Методы 3D картографирования окружения

Денис Шепелев

073a

Методы 3D картографирования окружения

Денис Шепелев

Область карт

Elevation Map Пример Elevation

Map

MLS Map Создание MLS

Map Обновление MLS

Map

MLS Map Пример MLS Map

Octree OctoMap Обновление Обновление OctoMap Примеры

Область применения 3D карт

Методы 3D картографирования окружения

Денис Шепелев

Область применения 3D карт

Elevation Map

Пример Elevation Map

MLS Map Создание MLS Map

Обновление MLS Мар

MLS Map Пример MLS Map

Octree

Примеры OctoMap

OctoMap Обновление OctoMap Обновление OctoMap

- ▶ Хотя и 2D карты успешно применяются на практике, во многих прикладных задачах их оказывается недостаточно.
- Для решения задач планирования движения роботу необходима аккуратная и легко интерпретируемая 3D карта.

Виды карт

тографирования окружения Денис Шепелев

Методы 3D кар-

Область

Виды карт

Elevation Map Пример Elevation Map

MLS Map

Создание MLS Map

Обновление MIS Map

MLS Map Пример MLS

Map

Octree OctoMap

Обновление OctoMap Обновление

OctoMap Примеры

OctoMap

▶ Point Cloud

Voxel Grid

Elevation Map

Multi-Level Surface Map (MLS Map)

OctoMap

Point Clouds

Методы 3D картографирования окружения

Денис Шепелев

Область

Point Clouds

Elevation Map Пример Elevation Map

MLS Map Создание MLS Map

Обновление MLS Мар

MLS Map Пример MLS

Map

Примеры OctoMan

Octree OctoMap Обновление OctoMap Обновление OctoMap

Достоинства

- Нет никаких ограничений на размеры карты.
- Нет ограничений на тип точек.

Недостатки

- Неограниченное использование памяти.
- Нет явного представления свободных для движения областей карты.



Область

Voxel Grids

Elevation Map Пример Elevation Map

MLS Map

Создание MLS Map Обновление MIS

Мар MLS Map Пример MLS

Map

Octree OctoMap Обновление OctoMap Обновление OctoMap

Примеры OctoMan

Достоинства

- Явное представление свободных, занятых и неизвестных областей.
- Быстрый доступ к элементам.
- Итеративное обновление. имеющее веротностную интерпретацию.

Недостатки

- Требует (ОЧЕНЬ) много памяти.
- Ошибки дискретизации.



Elevation Map

тографирования окружения Денис Шепелев

Методы 3D кар-

Область

Elevation Map Пример Elevation

Map

MLS Map

Создание MLS Map

Обновление MLS Map

MLS Map Пример MLS Map

Octree OctoMap Обновление

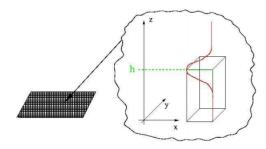
OctoMap Обновление

OctoMap Примеры

Elevation Map - двумерный массив, который в каждой клетке

хранит среднее значение высоты и дисперсию. Для обновления

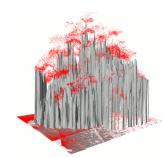
карты используется фильтр Калмана.



- Быстрый доступ к элементам
- Вероятностная интерпретация.

Недостатки

- Одноуровневая карта. Нет явного разделения на свободные, занятые и неизвестные области.
- Ошибки дискретизации. Не всегда адекватно представляет реальное окружение, что делает её применимой не во всех задачах.



Методы 3D картографирования окружения

Денис Шепелев

Роботы и 30 окружение

Область применения 3Г карт

Dudo: wab.

Point Clouds

VOXEL GIIUS

Elevation Map

Elevation Map
Пример Elevation
Мар

MLS Map

MLS Мар Создание MLS

Мар Обновление MLS

Map MLS Map

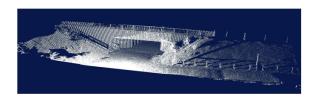
Пример MLS Map

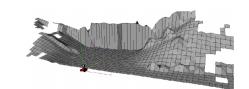
OctoMap

Octree OctoMap Обновление OctoMap Обновление OctoMap

Примеры OctoMap

Пример Elevation Map





Методы 3D картографирования окружения

Денис Шепелев

Область карт

Elevation Map

Пример Elevation Мар

MLS Map Создание MLS

Map

Обновление MLS Map

MLS Map Пример MLS Map

Octree

OctoMap Обновление

Обновление OctoMap

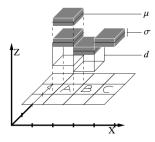
Примеры

MLS Map

MLS Map - улучшение Elevation Map.

