

Система позиционирования мобильного
робота относительно разметки с
применением средств нечёткой логики

П.С. Сорокоумов

НИЦ “Курчатовский институт”, Москва

Дистанционное зондирование Земли

- постоянная спутниковая съёмка планеты для сбора информации о различных природных и антропогенных процессах. Камеры спутника необходимо периодически калибровать для получения достоверных данных.

Для калибровки используются спутниковые снимки полигональных площадок, параметры поверхности которых известны.

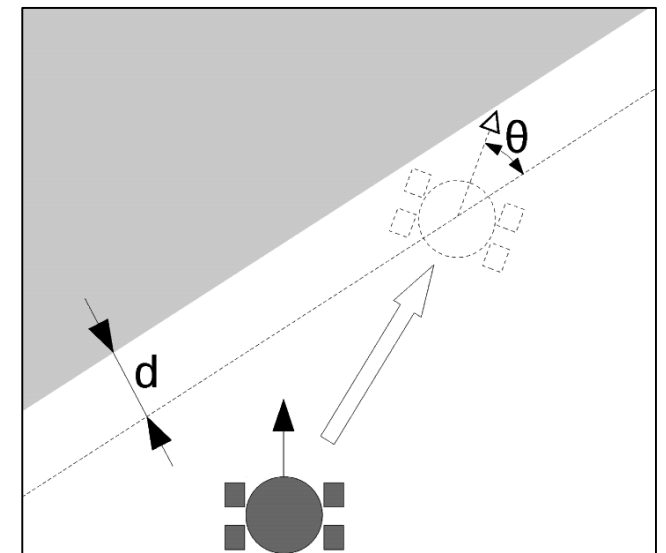
Измерение параметров площадок на поверхности Земли

Приборы, измеряющие параметры в разных зонах э/м спектра, тяжёлые и трудные в настройке. Их надо переносить между полигонами с разными поверхностями.

Можно перемещать их автоматически с помощью мобильного робота, но для этого надо научиться точно располагать робота с приборами относительно края площадки.

Требуемая точность: по расстоянию до 2 см, по углу до 1° . GPS, компас, гироскоп не подходят.

Можно использовать установленную на робот откалиброванную видеокамеру



Цель работы

обеспечить позиционирование мобильного робота относительно края контрольной площадки при наличии требований по точности ориентации и расстояния до края, пользуясь данными с видеокамеры.

Задачи

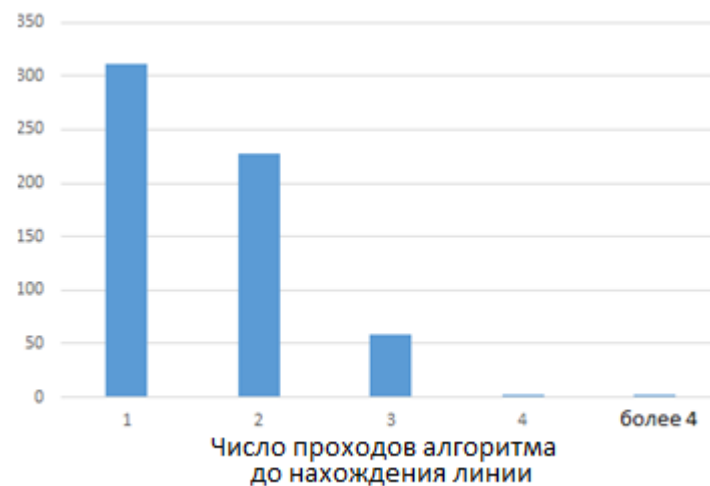
- Найти край полигона на изображении
- Определить положение робота относительно края полигона
- Направить робота в нужное положение

Поиск края полигона на изображении

- Сглаживание высокочастотного шума
- Выделение границ на изображении
- Поиск прямой линии методом RANSAC



