Научная статья

Original article

УДК *004*

DOI 10.55186/26584964_2022_5_6_4

# УПРАВЛЕНИЕ ФОРМАЦИЕЙ МОБИЛЬНЫХ ШАГАЮЩИХ РОБОТОВ

PHARMACY MANAGEMENT OF MOBILE WALKING ROBOTS

**Абрамов Никита Алексеевич,** студент-магистр кафедры Робототехнические системы и мехатроника», Московский Государственный Технический Университет имени Н.Э.Баумана, Россия, г. Москва

**Сурин Владислав Андреевич,** студент-магистр кафедры «Робототехнические системы и мехатроника», Московский Государственный Технический Университет имени Н.Э.Баумана, Россия, г. Москва

**Маканси Абдалла,** студент-магистр кафедры «Робототехнические системы и мехатроника», Московский Государственный Технический Университет имени Н.Э.Баумана, Россия, г. Москва

**Abramov Nikita Alekseevich,** Master student of the Department of "Robotic Systems and Mechatronics", Bauman Moscow State Technical University, Russia, Moscow

**Surin Vladislav Andreevich,** Master student of the Department of "Robotic Systems and Mechatronics", Bauman Moscow State Technical University, Russia, Moscow

**Makansi Abdalla,** is a Master's student of the Department of "Robotic Systems and Mechatronics", Bauman Moscow State Technical University, Russia, Moscow

**АННОТАЦИЯ**

В данной статье проанализированы методы и алгоритмы многоагентного управления, смоделирована система управления группой шагающих роботов. Реализован алгоритм равномерного распределения роботов на основе метода потенциалов. Данная система протестирована в среде MATLAB и интегрирована с ROS

**ANNOTATION**

In this article, methods and algorithms of multi-agent control are analyzed, a control system for a group of walking robots is modeled. The algorithm of uniform distribution of robots based on the method of potentials is implemented. This system has been tested in MATLAB and integrated with ROS

**Ключевые слова:** мобильный робот, шагающая платформа, мультиагентная робототехническая система, задача декомпозиции.

**Keywords**: mobile robot, walking platform, multi-agent robotic system, decomposition problem.

## Введение

Мультиагентные робототехнические системы (МРТС) применяются в различных областях и решают задачи опасные для человека. Для автоматизации производственных процессов формация роботов может применяться для транспортировки груза.

Исследуемая МРТС состоит из девяти шагающих роботов и сенсорной системы. Выполняется задача транспортировки груза. В данной статье используется одометрическая навигация, которая определяет положение каждого робота относительно глобальной системы координат.

## Распределение задач в группе шагающих платформ

В данной работе для распределения задач используется агоритм «Аукцион» (Рис. 1) [1]. Данный алгоритм является наиболее эффективным в задаче транспортировки груза [2].

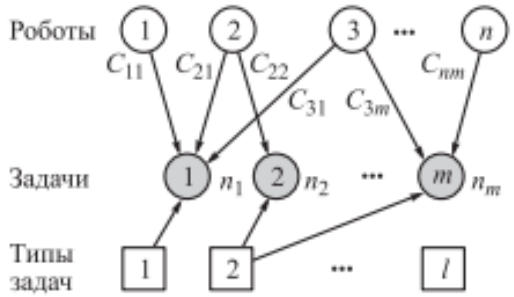


Рис. 1. Задача декомпозиции [3]

Центр МРТС выбирает задачи и распределяет роботов. Каждый агент рассчитывает и сортирует цену выполнения задач перемещения к конечным пунктам. Агенту с меньшим порядковый номер присваивается звание лидера. Он выбирает приоритетный конечный пункт и определяет цену перемещения для остальных роботов. Выполняется действие в соответствии с табл. 1 [3].

