

О ПОСТРОЕНИИ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЫ РАСПРЕДЕЛЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ РОБОТОВ

Пепелев А.М., Евсегнеев О.А.

ФГАОУ ВПО «УрФУ», г. Екатеринбург, Россия

В работе проведен обзор существующих алгоритмов построения карты в неизвестном пространстве, на основе которого поставлена и решена задача выбора такого алгоритма, и выработан прототип на его основе; предложена модель алгоритма, решающего поставленную задачу, а так же позволяющего поддержать согласованность построенной карты всеми участниками коллектива. Приведены примеры.

Ключевые слова: робот, коллектив роботов, построение карты, распределенные системы, согласованность.

On the construction of a geographical map by the distributed intellect of robots

Pepelev A.M., Evsegneev O.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The paper reviews the existing algorithms for constructing a map in an unknown space, on the basis of which the problem of choosing an algorithm for constructing a map in an unknown space with the use of a distributed robot team has been solved. A model of the algorithm that solves the problem is proposed, as well as allowing to maintain the consistency of the constructed map by all the team members. Examples are given.

Keywords: robot, robot team, map construction, distributed systems, consistency.

Введение

Распределенные системы призваны устранить следующие недостатки монолитных систем: отсутствие возможности горизонтального масштабирования, другими словами, отсутствие возможности увеличивать производительность системы добавлением в систему однотипных вычислительных узлов; наличие единой точки отказа – в силу репликации узлов, выход из строя одного узла – не приводит к выходу из строя всей системы.

Под монолитной системой понимается любая система, где решение задач одного типа происходит в рамках одной ЭВМ [1]. Под распределенной системой понимается любая

вычислительная система, где решение задач одного типа одновременно происходит на двух и более ЭВМ [1].

Однако распределенные системы помимо прямой задачи должны так же обеспечивать непротиворечивость (согласованность) данных. Это необходимо для обеспечений корректности результатов вычислений.

Распределенное функционирование с целью решения одной общей задачи – актуальная проблема [2]. Распределенная организации агентов (роботов) позволяет группе одноранговых агентов решать задачи, которые в одиночку агент решить не способен или решение может занять неоправданно и неприемлемо большой промежуток времени – т.е. свойство своевременности у такого решения поддержано не будет.

Применение роботов и компьютерных технологий набирает популярность. В частности, на службе различных спасательных служб уже применяются роботизированные комплексы поддержки деятельности спасателей, они собирают информацию о происходящем вокруг, агрегируют ее и дают подсказки спасателям. Также распространены роботы, предназначенные для исследования обвалов и разрушений на предмет попавших под обломки людей, для этих целей применяются специальные алгоритмы позиционирования и построения карты местности.

Таким образом, механизм построения коллективом роботов географической карты местности – актуальная задача.

Заказчик НИР - кафедра технической физики УрФУ, в лице доц. к.ф.-м.н. Евсегнеева О. А. предлагает выполнить моделирование в задачах: построения карты местности или помещения с обязательным условием отображения роботов в виде облака точек, подобного облаку точек LIDAR [3].

В данной статье поставлена и решена задача выбора алгоритма построения карты в неизвестном пространстве с использованием распределенного коллектива роботов, состоящего из большого числа участников.

Основная часть

Существуют различные алгоритмы построения географической карты, рассмотрим некоторые из них:

- SLAM [4] – метод одновременного ориентирования и построения карты, используется для построения географической карты в неизвестном пространстве или для обновления карты в заранее известном пространстве с одновременным контролем текущего местоположения и пройденного пути [4];

- EKF-SLAM [5] – развитие метода SLAM – в нем применяется расширенный фильтр Калмана [6] и вероятностное ассоциирование данных основанное на распределении Гаусса;
- FastSLAM [7] – развитие алгоритма EKF-SLAM - В основе алгоритма лежит так фильтр частиц и применение Байесовской сети. В FastSLAM одна большая карта рассматривается как совокупность локальных подкарт, что позволяет убрать зависимость ориентиров друг от друга и таким образом значительно сократить время пересчета оценки состояния системы;
- DP-SLAM [8] – алгоритм одновременного ориентирования и построения карты, использующий отображение распределенных частиц (Distributed particle mapping). Разработан для применения в местностях, которые не имеют ярко выраженных ориентиров.

В описанных алгоритмах предлагается создавать облако частиц, которые образуют границы препятствий, часто на практике для этого используют различные дальномеры, например, LIDAR [3].

При выборе алгоритма необходимо учитывать эксплуатационные требования, предъявляемые к коллективу роботов, если необходима высокая надежность, то предпочтение следует отдать такому алгоритму, который позволит функционировать частично вышедшему их строя коллективу роботов.

Оценим описанные алгоритмы по показателям: *своевременность* (СВ) – способность коллектива роботов завершить задание в установленный срок; *затратность* (З) – величина обратная количеству ресурсов, которые необходимо предоставить коллективу для успешного выполнения поставленной задачи; *учет топографических требований* (УТТ) – оценка адекватности построенной модели реальной местности с учетом специфики поставленной задачи; *степень поддержания согласованности* (СПП) – величина характеризующая сходство моделей окружающей среды в разных роботах в один момент времени, иными словами, величина показывает на сколько схожую картину имеют различные роботы коллектива.

В таблице приведены сравниваемые алгоритмы и их оценки, нормированные в интервале [0; 1].