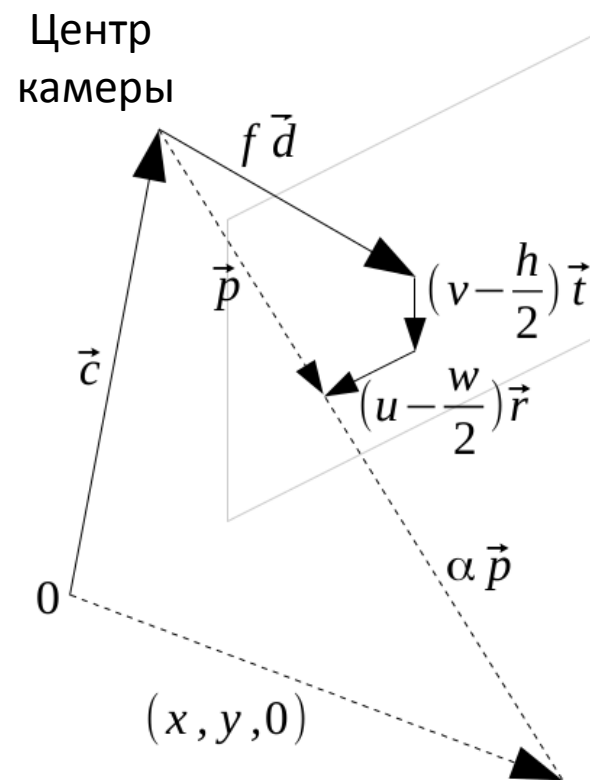
В данных условиях алгоритм RANSAC позволяет за малое число проходов найти линию края



Положение робота относительно края полигона

Из элементарных геометрических соображений находим координаты (x,y) любой точки прямой линии по проекциям (u,v) :

$$\vec{p} = f\vec{d} + \left(u - \frac{w}{2}\right)\vec{r} + \left(v - \frac{h}{2}\right)\vec{t}$$
$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \end{pmatrix} - \frac{c_z}{p_z} \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \end{pmatrix}$$

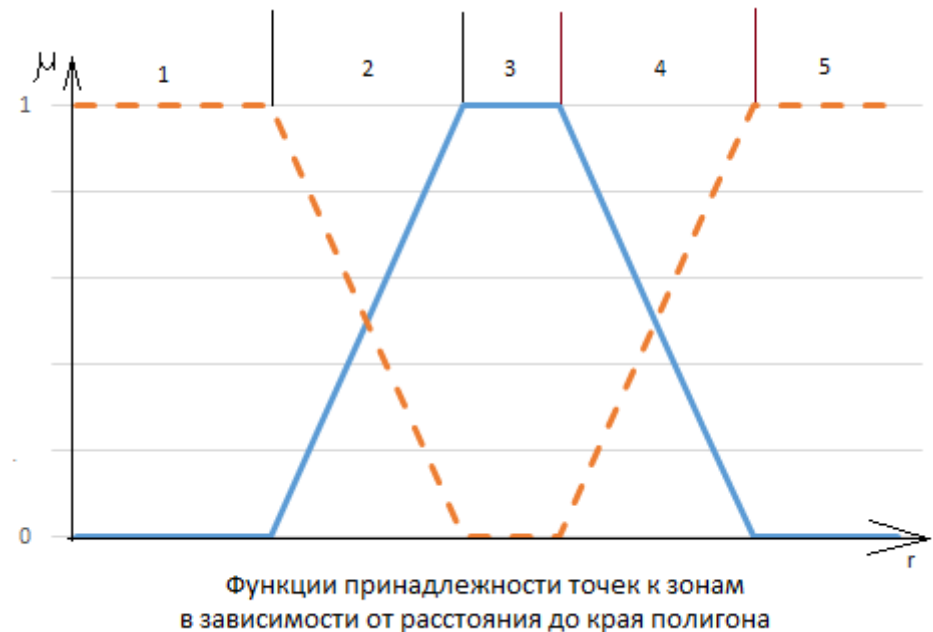


Приближение к линии

- Надо направить робота к линии, не теряя её из вида
 - Иногда задача может не иметь решения, когда линия в конечном положении не попадает в поле зрения камеры
- Один из вариантов решения – обеспечить разное управление при разных положениях робота:
 - На большом расстоянии от линии – приближаться к ней, не теряя её из вида
 - На малом расстоянии – поворачиваться до нужной ориентации
- Можно применить нечёткую систему управления

Нечеткая система управления

Разделим пространство на две части: в ближней к целевой линии зоне (синий цвет) главным образом изменяется ориентация, в дальней (красный цвет) – главным образом расстояние до целевой линии



