УДК 004.896 https://doi.org/10.26160/2541-8637-2023-11-39-42

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОЕВОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

Михайдаров Д.Э., Дмитриев Н.В.
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Ключевые слова: групповая робототехника, роевой интеллект, мобильные роботы, стратегии управления, мультиагентная система, беспилотный летательный аппарат.
Аннотация. В статье рассмотрены особенности управления группой мобильных роботов на примере роевой робототехники. Выделены основные проблемы, с которыми могут сталкиваться как отдельные роботы, так и их группа, сформулированы принципы управления роем роботов, достоинства роевого интеллекта продемонстрированы на двух примерах, сделан вывод об эффективности использования коллективного поведения роботов в виде роя, когда каждый из них агентов взаимодействует только с соседними особями.

FEATURES OF SWARM ROBOTICS USE

Mikhaidarov D.E., Dmitriev N.V.
Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg

Keywords: swarm robotics, swarm intelligence, mobile robots, control strategies, multi-agent system, unmanned aerial vehicle.
Abstract. The article discusses the features of controlling a group of mobile robots using swarm robotics as an example. The main problems that individual robots and their group may face are identified, and principles of swarm robot control are formulated. The advantages of swarm intelligence are demonstrated using two examples, and a conclusion is drawn about the effectiveness of using collective behavior of robots in the form of a swarm, where each agent interacts only with neighboring agents.

Использование отдельных интеллектуальных роботов в настоящее время зачастую пригодно только для решения узкоспециализированных задач либо выполнения простых операций, поскольку он обладает достаточным количеством ограничений:

– небольшой радиус действия, определяющийся энергоресурсом;

– небольшое число исполнительных устройств и выполняемых функций;

– низкая вероятность выполнения поставленной задачи при функционировании в экстремальных и/или неопределённых условиях [1].

Поэтому более эффективным является решение сложных задач группой роботов. На сегодняшний день групповая робототехника представляет собой подход к проектированию мультиагентной киберфизической системы, состоящей из большого числа более простых (однородных или гетерогенных) роботов. В основе групповой робототехники лежат идеи коннекционизма и самоорганизации мобильных роботов, так как описание и управление множеством статичных манипуляторов относится к автоматизированному (в т.ч. гибкому) производству.
При групповом использовании роботов различного назначения возникает ряд весьма сложных задач, связанных с проблемой их оптимального управления и организацией взаимодействия устройств между собой.

Выделено несколько основных проблем управления группой роботов:

– управление в реальном времени;

– большой объём передаваемой по каналам связи информации;

– ограниченная дальность действия каналов связи;

– ограничение функциональных возможностей роботов, обусловленная их малыми размерами (как правило, малоразмерные роботы выполняют более простые действия).

Отдельно стоит выделить несколько подходов к реализации управления группой роботов: централизованные и децентрализованные стратегии [2]. Централизованные стратегии характеризуются строгой иерархией и разделением управляющих роботов на несколько уровней: при этом более высокие роботы должны обладать большими интеллектуальными и вычислительными возможностями, чем роботы на низких уровнях. Децентрализованные стратегии отличаются отсутствием прямого канала связи: в них взаимодействие осуществляется в большей степени через среду с помощью большого числа датчиков.

Частным случаем децентрализованной стратегии является использование автономного роя роботов [2, 3]. Принципы управления роем роботов заключены в следующих пунктах.

1. Каждый агент роя может осуществлять взаимодействие с ограниченным подмножеством рядом расположенных агентов и средой.

2. Каждый агент в любой момент времени выбирает такое свое действие, которое при фиксированных действиях других агентов-соседей направлено на достижение целевого состояния и дает максимальное приращение функционалу качества (поиск локального оптимума).

3. Оптимизация на множестве агентов-соседей итерационно выполняется до тех пор, пока никакие новые действия агентов не дают приращения функционалу качества (поиск глобального оптимума).

Несмотря на то, что использование роевой стратегии управления в общем может не привести к оптимальному поведению системы с точки зрения времени, но может обеспечивать достаточный уровень качества.

На сегодняшний день, управление группой роботов и роевым управлению нашлось применение в определенных сферах работ.

Компания Amazon является одной из первых компаний, которые широко столкнулись с использованием группы летающих дронов, осуществляющих доставку грузов. Основной проблемой при этом является неоднородность состава посылок – использование идентичных дронов для доставки является нерациональным и расточительным.

Большинство современных роботов-доставщиков могут быть использованы для стандартизованного веса и объёма посылок за отведённое время. Отхождение от этих стандартов ведёт к значительному уменьшению эффективности и увеличению затрат на стоимость доставки.

Компания использовала один из основных принципов проектирования мехатронных и робототехнических систем – модульность – и разработала универсальную систему, способную доставлять посылки различного веса и формы на разные расстояния. Запатентованная технология позволяет объединять

несколько дронов в так называемую "платформу", как показано на рисунке 1. Система может быть значительно масштабируема, что позволяет перевозить посылки большого веса и объёма [4].

