面向工业应用的柔性可扩展的边缘计算软件系统

软件需求规约

版本 <1.0>

修订历史记录

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **日期** | **版本** | **说明** | **作者** |
| <13/10/2021> | 0.1 | 软件需求规约文档初稿 | 张俸铭 |
| <26/10/2021> | 1.0 | 软件需求规约成稿第一版 | 张俸铭，董彦君 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

目录

1. 简介 5

1.1 目的 5

1.2 定义、首字母缩写词和缩略语 5

1.3 参考资料 5

2. 整体说明 5

2.1 产品总体效果 5

2.2 产品功能 5

2.3 用户特征 6

2.4 约束 6

2.5 假设与依赖关系 6

2.6 需求子集 6

3. 功能需求 6

3.1 Use case 图 6

3.2 Actor: 云端管理人员 7

3.2.1 边缘端管理 7

3.2.2 流程配置和下发 7

3.2.3 协议语义化管理 7

3.2.4 数据存储和管理 8

3.2.5 机器学习模型配置 8

3.3 Actor: 边缘端管理人员 8

3.3.1 设备注册与管理 8

3.3.2 业务流程调度 9

3.3.3 协议语义化转换 9

3.3.4 设备数据采集与处理 9

3.3.5 机器学习推理 9

3.3.6 设备状态可视化 10

3.3.7 设备数据可视化 10

3.4 Actor: 运维人员 10

3.4.1 用户权限管理 10

4. 非功能需求 10

4.1 易用性 10

4.1.1 培训时间 10

4.1.2 易用性需求 11

4.1.3 易用性标准 11

4.2 可靠性 11

4.2.1 可用性 11

4.2.2 平均故障间隔时间（MTBF） 11

4.2.3 平均修复时间（MTTR） 11

4.2.4 最高错误或缺陷率 11

4.3 性能 11

4.3.1 响应时间 11

4.3.2 吞吐量 11

4.3.3 数据量 11

4.4 可支持性 11

4.4.1 兼容性 11

4.4.2 可维护性 12

4.4.3 编码标准 12

4.4.4 命名约定 12

4.5 设计约束 12

4.5.1 软件界面语言 12

4.5.2 开发工具 12

4.5.3 开发框架 12

5. 其它产品需求 12

5.1 联机用户文档和联机帮助的需求 12

5.2 接口需求 12

5.2.1 用户界面 12

5.2.2 硬件接口 12

5.2.3 软件接口 12

5.2.4 通信接口 13

5.3 适用的标准 13

软件需求规约 (简化版)

# 简介

## 目的

此软件需求规约文档用于描述面向工业应用的柔性可扩展的边缘计算软件系统的功能需求。本文档将详细地说明项目的整体效果、具体的功能和非功能需求以及设计约束，同时提供软件需求说明所需的其他相关要素。

## 定义、首字母缩写词和缩略语

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **定义** | **缩略语** | **含义** |
| 边缘计算软件系统 | ECSS | 在靠近数据源（设备端）采用网络、计算、存储、应用核心能力为一体的开放平台，就近提供有限的低时延服务，并接入云平台进行管理和计算的软件系统。 |
| 业务流程管理标记 | BPMN | 一套图形化的流程建模标准，用于以业务流程模型详细说明各种业务流程。 |
| 协议集成系统 | PIS | 将各类协议或规则集成到相互关联的、统一和协调的系统之中，使资源达到充分共享，实现集中、高效、便利的管理。 |
| 工业异构设备 | IHD | 工业生产场景下应用不同通信协议、使用不同数据解析方法的高度异构化设备。 |

## 参考资料

[1] 《面向工业应用的柔性可扩展的边缘计算软件系统—立项建议书》, 高级软件开发与管理课程（2021秋季）第1小组。

[2] 《边缘计算参考架构3.0》, 边缘计算产业联盟、工业互联网产业联盟。

[3] 《5G 与工业互联网融合应用发展白皮书》, 工业互联网产业联盟、5G 应用产业方阵。

[4] 《Effective Java》, 3rd Edition , [Joshua Bloch](https://book.douban.com/author/196022/)

# 整体说明

## 产品总体效果

本项目基于工业生产场景中的实际需求，实现一个面向工业应用的边缘计算软件系统，在设备端进行数据采集，在边缘端实现对设备的管理和控制、对设备数据的筛选及处理，在云端进行数据的统一存储、边缘节点的统一管理、流程的调配调控、机器学习模型的训练和下发等。在项目中，通过实现灵活可配置的协议语义化管理和生产流程管理模块，我们的软件系统能够适配复杂多样的工业设备通信协议，适应多变的工业生产流程，从而实现高柔性、高可扩展性。

