、MES、PLM、CAX、CRM、OA 等系统的无缝集成。通过组态、可视化配置的方式实现各工业软件的集成。研究基于容器、微服务、工业互联网等组态平台关键技术, 能够根据业务场景快速构建工业软件, 支持公有云、私有云、混合云等多场景部署模式。

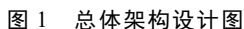
下面从系统架构设计、平台构建技术路线、工业应用开发平台、应用效果等方面进行简要描述。

1 系统架构设计

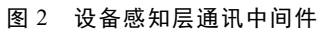
系统整体架构设计分为设备感知层、设备驱动层、云平台服务层。设备感知层对应生产设备的控制器, 设备驱动层对应工业控制系统, 云平台服务层对应集中的生产管理及分析系统, 总体架构如图 1 所示。

设备感知层封装各种 PLC 的通讯协议, 通过抽象设备接口设计能够实现与设备通讯的可配置和通讯库的动态扩展如图 2。设备驱动层基于组态技术与软件重构技术^[4]对工业控制的通用模块的业务及组件进行封装, 形成行业应用开发套件, 通过行业套件快速构

作者简介: 郑立兵 (1979-), 男, 高级工程师, 学士, 始终致力于工业信息化软件技术的研发与应用, 为制造业提供软硬结合、管控一体的智能制造信息化整体解决方案。



设备感知层通信中间件, 支持多种协议和特性^[6], 是 SCADA 控制系统与 PLC 之间的桥。首先是对 PLC 的常规操作进行抽象设计, 通过面向对象的设计方法, 设计一个抽象类 BasePlc, 定义 PLC 的常规操作方法: open、read、write、close、isopen、setParam。然后根据不同厂商 PLC 的通讯协议, 定义实现类, 以封装协议数据帧的解析与生成。基于动态扩展技术、智能适配技术、中间件封装技术等实现设备驱动与工业通信动态扩展和智能适配。构建覆盖国际主流 PLC、国



采用组态化、可配置技术实现 SCADA 层的设计如图 3, 可依据不同的设备、业务场景快速构建设备控制系统, 实现设备的智能化、数字化控制, 功能丰富、操作简单、实用性强^[7]。



(1) 工程模板化、模型化：根据业务场景和知识模型，搭建不同的模板，就是可以把创建的具有代表

(4) 实现生产制造业务数据的智能化采集，可以实现数据回溯，帮助设备故障排查和产品的质量工艺分析。

工业互联网应用软件开发平台技术架构如图 4 所示。

图 4 技术架构

Rancher2.0 基于 Kubernetes 构建。使用 Rancher, DevOps 团队可以轻松测试、部署和管理应用程序, 运维团队可以部署、管理和维护一切 Kubernetes 集群, 无论集群运行在任何基础设施之上。

搭建 FastDFS 服务器。FastDFS 是一个开源的轻量级分布式文件系统。他解决了大数据量存储和负载均衡等问题。特别适合以中小文件为载体的在线服务，如相册网站、视频网站等等。在 UC 基于 FastDFS 开发向用户提供了：网盘，社区，广告和应用下载等业

采用 rancher 进行搭建。Rancher 是业界唯一完全开源的企业级容器管理平台，为企业用户提供在生产环境中落地使用容器所需的一切功能与组件。

务的存储服务。FastDFS 为互联网量身定制,充分考虑了冗余备份、负载均衡、线性扩容等机制,并注重高可用、高性能等指标,使用 FastDFS 很容易搭建一套高性能的文件服务器集群提供文件上传、下载服务。FastDFS 架构如图 5 所示。

