



Санкт-Петербургский государственный университет
Кафедра информатики

Навигация колесного робота в незнакомой местности по лидару и цветной камере

Владимирова Элина, группа 24.М81-мм

19 декабря 2024 г.

Научный руководитель: к.ф.-м.н. С.И. Салищев, старший преподаватель кафедры
информатики

Санкт-Петербург
2024

Введение

- Роботы, автономно перемещающиеся в пространстве, применяются в промышленности и науке, быту и досуге.
- Колесный робот «Геобот» — образовательный проект ГК «Геоскан».
- Практическая работа является частью проекта, выполняется в рамках стажировки под кураторством студенческого конструкторского бюро и ставит целью создание для «Геобота» алгоритма навигации в неизвестных заранее локациях по данным с RGBD-датчика — лидар-камеры Intel RealSense L515.



Цели и задачи

Цели работы:

- ① Реализация алгоритма построения и прохождения маршрута от текущего положения до заданной точки в неизвестной местности с препятствиями колесным роботом по данным с лидар-камеры Intel RealSense L515 с построением карты пространства.
- ② Проверка гипотезы об улучшении качества алгоритма внедрением технологий глубокого машинного обучения.

Задачи в рамках цели 1:

- Визуализировать данные с лидар-камеры на ноутбуке,
- Визуализировать данные с лидар-камеры через беспроводное подключение к Raspberry Pi,
- Выбрать алгоритм SLAM,
- Внедрить выбранный алгоритм SLAM в логику взаимодействия с лидар-камерой.

Цели и задачи

Цели работы:

- ❶ Реализация алгоритма построения и прохождения маршрута от текущего положения до заданной точки в неизвестной местности с препятствиями колесным роботом по данным с лидар-камеры Intel RealSense L515 с построением карты пространства.
- ❷ Проверка гипотезы об улучшении качества алгоритма внедрением технологий глубокого машинного обучения.

Задачи в рамках цели 2:

- Выбрать подходящую предобученную нейронную сеть для семантической сегментации изображений с камеры,
- Собрать датасет препятствий в целевом пространстве перемещения робота,
- Дообучить нейросеть на собранных данных,
- Сравнить качество алгоритма с использованием нейросети с качеством алгоритма без нейросети.

Промежуточные результаты

- На данный момент:
 - ① Составлен обзор стереокамер, поддерживаемых современными версиями Ubuntu и совместимыми с современными версиями ROS 2. Предложены альтернативные Intel RealSense L515 варианты,
 - ② Настроена визуализация данных с лидар-камеры в форматах карты глубин и цветного облака точек,
 - ③ Создан алгоритм визуализации данных с лидар-камеры через беспроводное подключение к Raspberry Pi в виде карты глубин,
 - ④ Обозначены 3 траектории разработки алгоритма визуализации данных с лидар-камеры при беспроводном подключении к Raspberry Pi в виде облаков точек,
 - ⑤ Сформирован план внедрения SLAM-алгоритма ORB-SLAM3.
- Планируется осуществить работу над остальными обозначенными задачами: визуализацией облаков точек, внесением алгоритма SLAM в логику взаимодействия с лидар-камерой и внедрением в полученную программу нейросетевого алгоритма обработки RGBD-данных.

Сравнение современных стереокамер (Intel RealSense)

Поддержка ROS 2	Сравнение моделей. Выводы	Цены	Модели для покупки
Поддерживается всеми версиями ROS 2. SDK поддерживает все семейство глубинных камер D400 (кроме 420, но ее нет в продаже).	<ul style="list-style-type: none">- рабочий диапазон: 0.3—6м. В задаче SLAM на территории, на которой препятствия не располагаются дальше 3.5м и ориентация требует рассмотрения близких объектов, лучше всего подходят D415 (0.5—3м) и D435 (0.3—3м, шире угол обзора для глубины, есть комплектации с IMU),- модели с i в конце названия включают IMU (inertial measurement unit) и собирают информацию о наклонах и поворотах камеры. Рекомендуются Intel для подвижных устройств, но в задаче с плоским полом избыточны,- модели с f в конце названия снабжены near-infrared IR Pass Filter и меньше реагируют на отражения и преломления света. Тоже избыточная надстройка для задачи: отражающих поверхностей в офисе и на арене нет, стеклянные двери с камерой глубины по лидару и камере не отловим.	Ozon: D435f (39K), D415 (30.9K), D415 (40.8K) Aliexpress: D415 (40.3K)	D435f

Визуализация RGBD-данных по проводному соединению

Инструмент визуализации — RealSense Viewer (Intel RealSense SDK v2.47.0).

