

# АЛГОРИТМ ПОИСКА И ПЛАНИРОВАНИЯ ПУТИ ДЛЯ ЗАДАЧ ГРУППОВОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

*Воробьев В.В.*

*НИУ ВШЭ Московский Институт Электроники и Математики*

*e-mail: [gatus@rambler.ru](mailto:gatus@rambler.ru)*

## 1. ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний момент одним из основных направлений в области робототехники является групповая робототехника. В рамках групповой робототехники существует направление роевой робототехники – методы решения поставленной задачи коллективом, состоящим из большого числа простых физических роботов. Считается, что относительно простые правила индивидуального поведения могут создавать сложное организованное поведение всей группы[5]. Ключевым моментом является взаимодействие между членами группы, которое создаёт систему постоянной обратной связи.

Важное место в групповой и особенно роевой робототехнике занимают методы согласованного движения агентов. Например, в работе[1] реализован механизм прохождение через полосу препятствий группы роботов. Роботы могут объединяться друг с другом, для более эффективного решения данной задачи[4,6].

Другим примером согласованных действий групп роботов является такое направление в спортивной робототехнике, как робофутбол[2]. В рамках согласованного поведения в робофутболе, как и в любой коллективной командной игре, приходится решать задачу согласованного движения роботов для наиболее эффективного достижения цели.

На данный момент в робофутболе, существует два подхода к созданию коллективов, но задача согласованного движения в них решается одинаково:

- Виртуальная имитация. Существует программный агент, позволяющий имитировать согласование действий коллектива.
- Реальный коллектив. Агенты получают команды с единого управляющего центра (сервера).

Если в робофутболе задача согласованного движения роботов решается общей программой, управляющей всем коллективом, то в случае, если единый управляющий центр отсутствует, правила

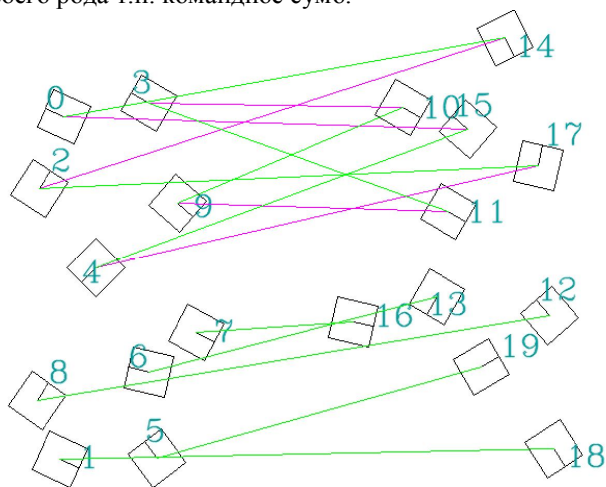
движения каждого члена коллектива определяются действиями его соседей[3].

Для более эффективного решения задачи согласованного движения необходимо выделить процедуру планирования, где каждый член коллектива определяет для себя некоторые первоначальные действия, обусловленные его ограниченными когнитивными способностями, а затем происходит корректировка этих действий относительно действий других членов коллектива.

## 2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассмотрим задачу:

Пусть существует две группы роботов – противоборствующие команды. Целью каждой команды является необходимость вытолкнуть членов противоположной команды за пределы некоторого ринга (рис. 1). Это, своего рода т.н. командное сумо.



**Рисунок 1. Расположение команд на ринге.**

Каждый член обеих команд располагает координатами всех роботов, в том числе и роботов-противников, и информацией о том, куда повернут каждый из них в данный момент. Роботы могут разворачиваться в любую сторону и двигаться по прямой. Направление движения роботов-противников не анализируется.

Таким образом, для согласования движения всех членов коллектива, необходимо решить две задачи:

- Выбор оптимальной цели. Критерием оптимальности является минимальное время, за которое робот может ее достичь.

- Поиск на траектории к цели возможных препятствий: роботы, которые находятся на траектории движения и роботы, которые в процессе движения могут создать препятствие.

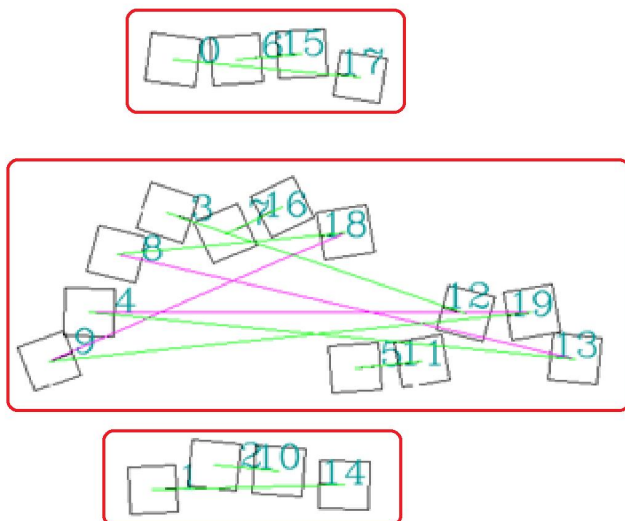
Очевидно, что стандартные алгоритмы поиска пути могут эффективно решать задачу выбора оптимального пути, сразу учитывая время на объезд препятствий к конечной цели.

