

Московский политехнический университет

Киберфизические системы

Практикум по робототехнике

Раздел: Применение Gazebo для симуляции роботов на ROS.

Лабораторная работа № 1

Система управления мобильным роботом

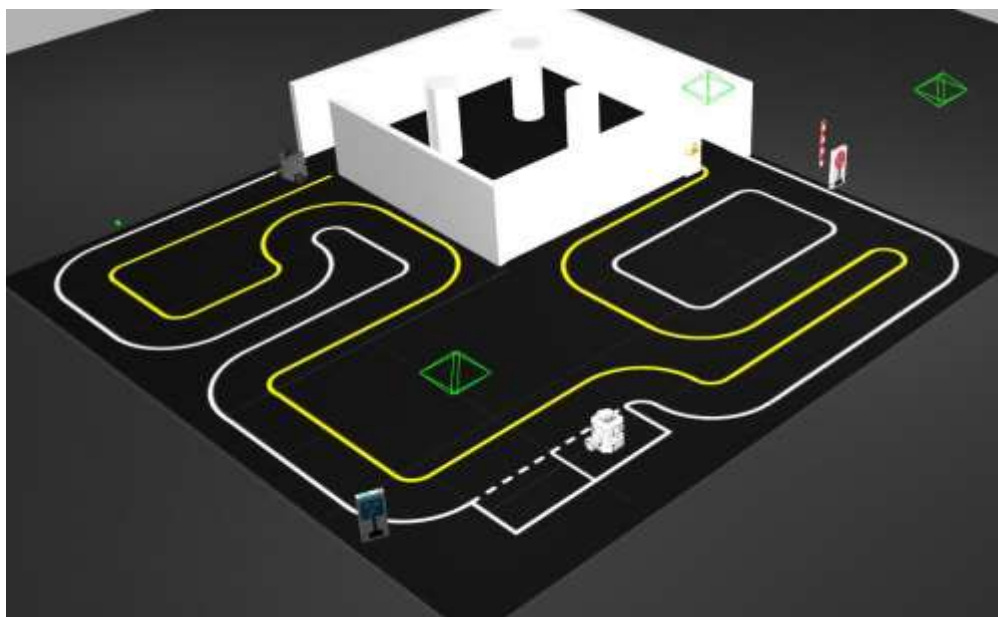
Задачи:

1. Развернуть среду симуляции Gazebo с виртуальным тестовым полигоном и телеуправляемой моделью робота TurtleBot, настроить и выполнить запуск миссии.
2. Реализовать графический интерфейс управления роботом с использованием руQT и обеспечить вывод данных с датчиков, установленных на роботе.
3. Реализовать управление движением робота с интерфейса пользователя.
4. Реализовать расчет положения робота на основании данных с энкодеров.
5. Реализовать получение данных с 2D-лидара, установленного на роботе и реализовать визуализацию получаемых данных на графическом интерфейсе.
6. Реализовать получение изображений с двух камер для обработки с поддержкой openCV в ROS.
7. Реализовать отображение изображений с камер на графическом интерфейсе с коррекцией перспективы.
8. Реализовать детектирование линий разметки.
9. Реализовать детектирование объектов интереса и параметров размещения объектов относительно робота с выводом информации на визуализацию изображения с камер и схему окружения робота.
10. Реализовать функцию движения робота с учетом линий разметки.
11. Реализовать функцию коррекции вычисленных координат робота по информации об окружающих объектах при нахождении робота в особых зонах.

12. Реализовать выполнение роботом тестового задания по прохождению трассы.

Дано

Система управления разрабатывается для мобильного робота, который будет двигаться по полигону, включающему зону для движения по полосе с развилкой, парковочные карманы, лабиринт, дорожные знаки и несколько динамических препятствий (светофор, шлагбаум, робот).



Трасса (включающая «полосу движения») обозначается двумя граничными линиями разметки, левая из которых имеет желтый цвет, а правая – белый. Ширина линий достаточная, для их уверенного детектирования на изображениях, полученных с камер, установленных на роботе.

При проведении анализа можно полагать, что ширина робота равна 75% типовой ширины трассы.

На данном полигоне прямолинейные участки линий разметки ориентированы вдоль координатных линий. Также присутствуют особые виды разметки:

- штриховая белая линия, обозначающая край зоны парковки;

- прямоугольные парковочные карманы, ограниченные с одной стороны штриховой линией;
- Т-образные перекрестки.

Также на полигоне расположен лабиринт, имеющий вертикальные стенки и несколько внутренних препятствий в виде вертикальных цилиндров. Стенки и препятствия имеют белый цвет, а также определяются 2D-лидаром.

Расположенный на трассе шлагбаум состоит из чередующихся прямоугольных блоков красного и белого цвета, и целиком перекрывает полосу движения, когда находится в закрытом состоянии.

