ICS 33.040.40
CCS L 78

T/CASME

中 国 中 小 商 业 企 业 协 会 团 体 标 准

T/CASME XXXX—XXXX

数字孪生多途径读写设备数据双向通信系统规范

Specification for data bidirectional communication system for digital twin multi-channel reading and writing devices

（征求意见稿）

2023－XX－XX 发布　　2023－XX－XX 实施

中国中小商业企业协会　　发 布

前　　言

本文件按照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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由武汉乐吾乐科技有限责任公司提出。

本文件由中国中小商业企业协会归口。

本文件起草单位：武汉乐吾乐科技有限责任公司、武汉嘉诚嘉图自动化科技有限公司、XXX。

本文件主要起草人：吴克兵、吴克伟、何津津、安晋、XXX。

数字孪生多途径读写设备数据双向通信系统规范

1 范围

本文件规定了数字孪生多途径读写设备数据双向通信系统规范的术语和定义、数字孪生概念模型、系统结构与功能模块、双向通信流程及要求、性能要求、运行测试。

本文件适用于数字孪生多途径读写设备数据双向通信系统的设计开发。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 29831.3 系统与软件功能性第3部分：测试方法
GB/T 29832.3 系统与软件可靠性第3部分：测试方法
GB/T 29833.3 系统与软件可移植性第3部分：测试方法
GB/T 29834.3 系统与软件维护性第3部分：测试方法
GB/T 29835.3 系统与软件效率第3部分：测试方法
GB/T 29836.3 系统与软件易用性第3部分：测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数字孪生 digital twin

指将物理实体镜像映射到虚拟空间，生成一个“数字双胞胎”，在虚拟空间中的克隆体可以通过物联网实现数据实时双向互联互通，反映对应物理实体的全生命周期过程，在整合底层数据信息的基础上进行仿真预测，为优化决策赋能。数字孪生的关键技术包括建模、渲染、仿真及物联网。

3.2

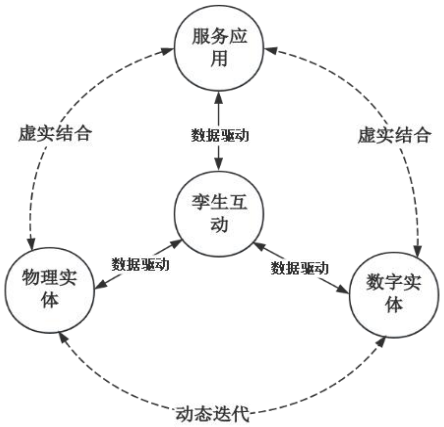
双向通信 two-way communication

指传输数据的方向是可以在多个方向上流动的一种通信方式。两个设备或终端之间发送和接收方向可以是双向的，而不一定只有一个接收一个发送。双向通信可以在系统的表示方式上节约时间，可以根据不同的命令更有效的传输数据，从而更有效的控制远程设备。

4 数字孪生概念模型

数字孪生的概念模型见图1，孪生互动基于数据驱动实现物理实体、数字实体、服务应用之间的虚实结合及动态迭代。具体如下：

a) 数据驱动：包括数据采集、分析以及基于数据的决策和执行，并在迭代优化中形成知识。
b) 虚实结合：通过物理实体和数字实体之间双向映射、动态交互与实时连接等手段，提供可视化、仿真、预测等服务应用。
c) 动态迭代：数字实体实时接收物理实体的数据以实现迭代优化；物理实体实时接收数字实体的反馈以实现辅助决策。



说明：
◄——► 信息交互
◄- - -► 逻辑关系

图1 数字孪生概念模型

5 系统结构与功能模块

5.1 系统结构

本文件所规定的数字孪生多途径读写设备数据双向通信系统（以下简称系统）的结构见图2。系统主要分为前端数据接收模块、前端数据统一处理模块、前端消息事件交互模块、前端数据分发模块、后台数据接收模块、后台数据统一处理模块、后台消息事件交互模块和后台数据分发模块等功能模块。

