

Создание модуля управления временными рядами сигналов для системы активного мониторинга сложных технических систем

Выпускная квалификационная работы бакалавра

Студент группы М8О-407Б-19: Инютин Максим Андреевич
Научный руководитель: д.ф.-м.н. проф. каф. 806 Д. В. Дзюба

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)
Институт № 8 «Компьютерные науки и прикладная математика»
Кафедра № 806 «Вычислительная математика и программирование»

Москва — 2023



- Актуальность темы данной работы связана с распространением цифровых двойников объектов и систем. Их создание позволяет моделировать отдельные процессы или объекты целиком, проводить тесты, анализировать полученные данные для подбора оптимальных параметров системы.
- Один из способов создания цифрового двойника — установка сенсоров и сбор данных с них. Полученную информацию необходимо систематизировать и хранить.
- На предприятии может быть очень много оборудования, поэтому нужно внедрять эффективный и надёжный модуль хранения данных датчиков.



Цель и задача работы

Цель — разработать модуль, обеспечивающий управление структурой хранения временных рядов и данными сенсоров.

Задачи:

- 1 спроектировать модель данных дерева организационной структуры предприятия;
- 2 описать способы взаимодействия: добавление, удаление и изменение вершин и рёбер дерева;
- 3 спроектировать модель хранения временных рядов датчиков;
- 4 изучить средства и технологии, которые будут применяться в ходе разработки программного продукта;



Задачи:

- 5 реализовать модуль управления графом организационной структурой и данными;
- 6 разработать алгоритм объединения данных датчиков с разными частотами дискретизации;
- 7 реализовать генерацию данных для таблиц датчиков, алгоритм получения наборов временных рядов;
- 8 произвести тест производительности реализованного модуля, сравнить два алгоритма хранения и считывания данных.



Исходные данные:

- Для работы системы мониторинга и предиктивных моделей с объектов предприятия собираются исходные данные.
- Оборудование оснащено датчиками, собирающими данные с частотой 1 раз в секунду — это наиболее распространённая частота сбора данных.
- Так как оборудование взаимосвязано и образует сложные технологические цепочки, границы принадлежности датчика к тому или иному оборудованию размыты.

Необходимо разработать модуль, обеспечивающий управление структурой хранения временных рядов и данными сенсоров. Временные ряды должны храниться в ClickHouse, а справочники в PostgreSQL.



Постановка задачи

При реализации необходимо предусмотреть следующие особенности:

- возможность определять структуру таблиц — наборы и типы датчиков к привязке к организационной структуре;
- частота дискретизации датчиков может быть разной: в какой-то момент времени не у всех датчиков есть значение, тогда это событие достраивается по последнему известному значению на этот момент;
- датчики имеют глобальные уникальные идентификаторы;
- для получения данных должна быть возможность получать вектора (все значения датчиков), временной ряд, набор рядов;
- механизм настройки, который будет позволять сопоставлять код датчика к организационной единице;
- дерево оборудования связано с сигналами отношением многие ко многим.

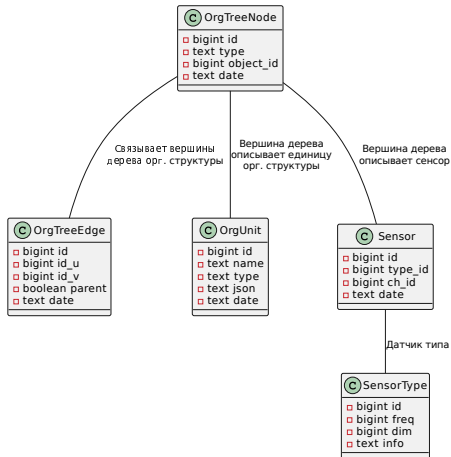


- Python является основным языком программирования, который использовался при решении задач;
- FastAPI реализует веб-интерфейс для взаимодействия с модулем и базами данных, SwaggerUI визуализирует веб-интерфейс;
- SQLAlchemy позволяет работать с базами данных на основе объектно-ориентированного подхода;
- PostgreSQL обеспечивает хранение дерева организационной структуры предприятия и информации о датчиках;
- ClickHouse хранит большие объёмы данных, получаемые от сенсоров;
- Docker позволяет разворачивать и переносить изолированные контейнеры с базами данных;
- GraphViz визуализирует дерево организационной структуры;
- метод двух указателей используется для объединения таблиц датчиков с разными частотами дискретизации.



