

УПРАВЛЕНИЕ РОБОТИЗИРОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МНОГОАГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Миняков К.А., Дмитриев Н.В.

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Ключевые слова: многоагентная система, групповая робототехника, квадрокоптеры, мобильные роботы, управление роботами, Webots, имитационное моделирование.

Аннотация. В статье описано использование многоагентных систем (МАС) для координации взаимодействия роботов в распределённых системах. Представлена экспериментальная платформа Robotic Park, поддерживающая гибридные сценарии, включающие реальные и виртуальные агенты. Эксперимент с двумя коммуникационными стратегиями показал, что событийно-ориентированный подход снижает передачу данных на 89% при сохранении производительности.

CONTROL OF ROBOTIC SYSTEMS USING MULTI-AGENT TECHNOLOGIES

Minyakov K.A., Dmitriev N.V

Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg

Keywords: multi-agent system, swarm robotics, quadcopters, mobile robots, robotics control, Webots, simulation modeling.

Abstract. The article describes the use of multi-agent systems (MAS) to coordinate the interaction of robots in distributed systems. The experimental Robotic Park platform is presented, which supports hybrid scenarios involving real and virtual agents. An experiment with two communication strategies showed that the event-oriented approach reduces data transmission by 89% while maintaining performance.

В современном мире наблюдается стремительное развитие роботизированных систем, применяемых в таких областях, как промышленность, логистика, медицина и сельское хозяйство. Одним из ключевых направлений является использование многоагентных технологий для координации взаимодействия роботов в распределённых системах [1, 2], включая роевую робототехнику [3]. Эти технологии предлагают новые подходы к организации совместной работы роботов, необходимой для эффективного функционирования сложных систем.

Многоагентные системы (МАС) представляют собой совокупность взаимодействующих интеллектуальных агентов. Они позволяют решать задачи, которые невозможно эффективно решить силами одного агента или монолитной системы. В данной статье описывается исследование подходов к координации и взаимодействию роботов в распределённых системах с использованием экспериментальной платформы Robotic Park [4].

Robotic Park (общая схема показана на рис. 1) создан для реализации МАС с участием различных транспортных средств: квадрокоптеров Crazyfly и DJI Tello, а также мобильных роботов Turtlebot3 Burger и Khepera IV. Основные характеристики платформы включают гибкость конфигурации и разнородность

агентов; поддержку сценариев в виртуальной, физической и гибридной средах, что позволяет тестировать алгоритмы MRS как в симуляции, так и в реальных условиях; интеграцию с ROS2, обеспечивающую простую настройку децентрализованных архитектур и возможность добавления новых роботов и датчиков.

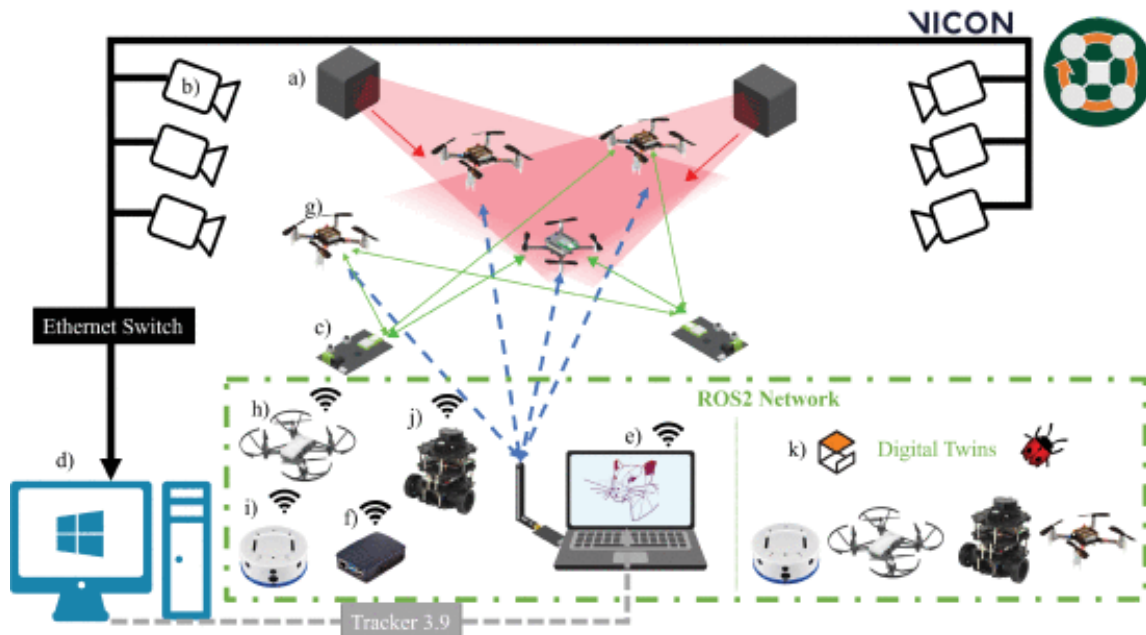


Рис. 1. Схема компонентов Robotic Park: а) станции Lighthouse; б) камеры Vero; с) система позиционирования Loco; д) ПК; е) ноутбук; ф) базовые станции Raspberry Pi; г) квадрокоптеры Crazyflie; h) DJI Tello; и) мобильные роботы Khepera IV; j) Turtlebot3 Burger; к) цифровые двойники роботов

Платформа использует три системы позиционирования: Lighthouse, Loco Positioning System и Vicon Motion Capture, что позволяет проводить эксперименты как в закрытых помещениях, так и на открытых площадках.

