



Разработка навигационной системы автономного мобильного робота на основе данных с видеокамеры

Выпускная квалификационная
работа студента группы Б19-601
Нальберского Дмитрия
Вячеславовича



Цель и задачи

Цель: разработать систему навигации автономного мобильного робота на основе данных с видеокамеры.

Задачи:

1. Ознакомление с общими подходами в навигации
2. Выбор датчиков системы
3. Выбор алгоритма навигации
4. Разработка навигационной системы
5. Проведение экспериментальных исследований
6. Анализ результатов

Актуальность

При благоприятных обстоятельствах наблюдение за роботом можно вести, например, при помощи непосредственного визуального контакта, с дрона или при помощи глобальной навигационной спутниковой системы.



Рисунок 1. Визуальный контроль положения

Выбор основного датчика

Таблица 1. Сравнение датчиков, применяемых в навигации

	Радар	Камера	Ультразвук	Лидар
Дальность	+++	++	+	+++
Точность	++	++	+	+++
Разрешение	+	+++	+	+++
Измерение скорости	+++	-	-	-
Устойчивость к внешним факторам	++	+++	++	+
Независимость от освещенности	+++	-	+++	+++
Стоимость	++	++	+++	+

Платформой для испытаний навигационной системы стал робот «Макет»

- Масса: ~50 кг.
- Скорость около 4 км/ч;
- Гусеничный ход;
- Изменяемая геометрия для повышения проходимости;
- Амортизация отсутствует.



Рисунок 2. Робот «Макет»

Навигационная система

Состав аппаратной части навигационной системы:

- Процессорная плата на основе Intel Core i7;
- 2 камеры Basler;
- Инерциальный измерительный модуль XSens;
- Периферийные устройства.

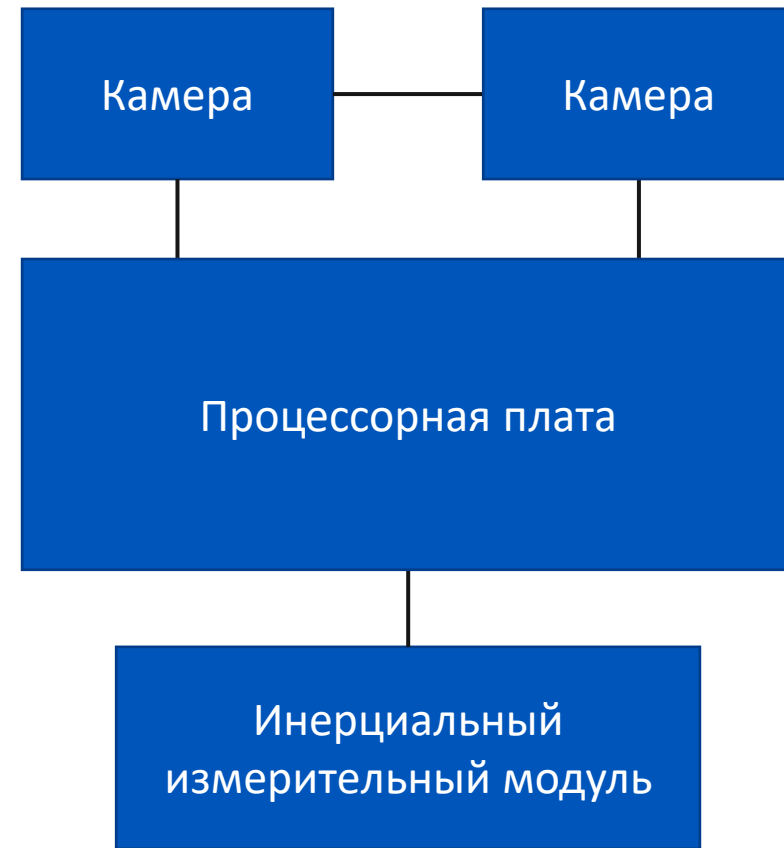


Рисунок 3. Схема навигационной системы

Программное обеспечение

Состав программной части навигационной системы:

- Операционная система Ubuntu;
- Robot operating system;
- ROS-драйвера для датчиков;
- Программная реализация алгоритма ORB-SLAM3;
- Вспомогательные утилиты.