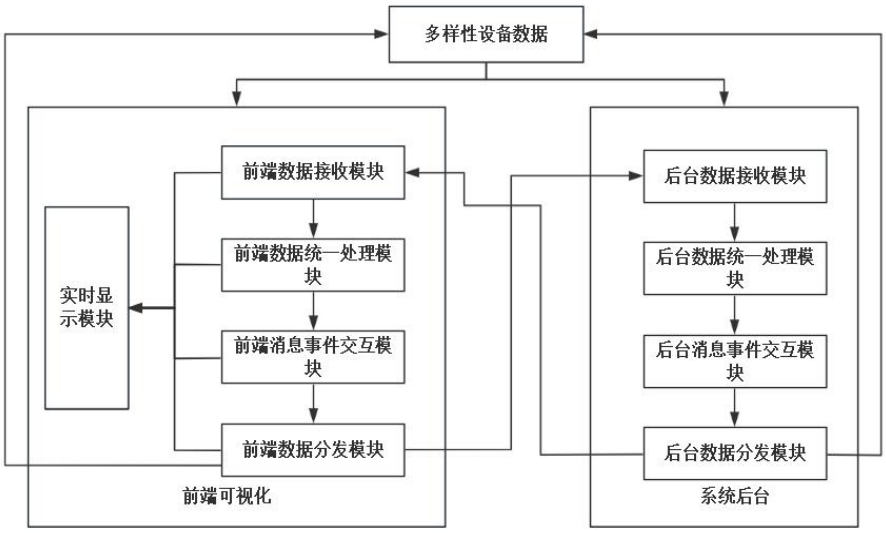


图2 数字孪生多途径读写设备数据双向通信系统结构图

5.2 前端数据接收模块

接收多样性设备的数据和后台数据分发模块发送的数据，并对前端接收的数据进行身份鉴权、甄别过滤噪音数据和格式判断。

5.3 前端数据统一处理模块

将前端接收的数据中不是标准格式的数据格式进行统一转换，转换成标准格式的数据，并将标准格式的数据发送给前端消息事件交互模块。

5.4 前端消息事件交互模块

接收标准格式的数据并更新消息事件，通知对应的模块处理消息事件，并判断所述消息事件是否满足触发事件条件得到判断结果，根据判断结果执行相应操作。

5.5 前端数据分发模块

将前端满足触发事件的数据发送出去。

5.6 后台数据接收模块

接收多样性设备的数据和前端数据分发模块发送的数据，并对后台接收的数据进行身份鉴权、甄别过滤噪音数据和格式判断。

5.7 后台数据统一处理模块

将后台接收的数据中不是标准格式的数据进行统一转换，转换成标准格式的数据，并将标准格式的数据发送给后台消息事件交互模块。

5.8 后台消息事件交互模块

接收标准格式的数据并更新消息事件，通知对应的模块处理消息事件，并判断所述消息事件是否满足触发事件条件得到判断结果，根据判断结果执行相应操作。

5.9 后台数据分发模块

将后台满足触发事件条件的数据发送出去。

6 双向通信流程及要求

6.1 方法流程示意图

方法执行详细流程图见图3。

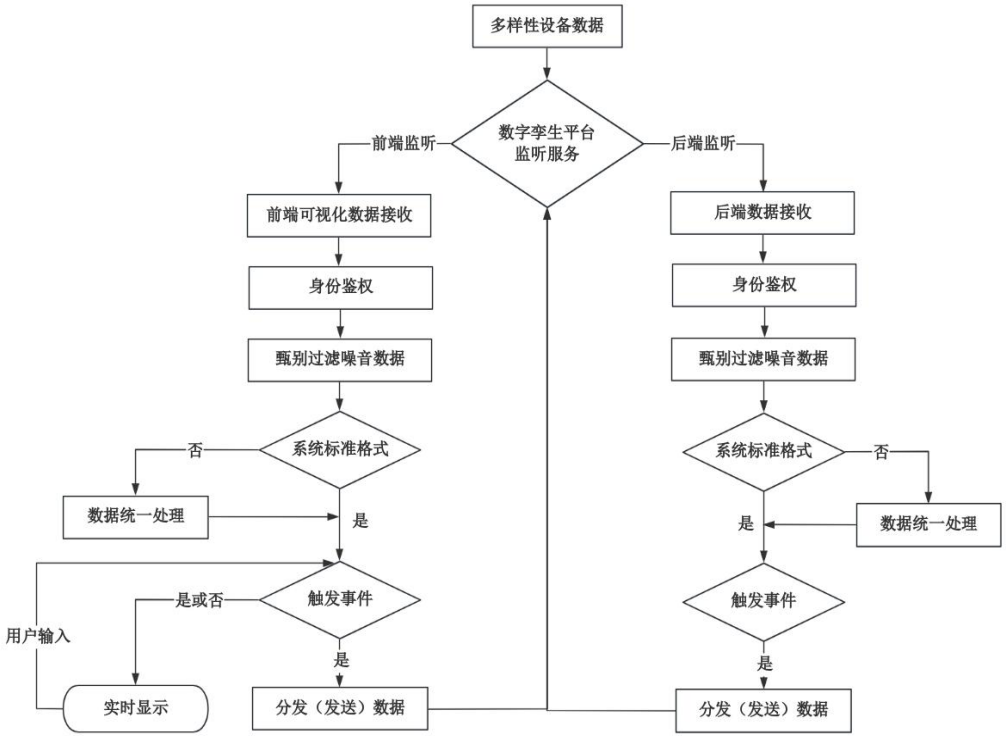


图3 系统双向通信方法执行流程图

6.2 流程要求

6.2.1 多样性设备应为物联网数字孪生设备。

6.2.2 将设备接入系统网络以获取数据，或将设备接入计算机接口以获取数据。
6.2.3 系统应支持前端数据接收模块和后台数据接收模块同时接收多样性设备发送的处理数据，前端模块和后台模块自身能处理的直接处理；模块自身不能处理的数据，由其他能识别的模块处理后分发。
6.2.4 多样性设备数据应实现与前端的可视化通信。
6.2.5 多样性设备数据由后台数据处理转化为内部数据后分发给其他后端模块或前端模块。
6.2.6 多后端和多前端协同合作，共同接收处理分发数据。
6.2.7 前端数据接收模块接收数据应具备被动接收数据和主动轮询查看数据两种方式，其中主动轮询查看数据是一种数据监听方式。
