



НИЯУ МИФИ
ИИКС

Институт
интеллектуальных
кибернетических
систем

КС&Т

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМ РОБОТОМ–ГАЗОНОКОСИЛКОЙ

Исполнитель:
Студент группы Б18-513
Гречин А.А.

Руководитель:
Ассистент интеллектуальной лаборатории
робототехники, кафедры 12, ИИКС, НИЯУ
МИФИ
Гриднев А.А.

Цели и задачи

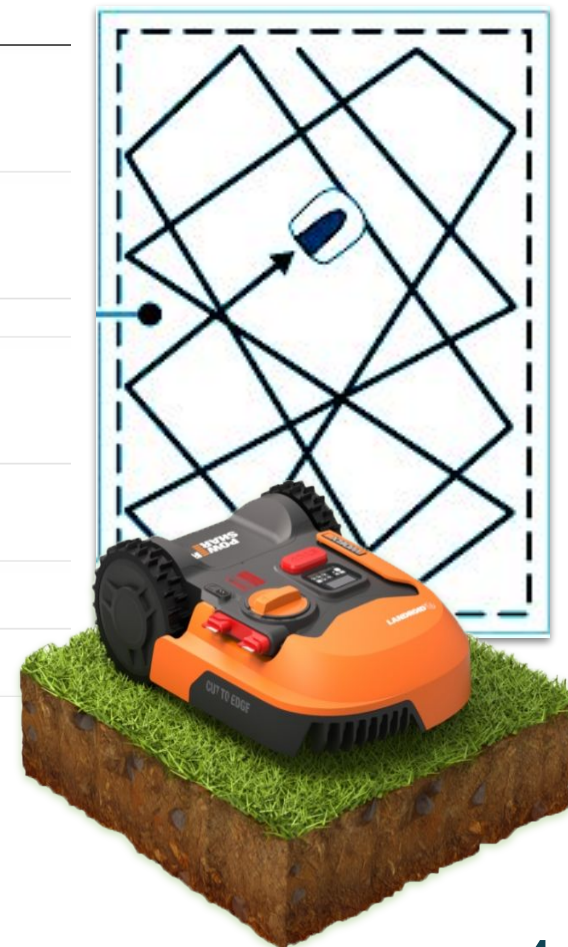
- Цель работы: разработка системы управления для робота-газонокосильщика, которая бы позволила добиться удобства эксплуатации и эффективности работы устройства аналогичным современным роботам-пылесосам.
- Задачи:
 - Проведение обзора основных существующих в настоящий момент подходов к навигации беспилотных наземных роботов;
 - Изучение особенностей работы систем управления и их возможностей, предоставляемых пользователю, среди представленных на рынке систем роботов-газонокосильщиков;
 - Определение принципа позиционирования робота на местности;
 - Определение алгоритма обхода территории;
 - Разработка системы управления;
 - Реализация разработанной системы управления;
 - Тестирование работы системы управления.

Введение в предметную область



Требования к системе управления

Система управления	Использующая ограничительный кабель (Flymo 1200R)	Использующая датчики влажности (Ambrogio L60)	Использующая GPS RTK (Ardomower)
Отсутствует необходимость установки физических ограничений на участке	<input type="checkbox"/>	В зависимости от конфигурации участка	<input checked="" type="checkbox"/>
Возможность программного переопределения рабочей зоны	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Режим докашивания зон	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Аккуратный обход препятствий, т.е. без непосредственного столкновения с ним	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Возможность указания различных типов рабочих зон	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Автоматический возврат на базу	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Эффективный обход территории	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