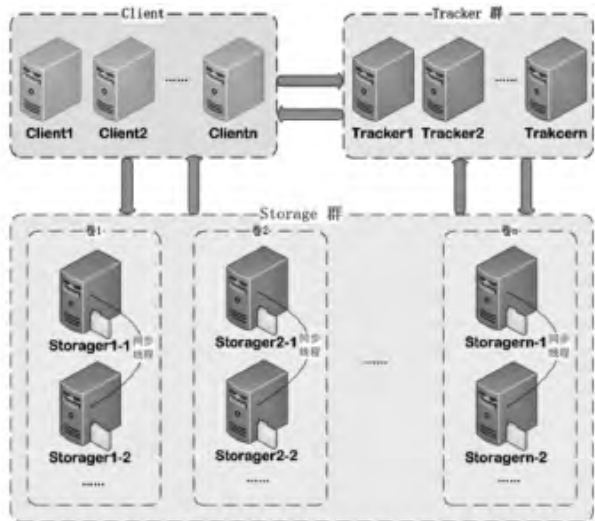


图 5 FastDFS 架构图

Tracker 相当于 FastDFS 的大脑,不论是上传还是下载都是通过 Tracker 来分配资源;客户端一般可以使用 nginx 等静态服务器来调用或者做一部分的缓存;存储服务器内部分为卷(或者叫作组),卷与卷之间是平行的关系,可以根据资源的使用情况随时增加,卷内服务器文件相互同步备份,以达到容灾的目的。

(4) 消息中间件环境搭建—RocketMQ/Kafka

微服务应用采用 RocketMQ 作为消息中间件,大数据实时分析采用 Kafka 作为消息中间件。本方案主张微服务架构使用 spring cloud stream 框架以支持多种消息中间件。Spring cloud stream 是一个用来为微服务应用构建消息驱动能力的框架。它可以基于 Spring Boot 来创建独立的、可用于生产的 Spring 应用程序。它通过使用 Spring Integration 来连接消息代理中间件以实现消息事件驱动的微服务应用。Spring Cloud Stream 为一些供应商的消息中间件产品提供了个性化的自动化配置实现,并且引入了发布、订阅、消息组以及消息分区这三个核心概念。简单的说, Spring Cloud Stream 本质上就是整合了 Spring Boot 和 Spring Integration,实现了一套轻量级的消息驱动的微服务框架。通过使用 Spring Cloud Stream,可以有效的简化开发人员对消息中间件的使用复杂度,让系统开发人员可以有更多的精力关注与核心业务逻

辑的处理。目前 Spring Cloud Stream 官方的实现有 RabbitMQ Binder 和 Kafka Binder,而 Spring Cloud Alibaba 内部已经实现了 RocketMQ Binder。

(5) 缓存环境建设-Redis

根据数据缓存的量级、高可用要求可以采用主从结构的 Redis 和 cluster 集群架构的 Redis,本方案建议前期采用主从结构的 Redis。Redis 是一个 key-value 存储系统。和 Memcached 类似,它支持存储的 value 类型相对更多,包括 string、list、set 和 zset。这些数据类型都支持 push/pop、add/remove 及取交集并集和差集及更丰富的操作,而且这些操作都是原子性。在此基础上,redis 支持各种不同方式的排序。与 memcached 一样,为了保证效率,数据都是缓存在内容中。区别的事 Redis 会周期性的把更新的数据写入磁盘或者把修改操作写入追加的记录文件,并且在此基础上实现了 Master-Slave 同步。

(6) 结构化数据存储环境建设—MySQL 数据库高可用

根据单位时间内生产数据产生的量级、数据保留期限、预算采用不同的数据库方案。比如每年数据量是亿级还是千万级,如果要保存的量级很大,周期很长建议采用 Oracle Rac 集群。根据数据量预估、稳定性要求和成本考虑,轻量级方案可以采用 MySQL 进行结构化数据存储。MySQL 数据存储必须考虑高可用架构。

(7) 实时数据存储环境建设—InfluxDb—>Open TsDb

SCADA 层实时设备参数和工艺参数的采集的数据先在机台本地存储到 InfluxDb,等大数据环境 OpenTsDb 搭建后,再把各厂、各机台的实时数据网络汇总到 OpenTsDb 中。InfluxDB 是一个时间序列数据库,用于处理海量写入与查询。InfluxDB 旨在用作涉及大量时间戳数据的任何用例(包括 DevOps 监控、应用程序指标、物联网传感器数据和实时分析)的后端存储。