6.2.8 前端监听协议和后端监听协议应支持但不限于 HTTP（超文本传输协议）、WebSocket（双向通信协议）、MQTT（消息队列遥测传输）、Modbus（串行通信协议）、OPC（工业标准协议）、Siemens S7（西门子协议 S7）、GPS（全球定位系统）等。
6.2.9 系统标准数据格式为标准化的 JSON 数据格式（轻量级数据交换格式），格式化检测单元应根据数据的关键特征码判断数据格式是否为系统内部标准格式，非标准格式的外部数据应由数据统一处理模块处理转换为统一的数据格式。
6.2.10 系统通过注册中间件的方式扩展支持不同协议和格式的数据转换。
6.2.11 系统内部事件列表的事件类型包括但不限于数据分发、历史数据保存等。
6.2.12 前端消息事件交互模块将数据发送给实时显示模块根据预先设定的规则进行实时显示。
6.2.13 实时显示模块属于人机交互模块，用于监听前端输入事件、网络消息事件、条件触发事件等。
6.2.14 网络广播数据和无差别设备上报数据存在不同，接收到的数据应经过数据甄别单元提前甄别过滤，舍弃掉非订阅、非系统所需的数据，以提升系统性能和稳定性。
6.2.15 前端数据分发模块根据预先配置的通信配置、自定义独立的数据发送服务，发送数据。
6.2.16 后台数据分发模块根据订阅的数据服务发送数据。

7 性能要求

7.1 数据采集

7.1.1 数据来源

7.1.2 几何参数的数据应为设备的基本参数，如材料特性、关键尺寸、公差、表面粗糙度、密度、硬度以及零件之间的装配关系等，可从设计阶段获得。
7.1.3 设备工作状态的书记采集应通过所附的传感器采集机械设备在工作过程中的各项参数，如电压、电流、扭矩、压力、位移速度、加速度等。
7.1.4 影响物理系统运行的环境数据采集应包括环境温度、大气压力和湿度水平等。

7.1.5 传感器技术

7.1.6 传感器种类的选择、传感器的安装位置和传感器的组合应保证系统中多个传感器单元之间的时间同步。
7.1.7 传感器的选用宜选择可测量功率的电流传感器、测量振动的加速度传感器、测量力的测力计和声发射传感器等。

7.1.8 物联网

物联网是一个将多种“事物”进行整体整合的互联网。物联网可以专注于数字孪生多样性设备的数据采集，是实现数字孪生的一项关键技术。数字孪生可以降低物联网系统的复杂性，数字孪生将物理系统克隆到虚拟系统的能力与物联网技术的传感和驱动能力有关。物联网框架中的数字孪生体模型见图4，数字孪生部分1应在采集设备/网关层形成，侧重于实时数据处理、信息提取和实时优化；数字孪生部分2应在云中形成的，侧重于数据分析，以支持远程业务应用。数字孪生部分1和数字孪生部分2共同构成设备的一个数字孪生体。

