

基于边缘计算的智能仪表新型总线系统设计研究

黄波¹ 宋嘉熙^{2*}

1. 四川洁明盛南工程项目管理有限公司 2. 四川公众项目咨询管理有限公司

摘要：本研究通过对海量数据采集与存储对云计算带来的容量、速率、时延等指标压力进行了分析，提出边缘计算在工业互联网应用的必要性。研究了边缘计算的特点及应用价值。提出了基于边缘计算的智能仪表新型总线设计方案、组网原理及实现方法。实验证明，通过将边缘计算设备与新型总线通信技术相结合降低了网络协同制造以及 5G 智能工厂环境状态数据采集、分析、控制系统设计难度和部署成本，充分发挥了边缘计算设备的实时性和灵活性，为工业互联网和中国数字经济的发展提供借鉴。

关键词：工业互联网；云计算；边缘计算；EOE；智能仪表；数据采集；方案研究

AI、5G 和云计算等通信技术的快速发展为万物互联的智能工业互联网应用提供有利条件。随着 5G 技术的快速发展和智慧工厂的兴起，5G 与 MEC（边缘计算）技术成为智慧工厂组网的主要技术选择^[1]。工业互联网通过智能化的数据采集、传输、存储和处理等过程来实现物与物、物与人、人与人之间的数据连接。预计装载在自动驾驶车上的传感器每秒产生约 1GB 的数据，这些数据都必须得到实时处理。在云计算模型忽略服务器硬件和操作系统方面的差异，借助虚拟化技术将数十万台服务器虚拟成统一的系统实现资源的统一调度和部署，为用户提供强大的计算能力和海量存储能力。云计算中心通过可扩展性功能实现在资源请求数量激增时动态地增加计算和存储资源。云计算平台应用请求的响应总时延包括发送时延、处理时延及排队时延，总时延在通信数据传输距离较远时可能会比较大。时延大就不能满足某些对实时性要求较高的应用场景的需求。因此，单一的云计算模型并不能满足万物互联工业互联网的典型应用场景需求。云计算模型并不能满足智能工业互联网万物互联所需的响应时延、存储能力、隐私保护等需求。近几年，各行业为应付国内劳动力下降问题，都纷纷开启智慧工厂的建造^[2]。随着物联网、无人驾驶、增强现实、虚拟现实工业互联网等各种新兴应用的出现使得云端数据量大大增加，现有的云计算模型暴露出一定的局限性。庞大的数据量全部传输到云服务器处理和存储势必给整个网络带来极大的压力，导致网络时延大大增加，依靠云计算模型不能满足时延敏感、实时高效的新兴应用需求。

1 边缘计算及特点

业界提出边缘计算技术满足新兴应用对于低时

延、高带宽、隐私保护以及可靠性等的需求。边缘计算是工业互联网平台的重要组成部分，具有从设备连接到边缘智能的一系列重要功能，已广泛应用于物联网^[3]。边缘计算是在工业互联网网络边缘给用户提供 IT 服务环境以及云计算能力的分布式开放平台。一组独立的边缘设备的集合被称为边缘云（Edge Cloud），而云计算平台则被称为远端云（Remote Cloud）。边缘服务器的部署位置根据业务需求设计确定，对时延要求苛刻的业务场景，应将边缘服务器部署在终端设备现场，需要大量数据分析。但对时延要求不高的场景，可以将边缘服务器部署在基站的位置。边缘计算能够结合边缘计算和云计算的各自优势来更智能、高效地处理工业互联网设备所产生的海量数据。边缘计算作为分布式开放平台，具有可扩展性、协同执行、实时响应、位置感知等特点。针对日益增长的用户业务请求，边缘计算能够在不影响现有服务运行的前提下，采用快速扩展软硬件资源来达到满足新增时延和吞吐量等需求。边缘计算可以视为云计算的补充和延伸。边缘设备的计算能力和存储资源都比较有限，承担不了数据挖掘以及神经网络训练等计算密集型任务，所以边缘计算依然需要云计算的强大计算能力以及海量存储能力作为支撑。实时响应时延是边缘计算性能评价中最重要的指标。边缘计算兴起的最大的原因是云计算模型无法满足万物互联时代的某些物联网实时应用要求。边缘计算的核心理念是“边缘计算应当更靠近数据源，更靠近用户”。边缘设备与终端设备处于同一个区域，边缘设备能够快速响应终端设备的服务请求。短的网络距离减少带宽、延迟、抖动等网络不稳定因素所带来的性能影响。边缘设备与终端设备通常处在

