

ICS 25.040

CCS J 28

CEEIA

中国电器工业协会标准

CHINA ELECTRICAL EQUIPMENT INDUSTRY ASSOCIATION STANDARD

T/CEEIA XXXX—XXXX

建筑机器人通信架构及协议导则

Construction robot communication architecture and protocol guide
rule

（征求意见稿）

2023 – XX – XX 发布

2023 – XX – XX 实施

中国电器工业协会 发布

中国电器工业协会（CEEIA）是在平等、自愿基础上，由全国电工装备制造、科研、院校、工程成套、销售、用户及相关企事业单位组成的全国性社会组织。按照专业分为发电设备、输变电设备、配电设备、用电设备、基础元件和材料五个领域。现有 42 个分支机构，6000 余家会员单位，分布在全国各地，涵盖电器工业所有领域。中国电器工业协会始终以振兴和发展我国电器工业，代表和维护全行业共同利益和会员合法权益为宗旨，在政府和会员之间发挥“纽带”和“桥梁”的作用。

制定中国电器工业协会团体标准，是推动行业可持续发展，满足企业需要，推进企业技术进步，也是协会重要工作之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国电器工业协会团体标准的建议并参与有关工作。

中国电器工业协会团体标准按照《中国电器工业协会团体标准制定工作管理办法》进行制定、发布和管理。标准中有关的知识产权问题，按照《中国电器工业协会团体标准知识产权管理办法》进行管理。

在标准实施过程中，如发现需要修改或完善之处，请联系中国电器工业协会标准化工作委员会秘书处。

本标准由中国电器工业协会制定发布，其版权归中国电器工业协会所有，任何组织和个人未经中国电器工业协会同意，不得印刷、销售。考虑到本标准中某些条款可能涉及的专利，中国电器工业协会不负责对任何类别专利权的鉴别。

中国电器工业协会地址：北京市丰台区南四环西路 12 区 30 号楼

邮政编码：100070 电话：010-68171344 传真：68244802

网址：www.cceia.com

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号和缩略语 2

5 系统框架 2

6 通信对象 2

7 通信内容 3

 7.1 管理系统与机器人任务调度系统 3

 7.2 机器人任务调度系统与机器人系统 3

8 通信方式 4

 8.1 基本要求 4

 8.2 管理系统与机器人任务调度系统 5

 8.3 机器人任务调度系统与主控系统 5

 8.4 主控系统与机器人及附属装置 8

9 信息安全 8

附录 A （资料性） 机器人任务调度系统与主控系统接口示例..... 9

参考文献 12

前 言

本文件参照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》及T/CEEIA 270—2017《CEEIA标准编写指南》给出的规定编写。

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。

本文件由中国电器工业协会标准化工作委员会提出。

本文件由中电协电气场所用机器人安全与检测标准化专业委员会归口。

本文件起草单位： XXX。

本文件主要起草人： XXX...

本文件为首次发布。

建筑机器人通信架构及协议导则

1 范围

本文件规定了建筑机器人的通信系统框架、通信对象、通信内容、通信方式及信息安全要求。
本文件适用于建筑机器人的研发和应用集成。

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 22239—2019 信息安全技术网络安全等级保护基本要求
- GB/T 29825—2013 机器人通信总线协议
- GB 50311—2016 综合布线系统工程设计规范
- T/CEEIA 724—2023 建筑机器人分类

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

建筑机器人 construction robot

在建筑行业，用于勘测、施工、运维、拆除等环节作业的机器人。

[来源：T/CEEIA 724—2023，3.1]

3.2

机器人系统 robot system

建筑机器人与其他装置有机集成在一起形成的具备完成某种任务所需的各项功能的系统。

[来源：GB/T 38872—2020，3.2，有修改]

3.3

分部工程 divisional works

单位工程的组成部分，系按结构部位、路段长度及施工特点或施工任务将单位工程划分为若干个项目单元。

[来源：GB/T 50875—2013，2.1.9]

3.4

分项工程 work element

分部工程的组成部分，系按不同施工方法、材料、工序及路段长度等将分部工程划分为若干个项目单元。

[来源：GB/T 50875—2013，2.1.10]

3.5

信息安全 information security

保护系统所采取的措施，由建立和维护保护系统的措施而产生的系统状态，能够免于非授权访问和非授权或意外的变更、破坏或者损失的系统资源的状态。基于计算机系统的能力，能够提供充分的把握使非授权人员和系统既无法修改软件及其数据也无法访问系统功能，同时保证授权人员和系统不被阻止。防止对工业自动化和控制系统的非法或有害的入侵，或者干扰其正确和计划的操作。

