

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГРУППЫ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ДАЛЬНОСТИ СВЯЗИ

В настоящее время робототехника является одним из наиболее бурно развивающихся направлений в электромеханике и информационных технологиях. Актуальным направлением современной робототехники является групповая робототехника. Разработка всевозможных способов взаимодействия мобильных роботов является ее основной задачей. В основном, групповая робототехника занимается изучением поведения и способов управления большим числом мобильных роботов. Способы взаимодействия ограниченного числа мобильных роботов (менее 10) изучены недостаточно хорошо. Разработан новый метод взаимодействия роботов на основе алгоритма поиска пути в ширину, который позволяет уменьшить энергозатраты на совместное передвижение, а также увеличить скорость освоения новых территорий.

Ключевые слова: робототехника; групповая робототехника; методы взаимодействия роботов; методы освоения новых территорий.

Робот – автоматическое устройство, действующее по заранее заложенной программе и получающее информацию о внешнем мире от датчиков (аналогов органов чувств живых организмов) и самостоятельно осуществляющее производственные и иные операции, обычно выполняемые человеком (либо животными) [1].

SLAM – от англ. Simultaneous Location and Mapping – метод, используемый роботами и автономными транспортными средствами для построения карты в неизвестном пространстве или для обновления карты в заранее известном пространстве с одновременным контролем текущего местоположения и пройденного пути [2]. При помощи всевозможных технических приспособлений робот может составить карту окружающего пространства. Проблема возникает тогда, когда один робот автономно не может составить полноценную карту, в связи с величиной окружающего пространства.

Принципиально возможны три способа решения данной проблемы: увеличение ресурсов робота, нахождение способа регенерации ресурсов и увеличение количества роботов. Предлагаемый метод предназначен для ситуаций, когда увеличение заряда уже невозможно или требует слишком больших затрат времени, а возможность регенерации ресурсов отсутствует.

Поведением и взаимодействием двух и более роботов занимается групповая робототехника, представляющая собой совокупность методов и подходов к решению задачи координации систем роботов, состоящих из некоторого числа в основном простых автономных роботов. Предполагается, что желаемое

коллективное поведение возникает из взаимодействия роботов между собой и их взаимодействия с окружающей средой. Такой подход относится к искусственному роевому интеллекту – научному направлению, возникшему при проведении биологических исследований насекомых, в частности, муравьёв, пчёл, а также при исследовании в других областях природы, где имеет место роевое поведение [3].

В групповой робототехнике рассмотрено много вариантов взаимодействия большого количества роботов на основе роевого интеллекта. Основываясь на поведении различных социальных насекомых, были созданы алгоритмы, где относительно простые правила индивидуального поведения могут создавать сложное организованное поведение всего роя [4]. Ключевым моментом здесь является взаимодействие между членами группы, которое создаёт систему постоянной обратной связи. Поведение роя включает постоянную смену участников, взаимодействующих друг с другом, а также поведение всей группы в целом.

В отличие от систем роевого интеллекта, предлагаемый метод коммуникации роботов позволяет использовать практически любое количество роботов для выполнения поставленной задачи. Также предложенный метод позволяет объединить роботов, работающих по методу SLAM.

Предлагаемое решение проблемы основывается на алгоритме поиска в ширину, одного из методов неинформированного поиска. Поиск в ширину (breadth-first search, BFS) – это стратегия поиска решений в пространстве состояний, в которой вначале развёрты-

вається корневой узел, затем – все преемники корневого узла, после этого развёртываются преемники этих преемников и т. д. Прежде чем происходит развёртывание каких-либо узлов на следующем уровне, развёртываются все узлы на данной глубине в дереве поиска [5; 6].

В результате получается классическая многоагентная система, которая соответствует основным характеристикам: автономность, ограниченность представления и децентрализация [7].

– Автономность: агенты, хотя бы частично, независимы.

– Ограниченность представления: ни у одного из агентов нет представления о всей системе, или система слишком сложна, чтобы знание о ней имело практическое применение для агента.

– Децентрализация: нет агентов, управляющих всей системой [8].

Для реализации такой системы необходимо разра-

ботать алгоритм обхода территории, в котором наиболее удачно будут использоваться ресурсы каждого робота при их максимальном взаимодействии с учётом отсутствия постоянной связи друг с другом.

Для достижения этой цели необходимо осуществить деление предполагаемого пространства на сектора определённой величины. В результате будет получен своеобразный макет карты, которая в дальнейшем будет заполнена. Можно предположить, что, основываясь на методах SLAM, робот всегда знает своё местоположение, и, благодаря имеющимся техническим возможностям, способен полноценно и адекватно оценить местность вокруг себя. При этом, каждый робот обладает каналом связи, радиус дальности которого превосходит радиус видимой местности. Каждый робот имеет свой идентификационный номер для определения направления движения.