作者简介：黄波（1977—），男，本科，工程师，研究方向为信息通信建设及网络信息安全。

通讯作者：宋嘉熙（1989—），男，本科，高级工程师，研究方向为通信建设及信息安全。

同一局域网内，局域网络路由器或网关就是边缘设备，边缘设备根据当前网络状况动态地为用户提供服务。

2 应用项目背景分析

随着工业互联网和数字经济的迅猛发展，在网络协同智能制造和5G全连接智能工厂建设过程，PLC、控制器和触摸屏等需要采集并控制的设备数量急剧增加，采集、上传的数据大量地汇聚到云服务器，使云计算服务器压力增大。使用边缘计算可以给服务器节省空间和资源，将一部分有实时性需求的采集及运算放在采集模块或设备附近，就近计算分析并控制，再将计算结果上传给云服务器，移动边缘计算能够很好地缓解了网络计算数据量大导致的信道拥堵问题。

3 详细系统设计

网络协同制造和智能工厂内网状态采集、分析、控制系统由数据采集网络、边缘计算设备数据传输网络、云服务器、PC客户端或移动客户端构成。数据采集是基础，数据的远程传输是手段，数据的智能应用是目的。数据分为RS485、CAN等总线设备数据和以太网装备数据。数据的采集为后端智能应用提供支撑服务。传统的数据采集偏重于数据本身，忽略数据的时间属性等数据之间的关联性，导致数据采集到后端之后应用软件无法还原数据的关联性，不利于构建边缘计算数据模型。本研究采用“恩易通”EOE新型总线交换机设备提出基于边缘计算的智能仪表新型总线系统设计方案，如图1所示。

本研究根据网络协同制造和智能工厂环境状态采集、分析、控制系统需求，对工业互联网工厂电表、气表、温度传感器等智能仪表进行数据采集。在区域节点部署边缘计算设备，对采集上来的数据进行计算分析、图像化处理，得到温度、压力、液位、流量和其他开关量等结果数据，将计算结果上传到工厂云服务器进

行存储。移动客户端或PC端从云服务器调取数据信息。经实验验证，本研究成果应用使边缘计算设备通过获得数据产生的时间，所有采集设备保持高精度时钟同步，同步误差不大于 $1\mu s$ ，边缘计算设备在区域内实现同时采集与同时控制的功能。

4 系统功能实现原理研究

4.1 数据采集网络拓扑

边缘计算设备采用“恩易通”EOE总线交换机通过RS485总线接口、Modbus协议对智能仪表进行数据采集。不同于串口服务器等传统总线采集设备，总线交换机之间使用光纤或以太网线串联，在尾端环回到边缘计算设备组成环形采集网络。总线交换机将RS485总线数据转换成以太网格式数据发送给边缘计算设备。边缘计算设备与总线交换机采用以太网连接。EOE总线交换机采用RS485接口与智能仪表连接，每台总线交换机具备6个RS485接口，即可接入6条总线，每条总线实际可挂载约20台智能仪表。每个区域最多可使用256台总线交换机。一台边缘计算设备通过总线交换机可采集1536条总线数据。EOE总线交换机通过对总线交换机端口的配置将不同总线交换机下的总线虚拟成一条总线。EOE总线交换机A的4000端口、总线交换机B的4000端口以及其他总线交换机的4000端口形成一条虚拟总线。所有4000端口与边缘计算设备的虚拟4000端成为了一条虚拟总线，与用传统铜缆连接起来的总线实现相同的通信功能。移动边缘计算（Mobile Edge Computing, MEC）技术的出现可以将基于云的服务扩展到网络边缘，在终端设备附近提供计算、通信和存储服务，通过任务卸载的方式实现更低的时延与能耗。EOE新型总线交换机数据采集网络节省大量的铜缆铺设，大大降低整个系统物料成本及施工难度。灵活的部署方式使总线

