

УДК 519.6

Легковесная распределенная оптимизация поз для многороботного SLAM в экстремальных условиях связи

Ли Синьхан^{1(*)}

lisinhan@my.msu.ru

Корянов Всеволод Владимирович²

vkoryanov@mail.ru

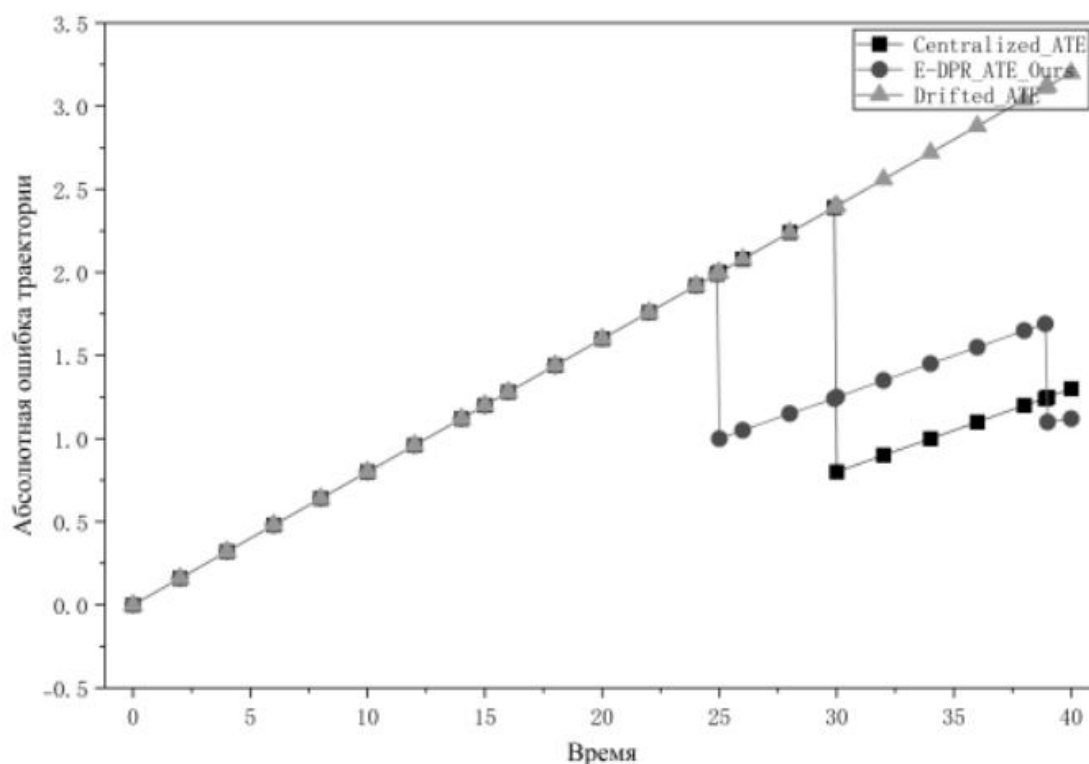
¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия² МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. В работе представлен легковесный событийно-управляемый алгоритм распределенной оптимизации поз. Метод разработан для повышения устойчивости систем многороботного SLAM, функционирующих в условиях ограниченных вычислительных ресурсов и экстремальной связи. Для сценариев с критическими сетевыми нарушениями построено имитационное моделирование. В условиях высокой потери пакетов применен децентрализованный подход с низкими вычислительными затратами. Для коррекции карты и подавления накапливаемой погрешности сенсоров используется механизм обработки одиноких пакетов замыкания цикла. Результаты моделирования подтверждают, что алгоритм сохраняет высокую робастность и точность в сложной среде, что свидетельствует о его практической инженерной ценности.

Ключевые слова: распределенная оптимизация поз, событийное управление, экстремальные условия связи

Введение. Работа нацелена на разрешение противоречия между точностью многороботного SLAM и дефицитом ресурсов при исследовании пространства [1]. В исследовании решаются три ключевые задачи. Первая — разработка легковесного алгоритма для снижения вычислительной нагрузки. Вторая — повышение устойчивости системы к экстремальной потере пакетов и данных [2]. Третья — реализация децентрализованной архитектуры, позволяющей строить высокоточные карты без использования центрального сервера [3].

Методы и материалы; результаты. Вместо традиционного поиска глобального оптимума предлагается модель одношаговой релаксации поз с оппортунистическим событийным управлением. Метод базируется на распределенном принятии решений и механизме локальных инкрементальных обновлений. При поступлении валидных измерений выполняется мгновенная коррекция позы без глобальной переоптимизации [4]. Такой подход исключает избыточные итерации, существенно снижая вычислительную нагрузку в условиях ограниченных ресурсов. Для работы в экстремальной коммуникационной среде алгоритм обеспечивает сходимость оценок при минимизации обмена данными. Комплексование локальных наблюдений и априорной модели реализует поэтапную оптимизацию карты. Дрейф сенсоров компенсируется последовательно, что ведет к снижению накопленной ошибки. Достигнутый баланс вычислительных и коммуникационных затрат гарантирует высокую устойчивость и точность системы при жестких ограничениях по энергопотреблению.



Заключение. Неограниченный рост ошибки без оптимизации (синяя линия) и схожая динамика централизованного метода (черная линия) указывают на уязвимость традиционных схем при сбоях связи. В отличие от них, предлагаемый алгоритм (красная линия) использует механизм событийной релаксации для мгновенного подавления дрейфа при замыкании цикла (см. рисунок). Полученные результаты подтверждают, что данный метод превосходит ресурсоемкие аналоги по точности и робастности в условиях жестких коммуникационных ограничений.

Список источников

- [1] Khairuddin A.R., Talib M.S., Haron H. Review on simultaneous localization and mapping (SLAM). *IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE)*, Penang, Malaysia, 2015, pp. 85–90. <https://doi.org/10.1109/ICCSCE.2015.7482163>
- [2] Kim B. et al. Multiple relative pose graphs for robust cooperative mapping. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Anchorage, AK, USA, 2010, pp. 3185–3192. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.2010.5509154>
- [3] Elibol A., Shim H., Hong S. et al. Online underwater optical mapping for trajectories with gaps. *Intel Serv Robotics.*, 2016, vol. 9, pp. 217–229.
- [4] Schmuck P., Chli M. CCM-SLAM: Robust and efficient centralized collaborative monocular simultaneous localization and mapping for robotic teams. *Journal of Field Robotics*, 2019, vol. 36 (4), pp. 763–781.