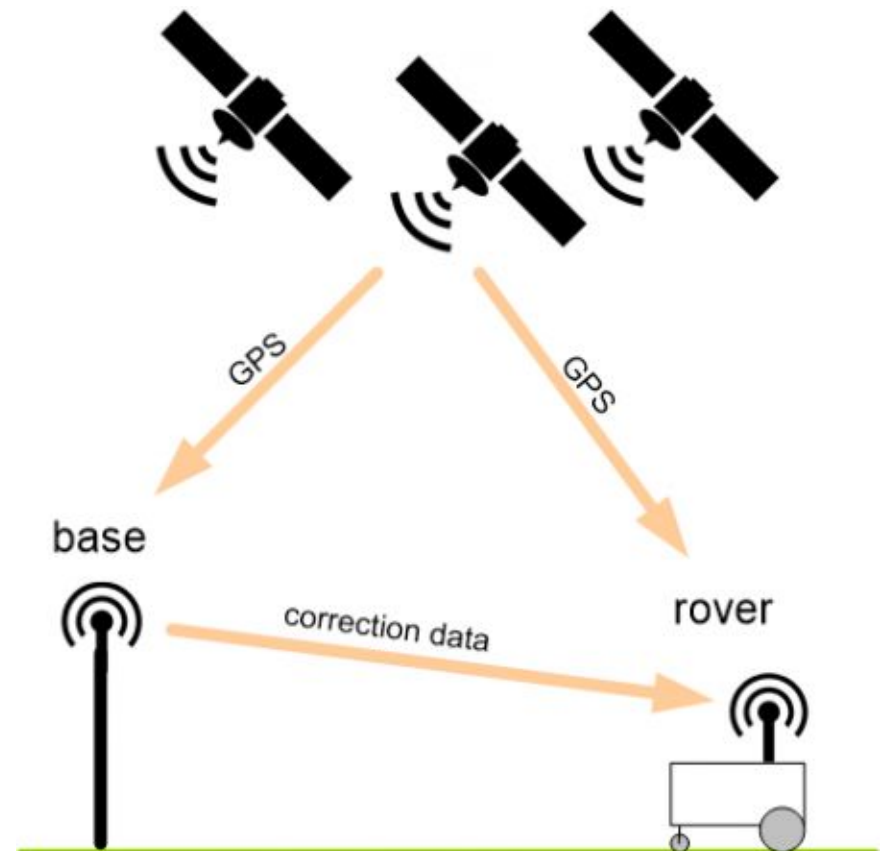


Выбор метода локализации

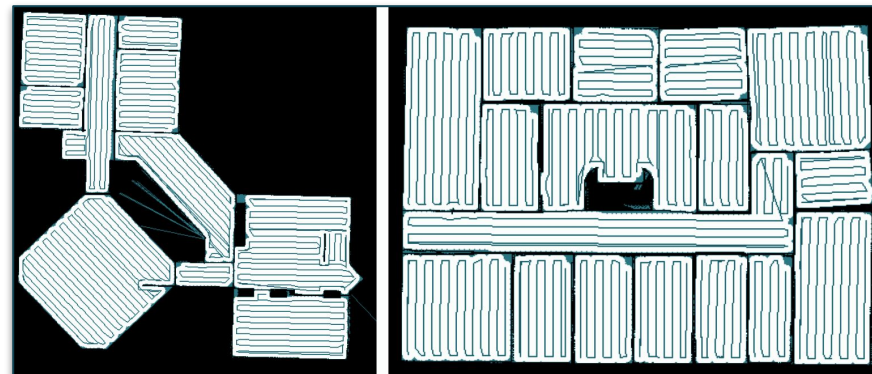
Рассмотренные методы:

1. Датчик влажности
2. GPS
3. GPS RTK
4. Радиомаяки
5. Видеокамера
6. Одометрия
7. Лидар