注：措施可以是与物理（网络）安全（控制物理访问计算机的资产）或者逻辑（网络）安全（登录给定系统和应用的能力）相关的控制手段。

[来源：GB/T 30976.1—2014，3.1.14，有修改]

4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

- BIM：建筑信息模型（Building Information Modeling）
- HTTP：超文本传输协议（Hyper Text Transfer Protocol）
- UTF-8：8位统一码转换格式（8-bit Unicode Transformation Format）
- MQTT：消息队列遥测传输（Message Queuing Telemetry Transport）

5 系统框架

5.1 建筑机器人通信系统参考架构如图 1 所示。图 1 描述了通信系统的主要构成、子系统中的关键模块、各子系统之间的通信连接关系。

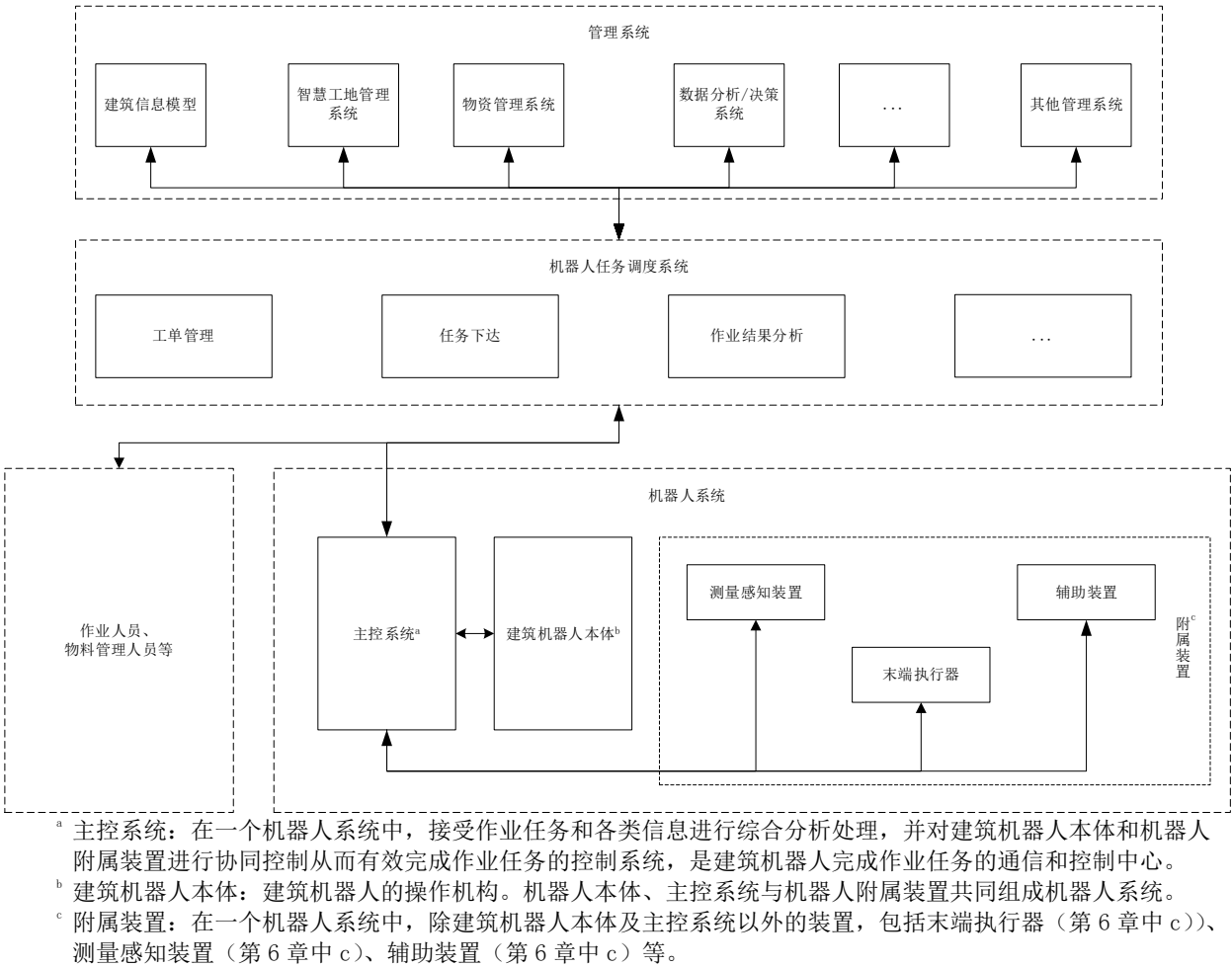


图1 建筑机器人通信系统参考架构

5.2 建筑机器人通信系统由管理系统、机器人任务调度系统、机器人系统三部分组成，各子系统具体模块见第6章。管理系统与机器人任务调度系统进行通信；机器人任务调度系统与人员管理系统、物料管理系统进行通信，并通过主控系统与机器人本体、机器人附属装置进行通信。

6 通信对象

通信对象分为管理系统、机器人任务调度系统和机器人系统三类：

- a) 管理系统包括但不限于：
 - 1) 基于 BIM 的智慧工地管理系统；
 - 2) 物资管理系统；
 - 3) 数据分析/决策系统。
- b) 机器人任务调度系统包括但不限于：
 - 1) 工单管理；
 - 2) 任务下发；
 - 3) 作业结果分析。
- c) 机器人系统中主要为主控系统与附属装置进行通信，包括：
 - 1) 主控系统
 - 2) 末端执行器；

示例：焊枪、喷枪、夹持装置、吸附装置、打磨装置、切制装置等

 - 3) 感知装置；

示例：距离传感器、温度传感器、湿度传感器、力传感器等。

 - 4) 辅助装置；

示例：导轨、转台、滑台，材料搅拌装置，材料运输装置、终端 APP 或其他外设等。

7 通信内容

7.1 管理系统与机器人任务调度系统

7.1.1 工程信息

- 工程信息包括：
- 工程概况；
 - 施工进度；
 - 单位工程；
 - 分部工程；
 - 分项工程；
 - 施工作业面信息；
- 注：施工作业面指表明施工对象上可能安置一定工人操作或布置施工机械的空间大小。
