# 团体标准《泛在操作系统 第2部分：工业物联应用框架定义》（征求意见稿）编制说明

## 一、工作简况

### （一）任务来源

本课题属于国家重点研发计划“先进计算与新兴软件”专项。中国电子商会于2024年11月18日发布关于《泛在操作系统》系列标准立项的公告，《泛在操作系统 第2部分：工业物联应用框架定义》团体标准正式立项，项目编号为CECC 2024-4-067。

针对工业物联网场景中的多节点设备管理、实时数据处理、智能控制与自适应调度等关键问题，目前尚缺乏统一、明确的应用框架定义。本标准致力于通过对工业物联场景下感、联、知、控框架结构体和接口的定义，指导工业现场设备、边缘计算单元及云端管理平台的统一应用开发。

### （二）协作单位

本标准起草单位：北京大学、浙江省北大信息技术高等研究院。

本标准起草人：郭耀、曹东刚、薛栋梁、范志强、雷瀚文、高秉玉、黄瑞哲、李少飞、张照博。

### （三）主要工作过程

1. **预研阶段**
   * 课题组围绕工业物联网的核心需求进行了深入调研，重点分析了工厂环境下多种异构设备的资源管理和调度难题；工业控制系统（PLC、SCADA）与泛在操作系统的适配性；边缘计算、实时任务管理、低功耗设备兼容性等关键技术难点。
   * 通过对国内外工业物联网操作系统、嵌入式系统、实时控制架构的研究，课题组梳理了泛在操作系统在工业环境中的核心技术方向，并制定了详细的技术路线图。
2. **起草小组组建**
   * 根据各单位的专业优势和技术特长，组建了由操作系统专家、工业控制工程师、AI研究人员、网络通信工程师等多学科背景人员构成的起草小组，确保研究工作的多学科交叉融合，提高课题成果的可落地性和实用性。
   * 明确了起草小组各成员的职责和分工，确保标准起草工作有序进行。
3. **标准起草**
   * 2024年6月，起草小组开始起草《泛在操作系统 第2部分：工业物联应用框架定义》。
   * 标准起草过程中，重点考虑了：工业物联网环境的多样性（PLC、传感器、嵌入式设备、云计算平台）；资源抽象方式、工业通信协议适配、实时任务管理等关键问题；跨平台、跨设备的可扩展性，确保系统适用于不同工业场景。
   * 针对工业物联泛在操作应用开发实现所需的系统接口、不同应用框架协同、跨平台互联互通以及开发工业物联应用进行了详细的规定，以确保通过该标准能够实现工业物联泛在操作系统设计规范的标准化，为应用程序提供统一的开发服务。
4. **内部评审与修改**
   * 2024年10月形成标准初稿。各起草单位代表对标准初稿进行了细致的审查，从技术准确性、内容完整性、条款合理性、语言规范性等多个方面提出了修改意见和建议，起草小组根据内部审查意见进行修改完善。
   * 2024年11月通过团标立项评审。
   * 2025年3月形成标准征求意见稿。起草小组根据专家评审意见，对标准进行了修改完善，进一步优化了标准的结构和内容。

## 二、标准编制原则和确定标准主要内容的依据

### （一）编制原则

1. **科学性原则**
   * 本标准基于工业物联网的核心技术需求，涵盖泛在计算、边缘智能、工业控制、异构设备互联等关键技术，确保标准内容准确反映工业物联环境下泛在操作系统的体系架构和功能要求。标准起草过程中，参考了国内外在工业物联网操作系统、实时控制、工业通信协议等领域的最新研究成果，确保其科学严谨。
2. **实用性原则**
   * 结合工业现场的实际应用需求，标准重点关注感知全面化、连接泛 在化、通信多样化、认知实时化、控制柔性化、终端智能化、计算 边缘化等关键问题。通过明确系统架构、软硬件兼容性、接口规范，指导工业企业和系统开发者在工业物联网环境下高效部署泛在操作系统，提高工业自动化和智能化水平。
3. **协调性原则**
   * 充分考虑与现有国家标准、行业标准以及国际标准的协调性。在制定过程中，对相关标准进行了深入研究，避免与现有标准产生冲突，并尽量采用已有的通用技术术语和定义，确保本标准能够与其他相关标准相互衔接、配套使用。
4. **前瞻性原则**
   * 在满足当前工业物联网需求的基础上，标准充分考虑未来工业自动化、智能制造的发展趋势，为智能边缘计算、AI驱动的预测性维护、自适应工业控制等新兴技术的落地预留空间。例如，在设备自组网、智能传感器、工业控制元、低功耗计算、空中升级等方面采用了灵活的架构设计，以适应未来工业领域的新应用场景和技术发展。