Был выбран GPS RTK



Выбор алгоритма обхода территории



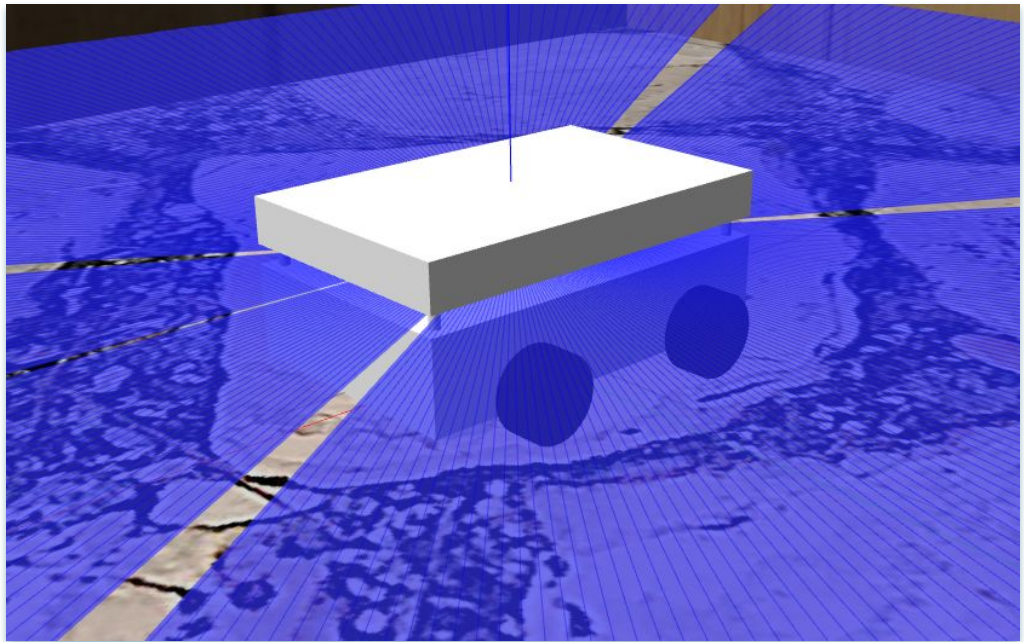
	Computation time [s]	Path length [m]	Rotations [rad]	Traveling time [s]	Coverage [%]	Appeal
without furniture						
Boustrophedon	1.8 (± 0.8)	101.6 (± 166.2)	53.5 (± 64.5)	440.7 (± 651.1)	98.4 (± 3.9)	1.219 (± 0.130)
Grid TSP	28.5 (± 251.6)	95.9 (± 143.7)	102.4 (± 171.1)	515.2 (± 780.8)	97.8 (± 4.1)	0.671 (± 0.392)
Neural Network	4.0 (± 31.4)	158.4 (± 353.0)	83.7 (± 152.7)	687.8 (± 1414.8)	96.4 (± 5.7)	0.108 (± 1.752)
Grid Local Energy	1.5 (± 0.1)	93.9 (± 138.2)	81.7 (± 147.8)	469.0 (± 719.2)	96.3 (± 4.7)	0.876 (± 0.360)
Contour Line	2.0 (± 0.6)	98.5 (± 150.7)	65.8 (± 83.2)	454.2 (± 636.9)	98.7 (± 4.8)	0.877 (± 0.136)
Convex SPP	26.0 (± 215.3)	94.7 (± 141.4)	99.3 (± 156.6)	505.2 (± 745.3)	98.4 (± 4.0)	1.078 (± 0.308)
with furniture						
Boustrophedon	3.4 (± 4.1)	127.5 (± 198.0)	115.6 (± 119.5)	645.8 (± 856.1)	94.6 (± 5.5)	0.715 (± 0.382)
Grid TSP	41.6 (± 259.0)	95.2 (± 145.0)	168.5 (± 197.5)	639.3 (± 849.1)	94.4 (± 5.5)	0.416 (± 0.308)
Neural Network	4.0 (± 32.0)	215.8 (± 380.9)	171.6 (± 204.1)	1046.7 (± 1606.7)	92.9 (± 6.9)	-1.049 (± 2.624)
Grid Local Energy	1.5 (± 0.1)	91.9 (± 139.7)	138.7 (± 175.2)	571.3 (± 788.8)	92.5 (± 5.9)	0.694 (± 0.289)
Contour Line	3.3 (± 8.8)	110.6 (± 159.8)	164.8 (± 161.6)	683.3 (± 797.6)	95.5 (± 6.2)	0.414 (± 0.287)
Convex SPP	39.5 (± 230.9)	91.1 (± 140.9)	157.2 (± 182.5)	603.9 (± 807.7)	94.7 (± 5.5)	0.657 (± 0.254)
planned in maps without furniture, executed in furnished maps						
Boustrophedon	1.8 (± 0.8)	105.1 (± 169.3)	96.6 (± 87.7)	534.7 (± 700.1)	95.6 (± 5.5)	0.780 (± 0.402)
Grid TSP	28.5 (± 251.6)	99.4 (± 146.9)	138.4 (± 180.4)	595.6 (± 820.5)	94.9 (± 5.6)	0.423 (± 0.339)
Neural Network	4.0 (± 31.4)	167.8 (± 360.9)	143.8 (± 195.8)	834.1 (± 1517.2)	93.9 (± 6.8)	-0.228 (± 1.794)
Grid Local Energy	1.5 (± 0.1)	97.5 (± 142.0)	121.9 (± 157.6)	557.8 (± 762.5)	93.4 (± 6.1)	0.628 (± 0.306)
Contour Line	2.0 (± 0.6)	95.9 (± 151.2)	82.5 (± 89.9)	477.2 (± 652.3)	85.6 (± 10.5)	0.692 (± 0.192)
Convex SPP	26.0 (± 215.3)	98.5 (± 144.7)	133.4 (± 165.7)	583.1 (± 784.9)	95.5 (± 5.6)	0.744 (± 0.284)