Рисунок 4. Логотипы фирм используемых компонентов

Алгоритм ORB-SLAM3

Основные этапы работы:

1. Выделение особых точек
2. Вычисление положения особых точек в пространстве и поз робота
3. Добавление точек в карту
4. Детекция и замыкание петель

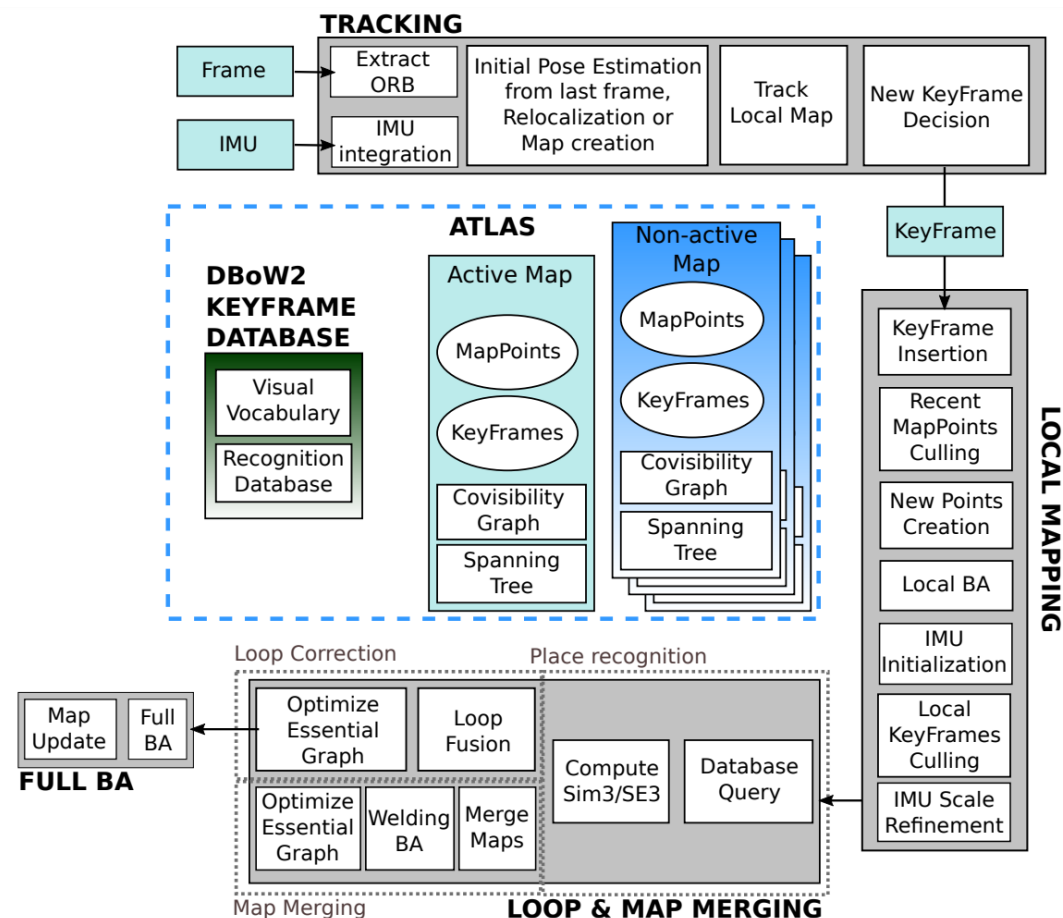


Рисунок 5. Схема работы алгоритма ORB-SLAM3*

*Campos, Carlos & Elvira, Richard & Gómez Rodríguez, Juan & Montiel, José & Tardós, Juan. (2020). ORB-SLAM3: An Accurate Open-Source Library for Visual, Visual-Inertial and Multi-Map SLAM.

