

Робототехническая мультиагентная система для прохождения односвязных лабиринтов

12, декабрь 2015

Петренко Е. О.¹, Верамьев А. А.^{1,*}

УДК 62-529

¹Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

*prostoadres1991@mail.ru

Введение

Роботы активно используются для решения широкого круга задач, начиная с автоматизации производственных процессов и заканчивая автономным исследованием космического пространства.

Как правило, для решения большинства задач применяются одиночные роботы или же их группы, в которых отсутствует взаимодействие – каждый робот действует независимо от других. Такой подход позволяет решать отдельные несложные задачи из-за ограниченных ресурсов и возможностей одного робототехнического устройства, а также риска выхода его из строя, что снижает надежность робототехнической системы в целом. По аналогии с коллективной деятельностью человека для эффективного решения сложных задач в последнее время широко используют группы взаимодействующих роботов [1].

Обзор существующих решений

Существует два принципиальных подхода к созданию робототехнических систем для решения сложных задач, требующих высокой надежности:

- 1) использование одиночных роботов, представляющих собой достаточно сложные многофункциональные объекты;
- 2) использование групп роботов, каждый из которых является простым объектом.

В случае первого подхода, при увеличении сложности решаемой задачи и требований к надежности, производится расширение функционала робота и, соответственно, усложнение его отдельных функциональных компонентов, таких как вычислительные и информационно-управляющие устройства, сенсоры, актуаторы, источники питания. Однако задача все еще решается одним роботом, способным справиться со всем спектром подзадач. При этом сложность всей системы быстро возрастает из-за увеличения количества связей как внутри компонентов, так и между ними. При таком подходе надежность системы в целом обуславливается надежностью наименее отказоустойчивой составляющей. Так при

выходе из строя, например, источника питания автономного робота, последний не сможет продолжить выполнение поставленной задачи, несмотря на надежные сенсоры и актуаторы. Также при увеличении масштаба задачи – например, увеличении площади исследуемой территории – встает вопрос об ограниченности ресурсов отдельного робота.

Второй подход предполагает разделение подзадач не между функциональными компонентами одного робота, а между группой самостоятельных роботов. Каждый отдельный робот группы не способен решить задачу целиком и в одиночку, но это под силу всей системе в целом при совместной работе. При этом каждый робот остается относительно простым, что повышает надежность системы. Таким образом усложнение системы выражается в добавлении роботов с новым функционалом. Также надежность подобной системы можно легко повысить путем увеличения количества однотипных роботов. Таким образом, даже при выходе их строя одного или нескольких роботов, оставшиеся смогут продолжить решение поставленной подзадачи. Также при увеличении масштаба задачи достаточно увеличить количество роботов.

Этот подход использует стратегии группового (коллективного) управления и соответствующие им математические модели [1-3]. Пример популярной задачи, решаемой методами группового управления, является построение и исследование карты полностью или частично детерминированной местности (рис. 1)