Был выбран Boustrophedon

Требования к конфигурации робота

Датчики, необходимые для работы робота:

1. Датчик столкновений
2. Датчик отрыва от поверхности
3. Датчик определения местоположения – GPS RTK
4. Лидар
5. Одометрия



Разработка системы управления

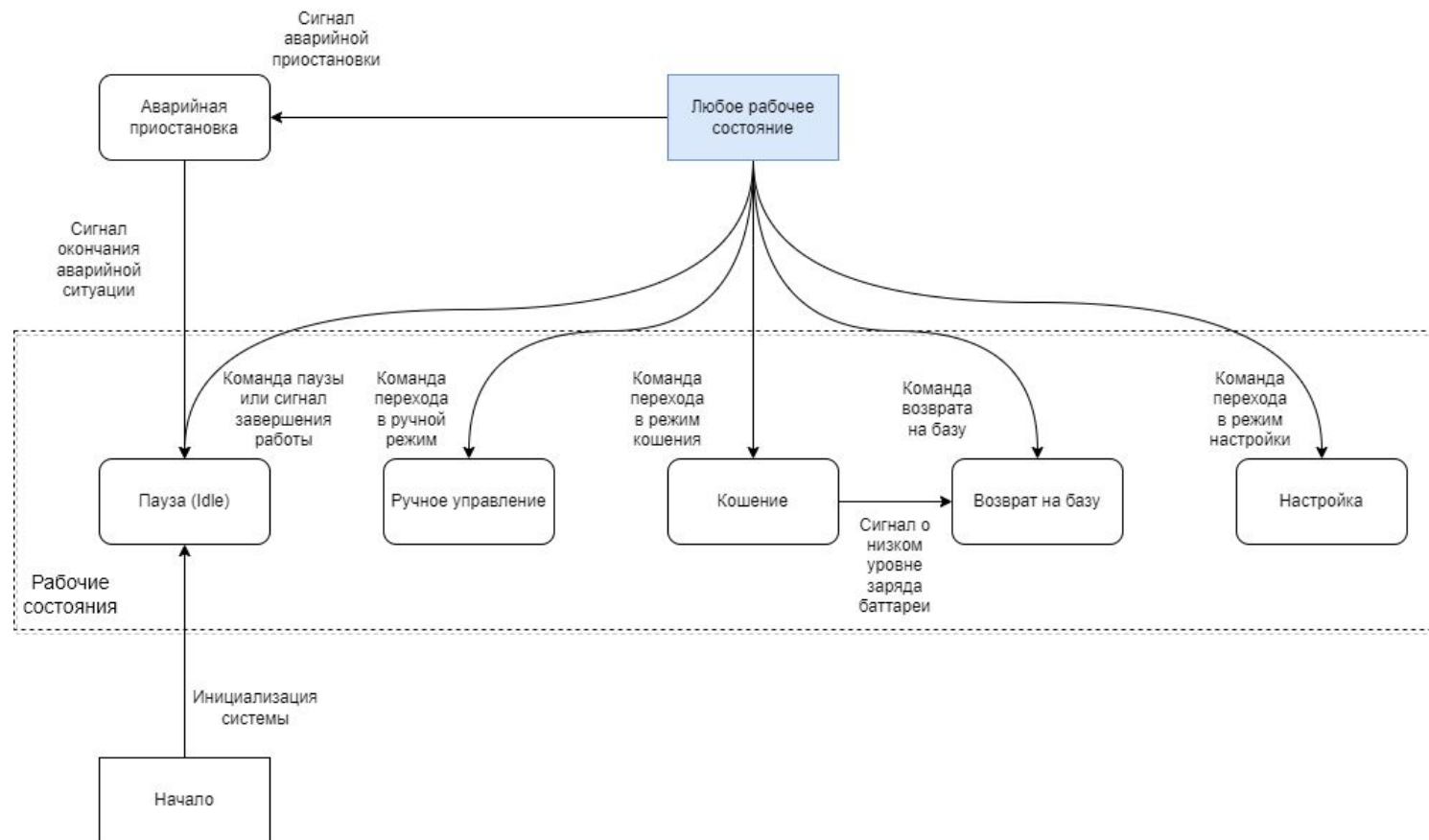