## 产品功能

本项目基于云—边—端架构，设计并实现面向工业应用的柔性可扩展的边缘计算软件系统。该系统通过云边协同，在云端提供协议语义扩展和流程配置的服务接口，在边缘端实现低时延的指令下发、数据处理和存储，并对异构设备的通信进行集成。系统的主要功能包括：

1. 数据采集和处理：在边缘端对异构设备采集的数据，按照数据转换规则转换成统一的格式，以支持数据源直采。边缘端定期将数据汇总并上传到云端存储，同时对数据进行筛选，降低与云端的通信带宽。云端对数据包进行统一存储。
2. 设备接入与管理：边缘端支持对多种工业通信协议的设备的接入，并能够通过相应的协议与设备交互。
3. 流程控制：云端支持用户的流程配置，并能够将流程下发到边缘端；边缘端依据所管理的设备进行相应的指令下发。
4. 机器学习推理：云端能够依据采集的设备数据对流程中的信息进行知识提取和知识发现，并应用于边缘端生产线上的质量检测等模块。

## 用户特征

边缘计算软件系统甲方的边缘端业务人员和云端业务人员。

## 约束

前端开发语言：HTML、JavaScript、CSS。

服务端编程语言：Java。

Web前端框架：Vue.js。

Web UI库：iView, Element UI, ECharts。

开发工具：IntelliJ IDEA、Visual Studio Code。

## 假设与依赖关系

进度：项目要求自立项起13周内完成；

架构：云—边—端架构的理念契合本系统的应用场景；

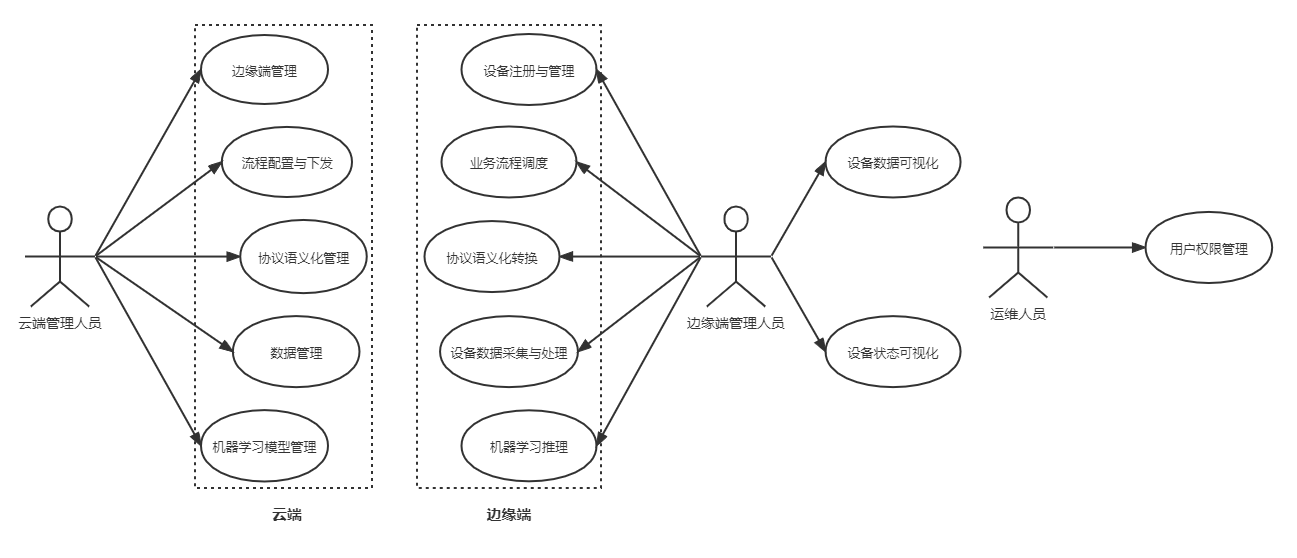
资源：Java具有优秀的生态体系。

## 需求子集

系统安全稳定，操作简单方便，时延满足工业应用要求，界面用户友好。

# 功能需求

## Use case 图



## Actor: 云端管理人员

### 边缘端管理

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例编号 | UC01 | 用例名称 | 边缘端管理 |
| 描述 | 云端管理人员对边缘端进行注册和管理 | | |
| 执行者 | 云端管理人员 | | |
| 前置条件 | 云端管理人员已登录，并进入边缘端管理页面 | | |
| 后置条件 | 边缘端节点相关信息被正确存储或修改 | | |
| 基本流 | 1. 根据边缘端标识查询边缘端节点/新建边缘端节点  2. 点击编辑按钮  3. 管理人员编辑相关信息  4. 点击确定按钮保存编辑 | | |
| 备选流 | 1a. 未查询到该边缘节点，系统提示错误，回到第1步  3a. 编辑的信息不合法，系统提示错误，回到第3步  4a. 保存失败，系统提示失败原因并回到第1步 | | |

