

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ

Потапов А.О. (Университет ИТМО)
Научный руководитель – к.т.н. Борисов О.И.
(Университет ИТМО)

Введение. Задача создания автоматического склада на уровне управления формациями роботов включает в себя в общем случае присвоение задач роботам в соответствии с уменьшением функции стоимости выполнения задач для каждого робота, а также построение путей для каждого агента с учетом коллизий со статическими препятствиями и другими агентами. В результате поиска решений, удовлетворяющих поставленным задачам, была выявлена целая область изучения, которая в иностранной литературе называется “Multi-Agent Pathfinding” и “Multi-Agent Pickup And Delivery Problem (MAPD)”. При этом “MAPD” используется специализированно для задач автоматического склада. Таким образом, область данного изучения активно развивается и является актуальной в связи с ростом количества складских систем, используемых в доставке продуктов, где необходимо постоянное ежедневное перемещение и сортировка товаров.

Основная часть Областью изучения данной работы были задачи автоматического склада с использованием шаттловой системы и сортировка объектов на открытой области с использованием группировки роботов с дифференциальным приводом (“сортеры”). Принципиальные различия с точки зрения реализации алгоритмов построения путей для обеих систем заключаются в следующих факторах.

Для системы с “сортерами”:

1. Большое количество агентов (больше ста).
2. Возможности для перемещения по всем направлениям на плоскости.
3. Открытое пространство с небольшой плотностью препятствий.

Для шаттловой системы:

1. Малое количество агентов (меньше 20).
2. Роботам доступны только перпендикулярные перемещения по специальным направляющим.

Таким образом для реализации системы с сортерами было предложено использовать алгоритм “Conflict Based Search With Continuous Times (CCBS)” [1]. Это может быть обосновано следующими особенностями данного алгоритма:

1. Нет заданных постоянных временных интервалов для перемещения.
2. Непрерывное время.
3. Перемещения не только по ячейкам заранее заданной сетки.
4. Оптимальный и завершенный (“optimal” и “complete”).

Исходя из указанного выше, рассмотренный алгоритм позволяет использовать особенности системы с “сортерами” как преимущество: перемещение на открытом пространстве при непрерывном времени и способность к движению вне заданных ячеек сетки должно ускорить выполнение задачи и способствовать построению более оптимальных траекторий.

Недостатком представленного выше алгоритма являются высокие вычислительные затраты. Однако эта проблема может возникнуть только при старте работы склада, когда необходимо планировать траектории для всех агентов сразу, далее в процессе выполнения заказов, необходимо строить траектории для небольшой части освободившихся роботов, что должно значительно упростить вычисления.

Так как задача шаттловой системы является более тривиальной по сравнению с задачей системы сортировки, в данной ситуации можно ограничиться более простым алгоритмом в пользу вычислительной скорости. Таким образом для реализации шаттловой системы было рассмотрено несколько алгоритмов: “Spatio-Temporal A* (ST-A*)” [2], “Conflict Based Search (CBS)” [3], “Priority Based Search (PBS)” [4]. Все эти алгоритмы подразумевают под собой использование дискретного времени и перемещение агентов по ячейкам сетки (заранее заданным узлам графа). Для выбранных алгоритмов можно выделить следующие различия, исходя из статей, в которых они описываются авторами: “CBS” генерирует меньше узлов пути и лучше подходит для задач с большой плотностью статических препятствий, чем “ST-A*”, в тоже время “PBS” позволяет выставлять приоритетность для агентов, может подбирать не самые оптимальные решения, как “CBS”, но имеет более высокую вероятность успешного решения для большого количества агентов (больше 20).

Выводы. Проведен анализ существующих алгоритмов планирования траекторий для мультиагентных систем и подобраны варианты, которые наиболее точно удовлетворяют поставленным задачам для сортировки грузов в условиях открытого пространства и перемещения товаров в условиях большого количества препятствий.

Список использованных источников:

1. Sharon, G., Stern, R., Felner, A., & Sturtevant, N. (2021). Conflict-Based Search For Optimal Multi-Agent Path Finding. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 26(1), 563-569. <https://doi.org/10.1609/aaai.v26i1.8140>
2. Wang, Wenjie & Goh, Boon. (2011). Multi-robot Path Planning with the Spatio-Temporal A* Algorithm and Its Variants. 313-329. 10.1007/978-3-642-27216-5_22.
3. Guni Sharon, Roni Stern, Ariel Felner, Nathan R. Sturtevant, Conflict-based search for optimal multi-agent pathfinding, *Artificial Intelligence*, Volume 219, 2015, Pages 40-66, ISSN 0004-3702, <https://doi.org/10.1016/j.artint.2014.11.006>.
4. Ma, H., Harabor, D., Stuckey, P. J., Li, J., & Koenig, S. (2019). Searching with Consistent Prioritization for Multi-Agent Path Finding. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 33(01), 7643-7650. <https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.33017643>

Потапов А.О. (автор)

Подпись

Борисов О.И. (научный руководитель)

Подпись