

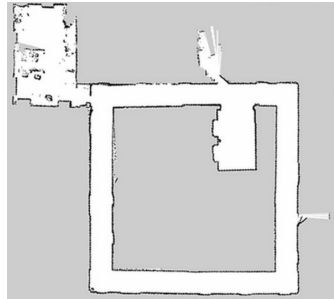
# Разработка и анализ методов восстановления карты проходимости на основе показаний датчиков измерения расстояния

Денис Шепелев

студент группы 073а  
ФУПМ МФТИ

# Карта проходимости

- ▶ Карта проходимости - сетка, состоящая из квадратных клеток одинакового размера.
- ▶ Клетка карты - некоторая область пространства, содержащая информацию о наличии препятствия в соответствующей этой клетке территории.
- ▶ Такие карты используются в мобильной робототехнике для навигационных задач.



# Датчики измерения расстояния

- ▶ Сонары
- ▶ Лидары
- ▶ Стереокамеры

Сонары выбраны в качестве основного датчика, так как они значительно дешевле и доступнее лидаров, и могут использоваться при любом освещении, в отличие от стереопары.

# Постановка задачи восстановления карты проходимости

## Дано:

- ▶ Картируемое окружение статично.
- ▶ Даны наблюдения датчиков:

$$Z = \{z_1, \dots, z_T\}$$

$$z_t = (x_t, y_t, \varphi_t, r_t)$$

## Цель:

- ▶ Восстановить карту проходимости  $m$  на основе наблюдений датчиков  $Z$ .

# Существующие методы картирования

На данный момент можно выделить два семейства методов восстановления карты проходимости

- ▶ основанные на обратной модели сенсора:

$$p(m|Z) \tag{1}$$

- ▶ основанные на прямой модели сенсора:

$$p(Z|m) \tag{2}$$

# Картирование на основе обратной модели сенсора

Допущения метода:

- ▶ Клетки карты  $m_i$  - независимые случайные величины. Каждая ячейка карты  $m$  хранит вероятность занятости  $m_i$ , с учётом наблюдений  $Z$ :

$$p(m|Z) = \prod_i p(m_i|Z) \quad (3)$$

▶

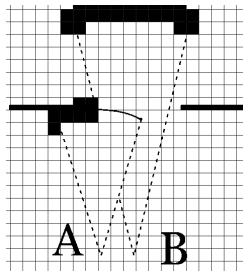
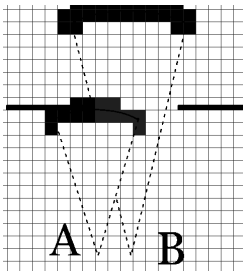
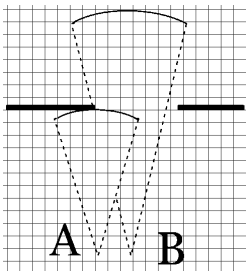
$$p(z_t|m, z_{1:t-1}) = p(z_t|m) \quad (4)$$

Значения в клетках обновляются по формуле:

$$\frac{p(m_i|z_{1:t}, x_{1:t})}{1 - p(m_i|z_{1:t}, x_{1:t})} = \frac{p(m_i|z_t, x_t)}{1 - p(m_i|z_t, x_t)} \cdot \frac{p(m_i|z_{1:t-1}, x_{1:t-1})}{1 - p(m_i|z_{1:t-1}, x_{1:t-1})} \cdot \frac{1 - p(m_i)}{p(m_i)} \quad (5)$$

# Картирование на основе обратной модели сенсора

- ▶ Работает в режиме реального времени.
- ▶ Подходит для работы с датчиками, неопределенность в показаниях которых меньше размера ячейки карты.



Когда допущения описанного метода неверны, карта проходимости, построенная с его помощью, может содержать грубые ошибки.

# Картирование на основе прямой модели сенсора

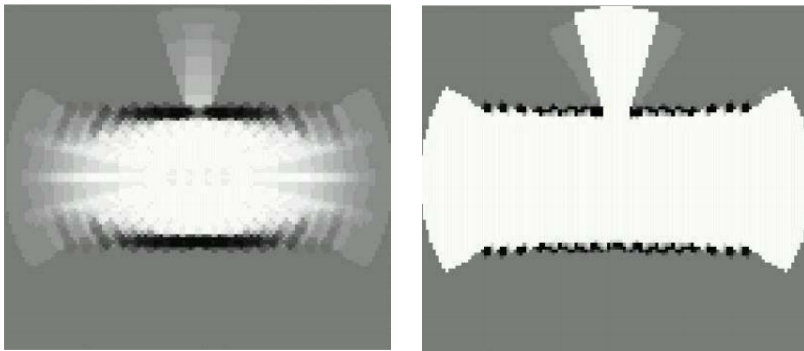
*Основная идея методов, основанных на прямой модели:*

- ▶ Каждая клетка может принимать только два значения занятости: 0 - свободная от препятствий ячейка, 1 - занята каким либо препятствием.
- ▶ Прямая модель  $p(Z|m)$  показывает, на сколько хорошо некоторая карта  $m$  объясняет показания сонаров  $Z$ .
- ▶ Таким образом, задача картирования сводится к поиску такой карты  $m^*$ , которая максимизирует значение  $p(Z|m)$ :

$$m^*(Z) = \underset{m}{\operatorname{argmax}} p(Z|m) \quad (6)$$



# Картирование на основе прямой модели сенсора



**Рис. 1 :** Результаты картирования двери, используя наблюдения сонаров. (а) - результаты алгоритма на основе обратной модели, (б) - на основе ЕМ-алгоритма с прямой моделью, предложенной в работе Себастьяна Труна.

# Картирование на основе прямой модели сенсора

Проблема большинства алгоритмов, основанных на прямой модели, заключается в невозможности их имплементации для работы в режиме реального времени, а также необходимости больших вычислительных ресурсов для поиска оптимальной конфигурации карты. Требование работы в режиме реального времени к эффективному алгоритму построения карты проходимости является достаточно важным, так как часто такие модули являются неотъемлемой частью систем навигации робота.

## Цель работы

Разработка методов восстановления карты проходимости, используя наблюдения сонаров, которые могут быть имплементированы для работы в режиме реального времени, и картирующие лучше традиционного метода, основанного на обратной модели.

# Предложенные в работе методы картирования

В данной работе предложены два новых метода построения карты проходимости:

- ▶ Первый основан на прямой модели, предложенной в работе Себастьяна Труна. В этом методе карта проходимости находится с помощью метода стохастического градиента.
- ▶ Во втором методе предложена новая прямая модель сонара, с помощью которой задачу картирования можно свести к задаче минимизации непрерывной невязки.