

2D карта

Использование сонаров для решения задачи картографирова- ния в мобильной робототехнике

Денис Шепелев

2D карты и датчики

2D карта

Датчики

Задача 2D картографирования

Подходы к решению задачи

Подходы к решению задачи

Алгоритм с обратной

моделью сенсора
Алгоритм с

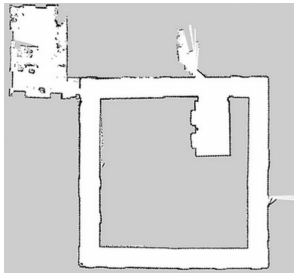
прямой моделью сенсора

Итеративный алгоритм с прямой моделью

Прямая модель
сонара

Результаты и дальнейшие работы

- ▶ Карта - обычное изображение
- ▶ Каждый пиксель - некоторая область пространства
- ▶ Белый пиксель - свободная для движения область
- ▶ Черный - чем-то занятая область
- ▶ Серый - неизвестная область



Датчики

- ▶ Сонары
- ▶ Лидары
- ▶ Стереокамеры

Использование
сонаров для
решения задачи
картографирова-
ния в мобильной
робототехнике

Денис Шепелев

2D карты и
датчики

2D карта

Датчики

Задача 2D карто-
графирования

Подходы к
решению задачи

Подходы к
решению задачи

Алгоритм с
обратной
моделью сенсора
Алгоритм с
прямой моделью
сенсора

Итеративный
алгоритм с
прямой моделью
сенсора

Прямая модель
сонара

Результаты и
дальнейшие
работы

Задача 2D картографирования

Использование
сонаров для
решения задачи
картографирова-
ния в мобильной
робототехнике

Денис Шепелев

Дано:

- ▶ Есть данные датчиков
- ▶ Известно положение робота, в любой момент времени
- ▶ Окружение статично

Цель:

- ▶ Построить карту с учетом вышесказанного

2D карты и
датчики

2D карта
Датчики

**Задача 2D карто-
графирования**

Подходы к
решению задачи

Подходы к
решению задачи
Алгоритм с
обратной
моделью сенсора
Алгоритм с
прямой моделью
сенсора

Итеративный
алгоритм с
прямой моделью
сенсора

Прямая модель
сонара

Результаты и
дальнейшие
работы

Датчики

Использование сонаров для решения задачи картографирова- ния в мобильной робототехнике

Денис Шепелев

2D карты и датчики

2D карта
Датчики

Задача 2D картографирования

Подходы к решению задачи

Подходы к решению задачи

Алгоритм с обратной моделью сенсора
Алгоритм с прямой моделью сенсора

Итеративный алгоритм с прямой моделью сенсора

Прямая модель сонара

Результаты и дальнейшие работы

- ▶ **Сонары.**
 - ▶ Достаточно точны для широкого круга задач
 - ▶ Относительно дешевые
- ▶ **Лидары**
- ▶ **Стереокамеры**

Подходы к решению задачи

Использование
сонаров для
решения задачи
картографирова-
ния в мобильной
робототехнике

Денис Шепелев

Различают два основных подхода к решению задачи 2D картографирования:

- ▶ с обратной моделью сенсора

$$P(m|z)$$

- ▶ с прямой моделью сенсора

$$P(z|m)$$

2D карты и
датчики

2D карта
Датчики

Задача 2D карто-
графирования

Подходы к
решению задачи

**Подходы к
решению задачи**

Алгоритм с
обратной
моделью сенсора

Алгоритм с
прямой моделью
сенсора

Итеративный
алгоритм с
прямой моделью
сенсора

Прямая модель
сонара

Результаты и
дальнейшие
работы

Алгоритм с обратной моделью сенсора

Использование
сонаров для
решения задачи
картографирова-
ния в мобильной
робототехнике

Денис Шепелев

2D карты и
датчики

2D карта

Датчики

Задача 2D карто-
графирования

Подходы к
решению задачи

Подходы к
решению задачи

**Алгоритм с
обратной
моделью сенсора**

Алгоритм с
прямой моделью
сенсора

Итеративный
алгоритм с
прямой моделью
сенсора

Прямая модель
сонара

Результаты и
дальнейшие
работы

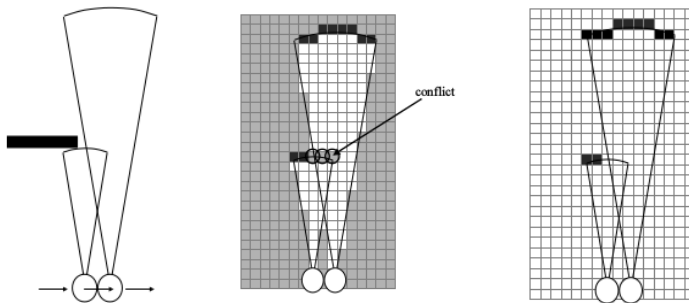
- ▶ Отлично подходит для лидаров
- ▶ Не подходит для работы с сонарами