Выделение особых точек

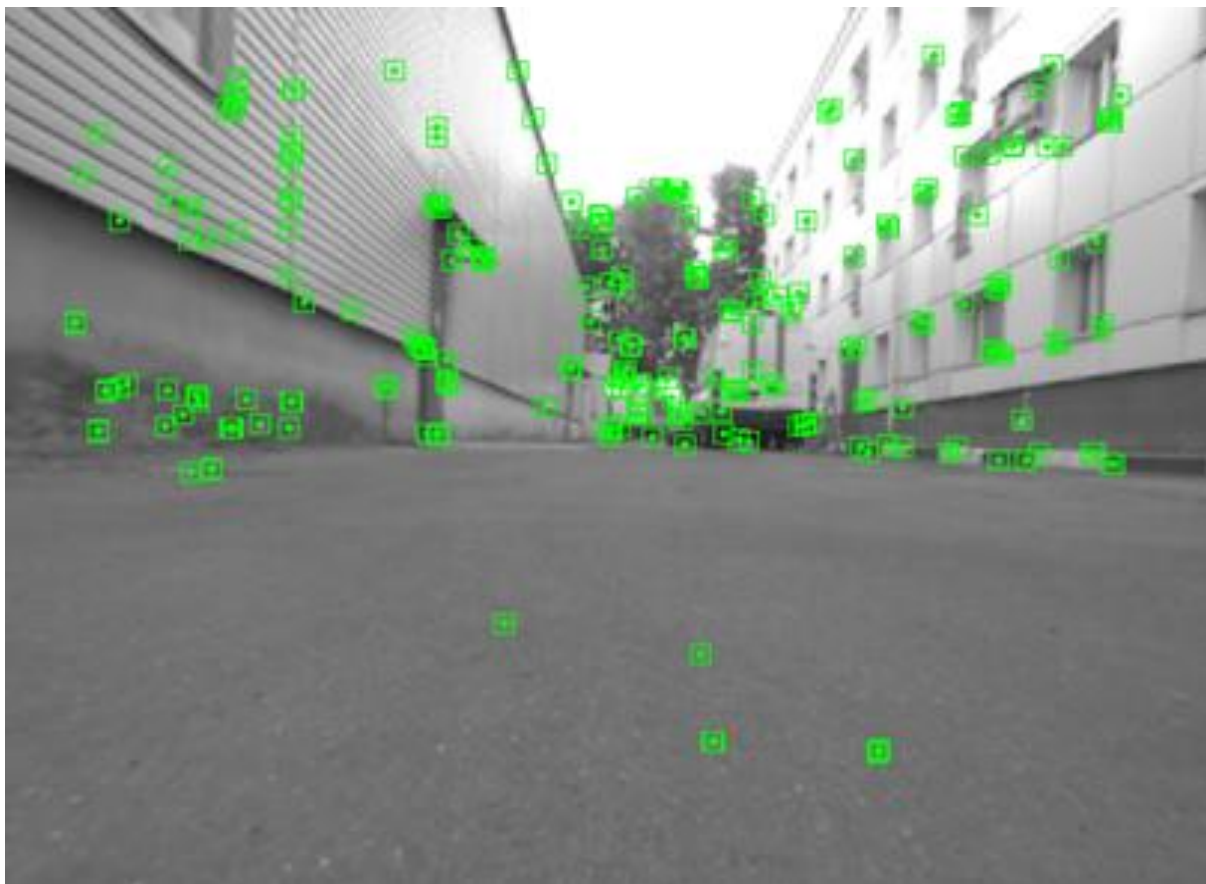


Рисунок 6. Кадр с камеры робота с
извлеченными особыми точками

Вычисление положения точек и поз робота

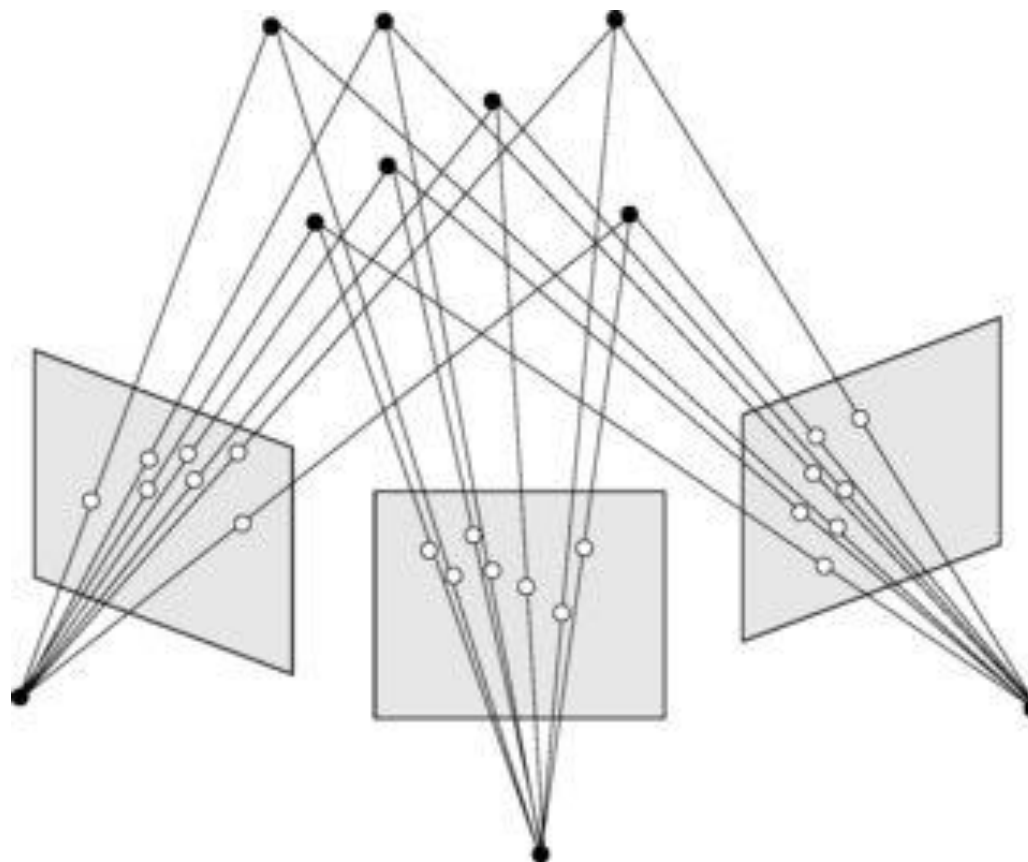


Рисунок 7. Вычисление
положения особых точек и
поз робота

Замыкание петель

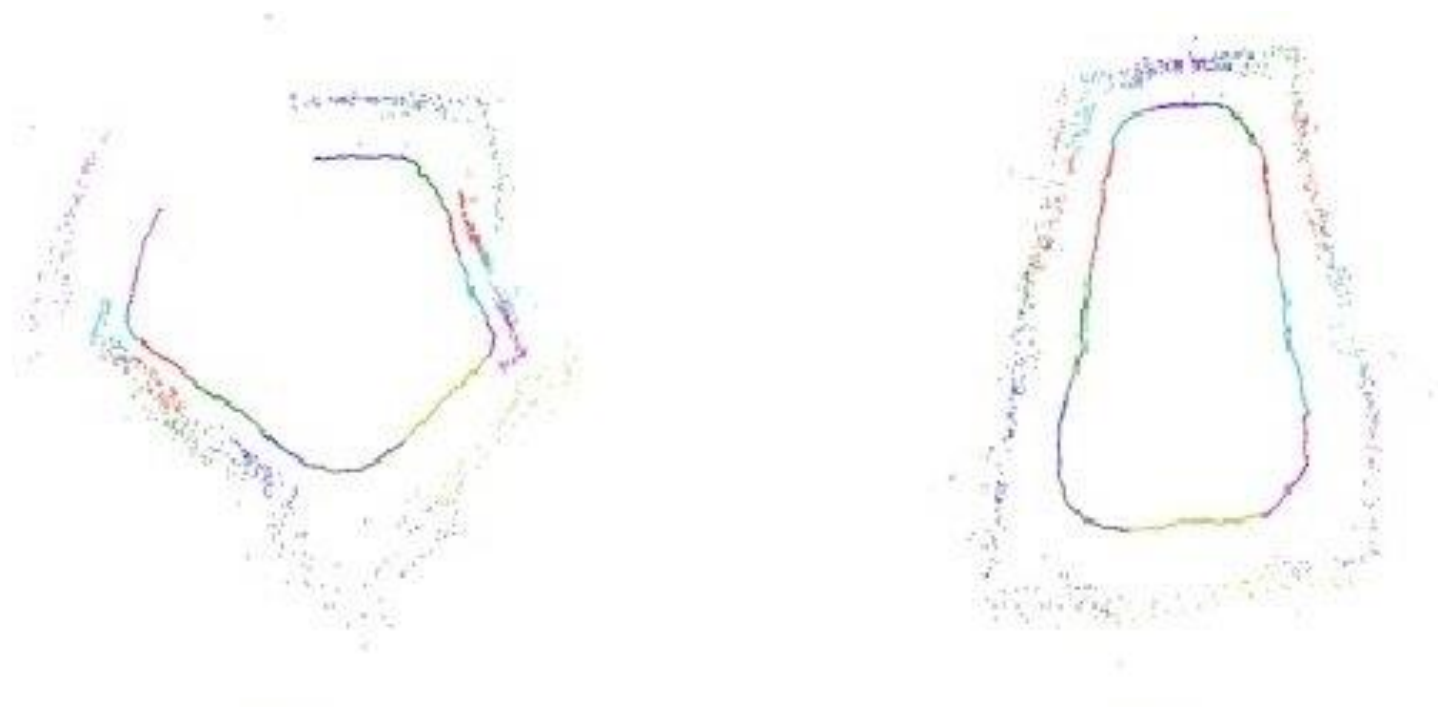


Рисунок 8. Карта до и после замыкания петель

Модификации

В визуализатор алгоритма были добавлены следующие функции:

- Добавлены верхние и нижние пороги по вертикальной координате получаемого облака точек
- Добавлена сетка с масштабом 1 м
- Опробована функция изменения окраски пути в соответствии с показаниями сторонних датчиков

