Название организации

Диссертация допущена к защите

зав. кафедрой

__________________ ФИО зав. кафедрой

«_____» __________________________ 2016 г.

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
МАГИСТРА

Тема: **Тема диссертации**

Направление: 111111 – Название направления

Магистерская программа: 111111 – Название программы

Выполнил студент гр. 1111/1 __________________________ ФИО автора

Научный руководитель,

д. ф.-м. н., ст. н. с. ___________________ ФИО руководителя

Рецензент,

д. ф.-м. н., в. н. с. ______________________ ФИО рецензента

Консультант по вопросам

охраны труда,

к. т. н., доц. ___________________ ФИО консультанта

Москва – 2016

Оглавление

Введение 3

Глава 1. Картирование с прямой и обратной моделью сенсора . 4

1.1. Картирование с обратной моделью сенсора 4

1.2. Недостатки метода картирования с обратной моделью 7

1.3. Картирование с прямой моделью сенсора 8

Заключение 9

Список литературы 10

Приложение А. Заголовок приложения 11

Введение

Глава 1

Картирование с прямой и обратной моделью сенсора

В этой главе рассматриваются 2 классических подхода построения карт проходимости. TODO

1.1. Картирование с обратной моделью сенсора

Пусть m_i - клетка карты проходимости m. Будем считать, что каждая клетка m_i - бинарная случайная величина, принимающая два значения: {свободная, занятая}. *Наблюдением* сенсора z_t будем называть измерение и позу датчика в момент времени t, где это измерение было сделано. Вместо того, чтобы напрямую решать задачу картирования, будем искать вероятность занятости некоторой карты m при наблюдениях $z_1, ..., z_T$

$$p(m|z_1, ..., z_T) \equiv p(m|z_{1,T})$$

Основная проблема в том, что карта проходимости m принадлежит пространству большой размерности. Чтобы обойти эту проблему при оценке $p(m|z_{1,T})$, вводится предположение о том, что клетки карты m_i - случайные, независимые величины. Тогда

$$p(m|z_{1,T}) = \prod_i p(m_i|z_{1,T})$$

Таким образом, достаточно понять, как можно оценить вероятность занятости клетки i при известных наблюдениях $z_{1,T}$. Разложим $p(m_i|z_t)$ по правилу Байеса:

$$p(m_i|z_{1,t}) = \frac{p(z_t|m_i, z_{1,t-1})p(m_i|z_{1,t-1})}{p(z_t|z_{1,t-1})} \tag{1.1}$$

В предположении статичности окружения, ясно, что наблюдение z_t не зависит от предыдущих наблюдений, при условии заданной карты проходимости m:

$$p(z_t|m, z_{1,t-1}) = p(z_t|m)$$

Это действительно верно в предположении о статичности окружения. Однако, в этом методе делается более сильное утверждение: *наблюдение z_t не зависит от предыдущих измерений при заданном состоянии клетки m_i, в независимости от состояний соседних клеток.*

$$p(z_t|m_i, z_{1,t-1}) = p(z_t|m_i) \tag{1.2}$$

Подставив в (1.1) формулу выше, снова воспользуемся правилом Байеса

$$p(m_i|z_{1,t}) = \frac{p(z_t|m_i)p(m_i|z_{1,t-1})}{p(z_t|z_{1,t-1})} = \frac{p(m_i|z_t)p(z_t)p(m_i|z_{1,t-1})}{p(m_i)p(z_t|z_{1,t-1})} \tag{1.3}$$

Напомним, что эта формула написана для случая, когда m_i занята. Похожую формулу можно получить для свободной m_i:

$$p(\overline{m_i}|z_{1,t}) = \frac{p(\overline{m_i}|z_t)p(z_t)p(\overline{m_i}|z_{1,t-1})}{p(\overline{m_i})p(z_t|z_{1,t-1})} \tag{1.4}$$

