Разработка ПО управления системой неразрушающего контроля

Сатановский А.Д.

СПбГУ, Кафедра системного программирования

Научный руководитель: Луцив Д. В.

6 марта 2025 г.

План презентации

1. Введение в неразрушающий контроль: определение, цели и области применения
2. Цель и задачи
3. Требования, архитектура, модули системы
4. Результаты и дальнейшая работа

Введение в неразрушающий контроль: определение, цели и области применения

Неразрушающий контроль – контроль надёжности основных рабочих свойств и параметров объекта или отдельных его элементов/узлов, не требующий выведения объекта из работы либо его демонтажа.

Целью использования неразрушающего контроля в промышленности является надёжное выявление опасных дефектов изделий.

Область применения: промышленность

Направление неразрушающего контроля при помощи радиографии развивается на базе НИПК Электрон.

Цель и задачи

Целью работы является создание и реализация архитектуры ПО управления системой неразрушающего контроля. А именно, модулями системы позиционирования, системы безопасности, пульта управления системой позиционирования.

Задачи

- Создание архитектуры системы позиционирования, системы безопасности, пульта управления
- Выбор протоколов, библиотек
- Реализация, тестирование, рефакторинг
- Автоматизация сборки, тестирования, пакетирования

Требования

Функциональные требования

- При включении питания модуль должен автоматически запускаться и сигнализировать о готовности при помощи led индикации
- Модуль принимает команду от клиента, исполняет, формирует ответ и передает его клиенту.
- Если возникает ошибка, клиент должен получить ошибку в ответ
- Система формирует статус и передает подключенным клиентам – статус контроллеров, текущие позиции, статус выполнения команды

Требования

Нефункциональные требования

- Изолированность. Каждый модуль располагается на Raspberry Pi
- Надежность. Модуль должен вести журнал событий
- Гибкость. Система настраивается через конфигурационные файлы
- Соответствие стандартам предприятия. Взаимодействие между клиент - сервером должно происходить по TCP в формате Gcode Marlin
- При подключении более одного клиента, каждый запрос должен обрабатываться в порядке очереди.
- Автозапуск. Контроль запуска осуществляентся при помощи supervisor

Разработка и архитектура

Выбор протоколов взаимодействия

- Клиент - Сервер TCP + Gcode Marlin (Ethernet)
- Сервер - контроллер Modbus RTU (Serial Port RS485, Ethernet)

Пример Gcode команды для системы позиционирования на уровне TCP: **G1 F100 X50.5 Y-25.3 Z22.4**

На уровне modbus rtu транслируется в байт пакеты (установка скорости 100 мм/мин для осей X, Y, Z, относительное перемещение оси X на 50.5 мм, Y на -25.3 мм, Z на 22.4 мм

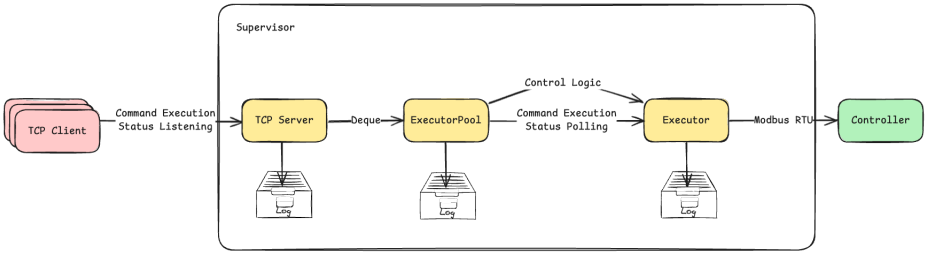
Разработка и архитектура

Raspberry Pi4 + Ubuntu 22.04. Разработка ведется на C++

Используемые библиотеки:

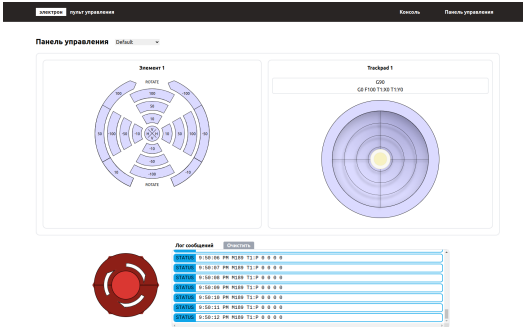
- https://github.com/nlohmann/json – для файлов конфигурации
- https://github.com/childhoodisend/gpr – парсер gcode
- https://github.com/DFHack/clsocket – sockets
- https://gitlab.com/childhoodisend/qt-logger – логгирование
- https://github.com/google/googletest unit-тестирование

Архитектура взаимодействия



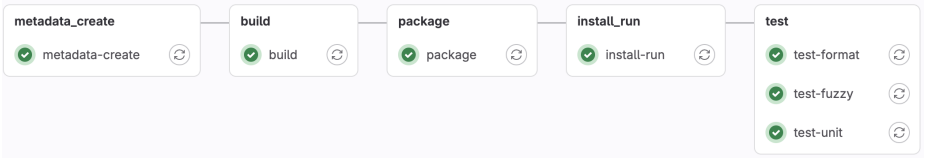
Пульт управления

(a) **Аппаратный пульт управления системой позиционирования**



(b) **Программный пульт управления**

GitLab



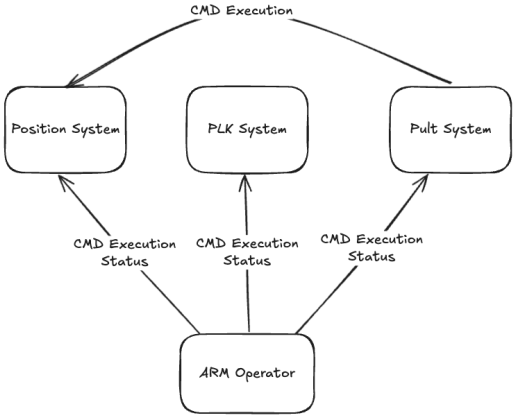
(a) **Пайплайн сборки, пакетирования, тестирования**

- Создание версии пакета
- Сборка
- Пакетирование
- Проверка установки и запуска
- Тестирование на формат сообщений
- Нагрузочное тестирование
- Unit-тестирование

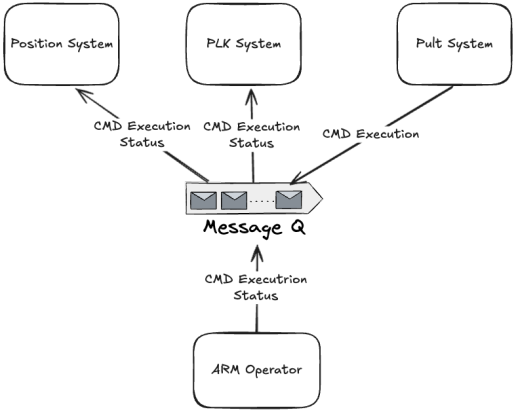
Результаты

- Реализована система позиционирования, безопасности, сервер пульта управления
- Написан веб-пульт для ручного тестирования. Он умеет отправлять команды и получать статус сервера. Тестировщику позволяет бесшовно общаться с модулями
- Развернут Gitlab CI/CD
- Проведена итерация рефакторинга системы позиционирования
- Унифицирован формат ошибок для всех серверов
- Реализованы алгоритмы управления: удержания точки интереса, контроля положения системы позиционирования в границах цифровых пределов, повышения точности позиционирования

В процессе



(a) **Старая архитектура**



(b) **Новая архитектура**

Дальнейшая работа

- Перейти на архитектуру с использованием брокера сообщений
- Тестирование под санитайзерами. Увеличить процент покрытия
- Сделать стадию Deploy, например, в Nextcoud.