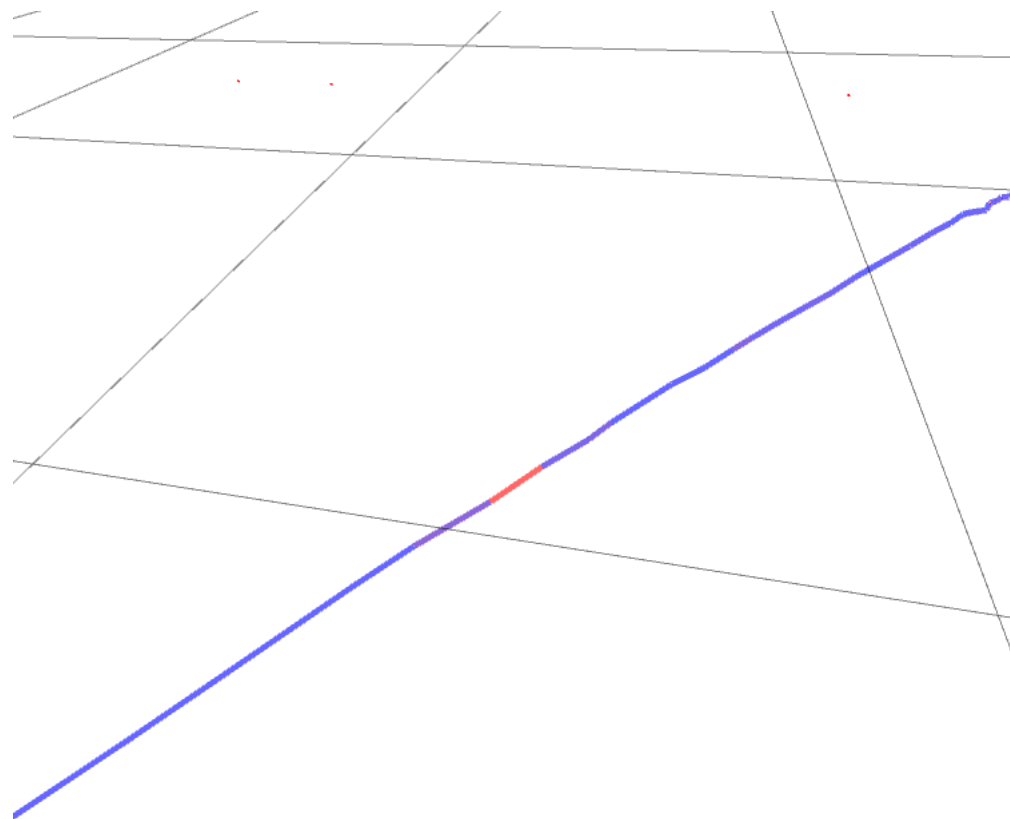


Рисунок 9. Сетка и опасный участок

Калибровка системы

Для правильной работы системы необходимо знать взаимное расположение компонентов системы, внутренние параметры камеры и коэффициенты искажений камеры.