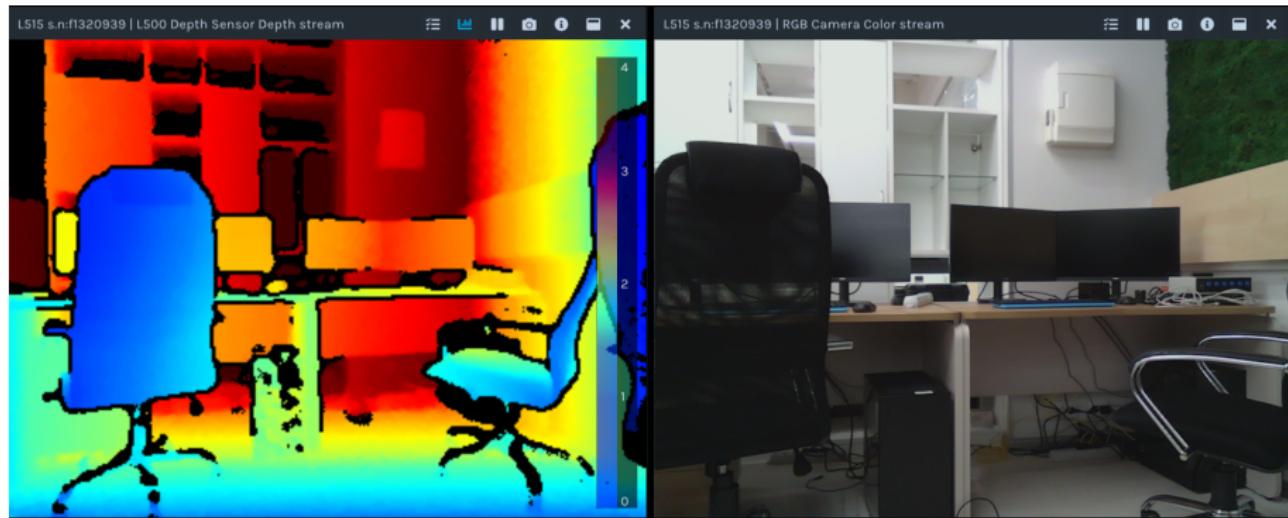


Рис.: Карта глубины и цветное изображение, полученные через проводное подключение L515 к компьютеру

Визуализация RGBD-данных по проводному соединению

Инструмент визуализации — RealSense Viewer (Intel RealSense SDK v2.47.0).