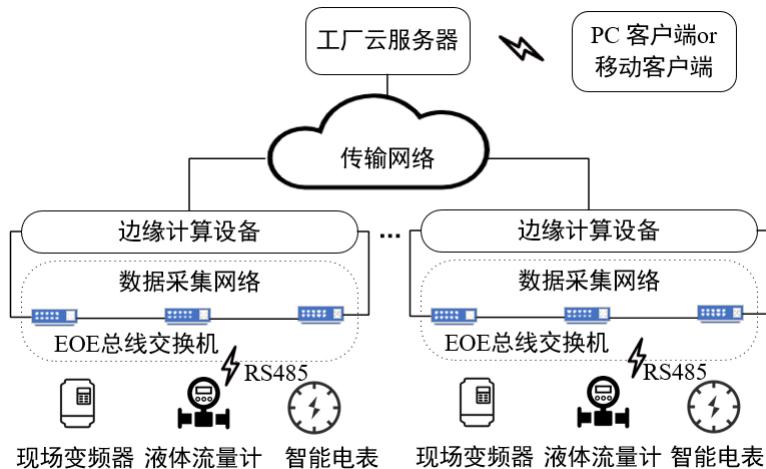


图1 基于边缘计算的智能仪表新型总线系统图

采集能够真正与以太网设备无缝融合，增加边缘计算设备的采集面积和工作效率，提升边缘计算设备采集点的容量。

4.2 数据采集时间属性

本研究提出的一个区域内的EOE新型总线交换机具备时钟同步功能，将所有EOE新型总线交换机的时间进行统一，实现误差小于500ns的精准时钟同步。EOE总线交换机具备统一时钟后，EOE总线交换机为每一个采集到的数据增加时间标签。时间标签以1ns的刻度进行标识，此时间标签在距离数据产生端最近的位置产生，基本等同于数据的产生时间。以往的边缘计算中，实时数据库对数据是以边缘计算设备本身的时钟进行时间标识的，但这个时间不是数据产生的时间，数据经过采集网络和设备的时延是不确定的，所以用边缘计算获取数据的时间不能反映数据产生的时间。EOE新型总线交换机为数据增加时间标签使边缘计算设备能够更精准地分析整个区域的智能仪表数据动态。

4.3 “拍照”式数据采集

EOE新型总线交换机通过时间标签功能呈现智能仪表数据产生的时间属性。边缘计算设备如果每一次采集动作所获取的数据是同一时刻的状态数据，让边缘计算设备对整个系统内对在这一时刻的状态进行更直观的分析，一张照片上的所有影像是这些物体在同一时刻的状态，类似“拍照”的效果。边缘计算设备以“拍照”的采集方式对设备进行同步数据采集，对其计算效率、数据建模、判断精准度都具有重要价值。要实现“拍照”式的数据采集效果，采集指令就必须同时到达各个被采集设备，从而实现“同时采”。边缘计算服务器通过现场总线接入系统与现场的智能仪表进行通信，通过以太网上网方式将智能仪表数据传输至仪表管理云平台，实现工业现场网络与云平台网络的互联互通，提供高效稳定的数据传输和安全可靠的设备远程管理服务。边缘计算分析完状态数据后执行相应的控制指令，调整整个智能工厂系统的生产状态。此时，很多设备需要协同工作实现“同时控”。新型EOE总线交换机的时钟同步和对数据时间标签的处理能力实现“同时采”与“同时控”。

5 实验结果

实验测试证明，所有EOE总线交换机完成精准时钟同步。边缘计算设备通过软协议获取EOE新型总线交换机的时钟信息。边缘计算设备在发送采集命令时增加目标时间字段，EOE总线交换机严格根据目标时间下发采集命令。“同时控”与“同时采”的实现方法一致，核心原理就是边缘计算设备给控制指令增加目标时间，EOE总线交换机按照目标时间下发数据。采集指令按照500ms周期进行“拍照式”数据采集，总线交换机会严格按照500ms间隔向智能仪表的输出端口发送采集指令。本研究成果应用使边缘计算设备通过获得数据产生的时问对所有智能仪表采集设备保持误差不大于1μs的高精度时钟同步，边缘计算设备在区域内实现同时采集与同时控制的功能。

6 结语

本研究通过将边缘计算设备与新型总线通信技术相结合，降低了网络协同制造以及智能工厂环境状态数据采集、分析、控制系统设计难度和部署成本，更好地发挥边缘计算设备的实时性和灵活性。智能仪表采集网络对数据的时间标识扩展了边缘计算设备的功能，在提升边缘计算设备的负载能力的同时，使其对工厂环境状态建立更精细的状态模型。通过EOE新型总线交换机实现智能仪表“拍照”式的数据采集也为边缘计算设备拓展了更多的应用价值。智能仪表智能化程度仍处于初级阶段，部分特殊工艺对于智能化仪表具有较高需求，当前已经提出了小波理论、遗传算法、混沌理论、神经网络等智能化理论，具有潜在基础应当加大力度开发高级智能仪表。未来，随着中国数字经济、工业互联网的高速发展和新型应用的出现，边缘计算将逐步形成微云、雾计算和多接入边缘计算架构，边缘计算系统将为网络协同制造和智能工厂的生产提供更广泛的应用及更高的经济价值。

参考文献：

- [1] 包可乐,沈东,吕祎.5G+MEC技术在智慧工厂组网中的应用分析[J].数字通信世界,2023(08):142-144.
- [2] 何文正.PLC通过MOXA实现智能仪表的数据采集与监控[J].自动化应用,2022(04):75-78.
- [3] 冯冰艳,代超仁,晏曼等.边缘计算微服务操作系统的应用与设计[J].智能制造,2023(04):36-40.