Таблица 1 [3]

Действия агентов в модели «Аукцион»

| Условие | | | Действие | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Все агенты перемещаются | Перемещение агента с наименьшей ценой | Выполнение $k$-ой задачи | Исключение $k$-ой задачи $k$ из массива стоимостей для каждого агента |
| Количество агентов с максимальным приоритетом на одну задачу | = | $n_k$ | + | - | + | + |
| | < | | + | - | + | - |
| | > | | - | + | + | + |

В данной работе для задачи транспортировки используются девять шагающих роботов. Каждая платформа должна равномерно распределиться по трем конечным пунктам. Перемещается с учетом наименьшего расстояния до пункта и интересов других агентов. Массивы стоимости для каждого агента приведены в табл. 2.

Выполняется первый аукцион. Лидером назначается агент по номером 1 и его приоритетная задача, в данном примере это перемещение к 1-ому конечному пункту. Поскольку $n_1 = 3 = k$, отправим всех агентов в пункт 1.

Таблица 2

Сортировка массива стоимости для всех агентов (КП – конечный пункт, Ст – стоимость выполнения перемещения к этим точкам)

| Агент 1 | | Агент 2 | | Агент 3 | | Агент 4 | | Агент 5 | | Агент 6 | | Агент 7 | | Агент 8 | | Агент 9 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| КП | Ст | КП | Ст | КП | Ст | КП | Ст | КП | Ст | КП | Ст | КП | Ст | КП | Ст | КП | Ст |
| 1 | 2,5 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1,5 | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 | 1 | 3 | 3 | 4,5 |
| 3 | 3 | 1 | 6 | 1 | 3 | 1 | 1,5 | 3 | 1,5 | 1 | 4 | 1 | 5,5 | 2 | 3 | 1 | 5 |
| 2 | 4 | 2 | 6 | 2 | 5 | 2 | 5,5 | 2 | 7 | 2 | 4 | 3 | 5,5 | 3 | 4 | 2 | 6 |

Выполняется второй аукцион. Лидером назначается агент по номером 1 и его приоритетная задача, в данном примере это перемещение к 3-ему пункту. Поскольку $n_3 = 6 > k$ выбираем роботов с наименьшей оценкой – это роботы 3, 4 и 6, оставшиеся роботы переходят во 2-ой пункт. 7 из 9 роботов отправились в ближайшие пункты, что подтверждает эффективность алгоритма (Рис. 2).

Таблица 3

Результаты аукциона

| Агент 2 | | Агент 3 | | Агент 4 | | Агент 6 | | Агент 7 | | Агент 9 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| КП | Ст | КП | Ст | КП | Ст | КП | Ст | КП | Ст | КП | Ст |
| 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 | 3 | 4,5 |
| 2 | 8 | 2 | 5 | 2 | 5,5 | 2 | 4 | 3 | 5,5 | 2 | 6 |

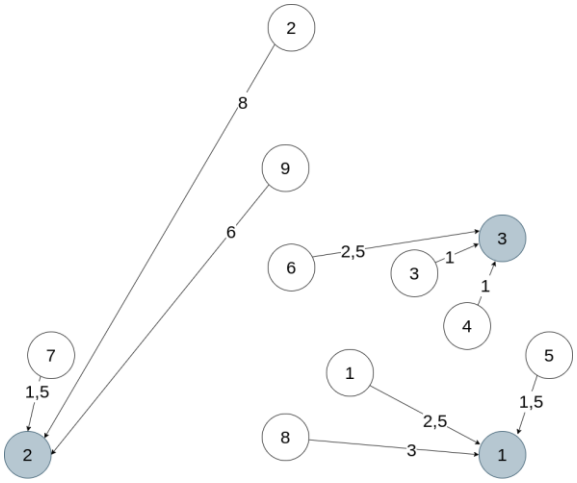


Рис. 2. Распределение задач с помощью алгоритма «Аукцион»

**Перемещение шагающих роботов**

Управлять скоростью и курсом платформы будем с помощью метода потенциалов. Причем каждый робот должен отрабатывать выполнения задачи избегая препятствия, в том числе и других агентов. Вектор скорости робота

считается по формуле (1), вектора отталкивания и притяжения приведены на Рис. 3:

$$V_i = V_i^f + \sum_{i=1}^{n-1} V_{ij} \sum_{l=1}^{r} V_{il}^s \quad (1)$$

где $d_i^f$ − расстояние между i-м агентом и его конечным пунктом; $d_{ij}$− расстояние между i-м и j-м агентами; $d_{il}^s$ − расстояние между i-м агентом и статическим препятствием.