### （二）确定标准主要内容的依据

1. **技术需求分析**
   * 通过对工业物联网领域的深入研究和实际应用场景分析，标准明确了泛在操作系统在设备管理、数据处理、智能调度等方面的关键作用。例如，支持多种工业传感器、PLC、嵌入式计算设备的统一管理；保障工厂设备实时任务调度、低时延响应；在边缘端处理数据，减少对云端的依赖，优化设备智能化水平。
2. **行业最佳实践**
   * 借鉴了行业内在工业物联网操作系统应用方面的最佳实践经验。各起草单位在工业自动化、智能制造、实时控制等方面积累了丰富的技术和应用经验，这些经验在标准制定过程中得到了充分体现。例如，在设备管理与互通方面，参考了部分企业在智能工厂和生产调度系统中的实际需求和实现方式，确保标准内容具有可操作性和实用性。
3. **相关标准参考**
   * 参考了国内外相关的网络安全标准、信息技术标准以及标准化文件的结构和起草规则等标准。如GB/T 1.1 - 2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》为本标准的结构和起草提供了规范依据；同时，还参考了部分工业物联与操作系统设计的相关规定，使本标准在内容上与国际标准接轨，提高了标准的通用性和国际认可度。

## 三、主要试验（或验证）的分析、综述，技术经济论证，预期的经济效果

### （一）主要试验（或验证）的分析、综述

1. **接口功能验证**
   * 在标准制定过程中，部分起草单位对泛在操作系统的核心功能进行了初步试验验证。通过搭建模拟工业物联网环境，对标准中规定的资源抽象、设备管理、边缘智能、工业控制等功能进行试验验证。试验结果表明，按照标准定义的系统架构和接口要求，能够有效支撑工业场景中的设备管理、数据交互和智能控制，满足工业物联网的应用需求。
   * 在接口功能验证过程中，发现了一些在实际应用中可能出现的问题，如部分接口在跨平台调用时存在性能损耗的情况。针对这些问题，起草小组对标准中的接口参数和调用方式进行了优化调整，以提高接口的性能和稳定性。
2. **接口一致性验证**
   * 为验证本标准在工业物联网环境中的适用性，起草单位选取了多种类型的工业传感器、PLC 控制器、边缘计算设备进行测试，确保不同厂商、不同协议的设备能够按照标准要求进行互联互通。测试结果表明，在标准规定的网络协议（如 MQTT、OPC UA、Modbus）下，各类设备均可稳定通信，确保数据可靠传输和远程控制的可行性。

### （二）技术经济论证

1. **技术可行性**
   * 从技术角度来看，本标准是基于工业物联网操作系统、实时计算、边缘 AI、工业自动化控制等成熟技术，结合工业领域的实际应用场景制定。在标准起草过程中，通过多轮功能验证、互联兼容性测试、性能评估，证明本标准在工业环境下的技术可行性，为企业构建工业级泛在操作系统提供技术指导。
2. **经济合理性**
   * 本标准的实施将有效降低工业企业的开发、集成和运维成本。通过实现工业物联网设备与泛在操作系统的标准化适配，可减少设备兼容性问题，提高跨厂商设备的互操作性，降低企业定制化开发的成本。同时，边缘计算与智能调度的优化，有助于减少数据传输带宽和云计算资源消耗，降低长期运营成本。例如，工厂在进行工业物联数字化建设时，无需针对不同的硬件和软件平台重新开发安全服务接口，可直接按照本标准进行接口的对接和集成，从而节省大量的人力、物力和财力资源。

### （三）预期的经济效果

1. **提高产业竞争力**
   * 本标准的制定和实施将促进工业物联网操作系统领域的技术发展，提高国内企业在工业自动化、智能制造、边缘计算等领域的国际竞争力。通过标准化泛在操作系统的关键技术和应用模式，降低企业间的技术壁垒，提升工业物联网相关产业的整体技术水平，并为智能工厂建设提供统一的技术规范。
2. **推动行业发展**
   * 预期本标准的实施将促进工业物联网产业的规范化发展，为泛在操作系统的研发、部署和应用提供统一的技术参考。标准的推广将增强行业内不同企业、机构之间的协同效应，提高工业物联网应用的兼容性和可扩展性，同时促进工业数据的共享与智能化升级。
3. **降低社会成本**
   * 本标准的实施有助于提升工业设备的资源利用率和管理效率，减少重复建设和资源浪费，降低社会整体运营成本。通过标准化泛在操作系统的资源抽象、应用开发和运行支撑方式，企业能够更高效地复用已有的技术基础设施，减少定制化开发的投入。同时，标准的推广可提升工业设备的远程维护能力，降低因设备故障导致的生产损失，提高企业运营效率。