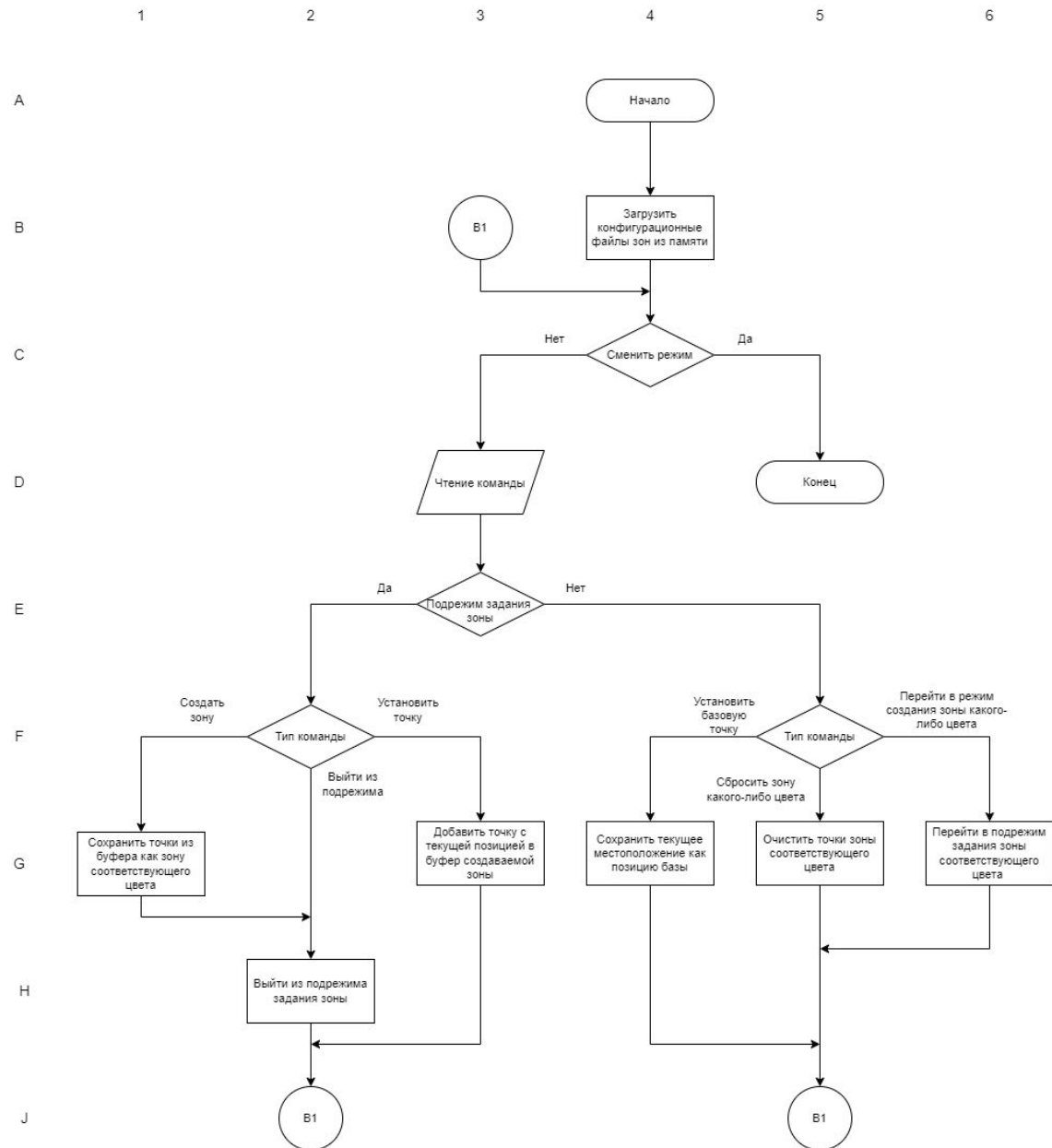
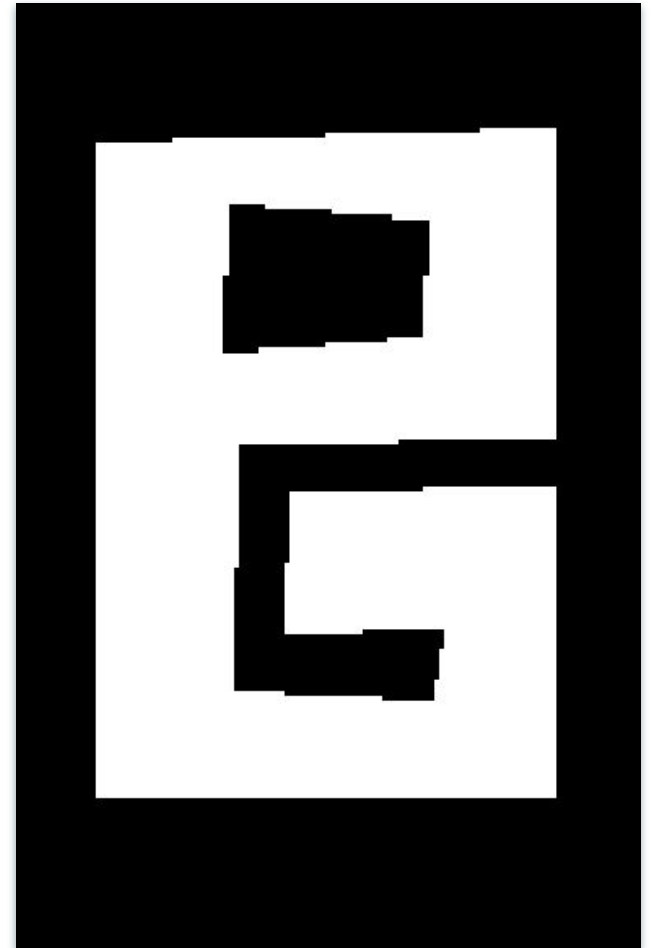
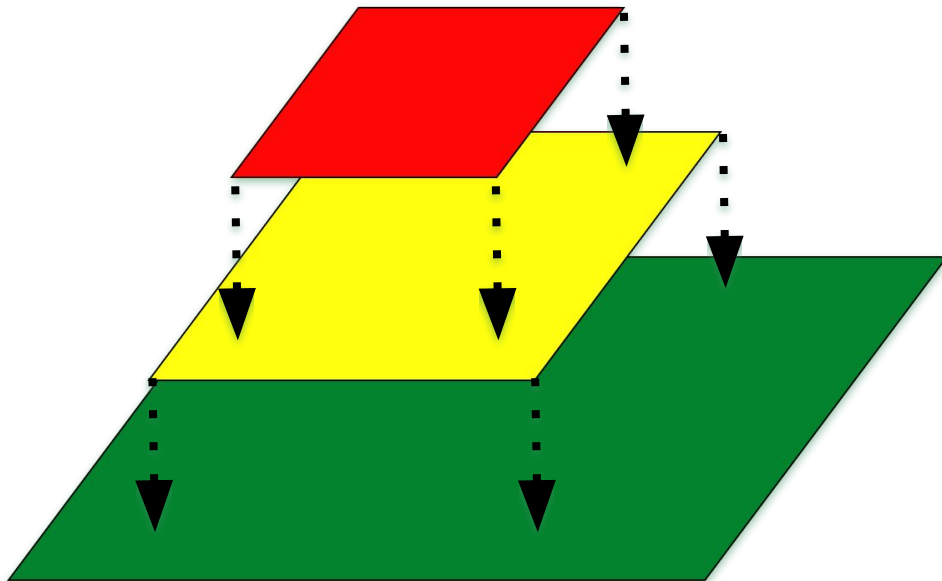