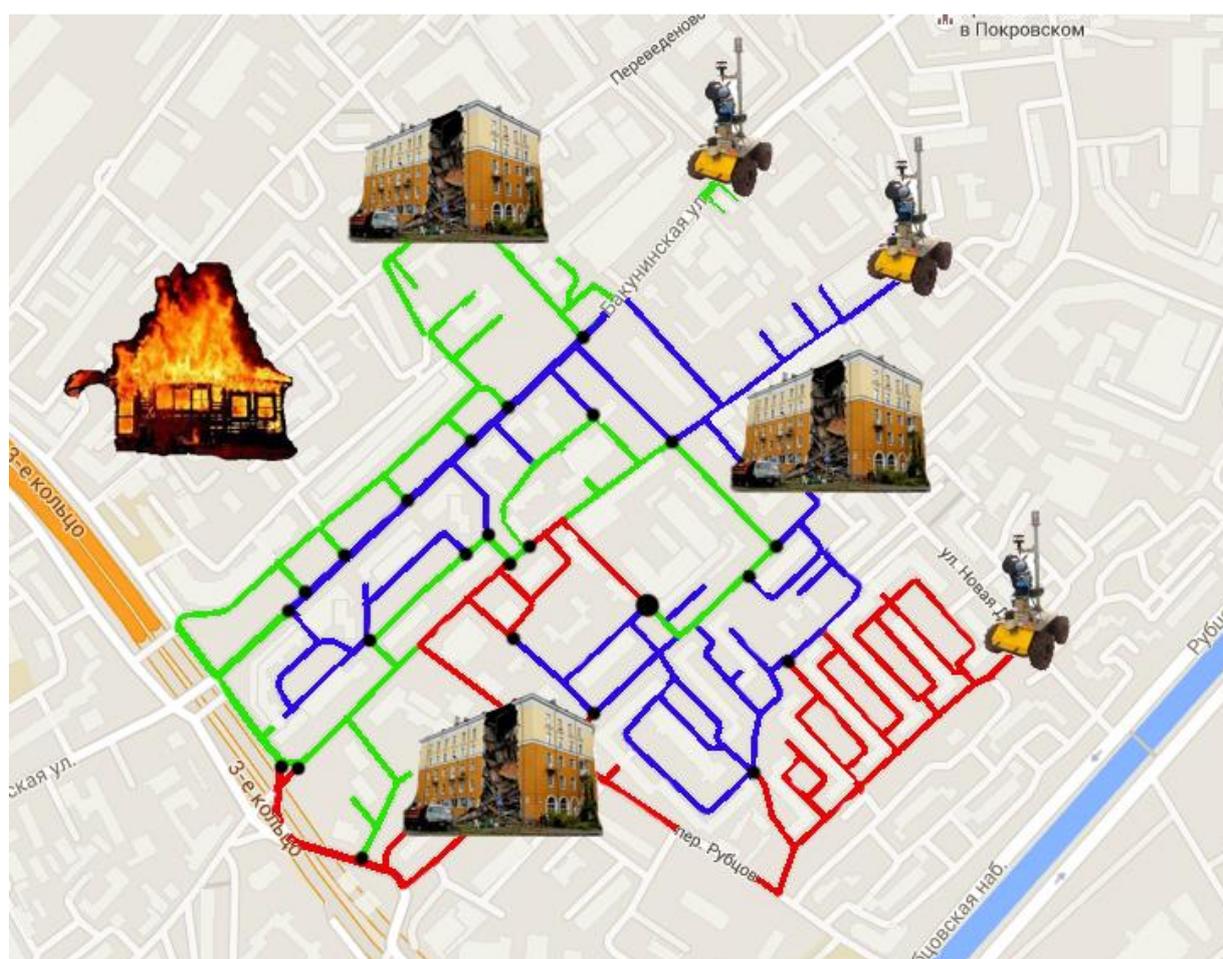


Рис. 1. Пример использования группы роботов

Наиболее актуальным и перспективным направлением в групповом управлении роботами является создание мультиагентных робототехнических систем (МРС), состоящих из активных интеллектуальных объектов, именуемых агентами [4]. Как правило, акцент в подобных разработках направлен на создание программных продуктов, решающих сложные распределенные задачи, где агенты реализованы в виде подпрограмм [5].

В то же время, активное развитие схмотехники, электроники, вычислительной техники, а также конструктивных элементов и узлов робототехнических устройств позволяет производить физическую реализацию агентов в виде автономных роботов [6]. Однако из-за повышения степени сложности построения подобных систем при переходе от программных агентов к автономным роботам создаваемые системы пока носят, как правило, исследовательский характер [7-8]. В подобных разработках применяются дорогостоящие и избыточно сложные робототехнические устройства, подобную систему трудно воспроизвести.

Поэтому создание простой экспериментальной МРС является актуальной задачей, так как позволит в дальнейшем производить исследования и апробировать методы и технологии более сложных мультиагентных систем.

Целью настоящей статьи является разработка и исследование экспериментальной МРС.

Структура МРС

МРС можно рассматривать как один из вариантов реализации мультиагентных систем (МАС), и, следовательно, каждый робот-агент должен обладать следующими свойствами [4]:

- активность, способность к организации и реализации действий;
- реактивность, способность воспринимать состояние среды;
- автономность и относительная независимость от окружающей среды;
- общительность, вытекающая из необходимости решать свои задачи совместно с другими агентами и обеспечиваемая развитыми протоколами коммуникации;
- целенаправленность, предполагающая наличие собственных источников мотивации.

В рамках данной статьи описывается вариант МРС, состоящей из унифицированных, не имеющих индивидуальности, агентов (рис. 2).

Каждый агент представляет собой совокупность аппаратно-программных компонентов.

Аппаратная часть производит измерение параметров внешней среды сенсорами, обеспечение возможности воздействия на внешнюю среду, обеспечение управления исполнительными устройствами, обеспечение возможности "общения" между агентами.