Размещенный на трассе светофор реализован в виде единичной сферической лампы, меняющей свой цвет. Движение разрешено при наличии зеленого сигнала.

Знак «STOP» требует остановки робота не менее чем на 1 секунду.

Въезд в лабиринт обозначен знаком «тоннель».

Зона парковки предваряется знаком парковки.

В одном из парковочных карманов может находиться препятствие (другой робот). Данный парковочный карман считается занятым.

Миссия (прохождение трассы)

Робот начинает движение от выезда из лабиринта, будучи ориентированным вдоль полосы движения и находясь на ней. Система управления роботом должна детектировать некорректность позиции робота и вносить коррективы в движение робота (выполнять корректирующие маневры после старта), либо сообщать о невозможности движения (если коррекция затруднена). Позиция старта должна приниматься за точку начала отсчета программным обеспечением робота (не обязательно, как нулевую).

После старта робот движется по полосе движения до светофора и детектирует его цвет. Если нет разрешающего сигнала, то робот должен остановиться в пределах одного-двух корпусов от светофора.

Далее робот следует по полосе движения до знака парковки и проехав его детектирует свободный парковочный карман, въезжает в него и останавливается не менее, чем на 3 секунды. Затем робот покидает парковку и движется далее.

Миновав перекресток, робот достигает знака «СТОП» и останавливается не менее, чем на 1 секунду. Если после остановки робот детектирует закрытый шлагбаум, то он должен ждать, пока шлагбаум не откроется. Затем робот может продолжить движение.

Миновав второй перекресток, робот достигнет лабиринта. Лабиринт устроен таким образом, чтобы робот мог преодолеть его, двигаясь вдоль правой стены. Однако нет ограничений по выбору маршрута при прохождении лабиринта.

После выезда из лабиринта в районе точки старта робот должен прекратить движение с выдачей сообщения об окончании миссии.

Задача 1

Загрузить и установить среду симуляции согласно инструкции.

Запустить симуляцию и автоматику событий на поле – в данном примере автоматизация событий реализована в формате миссии. После запуска миссии начинают работать светофоры, шлагбаумы и прочее.

Выполнить настройку получения данных с робота, в том числе значений колесных энкодеров, 2D-лидара и двух камер (фронтальной и верхней).

Убедиться в технической выполнимости прохождения трассы, в том числе проверить видимость объектов интереса (светофора, знаков, разметки и прочего).

Задача 2

Используя библиотеку ruQT реализовать графический интерфейс управления роботом (виртуальную панель приборов), содержащий поля для вывода данных с колесных энкодеров и других данных, область для

отображения данных с 2D-лидара, область для размещения изображений с камер, зону для размещения элементов управления (кнопок, переключателей, текстовых полей). Также на форме можно разместить отдельную область для показа информации об окружении робота, либо совмещает её с выводом лидарных данных.

Задача 3

Обеспечить ручной режим управления роботом, разместив на виртуальной панели приборов кнопки для управления движением. Рекомендуется использовать следующую схему:

Три кнопки отвечают за включение движения вперед, остановку и включение движения назад. После нажатий кнопок включения движений робот должен начинать движение сохраняя его до нажатия кнопки остановки или кнопки противонаправленного движения.

Три другие кнопки должны отвечать за баланс между колесами робота – «начать вращение влево», «остановка вращения», «начать вращение вправо». Нажатие кнопок начала вращения приводит к дифференциальной разнице скоростей колес на заранее определенную величину, а остановка – к удалению разницы. Таким образом если вращение начато во время движения робота, то одно из колес станет двигаться быстрее, а другое – медленнее. Если же робот будет покоиться, то одно колесо начнет вращаться вперед, а другое – назад.

Кнопки управления движением не должны действовать во время выполнения миссии (при прохождении трассы).

При отладке управления рекомендуется подобрать такую скорость движения и поворота робота, чтобы он мог проходить повороты без остановки продольного движения (как правило это обеспечивают тем, что робот поворачивает по меньшему радиусу, чем радиус скругления полосы движения).

Задача 4

При движении робота система управления должна считывать значения колесных энкодеров и вычислять приращение положения робота относительно позиции старта и его текущий курс. При этом используемые стартовые координаты должны вводиться перед стартом в текстовые поля. Вводятся и вычисляются три параметра, две координаты и курс.

Также необходимо реализовать кнопку сброса, обнуляющих вычисленные смещения от точки старта.

Вычисленные позиция (координаты) и курс робота должны выводиться на виртуальную панель приборов.

Задача 5

Создать ноду для получения данных с 2D-лидара и реализовать визуализацию получаемых данных. Для повышения надежности и простоты решения задач навигации, рекомендуется объединять значения по 5-10 соседних точек (выбирая ближайшую к роботу, если разброс не слишком велик).