Поделив (1.3) на (1.4) получим

$$\frac{p(m_i|z_{1,t})}{p(\overline{m_i}|z_{1,t})} = \frac{p(m_i|z_t)}{p(\overline{m_i}|z_t)}\frac{p(\overline{m_i})}{p(m_i)}\frac{p(m_i|z_{1,t-1})}{p(\overline{m_i}|z_{1,t-1})} \tag{1.5}$$

Заметим, что $p(\overline{m_i}) = 1 - p(m_i)$. Поэтому, переписав (1.5) в виде log-odds $l(p(m_i)) = \log\frac{p(m_i)}{1-p(m_i)}$, окончательно получаем формулу позволяющую рекурсивно вычислять $l(m_i|z_{1,t})$

$$l(m_i|z_{1,t}) = l(m_i|z_t) - l(m_i) + l(m_i|z_{1,t-1}) \tag{1.6}$$

Алгоритм 1: Картирование с обратной моделью сенсора

Инициализация

for *all* m_i *in* m **do**

  $l_i = \log \frac{p(m_i)}{1-p(m_i)}$

end

Рекурсивное обновление log-odds

for *all* z_t **do**

  for *all* m_i *in* m **do**

    $l_i + = \log \frac{p(m_i|z_t)}{1-p(m_i|z_t)} - \log \frac{p(m_i)}{1-p(m_i)}$

  end

end

Получение вероятностей из log-odds

for *all* m_i *in* m **do**

  $p(m_i|z_{1,T}) = 1 - e^{-l_i}$

end

В (1.5) вероятность $p(m_i)$ выражает наши априорные представления о карте, обычно её полагают равной 0.5, считая что какой-либо информации о занятости всей карты в целом нам ничего определенного неизвестно.

Величину $p(m_i|z_t)$ называют *обратной моделью сенсора (inverse sensor model)*, выражающую вероятность занятости клетки m_i при известном наблюдении z_t. Пример того как выглядит эта вероятность можно увидеть на рисунке TODOInverseModelExample.

Заметим, что обратная модель *напрямую не содержит в себе зависимость от соседних клеток*. Это очень важное допущение, которое предполагает, что о состоянии клетки можно сделать выводы основываясь только на *наблюдениях*, независимо от соседних клеток карты. В этом заключается основной проблема этого метода, когда гипотеза о независимости клеток не работает.

1.2. Недостатки метода картирования с обратной моделью

Важное предположение о независимости клеток, необходимое для разложения вероятности $p(m)$ на произведение всех $p(m_i)$, является в некоторых случаях существенным. Рассмотрим в качестве примера ситуацию, когда для картирования используется идеальные сонары (без ошибки измерений). В отличие от лазерного дальномера, сонар имеет достаточно широкую область видимости, которая часто представляется в виде конуса, пересекающий множество клеток (см рис TODOInverseSonarsExample). Измерение сонара говорит о следующем - на конце конуса должно находится препятствие, которое должно хорошо объяснять полученное измерение.

На рисунке TODOInverseSonarsExample изображены два сонара, области видимости которых пересекаются в нескольких клетках. Для левого сонара эти клетки принадлежат области препятствия, а для правого - области свободной от препятствия. В результате работы алгоритма мы получим, противоречивую информацию о занятости этих клеток: одно измерение говорит о том, что эти клетки должны быть заняты, другое - что свободны. Легко понять, что эти клетки должны быть свободны, так как есть другие клетки хорошо объясняющие эти 2 измерения (Рис TODOInverseSonarsExample). Однако эта важная дополнительная информация не используется методом, в силу предположения о независимости клеток.

В случае идеальных лазерных дальномеров, у которых очень узкая область видимости, эта проблема практически не касается.

Таким образом, можно сделать вывод, что по крайней мере в случае сонаров, использовать этот метод с предположением о независимости клеток нельзя. Но напрямую вычислить вероятность $p(m|z_{1-t})$ не представляется возможным, так как пространство всевозможных карт огромно.

Себастьян Трун (Sebastian Thrun) в работе TODOThrun предложил другой метод картирования, лишенный указанных выше проблем.

1.3. Картирование с прямой моделью сенсора

asd

Заключение

Список литературы

Приложение А

Заголовок приложения