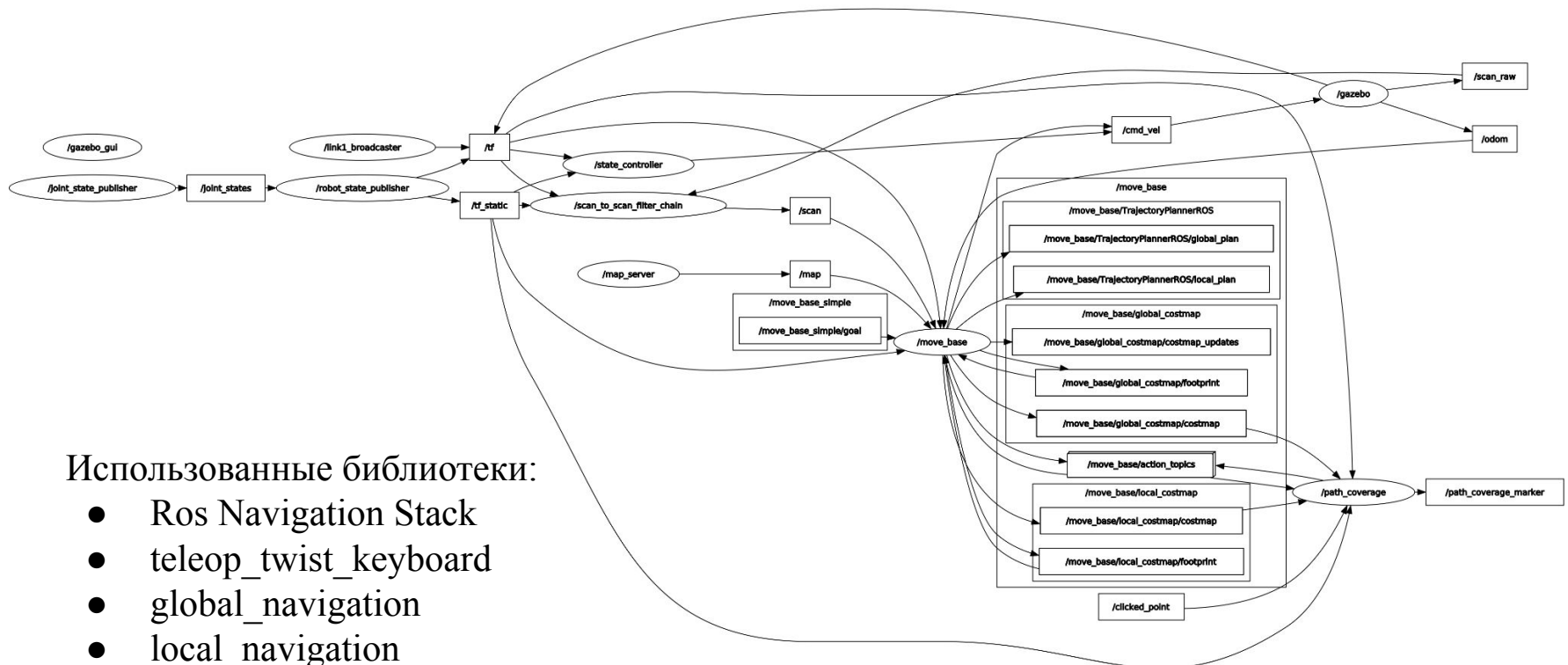
Схема алгоритма работы в режиме “Настройка”