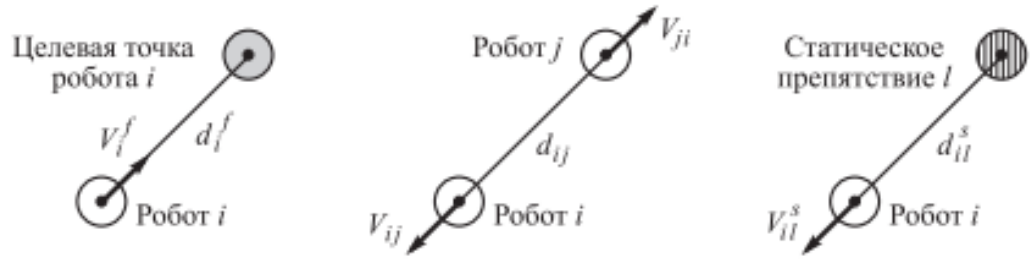


Рис. 3. Вектора отталкивания и притяжения в методе потенциалов [3]

**Результаты**

Запускается стартовая площадка с девятью роботами в Gazebo. В коммуникационной системе (КС) с симулятора читается положение робота относительно глобальной системы координат (рис. 4). Затем вычисляются и публикуются расстояния между роботами и конечными пунктами. Алгоритм «Аукцион» публикует скорость каждого агента в модуль генерации походки (ГП). Полученные сообщения публикуются в виде управляющих сигналов для каждого привода в симуляторе. Для детектирования статических препятствий используется пакет rtabmap.

Simulink и ROS интегрированы посредством прототипирования рабочего стола. Сценарии смоделированы с помощью библиотеки Robotics System Toolbox (рис. 5). Алгоритмы декомпозиции и планирования перемещения роботов были написаны в среде MATLAB. Для визуализации результатов в симуляторе все роботы были разукрашены в разные цвета. Результаты эксперимента показали эффективность данных методов с точки зрения предотвращения столкновений (рис. 6).