### 流程配置和下发

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例编号 | UC02 | 用例名称 | 流程配置和下发 |
| 描述 | 云端管理人员对流程进行配置，并下发到边端 | | |
| 执行者 | 云端管理人员 | | |
| 前置条件 | 云端管理人员已登录，且配置了边缘端节点和协议语义规则，并进入流程配置页面 | | |
| 后置条件 | 流程被正确配置和记录，并成功下发到边缘端 | | |
| 基本流 | 1. 点击编辑流程按钮  2. 配置流程，绑定任务节点与功能标签（可选择是否绑定机器学习模型）  3. 选择需要下发到的边缘节点  4. 点击下发按钮，将流程下发到指定的边缘端 | | |
| 备选流 | 2a. 没有已知的流程步骤，此时无法下发，回到第1步  3a. 没有可以下发的边缘节点，此时无法下发，回到第1步  4a. 下发失败，系统提示失败原因并回到第1步 | | |

### 协议语义化管理

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例编号 | UC03 | 用例名称 | 协议语义化管理 |
| 描述 | 云端管理人员对协议规则进行配置 | | |
| 执行者 | 云端管理人员 | | |
| 前置条件 | 云端管理人员已登录，并进入协议语义化管理页面 | | |
| 后置条件 | 协议规则被正确配置或修改 | | |
| 基本流 | 1. 根据协议名称查询相应的协议内容/新建协议语义规则  2. 点击编辑按钮  3. 上传语义规则脚本  4. 点击保存按钮 | | |
| 备选流 | 1a. 未查询到该协议规则，系统提示错误，回到第1步  3a. 编辑的信息不合法，系统提示错误，回到第3步  4a. 保存失败，系统提示失败原因并回到第1步 | | |

### 数据存储和管理

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例编号 | UC04 | 用例名称 | 数据存储和管理 |
| 描述 | 云端管理人员对设备数据包进行查询和处理 | | |
| 执行者 | 云端管理人员 | | |
| 前置条件 | 云端管理人员已登录，并进入数据管理页面 | | |
| 后置条件 | 成功查询到相关数据包，并能够进行下载或删除 | | |
| 基本流 | 1. 根据时间段和边缘节点名称查询数据包  2. 得到对应数据包对象，可以进行下载、删除操作 | | |
| 备选流 | 1a. 查询失败，系统提示错误，回到第1步  2a. 下载失败/删除失败，系统提示失败原因并回到第1步 | | |

### 机器学习模型配置

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例编号 | UC05 | 用例名称 | 机器学习模型配置 |
| 描述 | 云端管理人员对机器学习模型进行配置 | | |
| 执行者 | 云端管理人员 | | |
| 前置条件 | 云端人员已登录，并进入机器学习模型配置页面 | | |
| 后置条件 | 模型成功配置和存储 | | |
| 基本流 | 1. 根据模型名称查找模型/添加新的模型  2. 指定环境参数、训练参数和模型更新周期  3. 保存模型 | | |
| 备选流 | 1a. 查询失败，系统提示错误，回到第1步  2a. 模型参数格式不合法，系统提示错误，回到第2步  3a. 保存失败，系统提示失败原因并返回到机器学习模型配置页面，回到第1步 | | |

## Actor: 边缘端管理人员

### 设备注册与管理

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例编号 | UC06 | 用例名称 | 设备注册与管理 |
| 描述 | 边缘端管理人员对边缘端接入的设备进行管理 | | |
| 执行者 | 边缘端管理人员 | | |
| 前置条件 | 边缘端管理人员已登录，并进入设备管理页面 | | |
| 后置条件 | 设备信息被正确配置 | | |
| 基本流 | 1. 根据设备名称查询设备信息/添加设备  2. 配置设备类型、协议、地址、端口、标签等信息  3. 保存设备配置 | | |
| 备选流 | 1a. 查询失败，系统提示错误，回到第1步  2a. 配置信息不合法，系统提示错误，回到第2步  3a. 保存失败，系统提示失败原因并回到第1步 | | |