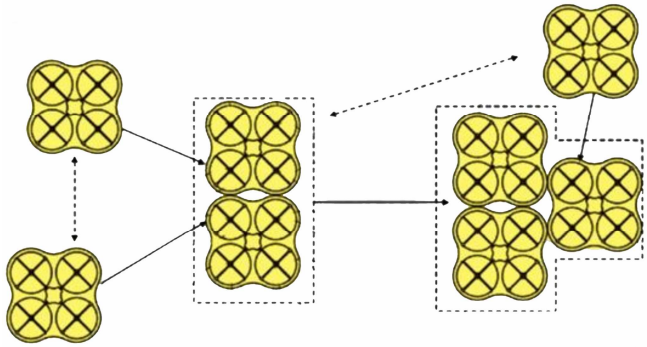

Рис. 1. Объединение дронов в одну коллективную платформу [4]

При достижении точки доставки, платформа расконфигурируется, отдельные дроны могут снова объединиться в новые платформы или выполнять задачи самостоятельно. Объединенные в платформу агенты делят между собой общие ресурсы системы, обеспечивая более точную относительно отдельных дронов навигацию. Система также становится более заметной для радаров и людей, что способствует диспетчеризации. Платформа позволяет оптимизировать расход энергии, замедляя скорость вращения их, чтобы сохранить устойчивость в воздухе.

Инженеры EMBL разработали сеть автономных роевых роботов, которые соединяются как клетки в теле, что изображено на рисунке 2, используя принципы морфогенеза [5], что также соответствует таким принципам развития мехатронных систем, как интеллектуализация и квазибиологическая парадигма. Морфогенез позволяет миллионам клеток самоорганизовываться в сложные структуры с разнообразными функциональными формами во время эмбрионального развития. Этот процесс возникает из локальных взаимодействий клеток под контролем генных цепочек, которые идентичны в каждой клетке, устойчивы к внутреннему шуму и приспособлены к изменяющейся среде.

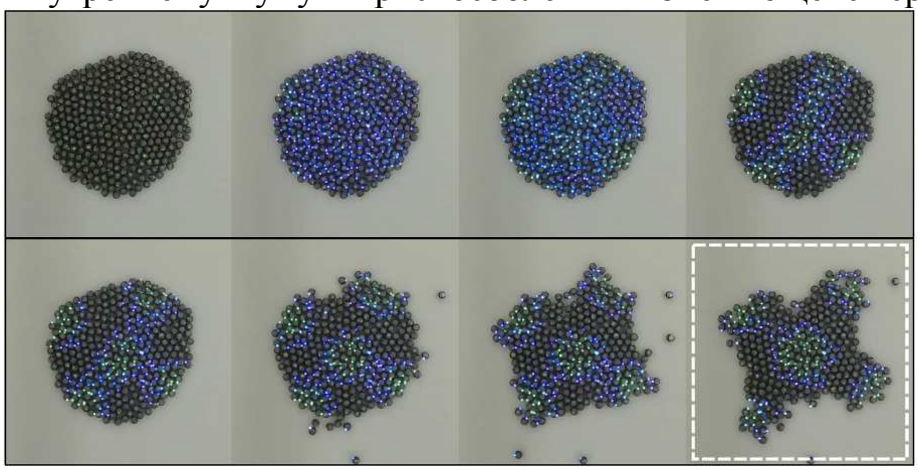

Рис. 2. Соединение роевых роботов в виде клеточной системы [5]

Создание технологии с такими свойствами представляет собой важную возможность в различных приложениях. В природе морфогенез может использовать два разных подхода: иерархический или спонтанно

самоорганизующиеся динамики, такие как реакция-диффузия Тьюринговских узоров. Результаты показаны для роя из 300 роботов, которые самостоятельно создают органические и приспособляемые формы, устойчивые к повреждениям. Это шаг в сторону возникновения функционального формообразования в роботизированных стаях, следуя принципам самоорганизующейся морфогенной инженерии.

Современное развитие вычислительной техники и систем связи открывает широкие возможности для построения систем групповой робототехники. Рассмотрение различных реализаций групповой робототехники показало, что наиболее прогрессивным и эффективным является реализация коллективного поведения роботов, когда каждый из них взаимодействует только с соседними особями, обмениваясь собранной информацией об окружающей среде и своем состоянии.

Список литературы

1. Гайдук А.Р., Каляев И.А., Капустян С.Г., Шаповалов И.О. Синтез системы управления движением группы мобильных роботов в условиях неопределенности // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2018. – № 4(79). – С. 112-122. – doi.org/10.21869/2223-1560-2018-22-4-112-122.
2. Готлиб Б.М. Введение в мехатронику. Т. 2. Проектирование и применение мехатронных модулей и систем: учеб. пособие. – Екатеринбург: УрГУПС, 2008. – 302 с.
3. Шляхов Н.Е., Ватаманюк И.В., Ронжин А.Л. Обзор методов и алгоритмов агрегации роя роботов // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2017. – Т. 18, № 1. – С. 22-29. – doi.org/10.17587/mau.18.22-29.
4. Amazon invents a universal flying machine…that can lift any sized load [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://patentyogi.com/latest-patents/amazon/amazon-invents-universal-flying-machinethat-can-lift-sized-load/
5. Slavkov I. Morphogenesis in robot swarms // Science Robotics. 2018, vol. 3(25). doi.org/10.1126/scirobotics.aau9178.

Сведения об авторах:
Дмитриев Никита Владимирович – старший преподаватель кафедры «Мехатроника»;
Михайдаров Данил Эльнарович – студент.