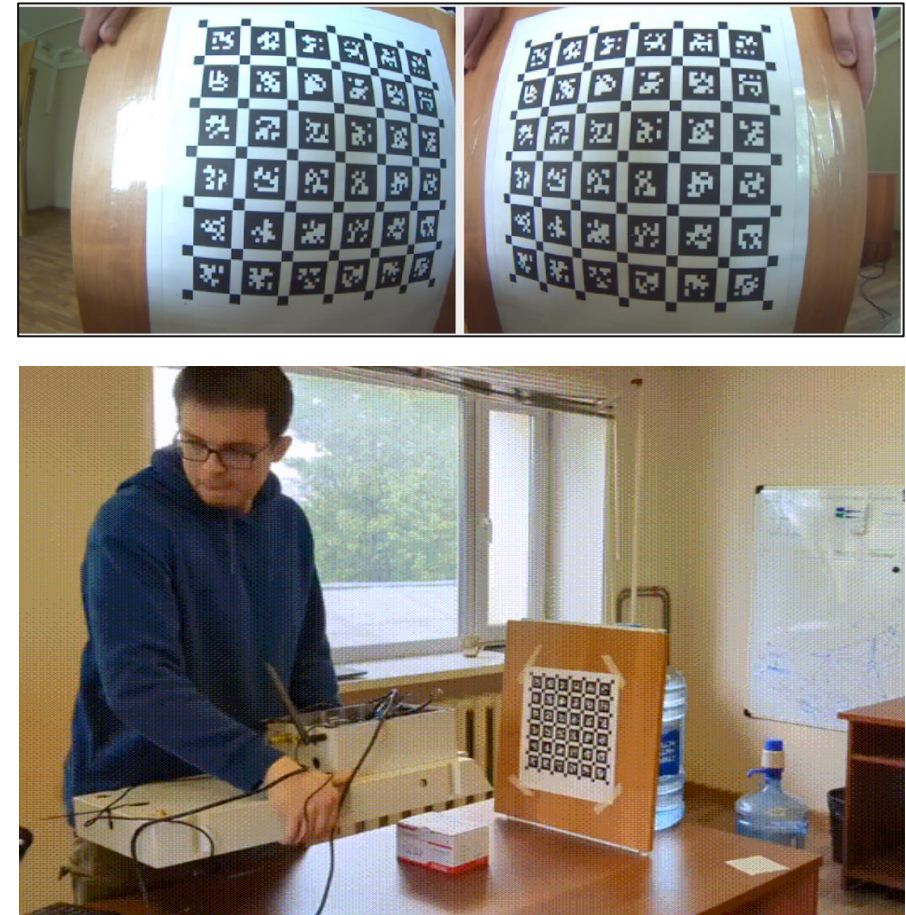


Рисунок 10. Калибровка системы

Демонстрация работы

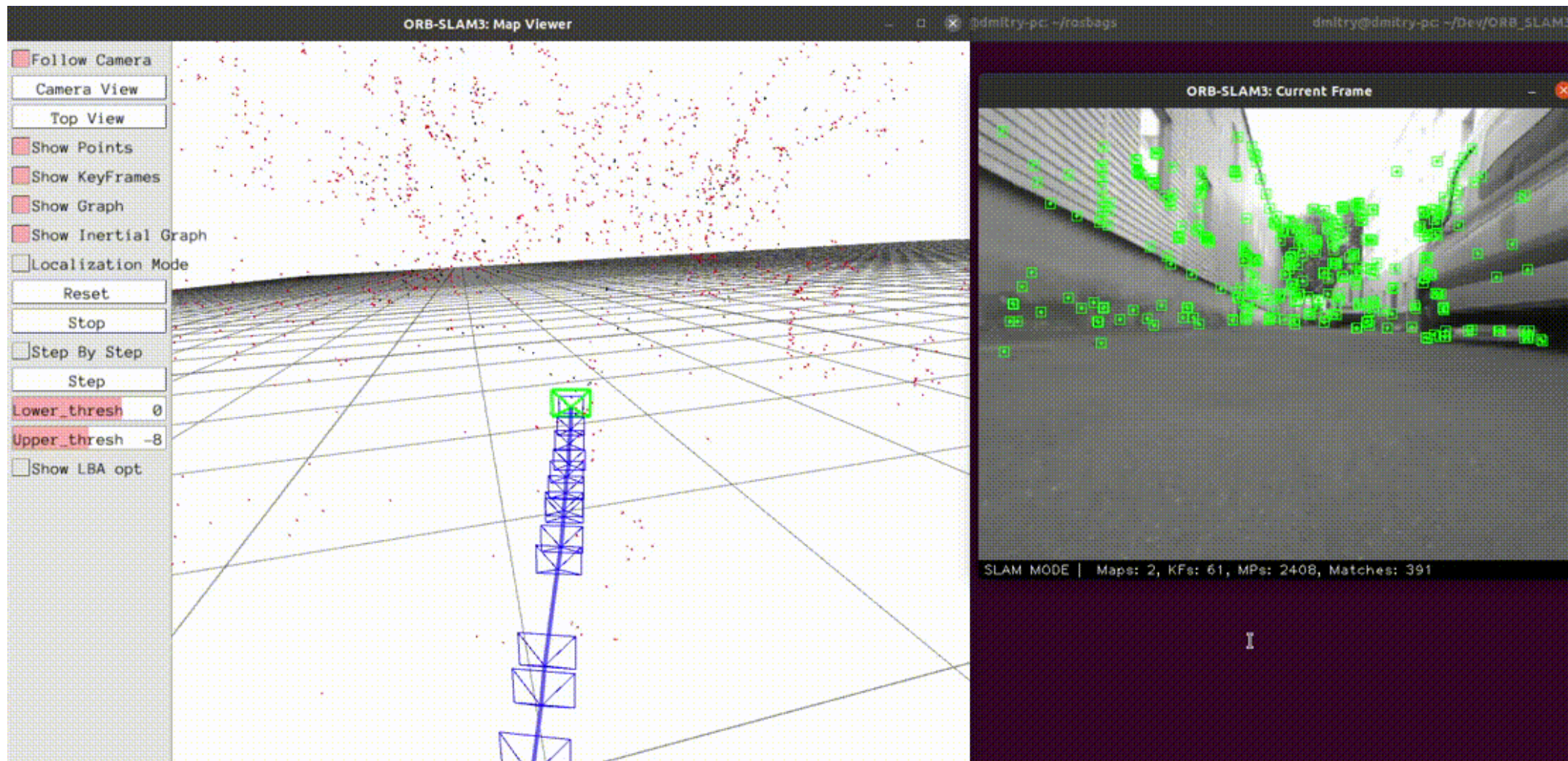


Рисунок 9. Демонстрация работы

