

Реализация фильтра частиц для построения траектории на графе

Кобелева А.О.

25 мая 2020 г.

Аннотация

Работа посвящена проблеме позиционирования мобильного объекта в шахте с использованием инерциального измерительного модуля и радиомаяков позиционирования. В работе представлен алгоритм привязки траектории движения мобильного объекта к графу, которым представлена шахта. Полученный алгоритм является модификацией фильтра частиц. Также описана имитационная модель движения объекта по графу, предназначенная для тестирования алгоритма. Представлены результаты проведенных для исследования характеристик алгоритма экспериментов, использующих эту модель. Разработанный метод относится к методам локального позиционирования, которые на текущий момент весьма востребованы. Результаты работы можно использовать для тестирования на реальных данных и, в дальнейшем, для определения местоположения объекта при наличии траектории его движения с разумными погрешностями и плана шахты в виде графа.

Введение

Существует два вида систем позиционирования объектов: глобальные и локальные. К глобальным системам определения местоположения объекта относятся спутниковые системы, такие как GPS и ГЛОНАСС. Они обеспечивают позиционирование в масштабах всего мира, но определение местоположения внутри помещения является для них большой проблемой. Более всего это касается шахт, в которых спутниковые сигналы принять невозможно. Таким образом, в настоящее время системы локального позиционирования крайне важны. Их существует довольно много, и у каждой из них имеется ряд недостатков [1, 2, 3]. Чаще всего

системы локального позиционирования сталкиваются с проблемой точности позиционирования или высокой стоимостью оборудования.

Рассматриваемая в работе система позиционирования предусматривает переход от радиоизмерения расстояния в шахтах между мобильным и стационарным радиоустройствами к траектории движения объекта относительно стационарных радиомаяков позиционирования (РМП) с помощью инерциального измерительного модуля. Для такой системы позиционирования необходимо в горных выработках на некотором расстоянии друг от друга расставить РМП, которые будут рассматриваться как начальные точки двумерных локальных систем координат. При движении объекта будут фиксироваться моменты прохождения им РМП. В промежутках между РМП будут рассчитываться траектории в локальных системах координат с помощью инерциального измерительного модуля. Рассматриваемая система позиционирования будет определять местоположение объекта, основываясь на карте горных выработок и анализируя рассчитанные траектории. Начало каждой траектории совпадает с некоторым РМП.

Целью данной работы является создание на основе фильтра частиц алгоритма привязки траектории движения объекта, полученной с помощью инерциального измерительного модуля, к графу, которым представлена шахта.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Сформулировать математическую модель для применения фильтра частиц.
2. Разработать алгоритм привязки траектории на основе фильтра частиц.
3. Разработать имитационную модель движения объекта для тестирования алгоритма.
4. Создать программный комплекс для привязки траектории движения к графу.
5. Провести исследования работы алгоритма.

В первом разделе рассматриваются необходимые определения, предлагаются уравнения байесовской фильтрации и фильтр частиц, на котором основывается разработанный алгоритм. Во втором разделе дается математическая формулировка задачи. В третьем разделе описывается

разработанный алгоритм привязки траектории к графу. Четвертый раздел посвящен программной имитации траектории движения объекта по графу и наложению погрешностей на эту траекторию. В пятом разделе приведены результаты экспериментов. В заключении подводятся общие итоги исследования.

1 Теоретические основы байесовской фильтрации

В первом разделе дается необходимая теоретическая база.

1.1 Общие уравнения байесовской фильтрации

В этом подразделе приведены общие сведения о байесовской фильтрации. Дается определение вероятностного пространства состояний и описывается распределение фильтрации. Также дается общее представление о байесовском фильтре.[4, 5]

1.2 Фильтр частиц

В данном подразделе рассматривается фильтр частиц. Даются необходимые определения такие, как метод существенной выборки, ресэмплинг и другие. [4, 5]

2 Постановка задачи

Во втором разделе описывается математическая постановка задачи.

3 Алгоритм привязки траектории к графу на основе фильтра частиц

3.1 Модель задачи для фильтра частиц

В данном подразделе описывается модель задачи для применения разработанного алгоритма и процедура перехода к ней от модели, описанной в разделе 2. Также описывается модель движения частицы на графе.

3.2 Описание алгоритма

В этом подразделе дается подробное описание каждого из этапов разработанного алгоритма: инициализации, прогноза, коррекции и оценки состояния.

4 Программная имитация траектории движения объекта и данных от измерительного модуля

4.1 Моделирование траектории движения объекта

В данном подразделе подробно описывается разработанная для оценки и тестирования алгоритма модель движения мобильного объекта в шахте.

4.2 Моделирование данных от инерциального измерительного модуля

Поскольку на вход алгоритму локации подаются данные от инерциального измерительного модуля, то есть траектория с погрешностями измерения, то нам необходим алгоритм наложения этих погрешностей на полученную в предыдущем подразделе траекторию. В данном подразделе приводится описание такого алгоритма.

5 Результаты экспериментов

В этом разделе приводятся результаты модельных экспериментов с использованием алгоритмов, описанных в предыдущем разделе. Эксперименты проводились для различных значений параметров погрешностей. Измерялись различные показатели. Сделаны выводы о характеристиках разработанного алгоритма.

Заключение

Основной задачей являлось создание алгоритма привязки траектории, полученной от инерциального измерительного модуля, к графу, который описывал план шахты. Привязка траектории соответствует определению местоположения мобильного объекта в шахте. В ходе работы

был предложен алгоритм локации на основе фильтра частиц. Для исследования его характеристик была разработана имитационная модель движения мобильного объекта по графу. Исследование характеристик алгоритма проводилось с помощью модельных экспериментов. Были реализованы программы для генерации истинной траектории, траектории с ошибками и для расчета локации объекта.

По результатам экспериментов можно сделать вывод, что алгоритм имеет высокую точность при условии размещения РМП на расстоянии не более чем в 300 метрах друг от друга.

Список литературы

- [1] Галов А. С. Алгоритмы локации мобильного устройства в беспроводной сети базовых станций стандарта IEEE 802.15.4a (nanoLOC): дис. ... канд. техн. наук. – Петрозаводск, 2015. – 144 с.
- [2] Задача привязки траектории объекта к плану помещения / Р.В. Воронов [и др.] // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – 2015. – №2. – С.87-91.
- [3] Huang J. Indoor Localization Algorithm Based on Cooperative of State Matrix and Kalman Filter / Huang J., Yan H. // Journal of Networks. – 2013. – No. 5. – P. 1197–1203.
- [4] Särkkä S. Bayesian Filtering and Smoothing / S. Särkkä. – Helsinki : Aalto University, 2013. – 254 p.
- [5] Ristic B. Beyond the Kalman Filter: Particle Filters for Tracking Applications. / B. Ristic, S. Arulampalam, N. Gordon. – London : Artech House, 2004. – 299 p.