Алгоритм с обратной моделью сенсора

Использование
сонаров для
решения задачи
картографирова-
ния в мобильной
робототехнике

Денис Шепелев

При получении формулы (1) предполагается, что
 $P(z_t|m_{ij}, z_{1:t-1}) = P(z_t|m_{ij})$ - для сонаров плохое допущение



2D карты и
датчики

2D карта
Датчики

Задача 2D карто-
графирования

Подходы к
решению задачи

Подходы к
решению задачи

**Алгоритм с
обратной
моделью сенсора**

Алгоритм с
прямой моделью
сенсора

Итеративный
алгоритм с
прямой моделью
сенсора

Прямая модель
сонара

Результаты и
дальнейшие
работы

Алгоритм с обратной моделью сенсора

Использование
сонаров для
решения задачи
картографирова-
ния в мобильной
робототехнике

Денис Шепелев

2D карты и
датчики

2D карта
Датчики

Задача 2D карто-
графирования

Подходы к
решению задачи

Подходы к
решению задачи

**Алгоритм с
обратной
моделью сенсора**

Алгоритм с
прямой моделью
сенсора

Итеративный
алгоритм с
прямой моделью
сенсора

Прямая модель
сонара

Результаты и
дальнейшие
работы

TODO вставить рисунок с нашими результатами

Алгоритм с прямой моделью сенсора

Использование
сонаров для
решения задачи
картографирова-
ния в мобильной
робототехнике

Денис Шепелев

- ▶ В каждом пикселе хранится либо 1, либо 0.
- ▶ Вместо обратной модели использовать прямую модель $P(z|m)$
- ▶ Накопления данных с сонаров
- ▶ Максимизация правдоподобия $P(z|m)$ перебирая карты m
- ▶ В обычной реализации работает не в режиме реальном времени

2D карты и
датчики

2D карта
Датчики
Задача 2D карто-
графирования

Подходы к
решению задачи

Подходы к
решению задачи
Алгоритм с
обратной
моделью сенсора

**Алгоритм с
прямой моделью
сенсора**

Итеративный
алгоритм с
прямой моделью
сенсора

Прямая модель
сонара

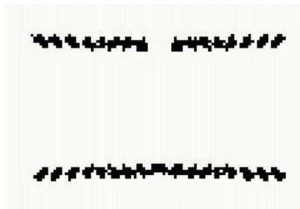
Результаты и
дальнейшие
работы

Итеративный алгоритм с прямой моделью сенсора

Пусть есть некоторая карта m и список наблюдений сонаров S , тогда:

- Учитывая, что большинство клеток должны быть свободными, штрафует все черные клетки на величину $-p_{free}$. Таким образом значение функционала

$$\phi_{free}(m^k) = \sum_{x \in m: x=1} -p_{free}$$



Использование сонаров для решения задачи картографирова- ния в мобильной робототехнике

Денис Шепелев

2D карты и датчики

2D карта

Датчики

Задача 2D картографирования

Подходы к решению задачи

Подходы к решению задачи

Алгоритм с обратной моделью сенсора

Алгоритм с
прямой моделью
сенсора

Итеративный алгоритм с прямой моделью сенсора

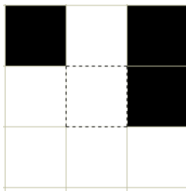
Прямая модель сонара

Результаты и дальнейшие работы

Итеративный алгоритм с прямой моделью сенсора

- Также для каждой клетки вводится величина согласованности с соседями. Например, естественно считать что, если большинство соседей заняты, то и рассматриваемая клетка, скорее всего, занята. Поэтому за каждого соседа согласующегося с клеткой прибавляем p_a , иначе вычитаем p_a

Пример:



Клетка белая, тогда $\phi_a(m_{ij}) = 5p_a - 3p_a = 2p_a$

$$\phi_a(m) = \sum_{m_{ij}} \phi_a(m_{ij})$$

Использование
сонаров для
решения задачи
картографирова-
ния в мобильной
робототехнике