- 其他信息。

7.1.2 人员信息

- 人员信息包括：
- 人员身份信息；
- 示例：姓名、工号、性别、职务、角色、用户名、密码、指纹、用户权限。
- 人员任务信息；
- 示例：开始工作时间、结束工作时间、工作内容。
- 其他信息。

7.1.3 施工质量与工效信息

- 施工质量与工效信息包括：
- 质量信息；
- 示例：回弹强度、平整度、垂直度、蜂窝情况、麻面情况、孔洞情况、露筋情况、渗漏水情况...
- 工效信息；
- 示例：执行效率数据、用电量、用水量、材料消耗量...
- 其他信息。

7.2 机器人任务调度系统与机器人系统

7.2.1 上行信息

机器人上行信息应满足GB/T 38872—2020中7.1、7.4要求，信息内容包括：

——与状态有关的数据；

示例：急停、急停后待复位、保护性停止、初始化、电机断电、电机通电、机器人断电、机器人通电、运行周期、已运行时间、网络、未启动、运行中、错误、当前运行位置、已运行时间、机器人模块复位，故障恢复等任务控制。

——与运动有关的数据；

示例：运行模式、速度、倍率、加速度、位移、关节角度、末端位姿、全局坐标值、工具坐标值、用户坐标值、轨迹。

——与负荷有关的数据；

示例：力、扭矩、电流、电压、功率。

——与健康运行有关的数据；

示例：电机温度、振动幅度、振动频率、故障代码、故障信息、警告信息。

——作业信息；

示例：位置、姿态、位移、角度、距离、速度、加速度、轨迹、力、力矩、启动时刻、下步工作任务。

——自然环境信息；

示例：温度、湿度、气压、振动幅度、振动频率、噪声、照度、浓度。

——安全环境信息；

示例：障碍物位置、距离、移动速度、人员/动物/异物非法侵入。

——与日志有关的数据。

示例：日志信息、已使用时间、使用频次。

——其他信息。

7.2.2 下行信息

下行信息应满足GB/T 38872—2020中7.2的要求，信息内容包括：

——任务指令信息；

示例：启动、暂停、急停、中止等信息

——任务内容信息；

示例：程序号、程序、工作参数、刀具、焊枪、喷枪等信息

——任务时间信息；

示例：启动时刻、结束时刻、预计结束时刻、任务执行周期、执行次数等信息

——任务准备状态信息；

示例：初始化、准备就绪、未准备就绪、占用、空闲等信息

——任务数据信息

示例：作业场景地图，作业场景三维点云信息，作业面平整度，垂直度等数据。

——任务执行状态信息；

示例：暂停、急停、中止、结束等信息。

——任务执行过程监控信息；

示例：各类传感器采集的原始数据、传感器原始数据经分析计算后产生的有效数据...