Для демонстрации возможностей Robotic Park был проведён эксперимент по контролю формирования. Агенты следовали заданной траектории, поддерживая указанное формирование, определяемое расстояниями между соседними агентами. В эксперименте сравнивались две коммуникационные стратегии: периодическая передача данных с частотой 50 Гц; событийно-ориентированная передача данных, основанная на триггере, срабатывающем при достижении расстояния в 1 см.

Эффективность стратегий оценивалась с использованием следующих показателей: средняя частота передачи данных, интегральная абсолютная ошибка, интеграл взвешенной во времени абсолютной ошибки, среднеквадратичная ошибка.

Симуляция для вычисления показателей качества производилась в программной среде Webots (рис. 2). Результаты показали, что событийная стратегия снизила количество передаваемых данных на 89%, сохранив производительность. Улучшение точности формирования составило до 5% за счёт фильтрации мелких сигналов. Наземные роботы, такие как Turtlebot3, показали более значительное снижение частоты передачи данных (96%) по сравнению с беспилотными аппаратами (81%).

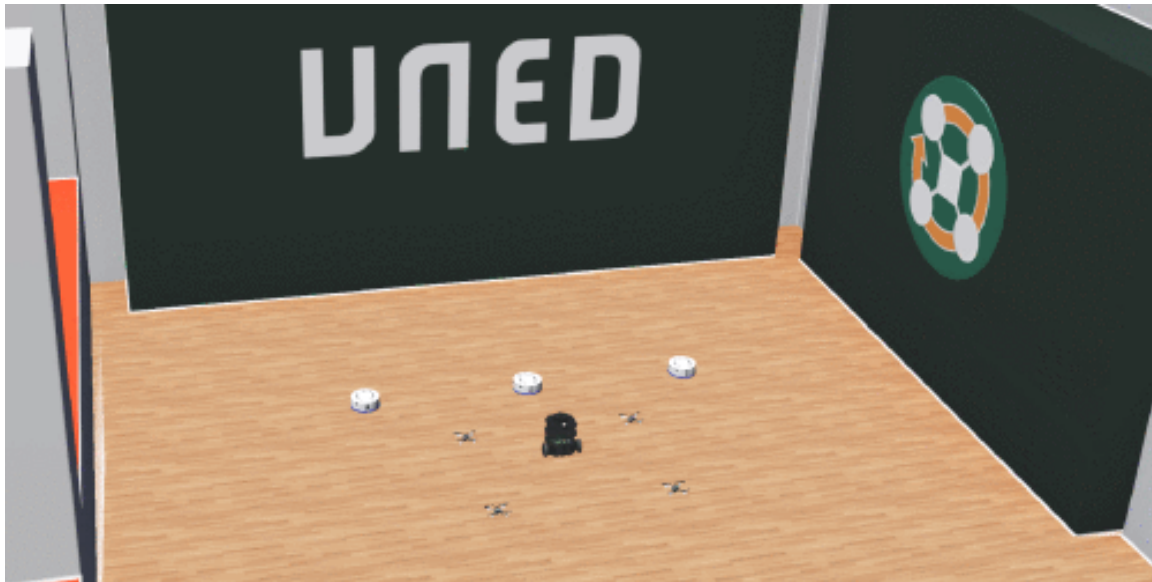


Рис. 2. Симуляция Robotic Park в системе Webots

Платформа доказала свою эффективность для разработки и тестирования стратегий управления, особенно в условиях ограниченных ресурсов и событийно-ориентированного подхода. В будущем возможно расширение функционала через улучшение алгоритмов взаимодействия, адаптацию к динамическим изменениям среды и применение методов машинного обучения.

Для повышения точности и снижения ошибок работы платформы могут быть предложены следующие меры: оптимизация алгоритмов взаимодействия между агентами; балансировка нагрузки через распределение задач; использование мониторинга в реальном времени и симуляции.

Список источников

1. Истомин В.В. Прогнозирование поведения групп автономных интеллектуальных агентов на основе теории многоагентных систем // Инженерный вестник Дона. – 2011. – № 4(18). – С. 29-32.
2. Назарова А.В., Рыжова Т.П. Методы и алгоритмы мультиагентного управления робототехнической системой // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2012. – № 6(6). – С. 93-105.
3. Дмитриев Н.В. Моделирование и исследование автоматизированной складской системы с использованием роевой робототехники // Инновационный транспорт. – 2023. – № 1(47). – С. 36-39. – doi.org/10.20291/2311-164X-2023-1-36-39.
4. Mañas-Álvarez F.-J., Guinaldo M., Dormido R., Dormido S. Robotic Park: Multi-Agent Platform for Teaching Control and Robotics // IEEE Access. 2023, vol. 11, pp. 34899-34911. doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3264508.

Сведения об авторах:

Миныхов Кирилл Андреевич – студент;

Дмитриев Никита Владимирович – старший преподаватель кафедры «Мехатроника».