Реализовать вывод данных об окружении робота в отдельной области виртуальной панели приборов (локальная карта) как набор точек, обозначающих окончания лучей, при работе, расположенном в центре изображения. Использовать изображение 400 x 400 px и масштабом 50 px/м. В случае низкой контрастности изображения рекомендуется обозначать концы лучей небольшими прямоугольниками.

Задача 6

Реализовать подключение двух камер робота в симуляции. Создать ноду для считывания изображения с камер. Реализовать вывод совмещенного изображений камер (два изображения рядом) на «виртуальную панель приборов».

Реализовать ввод команд на управление визуализацией работы системы технического зрения на «виртуальной панели приборов», например, через ввод в текстовое поле номера режима, где 0 – исходное изображение, 1 – бинаризованное изображение и т.д.

Рекомендуется также реализовать триггерное управление выводом текстовой информации по нажатию на отдельную кнопку на виртуальной панели или по изменению состояния переключателя, то есть включая и отключая вывод текста поверх изображений на виртуальной панели приборов. При этом желательно реализовать двухступенчатый вывод текста, когда все сообщения выводятся в текстовую переменную – буфер, а при рендеринге кадра этот буфер выводится на изображение.

Задача 7

Реализовать функцию (режим) коррекции перспективы на изображениях фронтальной и верхней камер, с тем, чтобы показывать изображение так, как если бы оно было снято при вертикальной ориентации оптической оси камеры. Фактически, линии разметки полосы движения на прямолинейном участке должны выглядеть параллельными. Коррекция более сложных искажений, например, сферических, не требуется.

Данный режим должен включаться и отключаться переключателями на виртуальной панели приборов. На неё же, в области, предназначенные для изображений с камер, должны выводиться скорректированные изображения, как один из вариантов режима показа изображений с камер.

Задача 8

На виртуальной панели приборов необходимо разместить переключатель, который будет включать режим детектирования линий разметки. Детектирование линий разметки должно выполняться как на исходных, так и на скорректированных изображениях с камер.

В целях реализации системы навигации и позиционирования, необходимо реализовать метод детектирования линий разметки на одном из изображений.

Задача 9

Для выполнения миссии роботу необходимо ориентироваться на размещение и сигналы различных объектов интереса, размещенных на полигоне. Данная задача включает две подзадачи: 1) нахождение (детектирование) объекта интереса и 2) расчет параметров размещения объекта относительно системы координат робота.

К началу работ над данной задачей необходимо обеспечить возможность вывода текста на изображения с камер, а также в область данных визуализации окружения робота (локальной карты).

Реализовать код распознавания знаков парковка, стоп, въезд в тоннель, светофора и шлагбаума по изображению с фронтальной камеры. Обеспечить вывод информации о найденном объекте поверх изображения с камер.

Реализовать расчеты положения объектов относительно робота (угол относительно курса, расстояние). Расчет должен выполняться на основании анализа изображения с камер.

При расчете коэффициентов пересчета провести экспериментальный подбор значений. Например, можно использовать следующий алгоритм: зная положение робота в известной позиции около объекта интереса, примерно оценить размер изображения этого объекта на картинке с камеры, а затем вычислить коэффициент пропорциональности.

В отладочных режимах (должен включаться и отключаться отдельной клавишей или переключателем) найденное изображение объекта интереса должно обводиться прямоугольником. И также рядом должна выводиться информация о результатах расчета положения.

Также необходимо реализовать вывод информации о найденных объектах на локальной карте в формате векторов, обозначающих направление на найденные объекты.

Задача 10

В зависимости от выбираемого источника видео (верхней или фронтальной камеры), и приведения его к проекции ортофотоплана (когда оптическая ось зрения направлена перпендикулярно плоскости изображения), должна выполняться детекция линий разметки с целью реализации задачи движения робота.

Используя данные локализации (например, по одометрии) система управления должна выбирать характер обработки данных о разметке для определения вида и направления движения. При этом (при включенном режиме отладки донной задачи) на виртуальной панели приборов должно отображаться сообщение об области, в которой находится робот и выбранном методе контроля движения робота, а также необходимо отображение опорных объектов – навигационных линий, виртуальных датчиков и прочего.

Также в отладочном режиме необходимо отображать степень корректирующего (управляющего) воздействия, вычисляемого по степени отклонения от желаемого движения, либо по степени стремления к требуемой позиции. Например, если маршрут (маневр) робота строится по ключевым точкам, то можно отобразить линию стремления, соотношение скоростей колес и связанная с этим ожидаемая траектория движения.

Задача 11

Не менее чем в трех областях на трассе (особых зонах) реализовать функцию коррекции вычисленных координат робота по информации об окружающих объектах, в том числе, по положению дорожного знака, по сплошной линии разметки, по особой структуре из линий разметки (в зоне парковки).

Информацию по выполнению коррекции (в режиме отладки этой задачи) выводить на виртуальную панель приборов.

Задача 12

Реализовать выполнение роботом тестового задания по прохождению трассы. Продемонстрировать работу всех отладочных режимов.