——工单信息；

示例：工单编号、任务名称、下发时间、开始时间、完成时间、人员名称、物料名称、机器人编号...

——其他信息。

8 通信方式

8.1 基本要求

8.1.1 通信方式的选择和使用应考虑其应用场景、成本、可扩展性、可维护性等因素，并与其他系统和设备进行兼容性测试，以确保通信的连通性和稳定性，符合相关技术文件要求，确保通信质量和可靠性。

8.1.2 采用不同的通信方式时应遵循以下要求：

——使用无线通信方式时，需注意建筑施工环境的影响，如避免遮挡、干扰等，以提高通信稳定性和可靠性；

——使用有线通信时，需注意建筑施工环境的影响，布线要求符合GB 50311—2016中3.7的规定；

- 使用多路复用通信方式时，根据具体通信协议进行配置和调试，以确保各路信号不会互相干扰；
- 使用网络通信方式时，需采取相应的安全措施，如加密、防火墙、身份认证等，以保护通信数据的机密性和完整性。

8.1.3 应支持异步和同步数据传输，满足不同的数据传输要求。应支持多种数据格式，适应不同的数据处理需求。应支持通信双方的身份认证和授权，确保通信的安全性和可信度。应支持灵活的通信拓扑结构和网络拓扑管理，适应复杂的建筑环境和不同的网络架构。

8.1.4 管理系统与机器人任务调度系统、机器人任务调度系统与主控系统、主控系统与机器人、机器人与机器人附属装置之间的通信接口机械标准、电气标准应符合 GB/T 29825—2013 中第 5 章与第 6 章的要求。通用接口要求见表 1。

表1 通用接口要求

接口类型	接口要求
以太网接口	MQTT
	EtherNet
	TCP/IP
	EtherCAT
	PROFINET
	Ethernet POWERLINK
	Modbus/TCP
	...
无线网络接口	IEC 62591. WirelessHART
	IEC 62601:WIA-PA
	IEC 62734: ISA100.11a
	IEC 62948. WIA-FA
现场总线	PROFIBUS
	CAN
	Modbus
	CC-Link
串行接口	RS485
	RS232
	RS422
	USB接口

8.2 管理系统与机器人任务调度系统

8.2.1 应支持数据传输的安全性、可靠性和及时性，以确保管理系统与机器人任务调度系统之间的通信质量和可靠性。

8.2.2 数据格式要求包括：

- 所有编码都采用 UTF-8；
- 日期格式：采用 yyyy-MM-dd 方式；
- 时间格式：采用 UTC 格式：yyyy-MM-ddTHH:mm:ssZ,；
- 内容格式：application/json。