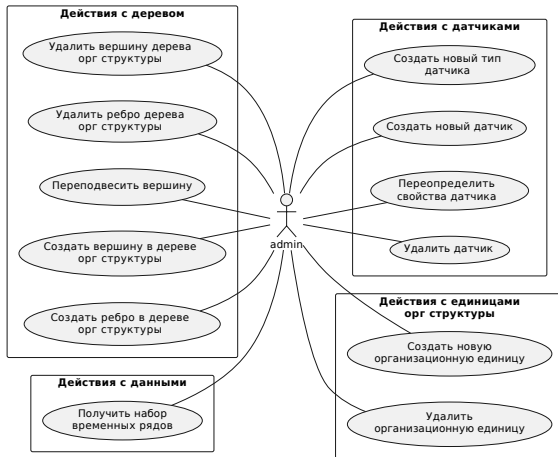
Архитектура решения, алгоритм решения задачи

Модель графа организационный структуры:



Архитектура решения, алгоритм решения задачи

Основные способы управления временными рядами и деревом орг. структуры

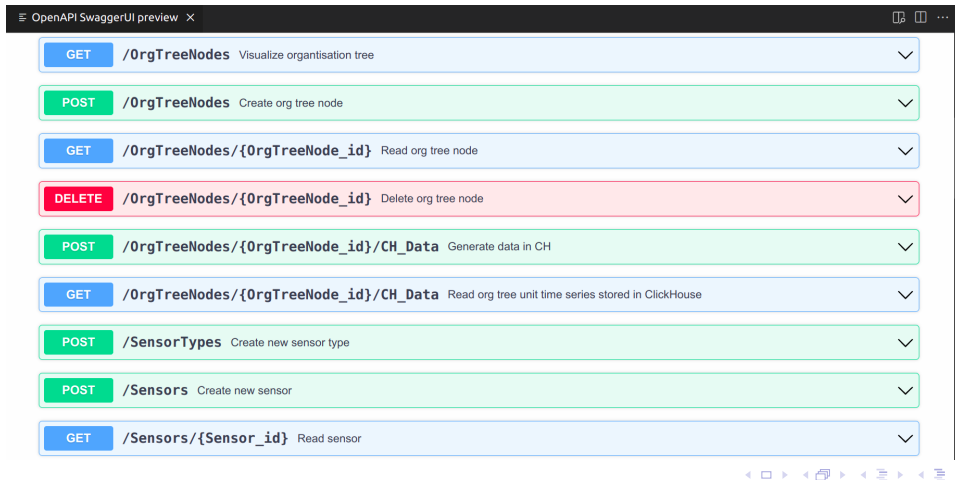


QR-код со ссылкой на GitHub репозиторий с исходным кодом



Результаты разработки

Для демонстрации программного продукта используется OpenAPI SwaggerUI



The screenshot displays the OpenAPI SwaggerUI interface, titled "OpenAPI SwaggerUI preview". It lists several API endpoints, each with a method (GET, POST, DELETE), a path, and a description. The endpoints are color-coded: blue for GET, green for POST, and red for DELETE. Each entry has a dropdown arrow on the right.

- GET** `/OrgTreeNode` Visualize organisation tree
- POST** `/OrgTreeNode` Create org tree node
- GET** `/OrgTreeNode/{OrgTreeNode_id}` Read org tree node
- DELETE** `/OrgTreeNode/{OrgTreeNode_id}` Delete org tree node
- POST** `/OrgTreeNode/{OrgTreeNode_id}/CH_Data` Generate data in CH
- GET** `/OrgTreeNode/{OrgTreeNode_id}/CH_Data` Read org tree unit time series stored in ClickHouse
- POST** `/SensorTypes` Create new sensor type
- POST** `/Sensors` Create new sensor
- GET** `/Sensors/{Sensor_id}` Read sensor

At the bottom right of the interface, there is a logo of the Moscow Aviation Institute (MAI) and a set of navigation icons.

Справочная информация в SwaggerUI

OpenAPI SwaggerUI preview

```
SensorType {
  id*           SensorType_id integer($int64)
                The unique identifier of a sensor type

  freq*        integer($int64)
  dim*         integer($int64)
  info*        string
}
```

```
Sensor {
  id*           Sensor_id integer($int64)
                The unique identifier of a sensor

  type_id*      SensorType_id integer($int64)
                The unique identifier of a sensor type

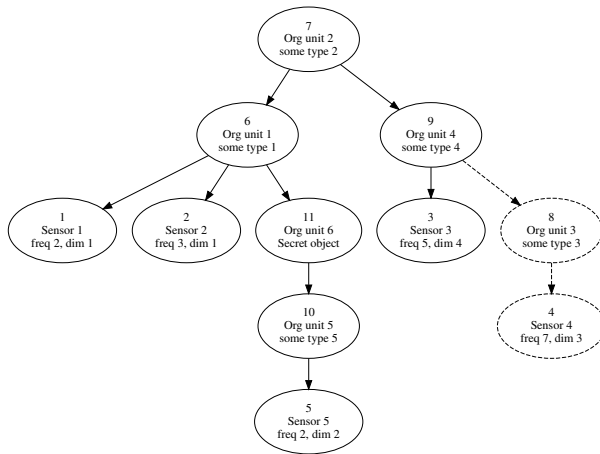
  chid          CH_Sensor_id integer($int64)
                The unique identifier of ClickHouse sensor table

  date*        Date string($date)
                Date of removal
}
```