(8) 微服务注册、发现与配置中心建设—Nacos

采用 alibaba nacos 进行搭建。Nacos 致力于帮助您发现、配置和管理微服务。Nacos 提供了一组简单易用的特性集,帮助您快速实现动态服务发现、服务配置、服务元数据及流量管理。Nacos 帮助您更敏捷和容易地构建、交付和管理微服务平台。Nacos 是构建以“服务”为中心的现代应用架构(例如微服务范式、

云原生范式)的服务基础设施。关键特性包括:服务发现和服务健康检测、动态配置服务、动态 DNS 服务、服务及其元数据管理。生产环境中部署 nacos 肯定使用集群模式 cluster 保证高可用。采用官方推荐的集群方案,通过域名+VIP 模式的方式来实现,可读性好,而且换 ip 方便。

(9) 中间件 Metrics 监控环境搭建—Prometheus

采用 Prometheus 搭建中间件性能指标监控, Prometheus 基本原理是通过 HTTP 协议周期性抓取被监控组件的状态,这样做的好处是任意组件只要提供 HTTP 接口就可以接入监控系统,不需要任何 SDK 或者其他的集成过程。这样做非常适合虚拟化环境比如 VM 或者 Docker。Prometheus 应该是为数不多的适合 Docker、Mesos、Kubernetes 环境的监控系统之一。输出被监控组件信息的 HTTP 接口被叫作 exporter。目前常用的组件大有 exporter 可以直接使用,比如 Varnish、Haproxy、Nginx、MySQL、Linux 系统信息(包括磁盘、内存、CPU、网络等等)。

(10) APM 监控环境搭建—SkyWalking

SkyWalking 开源项目的核心目标,是针对微服务、Cloud Native、容器化架构,提供应用性能监控和分布式调用链追踪能力。目前已加入 Apache 孵化器。目前支持链路追踪和监控应用组件如下,基本涵盖主流框架和容器,如国产 PRC Dubbo 和 motan 等,国际化的 spring boot, spring cloud。

(11) 服务限流与熔断支持—Sentinel

开源的分布式系统的流量防卫组件, Sentinel 把流量作为切入点,从流量控制、熔断降级、系统负载保护等多个维度保护服务的稳定性。

(12) 统一日志中心建设

统一日志中心的建设包括多个组件的部署与配置,主要如下:

Filebeat, 部署在每台应用服务器、数据库、中间件中,负责日志抓取与日志聚合。日志聚合就是把多行日志合并成一条,例如 exception 的堆栈信息等。

Logstash, 通过各种 filter 结构化日志信息,并把字段 transform 成对应的类型。

Elasticsearch, 负责存储和查询日志信息。

Kibana, 通过 ui 展示日志信息,还能生成饼图、柱状图等。

3 工业应用开发平台

基于工业互联网架构的低代码应用开发平台,既可以供专业开发者使用,又提供对非技术人员使用的图形化操作设计界面。根据实际的业务场景快速构建业务逻辑后端,生成智能装备控制、物联网采集、生产优化控制等应用系统,助力企业的数字化、智能化转型。平台集成开发过程规范,能够快速构建业务,提高开发的质量和进度^[8]。面向制造型企业提供研发、采购、生产、销售及售后服务等过程的数字化管控的一体化工业软件解决方案在工业互联网平台下,基于工业赋能和跨框架组件复用的云化低代码开发平台技术架构^[9],实现微服务架构的工业互联网应用开发平台,通过“协同制造、云端部署”为主要应用理念^[10],将设备管理、生产管理、仓储管理、质检管理、智能巡检、物联网数据采集、大数据分析和三维实景建模等工业应用灵活组合,能够构建满足企业实际需求的智能化工厂解决方案。通过全过程的监督、监控,实现数据互联互通,消除信息孤岛现象,帮助企业优化资源配置,降低管理成本,实现全流程、全生命周期的精细化管理。