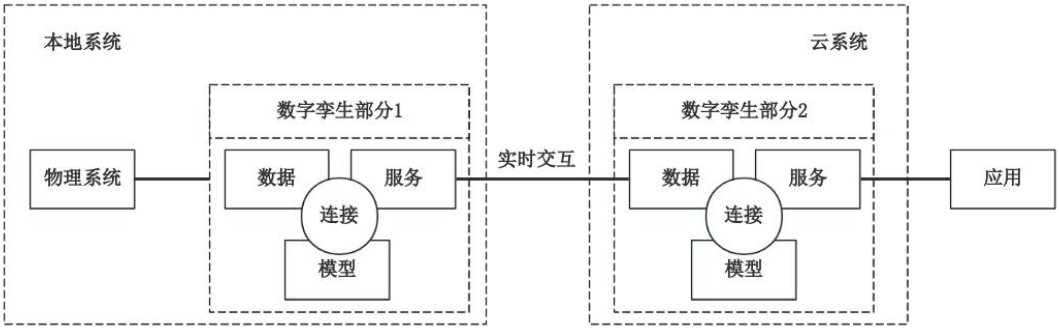


图4 物联网框架中的数字孪生体模型图

7.2 数据传输

7.2.1 系统通信接口应支持但不限于 OPC-UA（OPC 统一体系架构）、MQTT（消息队列遥测传输）和 MTConnect（数控设备互联通讯协议）等协议，可根据信息传输的需要选择对应的协议。
7.2.2 宜采用部署高速网络连接（例如 5G、光纤通道协议等）和数据压缩的方法减少通信延迟。
7.2.3 通过构建延迟域捕获底层现象的动态，以降低延迟对数字孪生体的影响。
7.2.4 数据采集程序应通过从时变误差数据传输模型中获取误差值来确定误差补偿值，规避延迟对数字孪生体的影响。

7.3 数据存储

7.3.1 数据采集后的储存方案分为内部存储和云端存储，应根据需要选择合适存储方式，确保数据存储的安全和取用的灵便。
7.3.2 应采用分布式数据库（如区块链等）记录已执行的数字实践，以点对点的方式在参与者之间共享，实现服务协同中的数据同步和加密等功能。

7.4 数据处理

7.4.1 采样的原始数据应经由数据接收模块对数据进行身份鉴权、甄别过滤噪音数据和格式判断，再移交数据统一处理模块进行处理转换。
7.4.2 宜选用低通滤波器去除信号噪音，通过补偿漂移（如补偿温度变化）减少低频的频率和负载频率。
7.4.3 应对采样的原始数据进行平滑处理，减小干扰信号对数据的影响。
7.4.4 多源异构数据应融合后集成在一起计算，融合的级别可选择：

a) 数据级别：如果多传感器数据是可加的，则可以进行直接数据融合。直接数据融合包括但不限于经典推理、卡尔曼滤波和加权平均法等估计方法；
b) 特征级别：取数据中的特征向量，并基于特征向量进行融合，例如将不同传感器的信号特征组合为特征向量；
c) 决策级别：处理每一个传感器的数据并做出判断，最后对所有决策进行融合，数字孪生设备的故障数据、维修数据等可以在决策层实现，用于决策支持。

8 运行测试

8.1 测试环境

系统测试时集群节点应大于3，并保持测试环境的网络通畅。

8.2 测试范围

测试范围应包括系统功能测试和和非功能性测试。对集成后的系统从业务以及功能角度进行测试并根据需要对同一信息平台进行非功能性测试，非功能性测试包括性能测试、负载测试、压力测试等。其中，性能测试是通过性能测试工具模拟正常场景、正常峰值、异常负载对产品的各项性能指标进行测试。从客户端、网络、服务器三方面，采用LoadRunner（负载测试工具）等专业辅助工具进行性能测试。

8.3 测试方法

8.3.1 功能性

系统功能性应按照GB/T 29831.3的方法进行测试。

8.3.2 可靠性

系统可靠性应按照GB/T 29832.3的方法进行测试。

8.3.3 可移植性

系统可移植性应按照GB/T 29833.3的方法进行测试。

8.3.4 维护性

系统维护性应按照GB/T 29834.3的方法进行测试。

8.3.5 效率

系统效率应按照GB/T 29835.3的方法进行测试。

8.3.6 易用性

系统易用性应按照GB/T 29836.3的方法进行测试。