Таблица
Обзор аналогов

| Наименование аналога | Значения по показателям: | | | | Итог |
|----------------------|--------------------------|-----|-----|-----|------|
| | СВ | З | УТТ | СПС | |
| SLAM | 0.2 | 0.6 | 0.5 | 0.3 | 0.40 |
| EKF-SLAM | 0.6 | 0.7 | 0.4 | 0.4 | 0.52 |
| FastSLAM | 0.8 | 0.8 | 0.4 | 0.5 | 0.54 |
| DP-SLAM | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 0.70 |

Прототипом алгоритма построения географической карты выбран алгоритм DP-SLAM, поскольку он обеспечивает приемлемое время работы и должное качество при определении топографических признаков.

Критика прототипа – недостаточный уровень поддержания согласованности карты, у всех участниками коллектива. Это не позволяет использовать большие коллективы роботов для построения географической карты, т.к. при большом количестве роботов модель местности каждого робота начинает сильно расходиться с другими участниками коллектива. При малых же коллективах этот недостаток практически незаметен.

Гипотеза о преодолении критики – для парирования указанного недостатка предлагается использовать специальные алгоритмы обеспечения согласованности данных, которые не в полной мере используются в методе DP-SLAM [8].

На рисунке представлена авторская архитектурная модель приложения, позволяющего оптимизировать алгоритм построения географической карты. Модернизация заключается в добавлении блока центр обработки географических данных: теперь роботы для поддержания согласованности карты не общаются друг с другом, а все взаимодействие происходит через центр обработки географических данных, который корректирует данные о местности агрегируя информацию со всех участников коллектива.

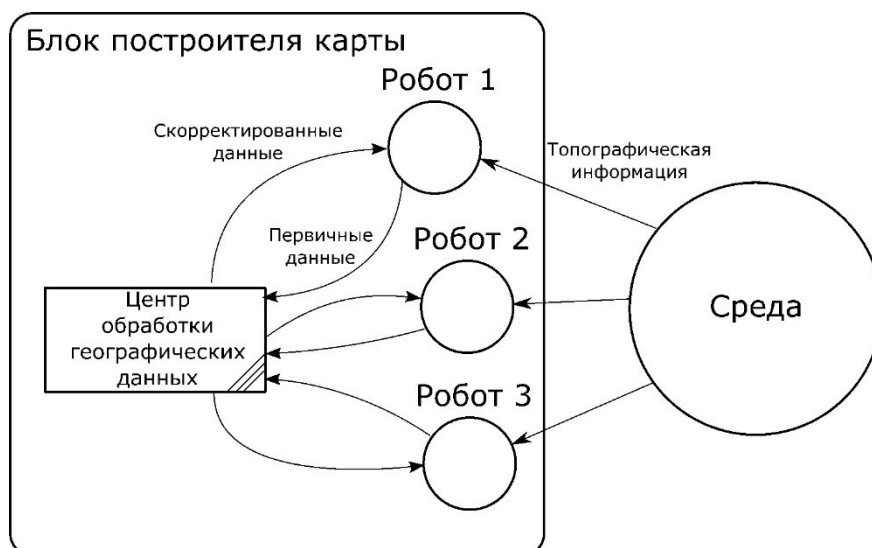


Рис. Архитектурная модель системы построения географической карты и ее развитие

Возможное применение в медицине

В том числе в медицине этот алгоритм не утрачивает актуальности, коллектив роботов способен оперативно разведать местность, найти пострадавших, дав медикам необходимую информацию о том, где находится пациент и перечень возможных травм пациента.

Так же такой алгоритм можно использовать для построения моделей внутренних органов пациентов, с целью их диагностики и лечения. Для этого необходимо поместить коллектив роботов внутрь организма, спозиционировать их и отдать команду составить карту местности, однако для такого применения необходимо обеспечить построение не плоской карты, а объемной, что бы врач мог верно поставить диагноз пациенту и назначить лечение.

Результаты и выводы

1. поставлена и решена задача выбора алгоритма построения карты в неизвестном пространстве с использованием распределенного коллектива роботов, состоящего из большого числа участников;
2. приведена авторская архитектурная модель системы построения географической карты и ее развитие, предлагаемое для устранения недостатков существующих методов в применении к коллективу роботов;
3. рассмотрены применения данной технологии в медицинских целях.

Список литературы

1. Э. Таненбаум – Распределенные системы // Э. Таненбаум, М.В. Стин Распределенные системы – принципы и парадигмы. СПб, Питер 2003, 877с.
2. S. Rao – Distributed Systems: An Algorithmic Approach // IEEE Xplore, 2008.
3. A. Habib – Lidar-based Mobile Mapping for Accurate Documentation of Work Zones along Transportation Corridors // GIM International, 2017.
4. A. Fernando – SLAM algorithm applied to robotics assistance for navigation in unknown environments // BioMed Central, 2010.
5. H. Casarrubias-Vargas – EKF-SLAM and Machine Learning Techniques for Visual Robot Navigation // IEEE Xplore 2010.
6. C. Montella – The Kalman Filter and Related Algorithms: A Literature Review // Lehigh University, 2007.
7. S. Thrun – FastSLAM: An Efficient Solution to the Simultaneous Localization and Mapping Problem with Unknown Data Association // Stanford University, 2009.
8. A. Eliazar – DP-SLAM: Fast, Robust Simultaneous Localization and Mapping Without Predetermined Landmarks // Duke University, 2011.

Пепелев Алексей Михайлович - магистрант кафедры технической физики ФГАОУ ВО УрФУ им. Первого президента России Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19, тел.7 (343) 375-41-51, kran440@gmail.ru