4 应用效果分析

通过研究构建工业操作系统及应用开发平台,并且在部分橡胶轮胎企业进行了示范应用,实现设备生产线的数字化管控,应用界面如图 6 所示。

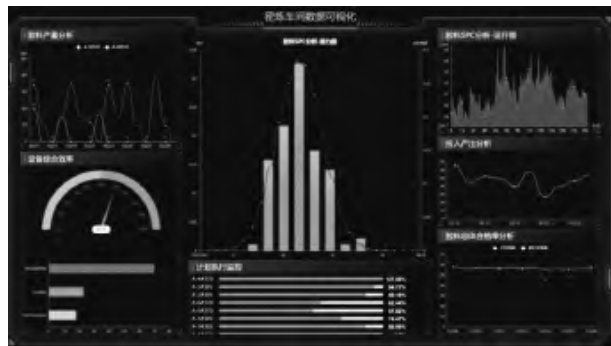


图 6 工厂数字化应用界面

构建智能化调度管理,实现物流的可视化,智能化调度如图 7。收集和分析大量生产数据,发现潜在的优化机会,支持科学决策。优化生产计划、库存管理和供应链管理。实时监控系统,提供即时反馈,支持企业快速调整生产策略。在生产效率、质量控制、市场竞争力、创新能力和可持续发展等方面为企业带来全方位的提升。追求企业管理和运营的智能化,提升企业竞争力和可持续发展能力。



图 7 工业数据可视化界面



图 8 智能硫化控制系统界面

智能化控制系统实现设备的智能化管控，优化生产，提升效率，降低废品率，提升产品质量，降低设备故障率。通过实时监控和优化，提高设备利用率和生产效率。利用智能算法进行缺陷检测和预测性维护，减少次品率和设备故障。通过预测性维护和快速故障

诊断，减少设备的非计划停机时间。实时监控系统的参数，及时发现和处理潜在的安全隐患。实现生产过程的自动化和智能化，提高生产效率和产品质量。

参考文献

- [1] 贾雷. 计算机软件开发技术的应用实践及发展前景研究[J]. 黑龙江科学, 2022,13(23):130-132.
- [2] 陆维. 基于数据变化自适应的应用软件开发平台研究[J]. 中国新技术新产品, 2015(22):33-34.
- [3] 丁峻宏, 段建国, 林佳文. 面向电力装备的工业互联网平台架构及应用[J]. 工业控制计算机, 2023,36(10):129-131.
- [4] 赵方圆, 魏志强, 林勇. 基于构件的可重构软件开发平台技术研究[J]. 计算机工程与设计, 2005(01):39-42.
- [5] 林冰玉, 彭四伟, 汪须忠. 软件开发自动化平台的研究与应用[J]. 计算机工程与应用, 2005(09):126-129.
- [6] 张学辉. 工业 App 快速开发工具应用研究[J]. 中国仪器仪表, 2023(10):38-40.
- [7] 陈未如, 王纲, 臧春华, 王丽. 工业过程控制系统组态软件开发及其应用[J]. 小型微型计算机系统, 1994(01):58-64.
- [8] 裴树军, 陈德运, 陈晓雪. 软件配置管理在软件开发平台中的应用[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2010,15(01):31-35.
- [9] 易学明, 缪翀鸢, 谢晓军. 面向工业互联网的低代码开发平台研究[J]. 广东通信技术, 2024,44(02):6-14.
- [10] 张燕琴, 王波群, 宋育程. 应用智能制造平台实现模具开发的过程研究[J]. 模具工业, 2022,48(03):76-80.

Research and application of industrial internet application software development platform

Zheng Libing, Lu Chang, Sun Hongxi, Li Xuefeng, Zhao Chuanqi

(Qingdao Wongong Information Technology Co. LTD., Qingdao 266042, Shandong, China)

Abstract: With the increasing demand for digitalization and intelligence in the manufacturing industry, coupled with the wide variety of equipment types and communication protocols, it is necessary to build different development platforms and systems for various application scenarios. Therefore, a configurable industrial Internet application software development platform is developed, integrating different communication protocols to achieve rapid integration of various devices and systems. This platform enables the quick construction of various applications based on actual production business scenarios, thus meeting the rapid changes in the current market, accelerating product development, and improving product quality, ultimately enhancing the competitiveness of enterprises.

Key words: software development platform; configurability; Industrial Internet

(R-03)