

ПРИОРИТЕТНЫЙ АЛГОРИТМ SIPP ДЛЯ ПОИСКА ПУТЕЙ ДЛЯ ГРУПП АГЕНТОВ С КИНЕМАТИЧЕСКИМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ

З.А. Али (*ali.za@phystech.edu*)

Московский Физико-Технический Институт, Москва

Аннотация. Поиск путей для групп агентов (Multi-Agent Path Finding MAPF) — это известная проблема в робототехнике и искусственном интеллекте, в которой необходимо найти набор путей без столкновений для группы агентов (например, роботов), функционирующих в общей рабочей области. В силу своей важности проблема хорошо изучена и известно множество оптимальных, и приближенных алгоритмов. Однако многие из них абстрагируются от кинематических ограничений и предполагают, что агенты могут мгновенно ускоряться/замедляться. Это усложняет применение алгоритмов на реальных роботах. В этой работе представлен метод, который в определенной степени решает эту проблему. Предлагаемый метод, представляет собой приоритизированный планировщик основанный на известном алгоритме безопасно-интервального планирования (Safe Interval Path Planning SIPP). В рамках SIPP было добавлено четкое рассуждение о скорости и ускорении, поэтому построены планы напрямую учитывают кинематические ограничения агентов. Предлагается ряд эвристических функций и проводится эмпирическая оценка предложенного алгоритма. Результаты свидетельствуют о перспективности предлагаемого подхода при решении ряда практически значимых задач.¹

Ключевые слова: мультиагентный поиск путей, робототехника, искусственный интеллект, эвристический поиск, безопасно-интервальное планирование

Введение

Проблема поиска совокупности неконфликтных траекторий имеет большое значение в робототехнике, потому что роботам нужно решать эту проблему в каждый момент, когда им нужно двигаться в окружающей среде. Однако при попытке применить теоретические решения в реальной жизни возникает ряд проблем из-за множества допущений, принятых при их решении. В этой работе были максимально учтены характеристики агента (робота). В частности, учитываются максимальная скорость и максимальное ускорение робота.

¹ Эта статья была принята в ICR 2021 [Ali et al, 2021].

1 Постановка задачи

Проблему можно рассматривать следующим образом: Задан граф $G(V, E)$ и агенты $1, 2, \dots, k$. Каждый агент имеет начальное состояние s_{init} и целевое состояние s_{goal} . Задача состоит в том, чтобы найти набор путей, которые ведут каждого агента от его s_{init} к его s_{goal} без какого-либо столкновения между любыми двумя агентами. Состояние состоит из положения на графе p , ориентации o и скорости v . Путь — это последовательность состояний, в которых агент может переходить из каждого состояния пути в следующее состояние. Агент считается способным перейти из текущего состояния $a(p_a, o_a, v_a)$ в состояние $b(p_b, o_b, v_b)$, если выполняются следующие условия: 1. v_b не превышает максимальной скорости агента v_{max} . 2. p_b связан с p_a на графе G . 3. Агент может прибыть в p_b со скоростью v_b , проходя точно расстояние от p_a до p_b и не превышая максимального ускорения или замедления агента a_{max} . 4. o_b должно быть равно o_a если v_a не равно нулю, в противном случае робот может развернуться на месте, и в этом случае p_a должно быть равно p_b .

2 Метод решения

Предлагается модифицированная версия алгоритма Prioritized SIPP, где SIPP [Philips et al, 2011] является оптимизированной версией известного алгоритма A^* во временно-пространственном пространстве. SIPP — это планировщик, используемый для поиска пути одного агента, и алгоритм Prioritized SIPP запускает единый планировщик SIPP последовательно для каждого агента (в соответствии с некоторым порядком) с учетом путей предыдущих агентов. В SIPP они не учитываются третье условие (выше), и поэтому максимальное ускорение не принимается во внимание. В предложенной модификации текущая скорость агента была явно добавлена к состоянию агента в пространстве поиска. В частности, используя фиксированный шаг stp , максимальная скорость дискретизируется до набора скоростей $Vel = \left\{0, stp, 2stp, \dots, \frac{v_{max}}{stp} * stp\right\}$, а затем агент вынужден принимать одну из этих скоростей в каждом состоянии на своем пути. Затем были изменены все переходы между состояниями, чтобы учесть максимальное ускорение. Кроме того, в соответствии с этой модификацией были адаптированы старые эвристические функции для работы с новой версией.

3 Результаты экспериментальных исследований

Три различных набора тестов были проведены для оценки алгоритма. Были использованы три разные карты и две разные максимальные скорости

и ускорения. Все карты были созданы в виде схематических складов с размерами 24x46, 46x142 и 66x352 метра с различным количеством и размерами препятствий прямоугольной формы. Использовались максимальные скорости и ускорения $\{1.5\frac{m}{c}, 3\frac{m}{c^2}\}$ и $\{1\frac{m}{c}, 2\frac{m}{c^2}\}$. Начальная и конечная точки были сгенерированы случайным образом. Каждый тест повторялся 50 раз со случайными различными порядками для агентов. Результаты показывают, что использование предложенного алгоритма увеличивает время выполнения и стоимость по сравнению с исходным алгоритмом. Однако алгоритм устраняет неточности, возникающие при применении алгоритма в реальной жизни например, на роботах. Интуитивно можно отметить, что с небольшими шагами дискретизации алгоритм работает медленнее, но дает меньшие затраты т.е. более короткие пути, а с большими шагами – наоборот. Однако выбор средних шагов может дать разумные результаты как по времени выполнения, так и по длине найденных путей.

Список литературы

- [Ali et al, 2021] Ali, Z.A., Yakovlev, K. Prioritized SIPP for Multi-agent Path Finding with Kinematic Constraints. // In International Conference on Interactive Collaborative Robotics, pp. 1-13. Springer, Cham, 2021.
- [Phillips et al, 2011] Phillips, M., Likhachev, M.: Sipp: Safe interval path planning for dynamic environments. // IEEE International Conference on Robotics and Automation. pp. 5628–5635. IEEE (2011)