

Раздел I. Робототехника

УДК 28.23.27, 55.30.31

И.М. Макаров, В.М. Лохин, С.В. Манько, М.П. Романов, Р.И. Александрова

СМЕШАННЫЕ СТРАТЕГИИ ГРУППОВОГО УПРАВЛЕНИЯ В МНОГОАГЕНТНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Обсуждаются классификация стратегий и систем группового управления автономными роботами, рассматриваются принципы построения многоагентных робототехнических систем. Отмечается, что один из ключевых вопросов их разработки связан с организацией каналов беспроводной сетевой связи для обеспечения возможностей обмена данными между автономными агентами.

Показано, что выполнение реальных прикладных задач объединенными усилиями группы интеллектуальных автономных роботов, требует привлечения различных стратегий группового управления.

Приводятся результаты моделирования многоагентной робототехнической системы на основе смешанных стратегий группового управления.

Стратегии группового управления; многоагентные робототехнические системы.

I.M. Makarov, V.M. Lokhin, S.V. Man'ko, M.P. Romanov, R.I. Aleksandrova

THE MIXED STRATEGY OF GROUP CONTROL IN MULTI-ROBOTICS SYSTEMS

In article classification of strategy and systems of autonomous robots group control are discussed, construction principles of multi-robotics systems are considered. It is noticed that one of key questions of their working out is connected with the organization of wireless network communication channels for maintenance of possibilities of data exchange between autonomous agents.

It is shown that performance of real applied problems by combined efforts of group of intelligent autonomous robots, demands attraction of various strategies of group control.

Results of multi-robotics system modeling on the basis of the mixed strategy of group control are discussed.

Strategy of group control; multi-robotics systems.

Потенциальные преимущества и возможности применения мультиагентных робототехнических систем (МАРС) открывают широкие перспективы для развития множества различных прикладных областей. Исследованию проблем разработки таких систем, в которых выполнение требуемых задач обеспечивается силами группы интеллектуальных автономных роботов, взаимодействующих друг с другом, во всем мире уделяется самое пристальное внимание.

Специфика организации совместной работы роботов в составе мультиагентной системы неизбежно будет предъявлять расширенные требования к их интеллектуальным, функциональным и коммуникативным возможностям. Формирование этих требований, а также разработка соответствующих моделей и алгоритмов группового управления, планирования поведения и распределения заданий, обработки и обобщения разнородной сенсорной и командной информации представляет крайний интерес для создания перспективных образцов как интеллектуальных автономных роботов, так и мультиагентных систем, организуемых на их основе.

Анализ вариантов целесообразной организации коллективного поведения в живой природе и человеческом сообществе свидетельствует о существовании принципиально различных стратегий группового управления, принятая классификация которых [1] представлена на рис. 1.

Так, стратегии централизованного управления предполагают сосредоточение всей совокупности командно-контролирующих функций в ведении некоторого единого органа, обеспечивающего планирование и координацию целесообразных действий членов группировки при решении общих прикладных задач. Соответствующая структура системы централизованного управления должна предусматривать наличие каналов двусторонней связи между командно-контролирующим органом и каждым из членов группировки.

Главный недостаток этой схемы заключается в ее потенциальной уязвимости, поскольку выход из строя командного узла неизбежно приводит к нарушению работоспособности системы в целом.

К числу основных достоинств систем централизованного управления необходимо отнести существенное сокращение функциональной нагрузки на рядовых членов группировки, когда множество важнейших и сложнейших по своей сути вопросов, включая анализ поставленной прикладной задачи, сбор, комплексирование и интерпретацию данных об особенностях текущей ситуации, рабочей обстановки и состоянии внешней среды, а также планирование целесообразных действий и контроль за их реализацией конкретными исполнителями, заведомо относятся к компетенции командно-контролирующего органа.

В свою очередь стратегии децентрализованного управления предполагают, что планирование коллективных действий в группе производится каждым из ее членов самостоятельно исходя из условий достижения общих целей.

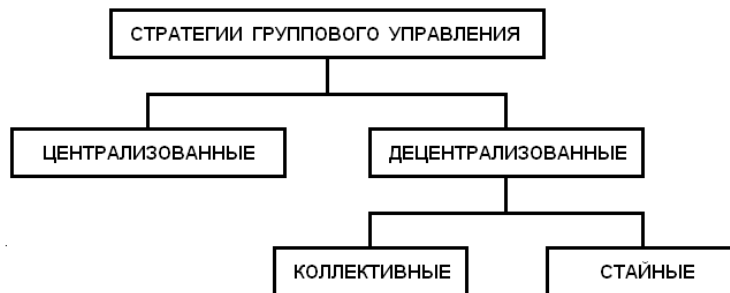


Рис. 1. Классификация стратегий группового управления

Кроме того, в зависимости от возможности согласования индивидуально принимаемых решений, стратегии децентрализованного управления делятся на коллективные (с непосредственным обменом информацией между всеми членами группировки) и стайные (с опосредованной связью на основе анализа изменений среды и обстановки при отсутствии взаимной передачи данных).

Таким образом, структура децентрализованной системы коллективного управления должна предусматривать наличие каналов двусторонней связи между всеми членами группировки для координации выполняемых ими действий и обмена информацией о текущем состоянии внешней среды.