### 业务流程调度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例编号 | UC07 | 用例名称 | 业务流程调度 |
| 描述 | 边缘端管理人员配置业务流程 | | |
| 执行者 | 边缘端管理人员 | | |
| 前置条件 | 边缘端管理人员已登录，并进入业务流程调度管理页面 | | |
| 后置条件 | 正确为流程配置调度规则 | | |
| 基本流 | 1. 选择需要配置的流程  2. 为流程中的任务节点指定执行设备  3. 为流程中的条件判断节点选择语义规则  4. 开始流程执行 | | |
| 备选流 | 1a. 没有可执行的流程，系统提示信息，回到第1步  2a. 没有可执行相应任务的设备，系统提示错误，回到第1步  3a. 没有需要配置的条件判断节点，系统提示信息，跳到第4步 | | |

### 协议语义化转换

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例编号 | UC08 | 用例名称 | 协议语义化转换 |
| 描述 | 边缘端管理人员查看协议转换规则信息 | | |
| 执行者 | 边缘端管理人员 | | |
| 前置条件 | 边缘端管理人员已登录，并进入协议管理页面 | | |
| 后置条件 | 查看各设备配置的协议转换规则 | | |
| 基本流 | 1. 查看已接入的设备  2. 根据设备类型查看协议规则 | | |
| 备选流 | 1a. 没有已介入的设备，系统提示信息，回到第1步 | | |

### 设备数据采集与处理

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例编号 | UC09 | 用例名称 | 设备数据采集与处理 |
| 描述 | 边缘端管理人员配置设备数据的上传内容、周期和方式 | | |
| 执行者 | 边缘端管理人员 | | |
| 前置条件 | 边缘端管理人员已登录，并进入设备数据管理页面 | | |
| 后置条件 | 配置正确的数据上传内容、周期和方式 | | |
| 基本流 | 1. 查看流程中使用的所有设备  2. 配置需要上传到云端的数据域、上传周期、数据包封装格式等  3. 保存数据上传配置信息 | | |
| 备选流 | 1a. 查询失败，系统提示错误，回到第1步  2a. 配置信息不合法，系统提示错误，回到第2步  3a. 保存失败，系统提示失败原因并返回到第1步 | | |

### 机器学习推理

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例编号 | UC10 | 用例名称 | 机器学习推理 |
| 描述 | 边缘端管理人员配置机器学习模型的推理结果接口 | | |
| 执行者 | 边缘端管理人员 | | |
| 前置条件 | 边缘端管理人员已登录，并进入机器学习配置页面 | | |
| 后置条件 | 机器学习模型运行环境被正确配置 | | |
| 基本流 | 1. 配置运行模型使用的脚本路径  2. 配置推理结果与条件判断节点的接口  3. 保存配置内容 | | |
| 备选流 | 1a. 找不到脚本路径，系统提示错误，回到第1步  2a. 非法的关系配置，系统提示错误，回到第2步 | | |

### 设备状态可视化

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例编号 | UC11 | 用例名称 | 设备状态可视化 |
| 描述 | 边缘端管理人员查看设备状态历史信息 | | |
| 执行者 | 边缘端管理人员 | | |
| 前置条件 | 边缘端管理人员已登录，并进入设备可视化页面 | | |
| 后置条件 | 能够查看设备状态信息 | | |
| 基本流 | 1. 查看正在执行的流程的设备状态  2. 选择一个已接入的设备  3. 查看设备的历史运行时间等状态信息 | | |
| 备选流 | 1a. 查看设备状态失败，系统提示错误信息，回到第1步  3a. 查看历史信息失败，系统提示错误信息，回到第2步 | | |

### 设备数据可视化

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例编号 | UC12 | 用例名称 | 设备数据可视化 |
| 描述 | 边缘端管理人员查看设备数据 | | |
| 执行者 | 边缘端管理人员 | | |
| 前置条件 | 边缘端管理人员已登录，并进入设备可视化页面 | | |
| 后置条件 | 能够查看设备数据信息 | | |
| 基本流 | 1. 查看正在执行的流程和相关设备  2. 选择一个已接入的设备  3. 查看设备的数据记录信息 | | |
| 备选流 | 1a. 查看设备数据失败，系统提示错误信息，回到第1步  3a. 查看历史数据失败，系统提示错误信息，回到第2步 | | |

## Actor: 运维人员

### 用户权限管理

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 用例编号 | UC13 | 用例名称 | 用户权限管理 |
| 描述 | 运维人员管理用户权限 | | |
| 执行者 | 运维人员 | | |
| 前置条件 | 运维人员已登录，并进入用户权限管理页面 | | |
| 后置条件 | 用户权限被正确配置 | | |
| 基本流 | 1. 根据用户名或权限等级查询用户/添加新用户  2. 指定用户的权限等级  3. 保存对用户权限的配置 | | |
| 备选流 | 1a. 查询失败，系统提示错误，回到第1步  3a. 保存失败，系统提示失败原因并返回到第1步 | | |