Денис Шепелев

2D карты и
датчики

2D карта

Датчики

Задача 2D карто-
графирования

Подходы к
решению задачи

Подходы к
решению задачи

Алгоритм с
обратной
моделью сенсора

Алгоритм с
прямой моделью
сенсора

**Итеративный
алгоритм с
прямой моделью
сенсора**

Прямая модель
сонара

Результаты и
дальнейшие
работы

Итеративный алгоритм с прямой моделью сенсора

Использование
сонаров для
решения задачи
картографирова-
ния в мобильной
робототехнике

Денис Шепелев

- ▶ Используя список z данных сонаров, обновляем значение

$$\phi_z(m) = \sum_{s=1}^I \log P(z_s|m)$$

- ▶ Таким образом задача картографирования сводится к максимизации величины

$$\Phi(m, z) = \phi_{free}(m) + \phi_a(m) + \phi_z(m)$$

2D карты и
датчики

2D карта
Датчики

Задача 2D карто-
графирования

Подходы к
решению задачи

Подходы к
решению задачи

Алгоритм с
обратной
моделью сенсора
Алгоритм с
прямой моделью
сенсора

**Итеративный
алгоритм с
прямой моделью
сенсора**

Прямая модель
сонара

Результаты и
дальнейшие
работы

Итеративный алгоритм с прямой моделью сенсора

Использование
сонаров для
решения задачи
картографирова-
ния в мобильной
робототехнике

Денис Шепелев

2D карты и
датчики

2D карта
Датчики

Задача 2D карто-
графирования

Подходы к
решению задачи

Подходы к
решению задачи

Алгоритм с
обратной
моделью сенсора

Алгоритм с
прямой моделью
сенсора

**Итеративный
алгоритм с
прямой моделью
сенсора**

Прямая модель
сонара

Результаты и
дальнейшие
работы

- При $k = 0$: считаем значения

$$\phi_{free}(m^0), \phi_a(m^0), \phi_z(m^0)$$

$$\Phi(m^0, z) = \phi_{free}(m^0) + \phi_a(m^0) + \phi_z(m^0)$$

$$m = m^0$$

$$\Phi(m, z) = \Phi(m^0, z)$$

Итеративный алгоритм с прямой моделью сенсора

Использование сонаров для решения задачи картографирова- ния в мобильной робототехнике

Денис Шепелев

- ▶ На шаге k получаем карту m^k из m^{k-1} меняя значение случайной клетки ij на противоположное. Затем:
 1. Если пиксель стал свободным $\phi_{free}(m^k) = \phi_{free}(m^k) + p_{free}$, иначе $\phi_{free}(m^k) = \phi_{free}(m^k) - p_{free}$
 2. Для клетки считаем значение величины согласованности $\phi_a(m_{ij})$

$$\phi_a(m^k) = \phi_a(m^{k-1}) - (8p_a - 2\phi_a(m_{ij}))$$

3. Используя текущий список из последних l данных сонаров z , обновляем значение функционала

$$\psi_z(m^k) = \sum_{s=1}^l \log P(z_s | m^k)$$

4. Пересчитываем $\Phi(m^k, z)$. Если $\Phi(m^k, z) > \Phi(m, z)$ или рандом:

$$\Phi(m, z) = \Phi(m^k, z), m = m^k$$

иначе

$$\Phi(m^k, z) = \Phi(m, z), m^k = m$$

2D карты и датчики

2D карта

Датчики

Задача 2

графирования

Подходы к

решению задачи

Подходы к решению задачи

Алгоритм с обратной моделью сенсора

Алгоритм с прямой моделью сенсора

Итеративный алгоритм с прямой моделью сенсора

Прямая модель сонара

Результаты и дальнейшие работы



Использование сонаров для решения задачи картографирова- ния в мобильной робототехнике

Денис Шепелев

2D карты и датчики

2D карта

Датчики

Задача 2D картографирования

Подходы к решению задачи

Подходы к решению задачи

Алгоритм с обратной моделью сенсора

Алгоритм с прямой моделью сенсора

Итеративный алгоритм с прямой моделью сенсора

Прямая модель сонара

Результаты и дальнейшие работы

Источники I

Использование
сонаров для
решения задачи
картографирова-
ния в мобильной
робототехнике

Денис Шепелев

Приложение

Источники