

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УСКОРЕННОЙ ЛИДАРНОЙ ОДОМЕТРИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ВОКСЕЛИЗАЦИИ

Ткачёв И.Ю.¹, Поляков А.А.¹, Васильев В.С.¹
Научный руководитель – к.т.н Бжихатлов И.А.¹

¹Университет ИТМО
tkachev@itmo.ru

Введение

Актуальной научной проблемой является повышение точности и быстродействия LiDAR-одометрии при регистрации последовательных облаков точек в реальном времени [7]. Существующие методы, включая ICP [1] и его модификации, обеспечивают приемлемую точность, однако часто требуют значительных вычислительных затрат, что ограничивает их применение в ресурсоограниченных системах. Поэтому особый интерес представляет развитие воксельных подходов, позволяющих снизить вычислительную сложность регистрации без существенного ухудшения качества оценки движения.

Основная часть

В качестве решения предлагается модификация метода VGICP [2], в которой регистрация выполняется не между отдельными точками и вокселями, а между воксельными распределениями двух последовательных сканов. Такой подход позволяет сократить число вычисляемых соответствий и уменьшить время обработки, поскольку алгоритм работает с агрегированными характеристиками занятых вокселей, а не со всем массивом исходных точек. Оптимальным представляется именно этот вариант, так как он обеспечивает более высокую производительность при сохранении сопоставимой точности оценки поворота, что особенно важно для систем реального времени.

Оригинальность решения заключается в переходе к схеме «воксель–воксель», где обе сцены предварительно представляются в виде компактных вероятностных структур с быстрым доступом к данным. Экономичность метода достигается за счет снижения вычислительной нагрузки, лучшей масштабируемости на плотных облаках точек и возможности эффективного распараллеливания. В качестве перспективных направлений дальнейших исследований можно выделить многомасштабную регистрацию [4], адаптивный размер вокселя, а также гибридные схемы, сочетающие воксельное сопоставление с инерциальными [5] или колесными данными [6] для повышения устойчивости в сложных сценах.

Выводы

Результаты исследования могут быть использованы в системах автономной навигации, мобильной робототехнике и беспилотном транспорте, где требуется быстрая обработка LiDAR-данных в реальном времени. Испытания на KITTI Odometry [3] (последовательности 00–10) показали, что предложенный метод повышает производительность с 54 до 60 кадров в секунду, то есть примерно на 11% по сравнению с VGICP, при сохранении среднего уровня ошибки вращения на уровне 0,005 град/м. При этом средняя ошибка трансляции увеличивается с 1,29% до 2,3%, что указывает на допустимый компромисс между скоростью и точностью в условиях жестких требований к быстродействию. Внедрение метода целесообразно проводить в составе модулей одометрии и SLAM с последующей экспериментальной проверкой на стандартных датасетах и в реальных условиях эксплуатации.

Литература

1. P. J. Besl and N. D. McKay, "A Method for Registration of 3-D Shapes," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 14, no. 2, pp. 239–256, Feb. 1992.
2. Koide K., Yokozuka M., Oishi S., Banno A. Voxelized GICP for Fast and Accurate 3D Point Cloud Registration // Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation (ICRA). 2021. P. 11054–11059.
3. Geiger A., Lenz P., Urtasun R. Are We Ready for Autonomous Driving? The KITTI Vision Benchmark Suite // Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2012. P. 3354–3361.
4. M. Vlamincx, H. Luong, and W. Philips, "Multi-resolution ICP for the efficient registration of point clouds based on octrees," in Proc. Int. Conf. Mach. Vis. Appl. (MVA), 2017.
5. W. Xu and F. Zhang, "FAST-LIO: A fast, robust LiDAR-inertial odometry package by tightly-coupled iterated Kalman filter," IEEE Robot. Autom. Lett., vol. 6, no. 2, pp. 3317–3324, Apr. 2021.
6. Z. Yuan, F. Lang, T. Xu, X. Chen, S. Zhao, and S. Scherer, "LIWO: LiDAR-inertial-wheel odometry," in Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. Intell. Robots Syst. (IROS), 2023.