Создание карт кошения и движения



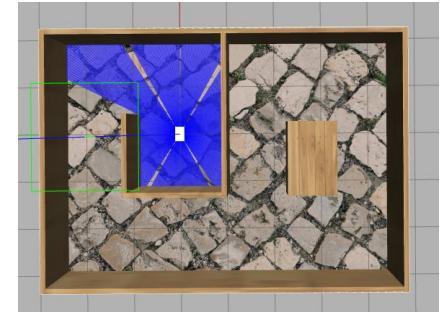
Выбор средств реализации



Использованные библиотеки:

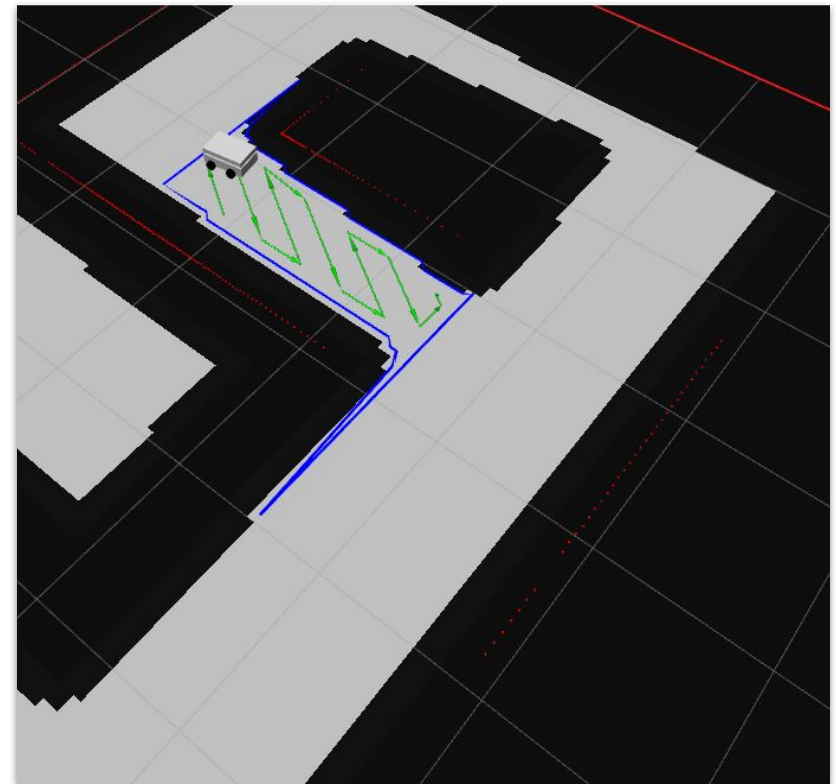
- Ros Navigation Stack
- teleop_twist_keyboard
- global_navigation
- local_navigation

Тестирование и отладка



Была проведена проверка работы системы управления в следующих условиях:

1. Работа робота в каждом из режимов во время моделирования;
2. Прерывание работы режимов и их смена;
3. Блокировка и разблокировка робота во время работы в различных режимах;
4. Задание базовой точки и движение к ней;
5. Задание зон различных цветов;
6. Формирование карты движения и карты кошения из установленных зон;
7. Работа в режиме кошения на тестовой сцене;
8. Поступление сигнала о низком заряде батареи при работе в различных режимах.



Доля покрытия территории: 80%

Заключение

- Проведен обзор особенностей работы и эксплуатации роботов–газонокосильщиков, рассмотрены существующие подходы к позиционированию на местности, алгоритмы обхода и системы управления, их реализующие;
- Определены алгоритмы обхода и принцип позиционирования на местности для разрабатываемой системы управления;
- Разработана система управления, удовлетворяющая условию удобной и эффективной эксплуатации;
- Произведена реализация системы управления;
- Проведено тестирование работы системы управления в виртуальной среде моделирования;
- Проведены замеры некоторых параметров системы, проанализированы результаты тестирования и непосредственно разработанная система управления.
- Определен план дальнейших работ над системой.