В каждой клетке (i,j) хранится список патчей $[P_{ij}^k]$. Каждый патч состоит из

- ▶ Значение средней высоты µ.
- ▶ Дисперсия σ^2 .
- Глубина d.



Методы 3D картографирования окружения

Денис Шепелев

Роботы и 3D

Область применения 3D карт

Point Cloud

VOXCI GIIGS

Elevation Map
Пример Elevation
Мар

NAL C. NA

MLS Map

Создание MLS Мар

Обновление MLS Мар

MLS Map Пример MLS Мар

OctoMap

OctoMap

Осtree
ОсtоМар
Обновление
ОсtоМар
Обновление
ОсtоМар
Примеры

Создание MLS Мар состоит из следующих шагов:

- Каждая клетка (i,j) собирает все высоты z точек $p=(x,y,z,\sigma)$ такие, что $si\leq x\leq s(i+1)$ и $sj\leq y\leq s(j+1)$, где s ширина клетки.
- Затем в каждой клетке формируется множество высотных интервалов. Если разность двух высот не превосходит величины γ , то эти высоты будут лежать в одном интервале.
- ightharpoonup Затем интервалы классифицируются на горизонтальные и вертикальные по длине интервала. Если она превышает au=10см, то интервал калссифицируется как вертикальный, иначе горизонтальный.

Роботы и 3D окружение

Область применения 3D карт

зиды карт

Point Cloud

Voxel G

Elevation Map
Elevation Map
Пример Elevation

Map MLS Map

MLS Map

Создание MLS Мар

Обновление MLS Map MLS Map

Пример MLS Мар

Осtree
ОсtоМар
Обновление
ОсtоМар
Обновление
ОсtоМар
Примеры

OctoMap

Денис Шепелев

Роботы и 3D окружение

Область применения 3D карт

Биды кар

Point Cloud

Voxel G

Elevation Map

Elevation Map

Пример Elevation

Map
MLS Map

MLS Map

Создание MLS Мар

Обновление MLS Мар

MLS Map Пример MLS Map

OctoMap

OctoMap

Octree
OctoMap
Обновление
OctoMap
Обновление
OctoMap
Примеры

- Для вертикальных итервалов значениям μ и σ присваивается самое высокое значение интервала, а величине d - длина интервала. Остальные точки удаляются.
- \blacktriangleright Для горизонтальных итервалов μ и σ вычисляются через фильтр Калмана, а величина d=0. Все остальное удаляется

Обновление MLS Map

Методы 3D картографирования окружения

Денис Шепелев

Elevation Map Пример Elevation

Map MLS Map

Создание MLS Map

Обновление MLS Мар

MLS Map Пример MLS Map

Octree OctoMap Обновление OctoMap Обновление OctoMap Примеры OctoMap

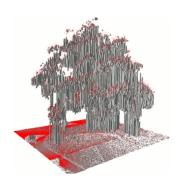
Обновление состоит из следующих шагов:

- ▶ При добавлении новой точки $p = (x, y, z, \sigma)$, находим клетку, в которой эта точка лежит.
- Затем находим ближайшую по высоте точку.
 - Если оказывается, что новая точка достаточно близка, то происходит процесс обновления μ и σ .
 - Если она лежит внутри интервала ничего не делаем
 - Иначе добавляем новый патч.

▶ В одной клетке может храниться несколько уровней

Недостатки

- ▶ Ошибки дискретизации.
- Нет явного разделения на свободные, занятые и неизвестные области.
- Локализация на такой карте
 не простая задача.



Роботы и 3D

Область применения 3D карт

Dudo, maki

Point Cloud

Voxel Grids

Elevation Map
Пример Elevation
Мар

MLS Map MLS Map Создание MLS

Мар Обновление MLS Мар

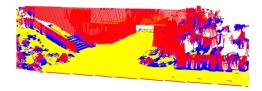
MLS Map Пример MLS

Map

Примеры OctoMap

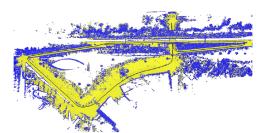
Octree
OctoMap
Обновление
OctoMap
Обновление
ОстоМар

Пример MLS Map



Размер клеток 10см $\times 10$ см 3а 172 скана было нсобрано 45,139,000 точек, размер территории 299м $\times 147$ м

Объем занятой памяти 73.33 МВ.



Методы 3D картографирования окружения

Денис Шепелев

Роботы и 3I окружение

Область применения 3E карт

Биды карт

Point Cloud

Voxel Grid

Elevation Ma

Elevation Map Пример Elevation Map

LS Map

MLS Map Создание MLS Map

Обновление MLS Мар

MLS Map Пример MLS

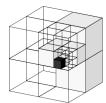
Мар

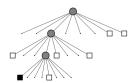
OctoMap

Примеры OctoMap

Octree OctoMap Обновление OctoMap Обновление OctoMap

- Древовидная структура.
- Можно варьировать уровень дискретизации.
- Память выделяется только когда нужна.
- А когда нужно, можно дерево сокращать.