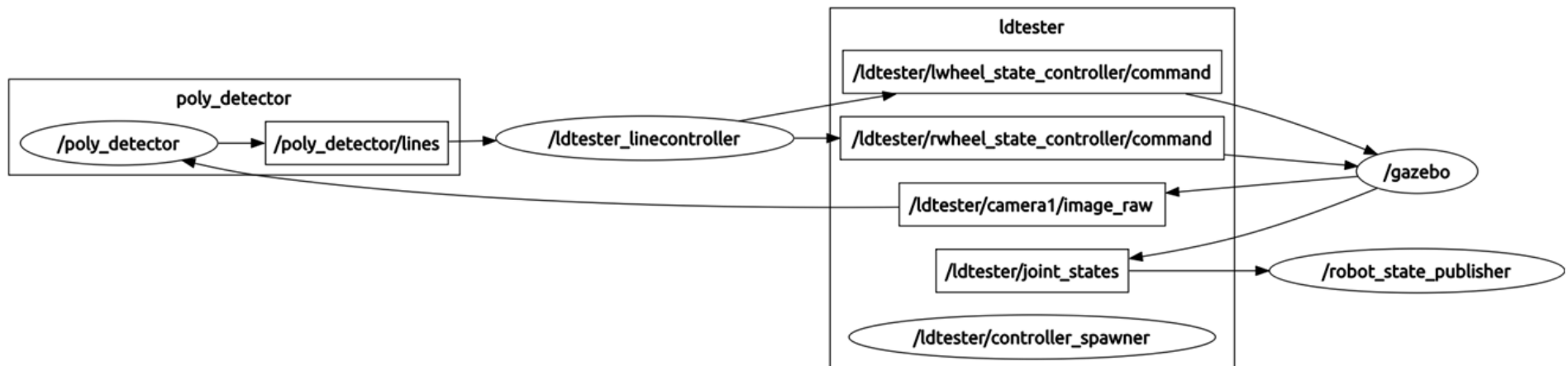
Нечёткая система управления реализована в виде 2 PID-регуляторов, управляющих скоростями вращения колёс робота. Сигналы от регуляторов суммируются

Реализация системы

Набор узлов ROS, работающих в составе единой системы управления:

`poly_detector` – распознаватель края изображения

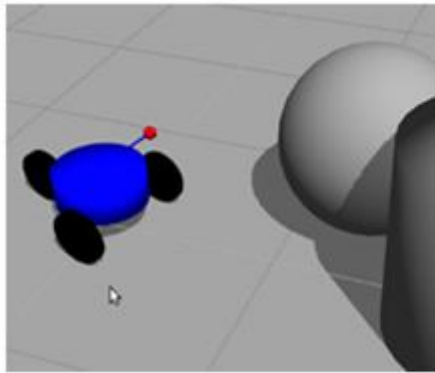
`ldtester_linecontroller` – формирователь сигналов управления



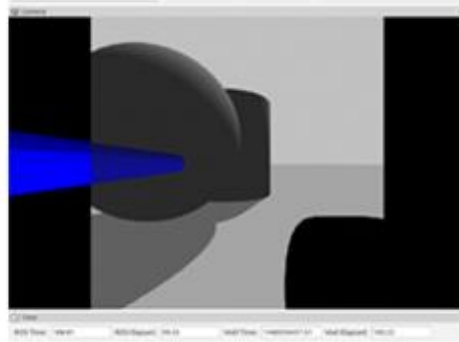
Структура тестовой подсистемы

Тестирование

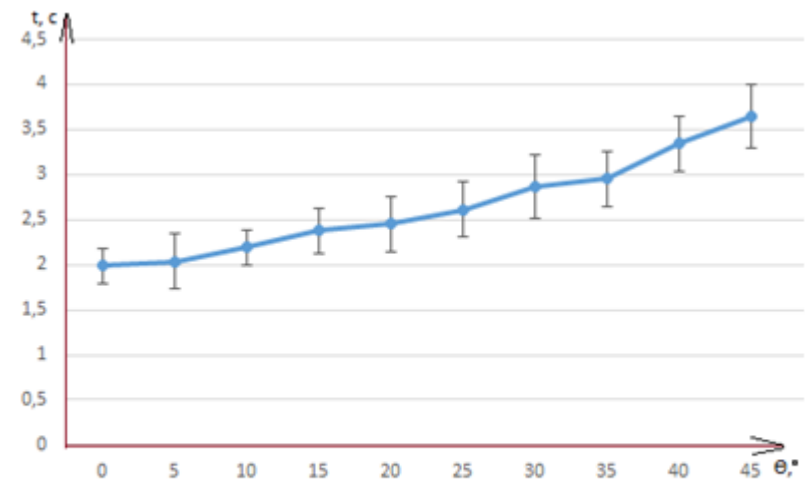
- На модели робота в среде Gazebo



Общий вид модели



Вид с камеры модели



Зависимость времени достижения целевой позиции от начального угла поворота модели относительно края

- На реальном роботе: при расстоянии до целевой линии 1.5-2м заданная позиция достигалась за 2-4 с.

Результаты работы

В данной работе описаны разработка и реализация системы позиционирования мобильного робота с применением средств нечёткой логики.

Данная система успешно решает поставленную задачу, обеспечивая позиционирование с требуемой точностью.