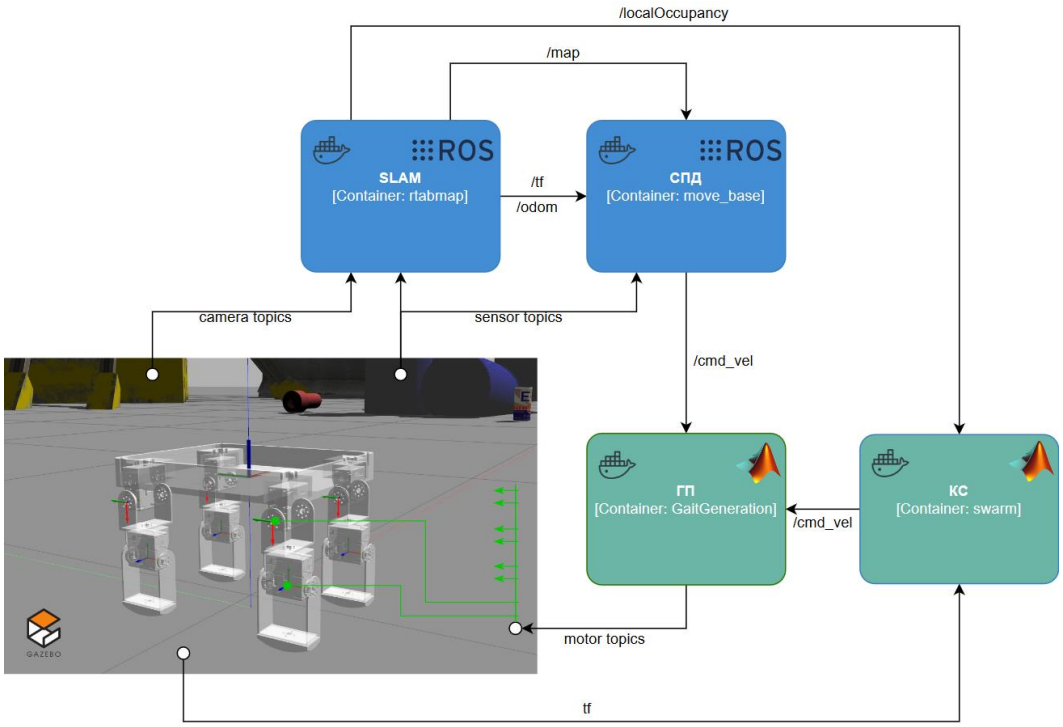


Рис. 4. Структурная схема системы управления шагающим роботом

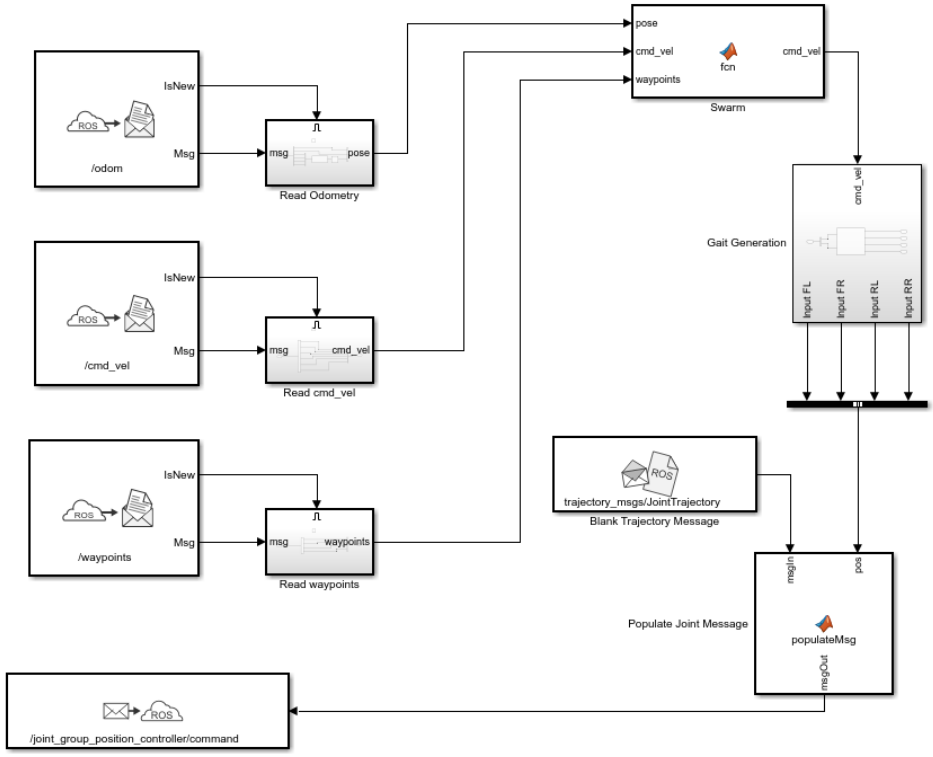


Рис. 5. Структурная схема системы управления шагающим роботом в MATLAB Simulink

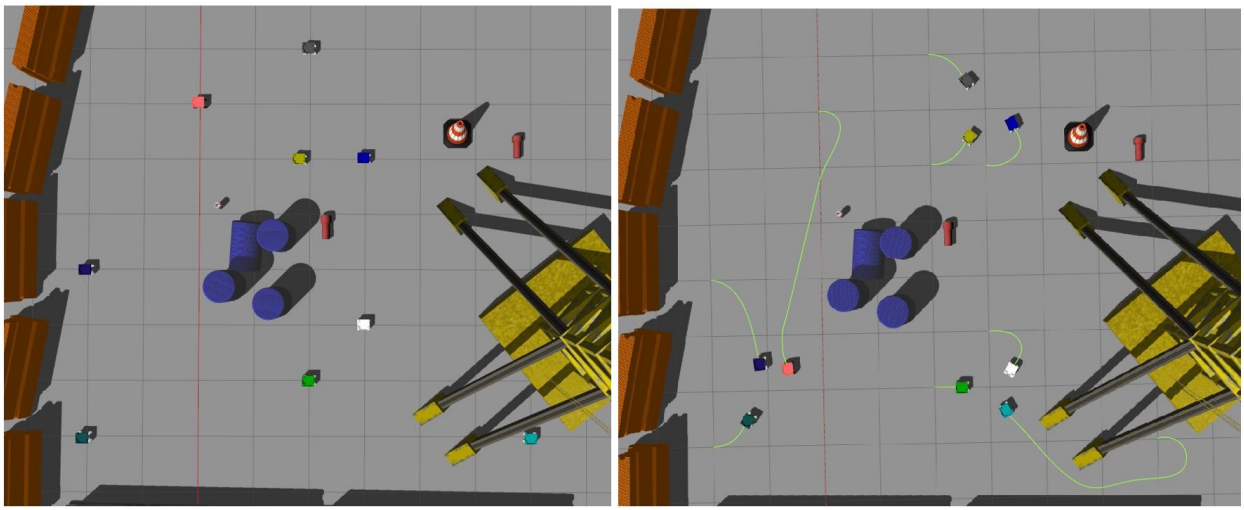

Рис. 6. Результаты эксперимента в симуляторе Gazebo (слева – до начала испытаний; справа – после завершения испытаний)

**Заключение**

В результате анализа методов и алгоритмов многоагентного управления была смоделирована система управления группой шагающих роботов. Решена задача транспортировки груза с использованием одометрической навигации, определяющей расположение каждого робота относительно глобальной системы координат. Реализовано равномерное распределения роботов на основе метода потенциалов. Система протестирована в среде MATLAB и интегрирована с ROS.

**Список литературы:**

1. Даринцев О. В. Система управления коллективом микророботов // Штучный интеллект. – 2006. – № 4. – С. 391–399.
2. Семовский С. В. Стохастическая модель стаи рыб – от индивидуального поведения к групповому // Математическое моделирование. – 1989. – Т. 1. – № 6. – С. 49–55
3. Назарова А. В., Рыжова Т. П. Методы и алгоритмы мультиагентного управления робототехнической системой // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. “Приборостроение”– 2012.– С. 94–105.

**List of literature:**

1. 1 Darintsev O. V. Management system of a team of micro robots // Piece intelligence. – 2006. – No. 4. – pp. 391-399.
2. 2 Semovsky S. V. Stochastic model of a flock of fish – from individual behavior to group // Mathematical modeling. – 1989. – Vol. 1. – No. 6. – pp. 49-55
3. Nazarova A.V., Ryzhova T. P. Methods and algorithms of multi-agent control of a robotic system // Bulletin of the Bauman Moscow State Technical University. Ser. “Instrument Engineering"– 2012.– pp. 94-105.

*© Абрамов Н.А., Сурин В.А., Маканси А., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №6/2022.*

**Для цитирования:** Абрамов Н.А., Сурин В.А., Маканси А. УПРАВЛЕНИЕ ФОРМАЦИЕЙ МОБИЛЬНЫХ ШАГАЮЩИХ РОБОТОВ// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №6/2022.