8.3 机器人任务调度系统与主控系统

8.3.1 基本要求

8.3.1.1 应支持机器人任务调度系统对机器人系统的实时控制和监控，以满足不同的任务需求。

8.3.1.2 应基于机器人模型的数据交换规范，规定数据格式，规范机器人端和机器人任务调度系统之间的交互。

8.3.1.3 机器人主要包括三类数据：

- 属性：机器人自身状态的描述项，如机器人序列号、位置坐标、机器人当前工作任务，机器人当前工作状态等；每个接口定义自己的必填项。

——事件：机器人感知到的一些故障报警的变化，以结构化数据的方式上报，例如温度、气压、电流、电压等，每个接口定义自己的必填项。

——服务：机器人对外提供的可操作接口，如设置温度、远程关机等。

8.3.1.4 机器人接入要求包括：

——机器人使用分配的账号信息向机器人任务调度系统平台建立连接；

——建立连接后，机器人任务调度系统平台自动更新机器人上下线状态；

——需要上报数据时，机器人按照指定格式在属性上报接口上发布消息，完成机器人数据上报；

——机器人任务调度系统平台对上报数据进行解析，根据用户设定的触发条件，判断是否触发机器人联动，同时存储数据；

——若满足触发条件，机器人任务调度系统平台通过命令下发接口向指定机器人下发命令；

——机器人接收到命令后，按照命令的内容，修改对应的机器人属性；

——发生故障报警后，机器人按照指定格式在故障报警上报接口上发布消息，完成故障报警上报；

——机器人任务调度系统平台对上报故障报警进行解析和存储。

8.3.2 设备上行接口

8.3.2.1 基本要求

上行接口格式：Interface/{productKey}/{deviceName}/{category}/{action}。说明见表2。

表2 设备数据上行接口说明

路径	定义	说明
第一层	Interface	接口类型标识，固定。
第二层	{productKey}	机器人标识，对应产品或型号的唯一标识
第三层	{deviceName}	机器人的唯一标识，对应机器人的唯一标识。可自定义，保证同一个物模型内唯一。 p_ {物模型 ID}_origin 或 p_ {物模型 ID}_data， data 后缀为数据可以直接入库， origin 后缀为数据需要进行二次处理后再入库。
第四层	{category}	数据类型，固定类型包括： ——Property：机器人属性 ——Event：机器人事件
第五层	{action}	行为的唯一标识，行为类型下多个行为，每个行为有唯一的标识。 固定的行为包括： ——Post：数据上报； ——Batch：批量上报； ——Upload：通过文件上传批量数。

8.3.2.2 机器人作业数据上报

作业数据接口格式：Interface/{productKey}/{deviceName}/property/{action}，说明见表3，示例见附录A。机器人作业数据上报时可使用此接口，适用于机器人作业数据上报、断线缓存上报、周期批量上报等场景。

表3 机器人作业数据上报说明

字段名称	描述	需求
reqId	消息发布端生成的请求id，格式为32位UUID	必选
method	方法描述，Interface.property.batch	可选
version	协议版本	必选
timestamp	时间戳（格式）	必选
needResponse	是否需要response，默认为false	可选

8.3.2.3 机器人故障报警上报

故障报警接口格式：Interface/{productKey}/{deviceName}/event/{action}，说明见表4，示例见附录A。机器人故障报警上报时使用此接口，适用于断线缓存上报、周期批量上报等场景。

表4 机器人故障报警上报说明

字段名称	描述	需求
reqId	消息发布端生成的请求id，格式为 32 位 UUID	必选
method	方法描述, Interface.event.batch	可选
version	协议版本	必选
timestamp	时间戳	必选
needResponse	是否需要response，默认为 false	可选
data	故障报警数据数组，每一条记录带时间戳 timestamp，data 消息数组内每条信息都要含 type 字段，可参考机器人故障报警单次上报	必选

8.3.3 服务下行接口

8.3.3.1 基本要求

下行接口格式：Interface/{productKey}/{deviceName}/{category}/{action}，说明见表5。

表5 服务下行接口说明

路径	定义	说明
第一层	Interface	接口类型标识，固定。
第二层	{productKey}	机器人标识，对应产品或型号的唯一标识。
第三层	{deviceName}	机器人的唯一标识。
第四层	{category}	数据类型，固定类型包括： ——property：机器人属性； ——command：调用机器人服务。
第五层	{action}	行为的唯一标识，行为类型下多个行为，每个行为有唯一的标识。 固定的行为包括：invoke 调用

8.3.3.2 机器人命令执行

命令执行接口格式：Interface/{productKey}/{deviceName}/command/invoke，说明见表6，示例见附录A。此接口由服务端发布消息，机器人端订阅接收消息。机器人任务调度系统下执行机器人的指定动作，包括控制 and 数据更新。

表6 机器人命令执行说明

字段名称	描述	需求
reqId	消息发布端生成的请求id，格式为32位 UUID	必选
method	方法描述， Interface.command.invoke	可选
version	协议版本	必选
timestamp	时间戳	必选
name	机器人端服务的名字	必选
params	机器人端服务的调用参数	必选

8.3.4 机器人任务调度系统响应接口

8.3.4.1 机器人端调用机器人任务调度系统响应。

调度系统响应接口定义：Interface/{productKey}/{deviceName}/response/c2d，说明见表7，示例见附录A。可指定是否需要获得服务端的响应结果，若设置为需要（needResponse=true），则机器人端可通过接口获取执行结果。

表7 机器人端调用机器人任务调度系统响应说明

字段名称	描述	需求
reqId	数据上传时机器人端生成的请求id，格式为32位 UUID。	必选
method	数据上传时机器人端的方法，可包括： ——Interface.property.post； ——Interface.property.batch； ——Interface.event.post； ——Interface.event.bath。	必选
version	协议版本。	必选
timestamp	时间戳。	必选
code	结果，采用HTTP response status codes。	必选
description	描述。	可选