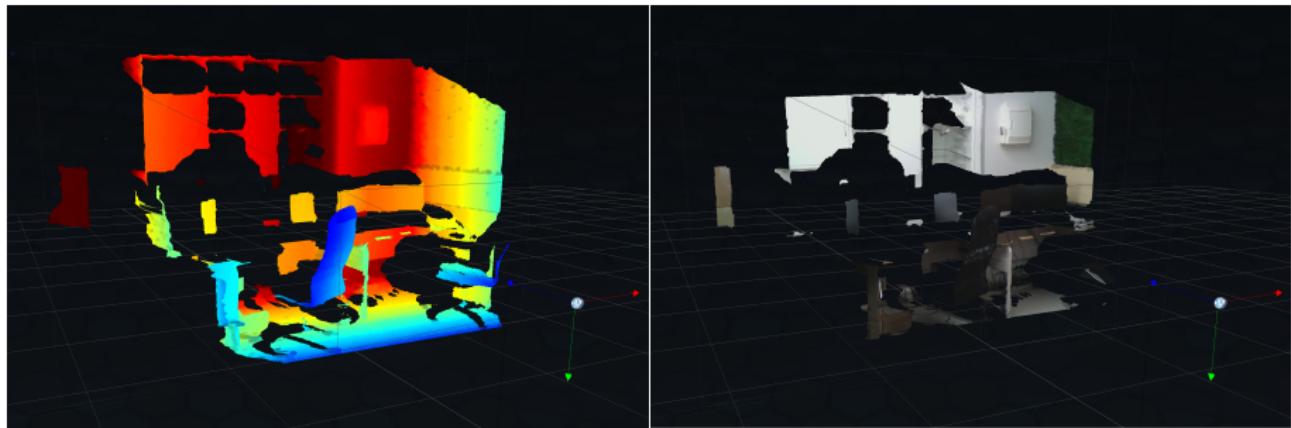


Рис.: Облако точек и цветное облако точек, полученные через проводное подключение L515 к компьютеру

Визуализация RGBD-данных по проводному соединению

Инструмент визуализации — RealSense Viewer (Intel RealSense SDK v2.47.0).

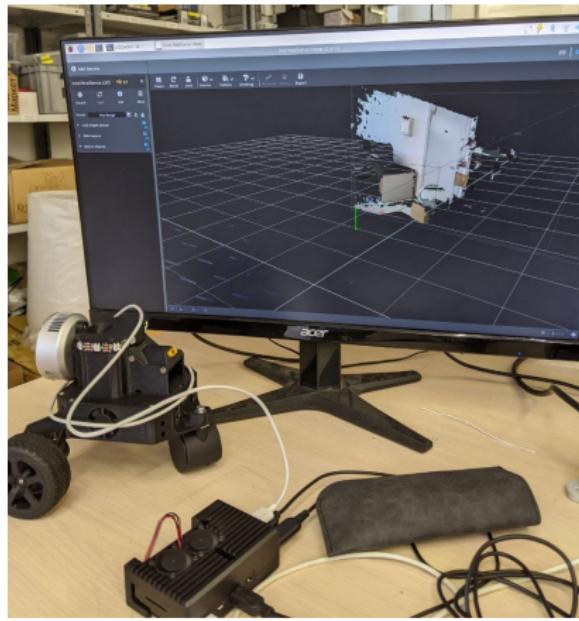


Рис.: Цветное облако точек, полученное через проводное подключение L515 к Raspberry Pi с монитором

Визуализация данных глубины по беспроводному соединению

Инструменты визуализации — pyrealsense2 + OpenCV.

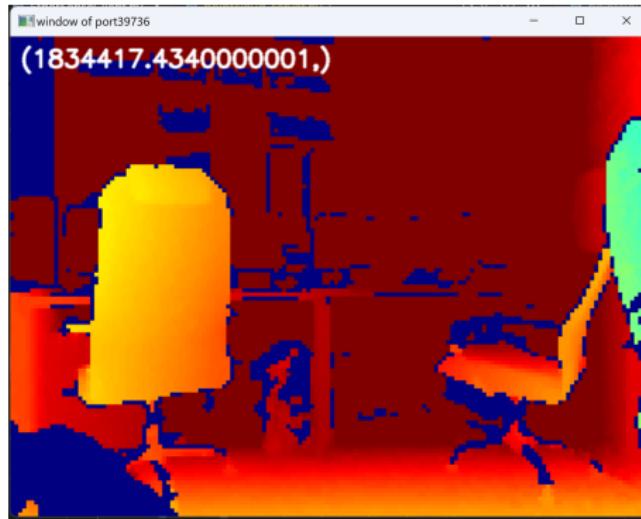


Рис.: Карта глубины, полученная через беспроводное подключение L515 к компьютеру

Промежуточные результаты

- На данный момент:
 - ① Составлен обзор современных стереокамер, предложены альтернативные Intel RealSense L515 варианты,
 - ② Настроена визуализация данных с лидар-камеры в форматах карты глубин и цветного облака точек,
 - ③ Создан алгоритм визуализации данных с лидар-камеры через беспроводное подключение к Raspberry Pi в виде карты глубин,
 - ④ Обозначены 3 траектории разработки алгоритма визуализации данных с лидар-камеры при беспроводном подключении к Raspberry Pi в виде облаков точек,
 - ⑤ Сформирован план внедрения SLAM-алгоритма ORB-SLAM3.
- Планируется осуществить работу над остальными обозначенными задачами: визуализацией облаков точек, внесением алгоритма SLAM в логику взаимодействия с лидар-камерой, внедрением в полученный код нейросетевой обработки RGBD-данных.