Программная часть производит анализ входных сигналов с сенсоров, построение модели внешнего мира, принятие решений, формирование управляющих сигналов и пакетов передачи данных.

Структура роботов-агентов разработана с учетом декомпозиции по функционалу и уровню обработки информации. Система управления агента МРС приведена на рис. 3.

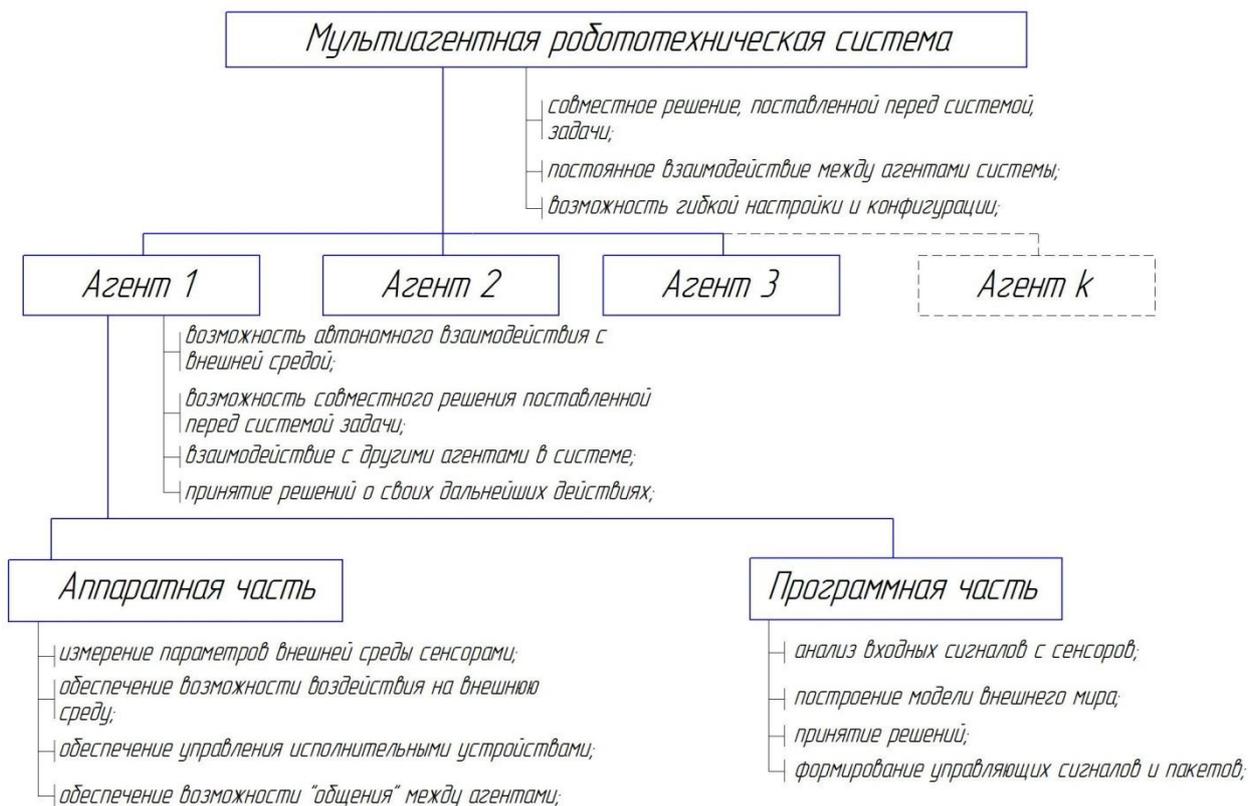


Рис. 2. Структурная схема MPC

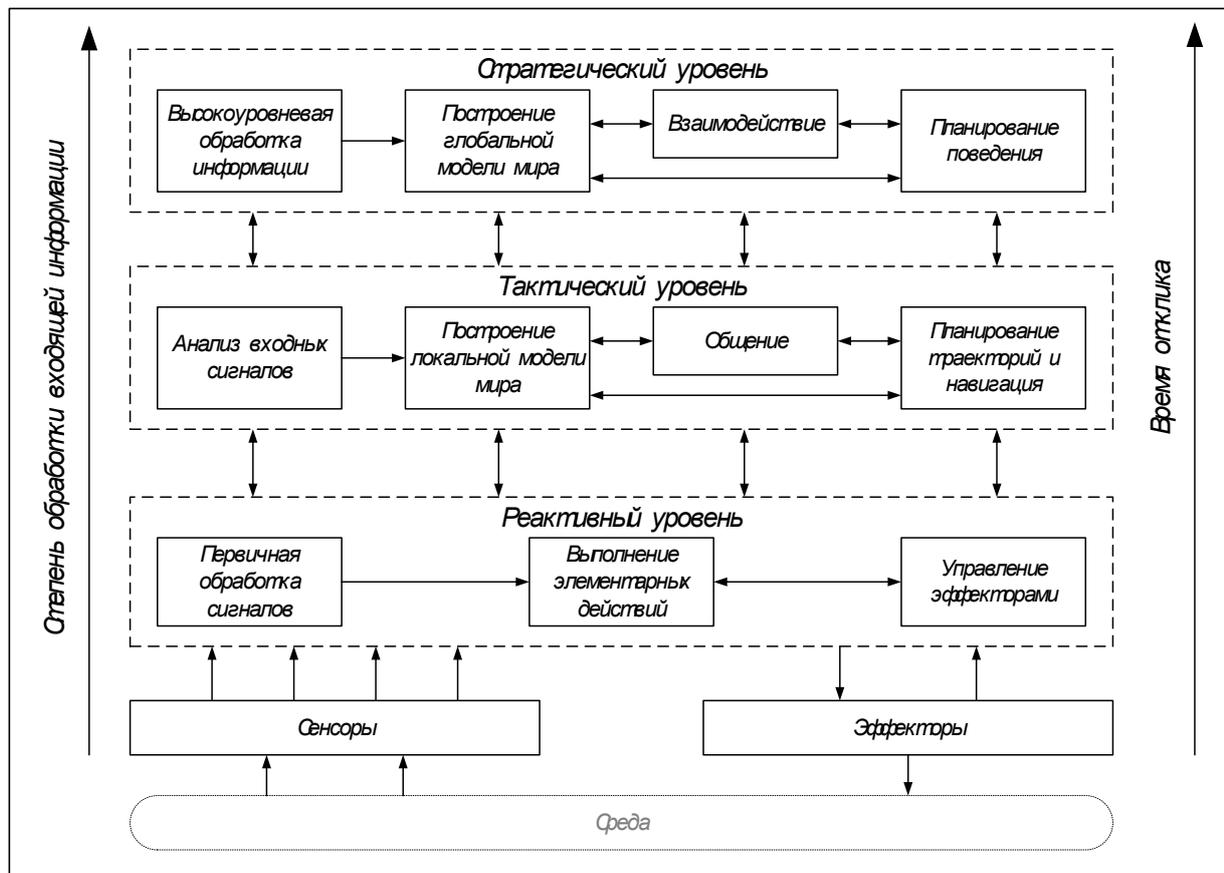


Рис. 3. Структурная схема системы управления агента MPC

Пример реализации MPC

Разработку MPC целесообразно проводить на примере простой задачи, например, прохождения односвязного лабиринта. Выбрав один из существующих алгоритмов