На сегодняшний момент алгоритмов поиска пути достаточно много. Самыми распространенными из них являются:

- Алгоритм поиска A\*.
- Алгоритм Дейкстры.
- Волновой алгоритм.
- и др.

По своей сути данные методы основываются на поисках на графе кратчайшего расстояния от исходной точки до некоей необходимой точки, соответствующей концу пути.

С другой стороны данные алгоритмы не учитывают того, что препятствия также являются членами коллектива и могут менять свое положение с течением времени. Это приводит к тому, что на пути следования могут возникнуть непредвиденные препятствия, что увеличит время для достижения цели(рис.2).



**Рисунок 2. Ситуация, которая возникает при использовании стандартных алгоритмов поиска.**

Такое развитие событий можно избежать несколькими способами:

- Повторять выполнение одного из вышеупомянутых алгоритмов через некоторое время  $dt$ .
- Использовать процедуру согласованного планирования.

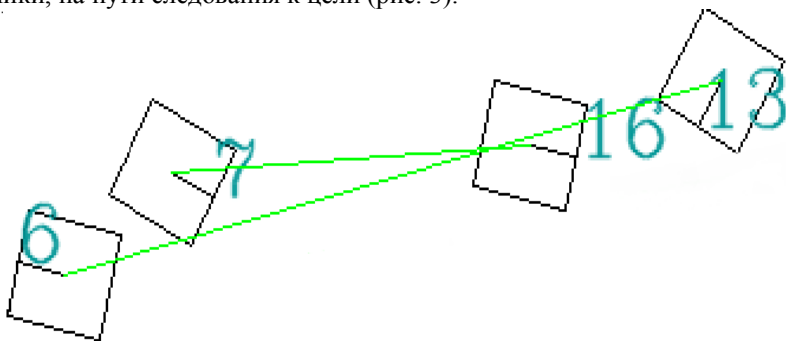
Так как когнитивные способности каждого члена коллектива ограничены, использование одного из алгоритмов поиска пути в процессе движения к цели будет не эффективно. Наиболее подходящим вариантом будет спланировать согласованные действия членов коллектива, а затем следовать этому плану.

### 3. ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА ПЛАНИРОВАНИЯ

На первом этапе выбора цели (конечной точки) учитывается время, необходимое для прохождения расстояния  $S_1$  до нее, время, необходимое для того, чтобы довернуть до нее и время, необходимое для прохождения расстояния  $S_2$  до края ринга. Это дает некоторое общее время  $t_1$ , за которое робот может вытолкнуть выбранную цель.

Такая процедура повторяется для каждого члена коллектива, и данные заносятся в таблицу, после чего для каждого робота находится минимальное время, которое соответствует выбранной цели.

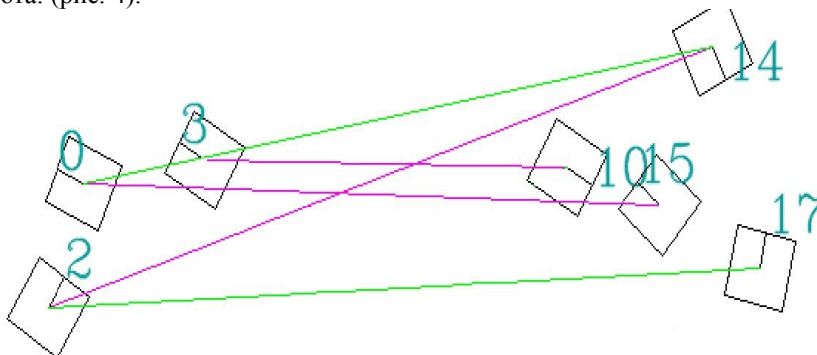
На втором этапе, анализируется выбранный маршрут. Сначала необходимо установить, имеются ли препятствия, то есть роботы-союзники, на пути следования к цели (рис. 3).



**Рисунок 3. Роботу под №6 мешает робот под №7.**

В случае их наличия, происходит проверка на то, будет ли это препятствие мешать роботу к тому моменту, как он достигнет его, и если это так, то учитывается время  $t_2$ , необходимое на объезд данного препятствия или ожидание момента, когда препятствие исчезнет.

Затем, анализируется возможность появления на маршруте выбранного робота неожиданных препятствий. Так как направление движения роботов-противников не учитывается, неожиданным препятствием могут быть только роботы-союзники, у которых либо пересекается траектория движения, либо она располагается в непосредственной близости от траектории движения выбранного робота. (рис. 4).