Методы 3D картографирования окружения

Денис Шепелев

Область

Elevation Map Пример Elevation

Map

MLS Map Создание MLS Map

Обновление MLS Map

MLS Map Пример MLS

Map

Octree OctoMap Обновление OctoMap Обновление OctoMap Примеры

OctoMap

OctoMap

Достоинства

- Полноценное 3D представление окружения.
- Вероятностная интерпретация.
- Multi-Resolution.
- Эффективное использование памяти

Недостатки

Ошибки дискретизации.



Методы 3D картографирования окружения

Денис Шепелев

Роботы и 3D

Область применения 3D карт

омды карт

Point Cloud:

oxel Grids

Elevation Map
Пример Elevation
Мар

ILS Map

MLS Map Создание MLS Map Обновление MLS

Map MLS Map

Пример MLS Мар

OctoMap

Octree OctoMap

OctoMap

ОстоМар
Обновление
ОстоМар
Обновление
ОстоМар
Примеры

Обновление OctoMap

тографирования окружения

Денис Шепелев

Методы 3D кар-

Для обновления карты исользуется следующая формула

$$P(m^{cell}|z_{1...t}) = \left(1 + \frac{1 - P(m^{cell}|z_t)}{P(m^{cell}|z_t)} \frac{P(m^{cell})}{1 - P(m^{cell})} \frac{1 - P(m^{cell}|z_{1...t-1})}{P(m^{cell}|z_{1...t-1})}\right)^{-1}$$

Используя обозначение

$$L(m^{cell}) = \log \frac{P(m^{cell})}{1 - P(m^{cell})}$$

Получаем

$$L(m^{cell}|z_{1...t}) = L(m^{cell}|z_t) + L(m^{cell}|z_{1...t-1}) - L(m^{cell})$$

Роботы и 3D

Область применения 3D карт

иды кар

oint Clouds

Voxel G

Elevation Map

Elevation Map Пример Elevation Map

/ILS Map

MLS Map

Создание MLS Мар

Обновление MLS Мар

MLS Map

Map

OctoMap

Octree OctoMap

Обновление OctoMap

Обновление OctoMap Примеры OctoMap



OctoMap

• Ограничие $L(m^{cell}|z_{1..t})$ — для использования в динамическом окружении и для сокращения дерева

$$L(m^{cell}|z_{1...t}) = \max(\min(L(m^{cell}|z_{1...t}), I_{max}), I_{min})$$

 $L(m^{cell}|z_{1..t}) \in (I_{min}, I_{max})$

▶ Можно динамически менять точность карты

$$L(m^{cell}|z_{1...t}) = \max_{i} L(m_i^{cell}|z_{1...t})$$







Методы 3D картографирования окружения

Денис Шепелев

Роботы и 3D окружение

применения 3D карт

Dudo Kabi

Point Clouds

Voxel Grid

Elevation Ma

Elevation Map Пример Elevation Map

MLS Map

Создание MLS Мар

Обновление MLS Мар

MLS Map Пример MLS

Map OctoMap

OctoMap Octree

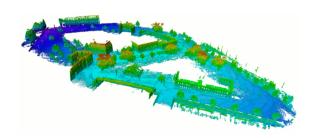
OctoMap Обновление OctoMap

Обновление OctoMap

Примеры OctoMap

Примеры OctoMap

Кампус Фрайбургского университета - 292 м imes 167 м imes 28 м Voxel Grids - 5162.90 MB OctoMap - 379.70 MB Lossy OctoMap - 13.82 MB



Методы 3D картографирования окружения

Денис Шепелев

Область

Elevation Map Пример Elevation Map

MLS Map Создание MLS Map

Обновление MLS Мар

MLS Map Пример MLS Map

Octree

OctoMap Обновление OctoMap

Обновление OctoMap

Примеры

OctoMan

Wolfram Burgard, Diego Tipaldi

http://ais.informatik.uni-freiburg.de/teaching/ss15/robotics/slides/17-3dmapping.pdf

Материалы лекции Фрайбургского университета по курсу Introduction to Mobile Robotics - Techniques for 3D Mapping.

Armin Hornung, Kai M. Wurm, Maren Bennewitz, Cyrill Stachniss, Wolfram Burgard

OctoMap: An Efficient Probabilistic 3D Mapping Framework Based on Octrees

Autonomous Robots April 2013, Volume 34, Issue 3, pp 189-206

Rudolph Triebel, Patrick Pfaff, Wolfram Burgard Multi-Level Surface Maps for Outdoor Terrain Mapping and Loop Closing

In Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS '06)