решения подобной задачи и модифицировав его с учетом взаимодействия между роботами, можно провести сравнительные тесты и оценить эффективность группового подхода по сравнению с использованием одиночного робота.

Уточним задачу. Разрабатываемая MPC должна обеспечить прохождение односвязных лабиринтов, используя ресурсы нескольких своих роботов-агентов; в системе должен присутствовать обмен информацией между роботами-агентами, направленный на увеличение эффективности работы MPC (рис. 4).

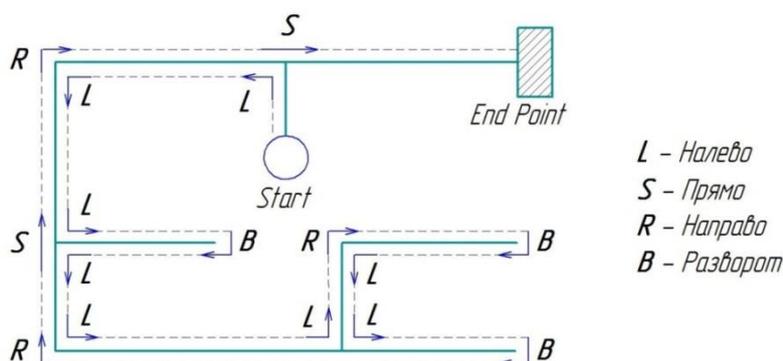


Рис. 4. Пример односвязного лабиринта

Односвязный лабиринт – лабиринт, который не содержит замкнутых маршрутов (нет отдельно стоящих стенок).