## 四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国内同类标准水平的对比情况

### （一）采用国际标准和国外先进标准的程度

本标准的制定充分借鉴了国际工业物联网、边缘计算、工业自动化领域的先进标准，确保其技术规范与国际接轨。

### （二）与国际、国内同类标准水平的对比情况

1. **与国际同类标准对比**
   * 目前，国际上关于工业物联网、边缘计算、实时控制系统的相关标准较多，但尚未形成针对工业物联网泛在操作系统的统一标准。本标准在结合国内工业物联网应用需求的基础上，对设备管理、数据处理、智能调度等方面进行了详细规范，使其更符合工业控制与智能制造的复杂应用场景。同时，本标准在接口一致性、跨平台互联互通等方面的规定具有一定的创新性，与国际同类标准相比，具有鲜明的特色和优势。
2. **与国内同类标准对比**
   * 本标准在继承现有国内标准的基础上，进一步优化了工业设备管理、边缘计算适配、实时任务调度等内容，使其更适用于工业物联网环境下的泛在操作系统。面向工业物联网泛在计算环境的操作系统架构设计，支持多种工业设备和通信协议；提供端-边-云协同计算框架，优化数据流转效率，降低工业系统的计算负载；定义标准化的资源管理与任务调度机制，增强工业生产过程的智能化和自动化能力。本标准填补了该领域的标准空白，为国内工业企业提供统一的技术规范。

## 五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

本标准在制定过程中，严格遵循我国现行的法律法规要求，确保标准内容符合工业物联网、数据管理及智能制造等相关政策规定，并与现行的强制性标准保持协调一致。在工业物联网泛在操作系统领域，本标准作为现有标准体系的补充和完善，针对设备管理、边缘计算、工业控制等关键技术提供具体的标准依据。通过与其他强制性和推荐性标准的协同，本标准共同构建完整的工业物联网操作系统与安全管理体系，为我国智能制造与工业互联网发展提供全面的技术支持。

## 六、重大分歧意见的处理经过和依据

在本标准的起草过程中，未出现重大分歧意见。起草小组成员在标准的编制原则、主要内容、试验验证等方面基本达成一致。对于一些小的意见分歧，如部分接口参数的取值范围、参数设置等问题，通过查阅相关技术文献、进行内部技术讨论以及参考实际应用经验等方式，最终达成了共识。

## 七、标准作为团体标准的必要性

1. **满足特定行业需求**
   * 在工业物联网与智能制造领域，工业物联设备的资源管理、实时调度、泛在操作系统的应用开发的标准化是提升工业自动化智能化水平的关键。本团体标准专门针对这一特定领域的需求制定，能够满足工业制造企业、设备供应商、工业自动化系统集成商等行业主体在工业物联网泛在操作系统架构、设备管理、数据通信及边缘智能等方面的需求，为行业发展提供技术支持。
2. **促进技术创新与交流**
   * 作为团体标准，本标准将为工业物联网和智能制造领域的企业和研究机构提供一个统一的技术交流平台。通过制定和推广本标准，能够促进企业之间在工业物联网操作系统架构、边缘计算、设备资源管理等方面的创新与交流，鼓励企业在遵循标准的基础上开展技术研发和应用实践，推动行业整体技术水平的提升。
3. **填补标准空白**
   * 在我国现行的标准体系中，针对工业物联网泛在操作系统的标准相对较缺乏，现有标准主要聚焦于物联网通信协议、设备互联等方面，而缺乏针对工业物联网操作系统的体系架构、现场计算、边缘智能等内容的标准化规范。本团体标准的制定将填补这一空白，完善我国智能制造与工业互联网的标准体系，为工业物联网技术的发展提供更全面、系统的标准依据。

## 八、贯彻标准的要求和措施建议

### （一）贯彻标准的要求

1. **宣传推广**
   * 积极开展本标准的宣传推广工作，通过举办标准宣贯会、技术研讨会等形式，向工业物联 相关企业、机构介绍本标准的内容、意义和作用，提高标准的认知度和影响力。
2. **培训教育**
   * 组织开展针对本标准的培训教育活动，邀请标准起草专家对相关人员进行培训，使其深入理解标准的技术内容和实施要求，为标准的贯彻实施提供人员保障。
3. **示范应用**
   * 鼓励部分有条件的会员单位率先开展本标准的示范应用，通过实际应用案例展示标准的可行性和有效性，为其他企业和机构贯彻实施标准提供借鉴经验。

### （二）措施建议

1. **建立监督机制**
   * 建立标准贯彻实施的监督机制，定期对会员单位和相关企业的标准执行情况进行检查和评估，确保标准得到有效贯彻实施。
2. **反馈与改进**
   * 在标准贯彻实施过程中，建立反馈渠道，及时收集企业和机构在应用标准过程中遇到的问题和意见，以便对标准进行适时的修订和完善，提高标准的适应性和实用性。

## 九、废止现行有关标准的建议

本标准为新制定的团体标准，不存在废止现行有关标准的情况。

## 十、其他应予说明的事项

无。