Промежуточные результаты. Код проекта

Исходный код практической работы доступен в репозитории GitHub:
<https://github.com/Ali-AliAli-Ali/mapping-with-L515>





Санкт-Петербургский государственный университет
Кафедра информатики

Навигация колесного робота в незнакомой местности по лидару и цветной камере

Владимирова Элина, группа 24.М81-мм

19 декабря 2024 г.

Научный руководитель: к.ф.-м.н. С.И. Салищев, старший преподаватель кафедры
информатики

Санкт-Петербург
2024

Список основной литературы

-  R.Hartley, A.Zisserman. Multiple View Geometry in Computer Vision. — Cambridge University Press, 2003
-  M.Firman. RGBD Datasets: Past, Present and Future — arXiv, 2016
-  I. Arvanitakis, K. Giannousakis, A. Tzes. Mobile robot navigation in unknown environment based on exploration principles. — Conference on Control Applications (CCA), 2016
-  D. Magallan-Ramirez, J.D. Martinez-Aguilar, A. Rodriguez-Tirado, et al. Implementation of NAO robot maze navigation based on computer vision and collaborative learning. — Frontiers in Robotics and AI, 2022
-  A.S. Al-Batati , A. Koubaa, M. Abdelkader. ROS 2 in a Nutshell: A Survey. — Preprints, 2024
-  C.Campos, R.Elvira, J.J.G.Rodriguez, J.M.M.Montiel, J.D.Tardos. ORB-SLAM3: An Accurate Open-Source Library for Visual, Visual-Inertial and Multi-Map SLAM. —IEEE Transactions on Robotics, 2021
-  A.Vedadi, A.Yousefi-Koma, P.Yazdankhah, A.Mozayyan. Comparative Evaluation of RGB-D SLAM Methods for Humanoid Robot Localization and Mapping. — arXiv, 2023

Задача автономной навигации

Автономная навигация мобильного робота в незнакомых или динамически изменяющихся средах подразумевает решение задач:

- ① **Одновременная локализация и картирование (SLAM)** — определение роботом собственного положения в пространстве, генерация и сохранение в памяти карты местности,
- ② **Планирование пути** — построение роботом маршрута для достижения целевой позиции в пространстве с учетом препятствий. В усложненной формулировке требуется оптимальность (кратчайшая возможная длина) пути,
- ③ **Планирование движения** — разбиение роботом глобального пути на короткие участки и обеспечение их прохождения с минимальным отклонением от запланированного маршрута.

Используемые технологии. Необходимое оборудование

- колесный робот «Геобот» ГК «Геоскан»,
- Raspberry Pi 4 (4 GB VRAM),
- лидар-камера Intel RealSense L515,
- ноутбук ASUS Vivobook, процессор AMD Ryzen 7 5800H with Radeon Graphics,
- провод USB type-A to type-C 2.1 длиной 1 м.

ГРУППА КОМПАНИЙ

GEOSCAN



**intel REALSENSE™
TECHNOLOGY**

ASUS

RYZEN

Используемые технологии. Необходимое ПО

- ОС Windows 11 Pro, WSL2,
- ОС Ubuntu 22.04, Ubuntu 24.04, Debian 12,
- Intel RealSense SDK v2.47.0,
- Visual Studio Code 1.95.3,
- Python 3.10, 3.11



Ubuntu

debian



ROS

Формат данных RGBD

Визуальные данные в формате RGBD совмещают данные глубины (D, depth) и цветное изображение в стандартном формате RGB.

Наиболее распространенные RGBD-сенсоры — стерео- и лидар-камеры.