Экспериментальные исследования

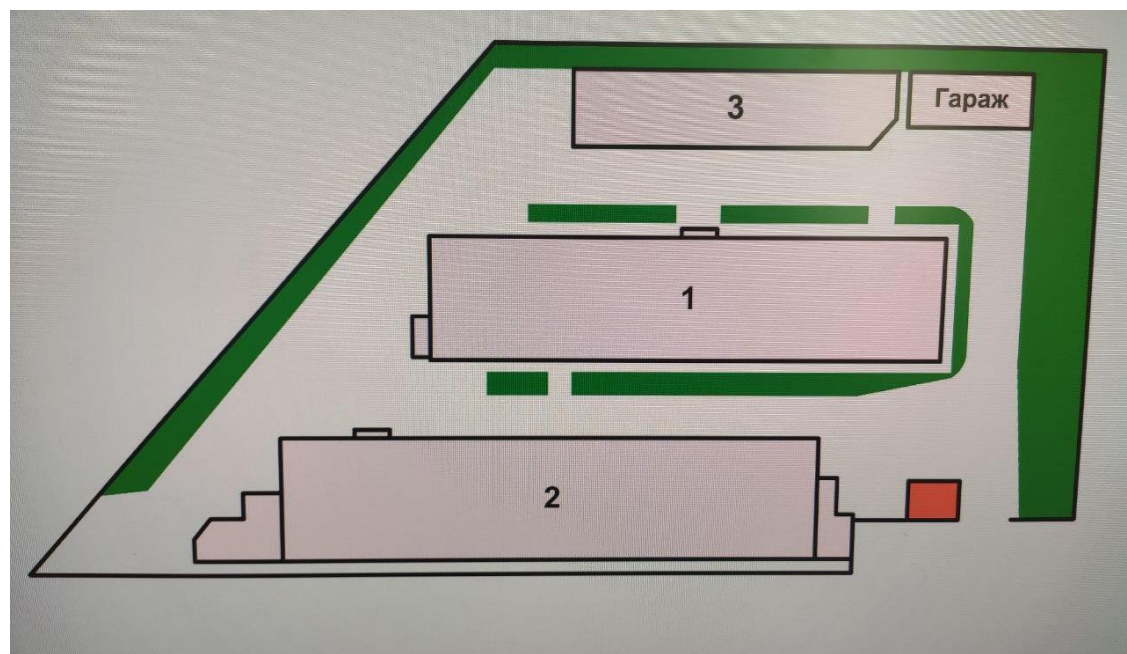


Рисунок 11. План ЦРАР

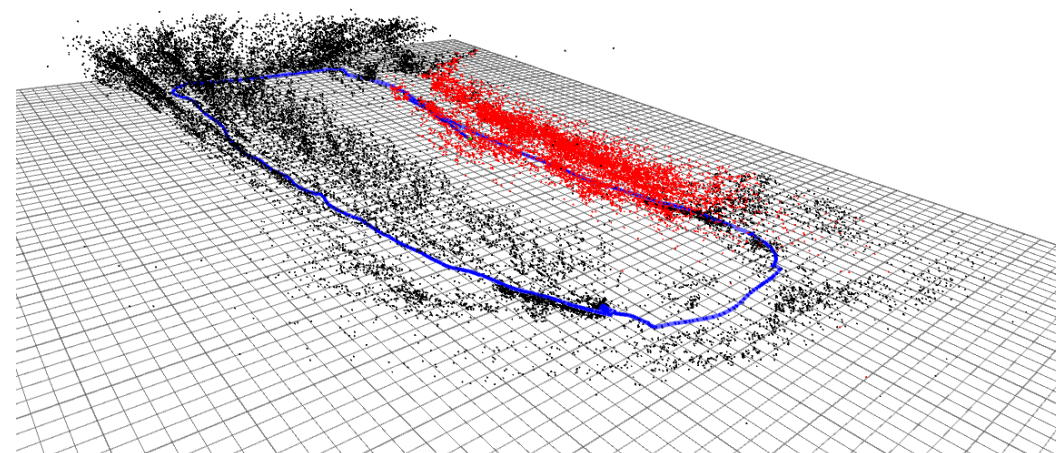
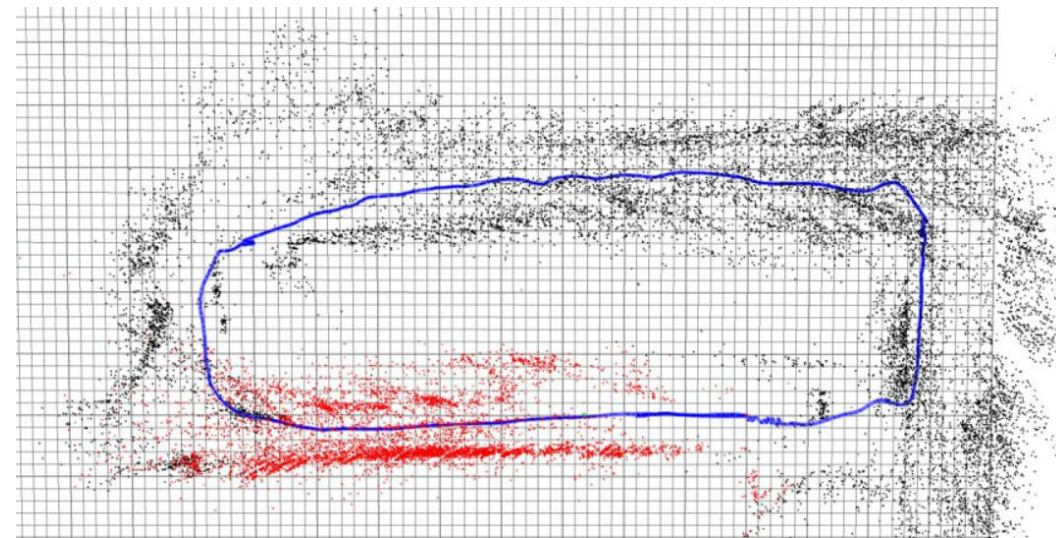