Физическая реализация агента MPC

Макет лабиринта приведенной выше конфигурации реализован на банерной ткани белого цвета, линии черного цвета и имеют толщину 20 мм., все пересечения линий выполнены под углом 90° . Предполагается, что реализованные роботы смогут двигаться по изготовленному полигону. Каждый поворот и перекресток являются узловыми точками маршрута, в которых происходит общение роботов-агентов и принятие ими решения о пути дальнейшего передвижения.

Роботы-агенты физически реализованы на основе трехколесной мобильной платформы с микроконтроллерной платой управления Arduino.

Структурная схема робота-агента и системы в целом представлена на рис. 5.

Аппаратная часть робота-агента состоит из следующих модулей:

- Составной датчик линии

Данный модуль осуществляет преобразование параметров внешней среды в электрические сигналы;

- Микроконтроллерная плата

Данный модуль осуществляет обеспечение агента вычислительными ресурсами и интерфейсами взаимодействия с устройствами, непосредственный прием и преобразование

входных сигналов с датчиков, и формирование выходных сигналов для управления модулями агента.

- Драйвер двигателей

Данный модуль осуществляет непосредственное управление исполнительными устройствами по сигналу с контроллера.

- Мотор-редуктор

Данный модуль осуществляет непосредственное воздействие на внешнюю среду.

- Модуль беспроводной передачи и приема информации

Данный модуль осуществляет непосредственную передачу и прием пакетов данных к и от других агентов.

- Источник питания

Данный модуль осуществляет обеспечение агента автономным питанием.