На рисунке 1 показано схематическое изображение робота на карте.

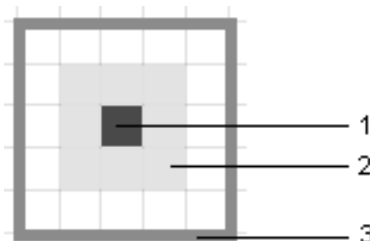


Рис. 1. Схема робота: 1 – робот; 2 – поле видимости робота; 3 – радиус действия канала связи

Сама карта может состоять из проходимых и непроходимых участков. Результатом работы метода является полноценная карта местности.

На следующем этапе карту необходимо поделить на приблизительно равные сектора обхода, количе-

ство которых определяется количеством роботов. Для примера, на рисунке 2 показано распределение четырёх роботов и их секторов карты.

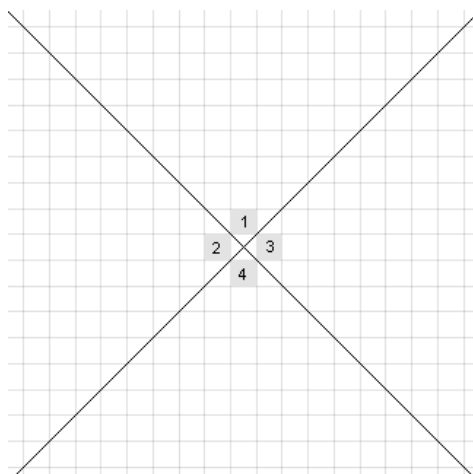


Рис. 2. Разделение карты на сектора обхода

Основываясь на алгоритме поиска в ширину для поиска пути в неинформированном графе, строится идеальный вариант прохождения для каждого робота. Идеальный вариант прохождения – это путь, при котором робот полностью изучает свой сектор и максимально его окрестности, совершив при этом минимальное количество передвижений. Исходя из ширины поля видимости робота, выстраивается линия, обходящая максимально известное пространство с учетом поля видимости робота.

Построение идеального варианта является одним из наиболее сложных этапов. С помощью алгоритма поиска в ширину, последовательно проходятся все участки карты. Важным аспектом является прохождение роботами граничных участков. Эти места служат местом коммуникации. Следует отметить, что лучший вариант идеального прохождения будет сформирован при условии участия всех роботов в его формировании.

На рисунке 3 изображён вариант идеальной линии прохождения для робота № 1.

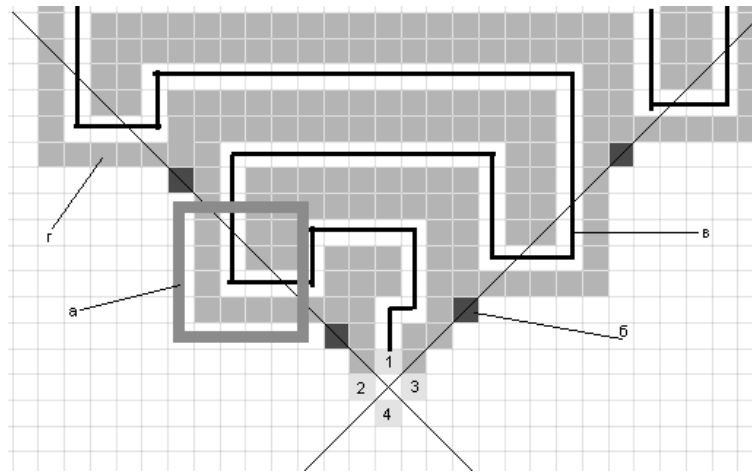


Рис. 3. Вариант идеального прохождения: **а** – зона взаимодействия роботов 1 и 2; **б** – критическая зона; **в** – линия идеального пути; **г** – разведанная территория

У полученного пути существуют критические поля. Критическими полями являются места на карте сектора робота, информацию о которых он должен получить от своих соседей. В рассматриваемом варианте, при таких же идеальных линиях прохождения роботов под номерами 2 и 3, робот номер 1 получит полную информацию о своём секторе.

Зоной взаимодействия роботов является такая зона на карте, где необходимо приводить в канал связи в активное состояние и ожидать передачи данных от соседнего робота. При попадании в такую зону, робот останавливается в самой дальней точке своего маршрута в ожидании соседнего робота. Кроме того, эта точка обязана быть в зоне досягаемости соседнего

робота. При отсутствии таковой, необходимо вернуться вдоль границы к такой точке. После взаимного обмена всей собранной информацией (полученной как от средств наблюдения за местностью, так и от других роботов) роботы продолжают движение в своих направлениях. После построения идеального варианта, роботы начинают движение по разработанному плану действий.