8.3.4.2 机器人任务调度系统调用机器人端响应

调用机器人端响应接口定义：Interface/{productKey}/{deviceName}/response/d2c，说明见表8，示例见附录A。对于服务下行接口，机器人端处理后需通过这一接口将执行结果上报给服务端。

表8 机器人任务调度系统调用机器人端响应

字段名称	描述	需求
reqId	数据下行时服务端生成的请求 id，格式为 32 位 UUID。	必选
method	机器人响应机器人任务调用系统的方法，可包括： ——Interface.property.invoke； ——Interface.command.invoke。	必选
version	协议版本。	必选
timestamp	时间戳。	必选
code	结果，采用HTTP response status codes。	必选
params	调用机器人服务时(Interface.command.invoke)，可返回一个结果。	可选
description	描述。	可选

8.4 主控系统与机器人及附属装置

主控系统与机器人及附属装置之间的通信接口要求应符合表1的要求。

9 信息安全

- 9.1 信息安全应不低于 GB/T 22239—2019 中第 8 章规定的第三级安全要求。
- 9.2 应建立授权认证机制，确保建筑机器人和任务调度系统之间的通信安全可靠，防止未授权的设备
和人员接入通信系统。
- 9.3 应建立数据加密和解密机制，使用安全加密算法对通信数据进行保护。
- 9.4 应建立数据校验和签名机制，使用数字签名和校验对通信数据进行校验和验证，确保通信数据的
完整性和安全性。
- 9.5 应建立安全审计和监控机制，通过记录通信过程中的安全事件和异常行为，及时发现和处理安全
问题，确保通信安全稳定。
- 9.6 应支持访问控制，保证机器人系统的安全性和可靠性。

附 录 A
(资料性)

机器人任务调度系统与主控系统接口示例

A.1 机器人作业数据上报示例

机器人作业数据上报示例为：

```
{
  "reqId": "442c1da4-9d3a-4f9b-a6e9-bfe858e4ac43",
  "method": "Interface.property.batch",
  "version": "1.0",
  "timestamp": 1610430718000,
  "data": [
    {
      "timestamp": 1610430711000,
      "properties": {
        "sn": "ABC0000001",
        "firmware version": 1.2
      }
    },
    {
      "timestamp": 1610430717000,
      "properties": {
        "fan_speed": 2000
      }
    }
  ]
}
```

A.2 机器人故障报警上报示例

机器人故障报警上报示例为：

```
{
  "reqId": "442c1da4-9d3a-4f9b-a6e9-bfe858e4ac43",
  "method": "Interface.event.batch",
  "version": "1.0",
  "timestamp": 1610430718000,
```

```

    "data": [
      {
        "timestamp": 1610430711000,
        "type": "info",
        "events": {
          "sensors": {
            "temperature": 24,
            "humidity": 30
          },
          "coordinate": {
            "longitude": 0,
            "latitude": 0
          }
        }
      },
      {
        "timestamp": 1610430715000,
        "type": "info",
        "events": {
          "sensors": {
            "temperature": 24.2,
            "humidity": 32
          },
          "coordinate": {
            "longitude": 2,
            "latitude": 2
          }
        }
      }
    ]
  }

```

A.3 机器人命令执行示例

机器人命令执行示例为：

```

{
  "reqId": "442c1da4-9d3a-4f9b-a6e9-bfe858e4ac43",
  "method": "Interface.command.invoke",
  "version": "1.0",
  "timestamp": 1610430718000,

```

```

    "name": "showTextMessage",
    "params": {
      "test": "hello world",
      "format": "plain text"
    }
  }
}

```

A.4 机器人端调用云端响应示例

机器人端调用云端响应示例为：

```

{
  "reqId": "442c1da4-9d3a-4f9b-a6e9-bfe858e4ac43",
  "method": "Interface.property.post",
  "code": 200,
  "description": "The property 'sn' has been updated successfully."
}

```

A.5 云端调用机器人端响应示例

云端调用机器人端响应示例为：

```

{
  "reqId": "442c1da4-9d3a-4f9b-a6e9-bfe858e4ac43",
  "method": "Interface.property.invoke",
  "code": 200,
  "description": "The property 'sn' has been updated successfully.",
  "params": {
    "test": "hello world",
    "format": "plain text"
  }
}

```

参考文献

- [1] GB/T 38872—2020 工业机器人生产环境通信架构
 - [2] GB/T 30976.1—2014 工业控制系统信息安全 第1部分:评估规范
 - [3] GB/T 50875—2013 工程造价术语标准
-