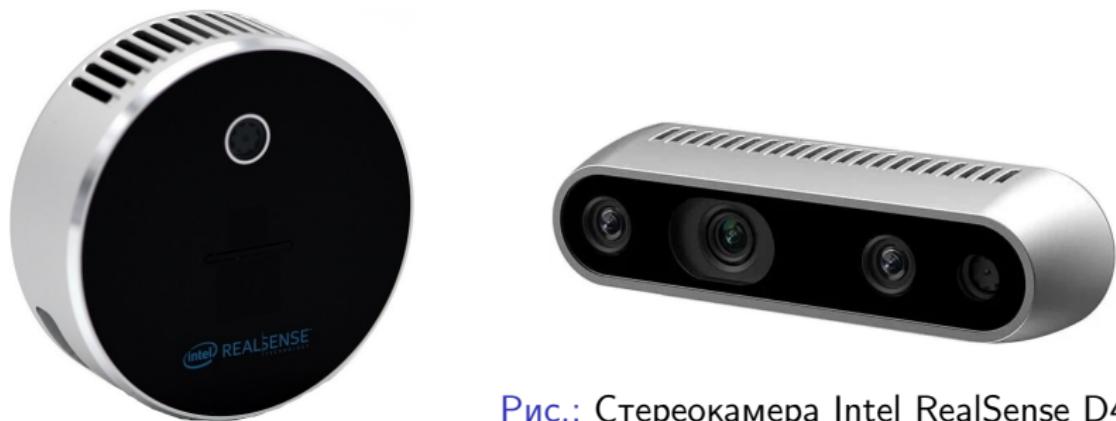


Рис.: Стереокамера Intel RealSense D435

Рис.: Лидар-камера Intel RealSense L515

Сравнение современных стереокамер (Luxonis)

Поддержка ROS 2	Сравнение моделей. Выводы	Цены	Модели для покупки
Активно развиваются, официально поддерживаются ROS 2 Humble, неофициально Jazzy (OAK-D-Lite).	<ul style="list-style-type: none">- для разных назначений с диапазоном хорошего качества от 0.3—1м до 8—30м (с минимальной ошибкой; Luxonis практически не указывают строгих диапазонов). Есть оптимальная Lite с диапазоном 0.5—12м,- включают CPU, адаптированный к нейросетевым вычислениям для отслеживания объектов и человеческих поз, запуска пользовательских нейросетей,- Lite включает 3 камеры: измеряющие глубину по краям и цветная 4K по центру,- включают IMU,- не так требовательны к USB-3, могут работать и с USB-2,- в статьях-сравнениях моделей RealSense и OAK-D показывается преимущество вторых, а Luxonis называется молодой перспективной компанией.	Aliexpress: OAK-D Lite (20K), OAK-D Lite (23K) Другие магазины: OAK-D Lite (37.3K)	OAK-D Lite

Сравнение современных стереокамер (Orbbec)

Поддержка ROS 2	Сравнение моделей. Выводы	Цены	Модели для покупки
Активно развиваются, официально поддерживаются ROS 2 от Foxy до Jazzy через обертку для SDK, актуальный для всех (продаляемых) камер.	<ul style="list-style-type: none">- все работают в диапазоне 0.2—бм — идеальная дальность в условиях офиса,- у многих из них ограничение на солнечный свет. Наиболее оптимальны Gemini 335L/336L (диапазон 0.25—бм с минимальной ошибкой, до 20м в целом; отличаются IR Pass Filter для обработки отражающих поверхностей у 336L),- включают IMU,- почти все передают данные только по USB-3,- в сравнении моделей Orbbec Gemini 2 L и RealSense D455 из блога OpenCV делается вывод о большей гладкости и стабильности карты глубин Orbbec. У Orbbec больше угол захвата на 4-5 градусов в ширину и высоту и меньше реакция на отражения (должно быть исправлено в f-версиях RealSense). RealSense лучше распознает стекло и справляется со светом. В условиях офиса и аренды из перечисленного важен только угол обзора.	Официальный сайт: Gemini 335L (36K), Gemini 336L (38K) Озон: Gemini E (устар.) (20K) Aliexpress: Gemini 335L (51K)	Gemini 335L, Gemini 336L