Следующая сложность возникает во время встречи препятствия на маршруте. Препятствием считается только то место на карте, которое находится на идеальном пути робота. На рисунке 4 изображён алгоритм работы каждого робота.

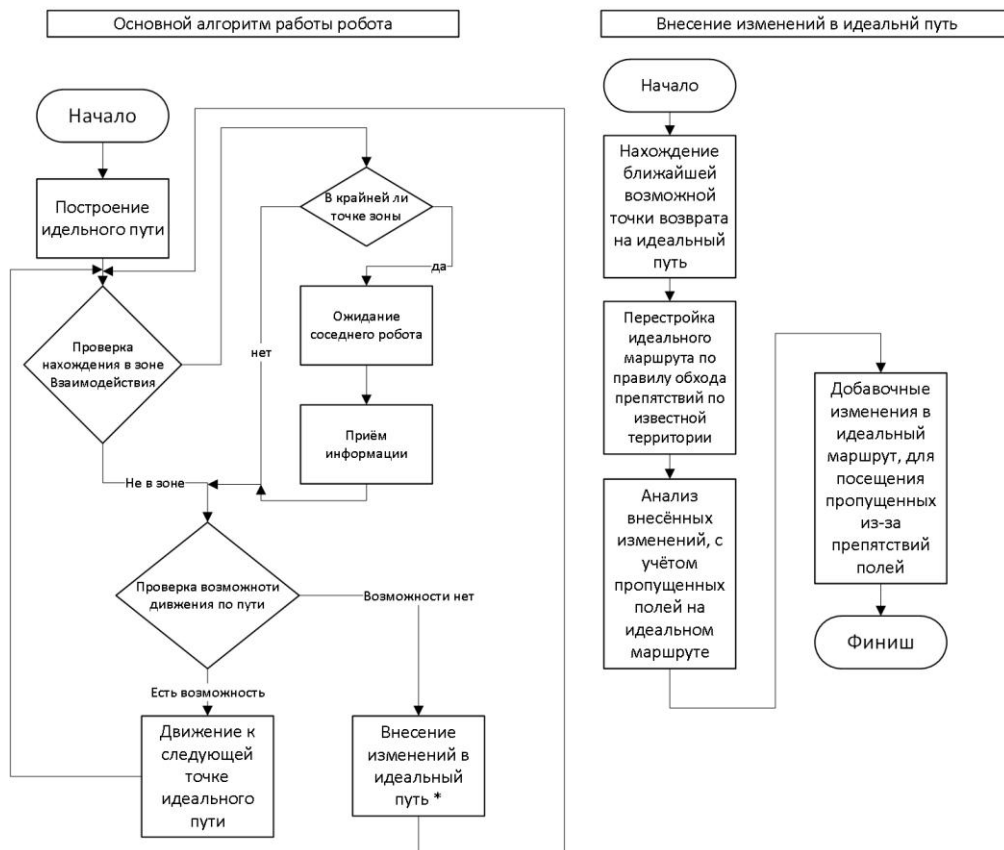


Рис. 4. Алгоритм построения реального маршрута

Для обхода препятствия надо изменить маршрут так, чтобы прийти обратно на идеальный маршрут кратчайшим путём, обойдя препятствие. Важно также построить маршрут таким образом, чтобы иметь возможность однозначного преодоления препятствия. Это связано с тем, что соседние роботы могут находиться в состоянии ожидания в «зоне взаимодействия роботов». Поэтому путь преодоления препятствий

строится через либо уже известный участок карты, либо через участок, который ближе к центру (стартовой точке).

После возврата на идеальный маршрут, необходимо провести переоценку идеального варианта прохождения. В изменённом варианте необходимо зайти в те области, которые могли выпасть в результате обхода препятствий.