# 非功能需求

## 易用性

### 培训时间

云端管理人员：要求云端管理人员能够完成部分专业数据库技术操作、流程配置、协议配置和机器学习模型的配置，涉及部分较为复杂的功能模块，其培训时间需要约8小时。

边缘端管理人员：主要负责使用设备端的接入管理和监控，其培训时间需要约3小时。

### 易用性需求

系统应确定统一的用户界面设计规范和友好的人机交互方式，提供明确、美观、友好的前端用户界面，界面风格一致，控件排列整齐美观，表单配有明显的提示信息。

除此之外，系统应为用户提供易操作的相关功能项，提供易用的协议配置和流程定义API，同时配以用户易于理解的操作文档。

### 易用性标准

本系统在易用性上应符合《GB/T 29836-2013 系统与软件易用性》标准。

## 可靠性

### 可用性

为了保证软件系统的无故障执行水平、可恢复性及准确性，本项目要求一年内的平均正常运行时间达到95%。

### 平均故障间隔时间（MTBF）

系统的平均故障间隔时间应大于30×24小时。

### 平均修复时间（MTTR）

数据在处理流程中的故障为严重故障，其修复时间不超过2小时；

由前端界面引发的用户交互故障为普通故障，其修复时间不超过1小时。

### 最高错误或缺陷率

根据能力成熟度模型集成（Capability Maturity Model Integration，CMMI），要求千行代码出错率不超过11.95‰（CMMI 1级）。

## 性能

### 响应时间

为保证系统满足生产需要，边到端的指令下发延迟应小于500毫秒，图像采集、识别和反馈调度的延迟应小于800毫秒。

### 吞吐量

在开发环境和资源的约束下，边缘端最多可接入设备数量为50个，每秒可处理的数据量在1万条以内；云端的可用资源较为丰富，可注册的边缘端数量上限为100个。

### 数据量

云端存储的数据量可达TB级；边缘端的存储能力受限在500G以内。

## 可支持性

### 兼容性

Web前端支持Chrome58、Edge14、Firefox54、safari10、opera58及以上版本的浏览器。前端支持的分辨率：1920\*1080，1440\*900，1366\*768。

可支持的配置数据库包括但不限于MySQL等关系型数据库以及MongoDB等非关系型数据库。

### 可维护性

以基于UML的面向对象方法作为软件开发方法，以实现整个系统的灵活可扩展与高可维护性。

### 编码标准

前端：符合ESLint代码规范。

后端：符合Google Java Style代码规范。

### 命名约定

前端：符合 Airbnb JavaScript Style Guide 指南的要求。

后端：《Effective Java》第三版的命名约定。

## 设计约束

### 软件界面语言

中文。

### 开发工具

Intellij IDEA、Visual Studio Code。

### 开发框架

项目基于SpringBoot框架开发服务端，使用Vue框架和iView组件开发浏览器前端。

# 其它产品需求

## 联机用户文档和联机帮助的需求

用户手册需要提供详细的用户使用帮助说明，包括系统的基本介绍、应用功能、环境需求、界面说明、FAQ等。

## 接口需求

### 用户界面

基于Browser/Server架构，用户使用满足4.4.1兼容性的浏览器，访问对应地址并登录后即可分别使用边缘端和云端的功能界面。

### 硬件接口

ModBus: 一种串行通信协议，支持可编程逻辑控制器等工业控制设备通过该硬件接口进行接入。

SPI: 一种高速、全双工、同步的通信总线，用于信号处理器或解码器等工业硬件设备的接入。

### 软件接口

RETSful API：用于服务请求与响应。

MQTT：用于边缘端与云端进行设备数据传输的消息队列。

### 通信接口

局域网：用于设备在边缘端的接入和通信。

WLAN：用于边缘端和云端的通信。

蜂窝4G/5G：用于边缘端和云端的通信（低流量的备用方案）。

串口：用于以有线的方式接入设备进行通信。

## 适用的标准

系统遵守《中华人民共和国保密法》、《计算机信息系统国际联网保密管理规定》、《中华人民共和国计算机信息系统安全保护条例》、《计算机信息网络国际联网安全保护管理办法》、《中华人民共和国计算机信息网络国际联网管理暂行规定》及其实施办法等相关法律法规的任何及所有的规定，并对用户以任何方式使用服务的任何行为及其结果承担全部责任。