**Рисунок 4. Пересечение траекторий роботов №2 и №3.  
Параллельные траектории роботов №0 и №3.**

В первом случае, находится точка пересечения двух траекторий и время ее достижения каждым роботом. Если первый робот достигнет ее одновременно со вторым, уступает тот, у которого цель дальше. Время ожидания  $t_3$  другим роботом учитывается.

Если возникает такая ситуация, что  $t_1 + \sum t_2 + \sum t_3 > t_1'$ , то таким же образом анализируется маршрут  $t_1'$ , и в случае  $t_1 + \sum t_2 + \sum t_3 > t_1' + \sum t_2' + \sum t_3'$ , выбирается маршрут  $t_1'$ .

Таким образом, выбирается такая конечная точка, время достижения которой будет минимально.

Кроме того, часто возникают случаи, когда вся команда выбирает одну и ту же цель (рис. 3). Из-за этого вычисление  $\sum t_2$  и  $\sum t_3$  занимает достаточно большое время. Чтобы избежать данной ситуации, необходимо ограничить количество роботов, движущихся к одной и той же конечной точке. На рисунке 1 представлена ситуация, когда только один робот может следовать к одной конечной точке (роботу-противнику).

#### 4. ЭКСПЕРИМЕНТ

Экспериментально алгоритм проверялся на автономных агентах, представленных на рисунке 5.



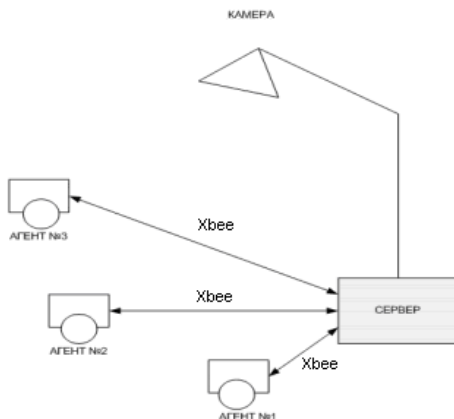
**Рисунок 5. Робот-агент.**

Робот оснащен микроконтроллером Atmega88. Полигон представляет собой поле, размерами 2x2м. Позиционирование осуществляется с помощью камеры, подвешенной над полигоном.

Принцип работы такой системы заключается в том, что над полигоном вывешивается камера, которая идентифицирует роботов по цветовым маркерам. Сервер обрабатывает изображение с камеры, которая передает обработанные данные по Xbee роботам-клиентам.(рис. 6) Конечное решение принимается персонально каждым агентом.

Идентифицирующие маркеры робота делятся на три типа:

- Первый тип красного цвета обозначает то, что в некоторой области вокруг него могут быть маркеры других типов. Кроме того, вместе с другими маркерами, он показывает куда направлены передние датчики робота. Этот тип маркера распознается первым.
- Второй тип маркеров может быть либо зеленым, либо синим, и кодирует команду, за которую выступает робот. Кроме того, он играет вспомогательную роль для определения местоположения робота.
- Маркеров третьего типа на роботе два, они также могут быть либо зелеными, либо синими и кодируют самого робота. Играют вспомогательную роль для определения местоположения робота и определения его угла поворота.



**Рисунок 6. Принцип передачи данных от камеры роботам.**

Эксперименты показали достаточную адекватность предложенной модели.

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный в работе метод реализации согласованного движения роботов, основанный на предварительном планировании показал достаточную адекватность и быстродействие, как на модели, так и в реальных экспериментах.

В дальнейшем планируется устранить некоторые незначительные недостатки, касаемые реализации метода, увеличить количество роботов-агентов.

Кроме этого, необходимо добавить в данный метод возможность оценки действий противника и механизм оценки адекватности выбранного коллективом плана в зависимости от действий противника. Это позволит более эффективно планировать совместные действия членов коллектива.

### Литература

1. SWARM-BOT: Pattern Formation in a Swarm of Self-Assembling Mobile Robots  
URL: <http://www.swarm-bots.org/dllink.php?id=159&type=documents>
2. Футбол роботов: Виртуальная лига  
URL: <http://www.keldysh.ru/pages/robosoccer/>
3. The Official Global Website of Nissan Motor Company  
URL: [http://www.nissan-global.com/EN/NEWS/2009/\\_STORY/091001-01-e.html](http://www.nissan-global.com/EN/NEWS/2009/_STORY/091001-01-e.html)

4. James F. Kennedy, James Kennedy, Russell C. Eberhart Swarm Intelligence – Waltham - Morgan Kaufmann – 2001г. – 512с.
5. Миллер, П. Роевой интеллект: Муравьи, пчелы и птицы способны многому нас научить.// National Geographic Россия. - 2007г. - № 8. - С. 88-107.
6. by Michael G. Hinchey, Roy Sterritt, Chris Rouff Swarms and Swarm Intelligence.// Software Technologies – 2007г. - №4 - С. 111-113.