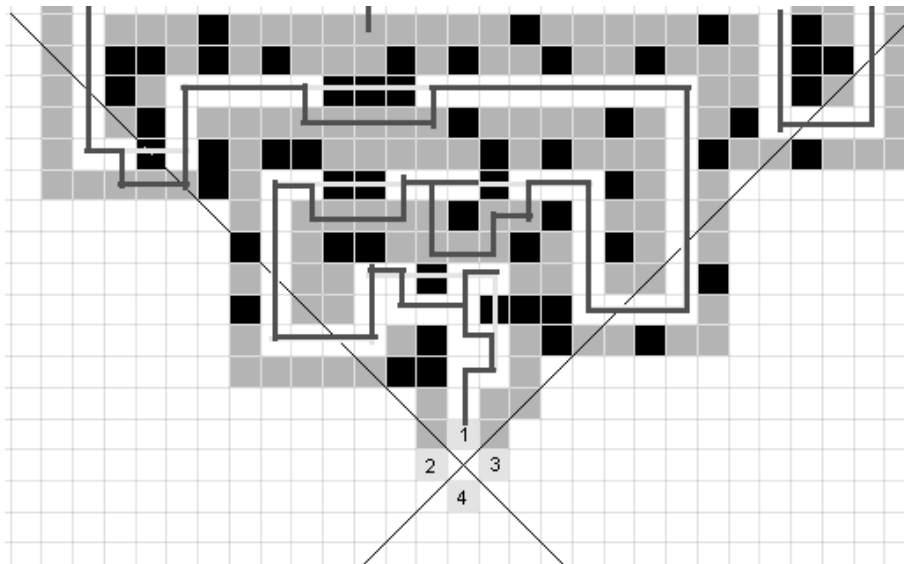


Рис. 5. Реальный маршрут робота.

На рисунке 5 изображён реальный маршрут прохождения роботом 1 своего сектора. На пути ему попадаются препятствия длиной 1, 2 и 3 клеточки. Для одной или двух клеток осуществление объезда не критично, так как идеальный путь покрывает необходимую зону для таких объездов. Для препятствий длиной более двух клеток следует совершать уже отдельное действие, по дополнительному изучению местности в зоне препятствия.

Приведённый метод коммуникации роботов позволяет более эффективно использовать ресурсы

питания роботов для изучения местности. Это достигается путём разграничения зон работы роботов. При параллельном движении (движении в зоне досягаемости связи) возникают ситуации, когда роботам приходится обходить препятствие, повторяя путь друга, что является лишней тратой ресурса. При использовании данного метода, вероятность таких ситуаций существенно уменьшается, что приводит к значительной экономии ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большая советская энциклопедия / Гл. ред. А. М. Прохоров. – Советская Энциклопедия, 1969–1978. – 18240 с.
2. SLAM [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://ru.wikipedia.org/wiki/SLAM_\(метод\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/SLAM_(метод)) SLAM (метод).
3. Групповая робототехника [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Групповая_робототехника.
4. Жан-Баптист Уолднер. Нанокomпьютеры и роевой интеллект / Жан-Баптист Уолднер. – 2007. – С. 242–248.
5. SLAM [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Неинформированный_метод_поиска Неинформированный метод поиска.
6. Рассел С. Искусственный интеллект: современный подход / Стюарт Рассел, Питер Норвиг. – 2006. – 1408 с.
7. Wooldridge M. An Introduction to Multi Agent Systems/ Michael Wooldridge. – John Wiley & Sons Ltd, 2002. – 366 с.
8. Liviu Panait. Cooperative Multi-Agent Learning: The State of the Art. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems / Liviu Panait, Sean Luke. – Google Publication, 2005. – С. 387–434

Стрельцов О. В., Сафтиук М. П.,

Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса, Україна

Дослідження методів взаємодії групи мобільних роботів в умовах обмеженої дальності зв'язку

Робототехніка в наш час є одним з напрямів, що найбільш бурхливо розвиваються в електромеханіці та інформатики. Одним напрямком у робототехніці є група робототехніка. Розробка всіляких засобів взаємодії мобільних роботів є основним завданням цієї науки. Здебільшого, група робототехніка займається

вивченням поведінки великого числа мобільних роботів, водночас, як звичайна робототехніка намагається поліпшити один конкретний екземпляр. Способи взаємодії не великого числа мобільних роботів (менше 10) вивчені слабо. Розроблено новий метод взаємодії роботів на основі алгоритму пошуку шляху в ширину, який дозволяє зменшити енерговитрати на пересування, а також збільшити швидкість освоєння нових територій.

Ключові слова: робототехніка; групова робототехніка; методи взаємодії роботів; методи освоєння нових територій.

Streltsov O. V., Saftyuk M. P.,

Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine

Research groups methods of interaction of mobile robots in reduced communication range

Robotic engineering today is one of the most rapidly developing areas in electromechanics and information technology. A separate line of robotic engineering is swarm robotics. The development of various ways of interaction of mobile robots is the main task of this science. For the most part, swarm robotics has been studying the behavior of a large number of mobile robots, while as usual robotic engineering is trying to improve one concrete instance. Ways of interaction of not a large number of mobile robots (less than 10) are explored not enough and needs additional addressing the issue. A new method of interaction between robots based on the search algorithm of the way in width, which helps to reduce the energy of movement, as well as increase the speed of development of new territories. In this article, we developed a method of the robots group communication in limited range of connection. Implementation area of this method is extensive, ranging from moving nanorobots algorithms to organizing movement of big robots in military operations. This method of robots communication allows more efficient use of the robots charge to explore the area.

Key words: *robotic engineering; swarm robotics; robots interaction techniques; methods development of new territories.*