Рисунок 12. Построенная карта

Анализ результатов

В облаке точек выделены контуры центрального здания. По сетке измерены размеры здания, и было проведено сравнение с реальными размерами.

Таблица 2. Оценка погрешности составленной карты

Размеры здания	Длина, м	Ширина, м
Реальные	54	13
Измеренные по сетке	48	10
Относительная погрешность	11%	23%

Дальнейшие действия

- Испытания на полигоне;
- Разработка модуля планирования движения на основе разработанной системы навигации.
- Внедрение данных с инерциального измерительного модуля в систему навигации

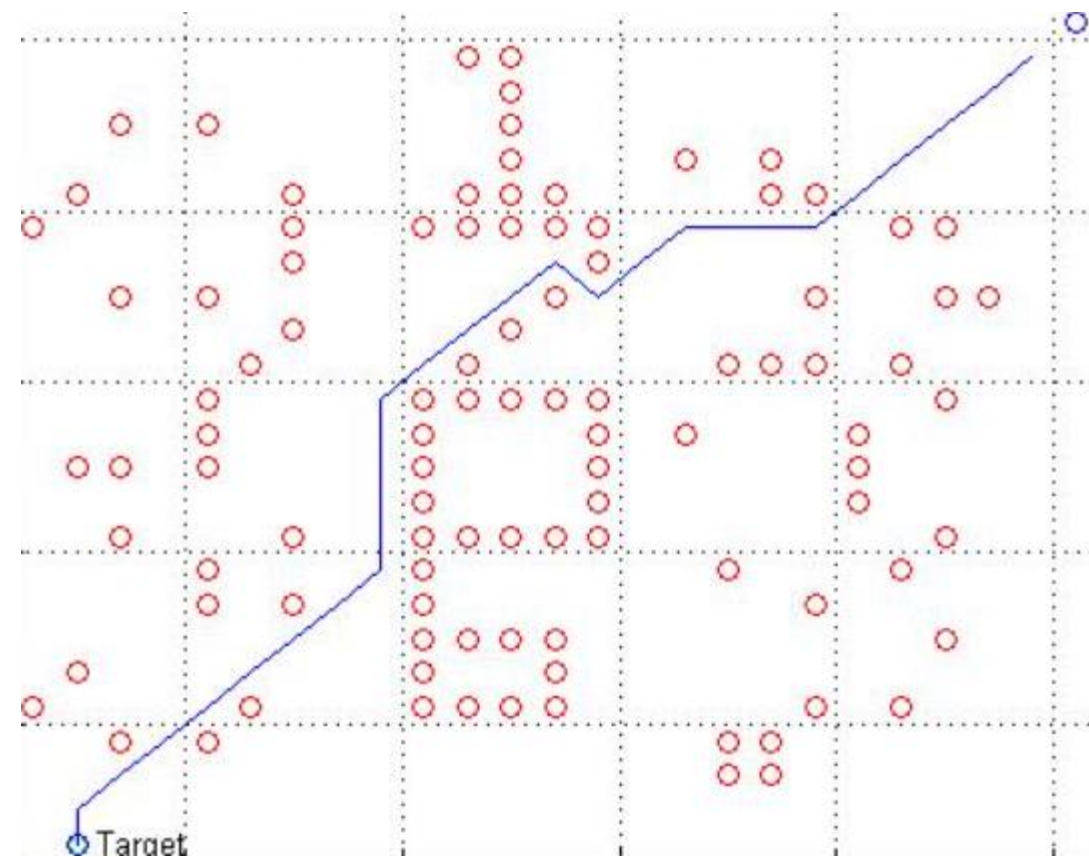


Рисунок 13. Планирование пути



**Спасибо за
внимание!**