Error



Визуализация дерева организационной структуры



Результаты разработки

Получение набора временных рядов с датчиков 1, 2, 5

OpenAPI SwaggerUI preview X

Curl

```
curl -X 'GET' \
'http://localhost:8080/OrgTreeNodes/6/CH_Data?time_begin=2023-04-12T14%3A10%3A45.123Z&time_end=2023-04-12T14%3A10%3A55.123Z' \
-H 'accept: text/csv'
```

Request URL

```
http://localhost:8080/OrgTreeNodes/6/CH_Data?time_begin=2023-04-12T14%3A10%3A45.123Z&time_end=2023-04-12T14%3A10%3A55.123Z
```

Server response

Code Details

200

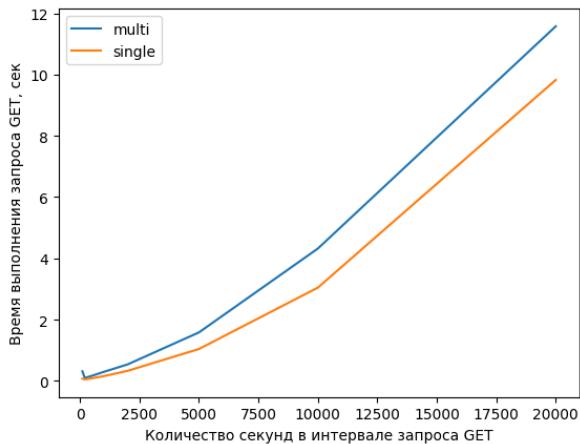
Response body

```
"Time, ms",Sensor_1_value_1,Sensor_2_value_1,Sensor_5_value_1,Sensor_5_value_2
2023-04-12 14:10:44.309000,17290.0,25935.0,34580.0,34580.1
2023-04-12 14:10:44.642333,17290.0,25935.1,34580.0,34580.1
2023-04-12 14:10:44.809000,17290.1,25935.1,34580.2,34580.3
2023-04-12 14:10:44.975667,17290.1,25935.2,34580.2,34580.3
2023-04-12 14:10:45.309000,17290.2,25935.3,34580.4,34580.5
2023-04-12 14:10:45.642333,17290.2,25935.4,34580.4,34580.5
2023-04-12 14:10:45.809000,17290.3,25935.4,34580.6,34580.7
2023-04-12 14:10:45.975667,17290.3,25935.5,34580.6,34580.7
2023-04-12 14:10:46.309000,17290.4,25935.6,34580.8,34580.9
2023-04-12 14:10:46.642333,17290.4,25935.7,34580.8,34580.9
2023-04-12 14:10:46.809000,17290.5,25935.7,34581.0,34581.1
2023-04-12 14:10:46.975667,17290.5,25935.8,34581.0,34581.1
2023-04-12 14:10:47.309000,17290.6,25935.9,34581.2,34581.3
2023-04-12 14:10:47.642333,17290.6,25936.0,34581.2,34581.3
2023-04-12 14:10:47.809000,17290.7,25936.0,34581.4,34581.5
```



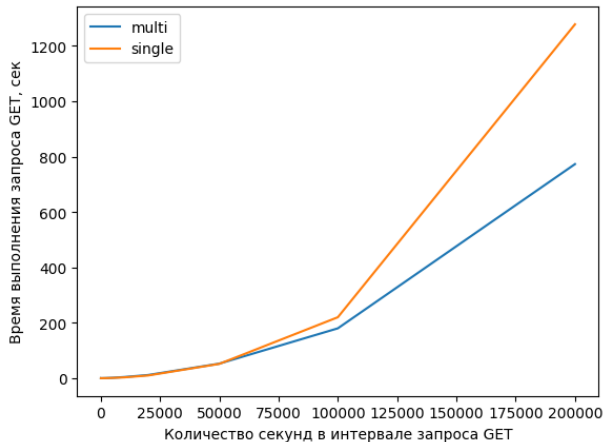
Тесты производительности

Графики времени обработки запроса для длин до 20000 секунд



Тесты производительности

Графики времени обработки запросов для больших временных интервалов



- Модуль автоматизирует сбор информации с сенсоров системы, тем самым упрощая создание цифрового двойника электростанции.
- Данные с датчиков надёжно хранятся в базе данных и будут использованы для моделирования объекта и предиктивной аналитики.
- Можно будет оптимизировать работу оборудования, уменьшая его скорость износа и повышая отказоустойчивость как отдельной электростанции, так и всей электросети в целом.



Скан отзыва научного руководителя

Скан рецензии

