

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ХОДЬБЫ ЧЕТВЕРОНОГОГО ШАГАЮЩЕГО РОБОТА С ВИЗУАЛЬНОЙ ОДОМЕТРИЕЙ

Овчаров А.О., Чергинец Д.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель — доцент, к.т.н., Ведяков А. А. (Университет ИТМО)

Введение. В работе рассматриваются методы управления движением для четвероногого шагающего робота. На вход в систему поступает желаемая траектория тела робота в декартовых координатах, необходимо найти такое управление – момент двигателей, который сведет ошибку слежения в ограниченную окрестность. Стоит отметить, что другие роботы, например квадрокоптеры и колесные платформы, в отличие от шагающих роботов уже активно используются как в индустрии (Amazon, Яндекс, Tesla и др.), так и дома (iRobot, Xiaomi и др.). Компании применяют мобильные платформы для автоматизированных складов, продают роботов-пылесосов; используют квадрокоптеры для инспекции и сканирования; делают сложную каскадную систему управления и позиционирования для своих роботов. Однако, у таких роботов существуют значительные проблемы с проходимостью или с безопасным взаимодействием между человеком и роботом как внутри здания, так и на открытой местности.

Система управления шагающими роботами обычно представляет собой каскадную систему из регуляторов и систем планирования траектории шага. В динамически изменяемой среде необходимо выбрать место для шага, спланировать путь и решить задачу оптимизации для выбора траектории углов двигателей. В работе Калакришнан М. и др (2011) [1] авторы стабилизируют походку с помощью ПД-регулятора угла, полной динамической модели робота с линеаризацией обратной связью и П-регулятора усилия на ступне. В другом подходе Дж. Карло, П. Венсинг, Г. Блед и др. (2018) [2] предложили использовать выпуклый прогнозирующий регулятор с упрощенной динамикой. Недостатки прошлой работы рассмотрели и частично решили прогнозирующим регулятором с регуляризацией Г. Блед и С. Ким (2019) [3]. Во всех работах большой упор делается на быстрый расчет динамической модели, для этого ее линеаризуют из-за чего теряют часть информации. Для решения этой проблемы в работе М. Нойнерт и др. (2016) [4] предложен быстродействующий нелинейный прогнозирующий регулятор.

Для управления и навигации важно оценивать положение и ориентацию робота с низкой погрешностью. Для этого методы одометрии могут использовать комплексирования данных, используя информацию с камеры, акселерометра, гироскопа, лидара, GPS, дальномеров. В работе используются визуально-инерциальная и инерциальная одометрия с использованием кинематики ног четвероногого робота. В работе использованы следующие датчики: стерео-камера, инерциальный измерительный блок и энкодеры сочленений робота.

Основная часть. В работе проводится апробация методов ходьбы четвероногого робота на основе прогнозирующего регулятора [2] с разными методами одометрии. Мы сравниваем метод на основе одометрии с использованием кинематики ног и информации с инерциального измерительного блока [5] и визуально-инерциальную одометрию камеры [6, 7] с добавлением кинематики ног и без. Измеряемыми величинами являются: углы и угловые скорости сочленений ног робота, линейные ускорения и угловые скорости тела робота, а также изображения полученные со стерео-камеры. Методы исследовались в симуляторах RaiSim и Bullet SDK.

Выводы. Результатом проделанной работы является пакет [8] с реализованными методами управления шагающим четвероногим роботом и разными методами одометрии.

Также реализован пакет для проверки работоспособности представленных алгоритмов в симуляторах RaiSim и Bullet SDK. Полученные результаты можно использовать для выбора лучшего алгоритма управления при использовании визуальной одометрии, а также для настройки методов управления и настройки одометрии шагающего робота.

Список использованных источников:

1. Kalakrishnan, M., Buchli, J., Pastor, P., Mistry, M., Schaal, S. (2011). Learning, planning, and control for quadruped locomotion over challenging terrain. *The International Journal of Robotics Research*, 30(2), pp. 236–258
2. J. Di Carlo, P. M. Wensing, B. Katz, G. Bledt and S. Kim, "Dynamic Locomotion in the MIT Cheetah 3 Through Convex Model-Predictive Control," 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Madrid, Spain, 2018, pp. 1-9
3. Bledt, G., Kim, S. (2019). Implementing Regularized Predictive Control for Simultaneous Real-Time Footstep and Ground Reaction Force Optimization. 2019 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp. 6316–6323
4. Neunert, M., de Crousaz, C., Furrer, F., Kamel, M., Farshidian, F., Siegwart, R., Buchli, J. (2016). Fast nonlinear Model Predictive Control for unified trajectory optimization and tracking. 2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2016-June, pp. 1398–1404
5. Michael Bloesch, Marco Hutter, Mark A. Hoepffinger, Stefan Leutenegger, Christian Gehring, C. David Remy and Roland Siegwart, "State Estimation for Legged Robots: Consistent Fusion of Leg Kinematics and IMU," in *Robotics: Science and Systems VIII*, MIT Press, 2013, pp.17-24.
6. L. von Stumberg., and D. Cremers. DM-VIO: Delayed Marginalization Visual-Inertial Odometry // *IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L)*. - 2022. - p. 1408-1415
7. Yang. S., Zhang. Z., Fu. Z. Cerberus: Low-Drift Visual-Inertial-Leg Odometry For Agile Locomotion // *arXiv*. - 2022
8. Овчаров А., Чергинев Д., // Управление шагающим роботом Unitree A1 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://github.com/ITMORobotics/UnitreeLocomotionITMO>, свободный (дата обращения: 26.02.2023)

Овчаров А.О. (автор)

Подпись



Ведяков А.А. (научный
руководитель)

Подпись