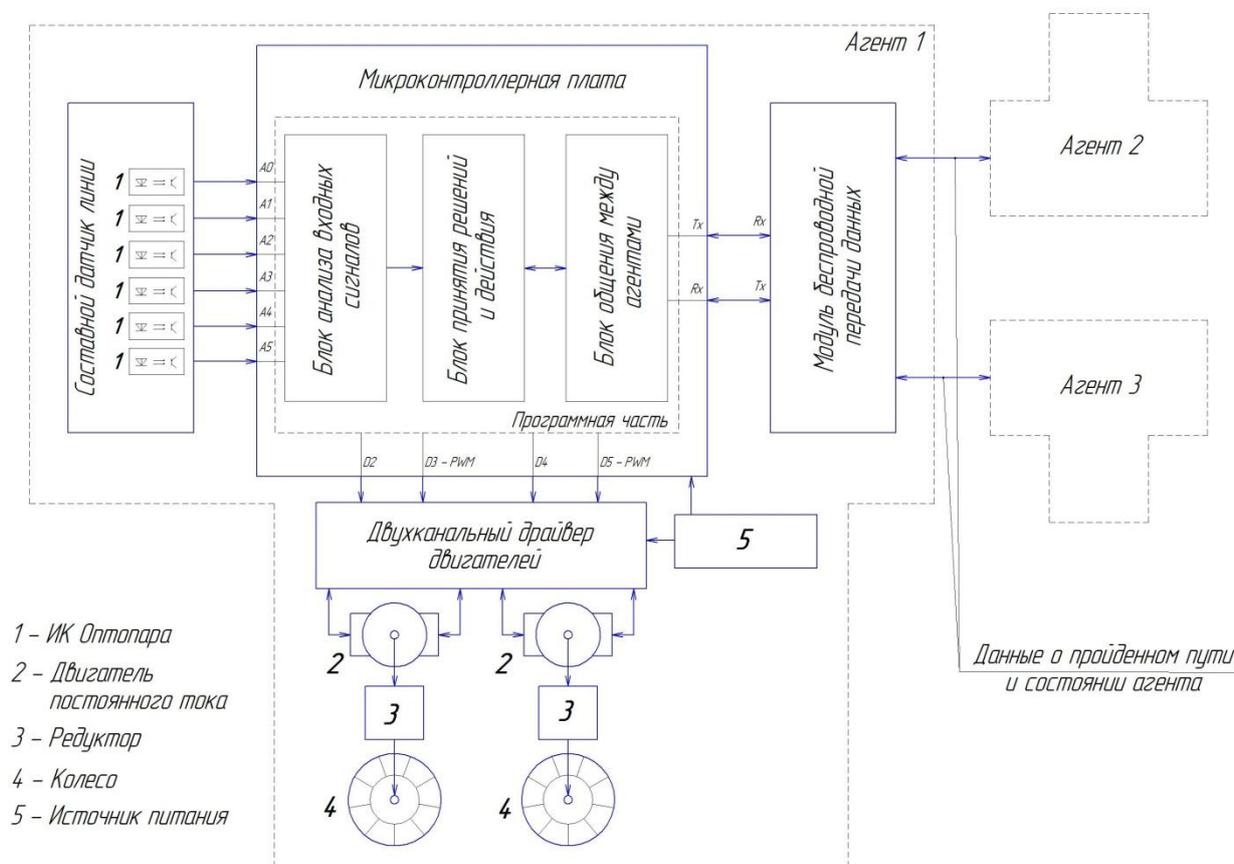


Рис. 5. Структурная схема робота-агента

Программная часть состоит из следующих модулей:

- Блок анализа входных сигналов

Данный блок осуществляет преобразование входных сигналов в информацию о внешней среде.

- Блок принятия решений и действия

Данный блок осуществляет выработку решений о действии на основе анализа информации о внешней среде, управление исполнительными устройствами и формирование па-

Роботы стартуют поочередно с зоны Start и должны добраться до зоны End Point за наименьшее количество преодоленных узловых точек.

Путь, пройденный каждым роботом при отсутствии взаимодействия с другими роботами-агентами, составляет LLLBLLLRBLLBRSR. После того, как достигнута конечная точка пути, производится оптимизация маршрута путем удаления тупиковых ответвлений (например, участок LBL можно заменить на B, рис. 6, а). После оптимизации будет построен оптимальный путь R. Отметим, что в этом случае роботы-агенты прошли большое количество узловых точек впустую, жестко следуя алгоритму левой руки.

Второй тест проводится при взаимодействии роботов-агентов (рис. 6, б.)

Первый робот, следуя алгоритму левой руки, повернет на первом перекрестке налево и разошлет остальным роботам информацию о совершенном действии. Дальше он продолжит движение к следующей узловой точке.

Второй робот, дойдя до первого перекрестка и проанализировав информацию о том, что другой агент уже совершил поворот налево в данной точке лабиринта, примет решение исследовать другое направление и повернет направо. Следующим шагом второй робот достигнет конечной точки лабиринта.

При наличии взаимодействия:

- путь, пройденный роботом 1 – LLL;
- путь, пройденный роботом 2 – R.

Отсюда видно, что использование взаимодействия между роботами-агентами в составе экспериментальной MPC, позволяет повысить скорость нахождения пути и снизить количество пройденных узловых точек.

В соответствии с макетом лабиринта в нем можно выделить 4 возможных точки старта (рис. 4).

Для каждой из них проводится по 2 эксперимента:

- прохождение лабиринта без взаимодействия;
- прохождение лабиринта при взаимодействии.

Результаты в виде времени прохождения заносятся в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты экспериментов

№ старта	Время, необходимое 1 роботу, с	Время, необходимое системе из 2-х роботов, с	Разница во времени, с	Выигрыш во времени, %
I	120	19	101	84
II	94	35	59	63
III	60	48	12	20
IV	43	43	0	0

Для наглядности полученные результаты отображены на диаграмме (рис. 7).

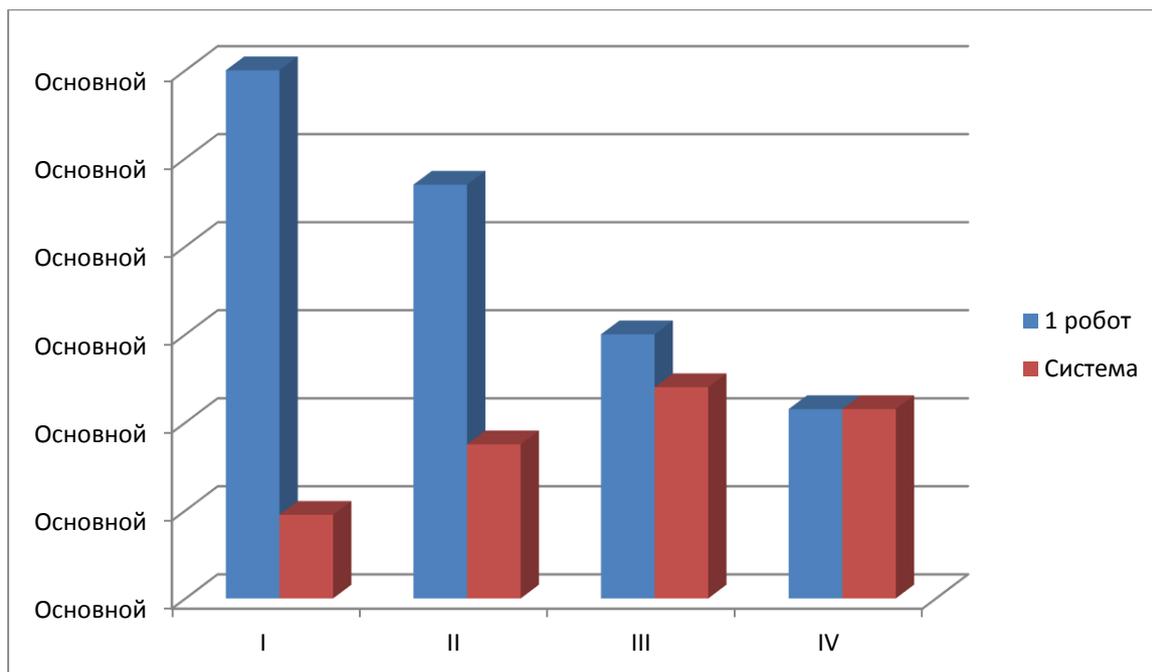


Рис. 7. Результаты экспериментов

Как видно из представленной выше диаграммы, в 3 из 4 случаев для рассматриваемого лабиринта задача поиска финиша решалась быстрее при наличии взаимодействия между роботами-агентами.

Заключение

В результате проделанной работы была создана экспериментальная МРС и проведены эксперименты на макете лабиринта, показавшие эффективность применения группового управления по сравнению с использованием одиночного робота-агента.

Разработанная МРС проста в реализации по сравнению с существующими аналогами [7-8], что позволяет использовать в качестве стенда для отладки и экспериментального исследования эффективности алгоритмов группового управления при решении более сложных прикладных задач.

Список литературы

- [1]. Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2009. 280 с.
- [2]. Костров Б.В., Ручкин В.Н., Фулин В.А. Искусственный интеллект и робототехника. М.: Диалог-Мифи. 2008. 224 с.
- [3]. Варшавский В.И. Коллективное поведение автоматов. Монография. М.: Наука. 1973. 408 с.
- [4]. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: Философия, психология, информатика. М.: Эдиториал УРСС. 2002. 352 с.

- [5]. Тарасов В.Б. Агенты, многоагентные системы, виртуальные сообщества: стратегическое направление в информатике и искусственном интеллекте // Новости искусственного интеллекта. 1998. № 2. С. 50-96.
- [6]. Воротников С.А. Информационные устройства робототехнических систем. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2005. 384 с.
- [7]. Woern H., Szymanski M., Seyfried J. The I-SWARM project // The 15th IEEE International Symposium on "Robot and Human Interactive Communication" (ROMAN, 2006). p. 492-496. DOI: 10.1109/ROMAN.2006.314376
- [8]. Konolige K., Ortiz C., Vincent R., Agno A., Eriksen M., Limketkai B., Lewis M., Briesemeister L., Ruspini E. CENTIBOTS Large Scale Robot Teams. / Artificial Intelligence Center. Centibots. 12 p. Режим доступа: <http://www.ai.sri.com/centibots/papers/MR-workshop-2003.pdf> (дата обращения: 25.06.2015)
- [9]. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino (+CD): пер. с англ. Букирев В. СПб.: БХВ-Петербург. 2012. 256 с. [Uli Sommer. Arduino Mikrocontroller-Programmierung mit Arduino/Freeduino. Franzis Verlag GmbH, 2012. 264 p.]
- [10]. Предко М. 123 эксперимента по робототехнике. М.: ИТ Пресс. 2007. 544 с.
- [11]. Барсуков А.П. Кто есть кто в робототехнике. М.: ДМК-Пресс. 2010. Вып. 2. 128 с.
- [12]. Robert Faludi. Building Wireless Sensor Networks: with ZigBee, XBee, Arduino, and Processing. Sebastopol: O'Reilly Media. 2010. 321 p.