Главное достоинство подобного варианта построения системы заключается в сохранении ее работоспособности при выходе из строя одного или нескольких элементов.

Основной недостаток децентрализованных систем управления связан со значительным объемом функций, возлагаемых на каждого члена группировки, во многом дублирующих друг друга при решении задач оценки общей обстановки и планирования необходимых действий для достижения общих целей.

Следует отметить, что стайные стратегии группового управления занимают особое место среди прочих. При стайном управлении обеспечение групповых взаимодействий по существу ограничивается описанием постановки общей прикладной задачи и ее последующим доведением до сведения отдельных исполнителей, которые должны обладать достаточным уровнем интеллектуальных и функциональных возможностей для принятия и реализации решений о форме и доле своего участия в достижении поставленной цели. В сфере технических приложений проблематика стайного управления фактически сводится к вопросам формирования целесообразного поведения задачно-ориентированных интеллектуальных агентов, автономно функционирующих в условиях неопределенности. Соответствующие аспекты относятся к самостоятельной области научных знаний, связанной с исследованием принципов построения интеллектуальных систем автоматического управления [2].

В общем случае системы группового управления могут строиться не только в соответствии централизованной и децентрализованной, но и комбинированной структурой, формируемой по иерархическому принципу.

Применение такого рода систем охватывает задачи управления группировками большой численности, все участники которых считаются априорно разделенными на ряд мелких формирований. При этом для управления как самими формированиями, так и отдельными исполнителями в их составе могут использоваться различные стратегии (и соответственно организационные структуры) группового управления.

Целесообразность использования той или иной стратегии управления в каждом конкретном случае определяется условиями решения и особенностями прикладной задачи, стоящей перед группой исполнителей, необходимой и возможной степенью контроля за их действиями, а также за изменением обстановки и текущего состояния внешней среды.

В то же время, совершенно очевидно, что вопросы выбора стратегии и структуры системы группового управления не только однозначно взаимосвязаны друг с другом, но и предполагают необходимость обеспечения надежных каналов сетевой связи.

Данные выводы в полной мере сохраняют свою справедливость по отношению к проблематике разработки МАРС с точностью до ряда дополнений, детализирующих предметную область.

Так, в частности, специфика задач группового управления автономными роботами в составе многоагентных систем характеризуется следующими основными факторами:

- ◆ обмен информацией между членами группировки в подавляющем большинстве случаев должен осуществляться по беспроводным каналам связи (за исключением МАРС промышленного назначения, допускающими применение проводной связи в соответствии с требованиями к своему построению и эксплуатации);
- ◆ исходная численность и состав группировки может достигать сотен единиц автономных роботов различных типов и назначения;

- ◆ численность группировки может изменяться в процессе ее функционирования (например, в связи с выходом из строя части роботов, что более, чем вероятно для сферы военных приложений);
- ◆ вариации параметров пространственного состояния членов группировки могут изменяться в широком диапазоне расстояний и скоростей.

Перечисленные особенности во многом определяют основные требования, предъявляемые к сетям беспроводной связи для построения МАРС.

Анализ современных технологий беспроводной сетевой связи убедительно свидетельствует о возможности организации надежных каналов передачи данных на достаточно большие расстояния для обеспечения информационного взаимодействия автономных роботов, функционирующих в составе многоагентных систем. Решение этой проблемы связано с необходимостью интеграции преимуществ ряда различных стандартов и технологий беспроводной связи, с учетом разработки специализированных протоколов передачи данных, реализации принципов ретрансляции сообщений абонетскими узлами (по аналогии с так называемыми mesh-сетями [3]) и т.д.

Результаты фундаментальных и прикладных исследований, накопленные к настоящему времени в области создания многоагентных робототехнических систем, связаны главным образом с разработкой моделей и алгоритмов, демонстрирующих особенности применения различных стратегий группового управления. Однако следует отметить, что приводимые в литературе примеры в своем подавляющем большинстве представляют скорее академический, нежели чем практический интерес.

Попытки рассмотрения перспектив использования МАРС для решения сложных прикладных задач приводят к необходимости привлечения смешанных стратегий группового управления.

В качестве наглядной иллюстрации может быть приведена такая постановка, которая предполагает выявление и последующее подавление априорно неизвестных наземных целей с помощью МАРС, построенной на базе беспилотных микророботических аппаратов (МЛА).

Решение задачи разбивается на ряд этапов, последовательное выполнение которых обеспечивается переключением режимов функционирования МАРС с одной стратегии группового управления на другую:

- ◆ формирования строя МЛА, воспринимаемого наземными средствами наблюдения в качестве единого объекта, представляющего потенциальную угрозу (рис. 2,а,б);
- ◆ пространственного перемещения строя МЛА в процессе поиска наземных целей при движении по заданному сценарию с учетом облета обнаруженных препятствий (рис. 2,в,г);
- ◆ обнаружению наземных целей по результатам анализа источников радиолокационного излучения (рис. 2,д);
- ◆ разбиением строя МЛА на ударные подгруппы и поражения выявленных целей (рис. 2,е).

Результаты комплексного компьютерного моделирования подтверждают эффективность развиваемого подхода к построению МАРС.

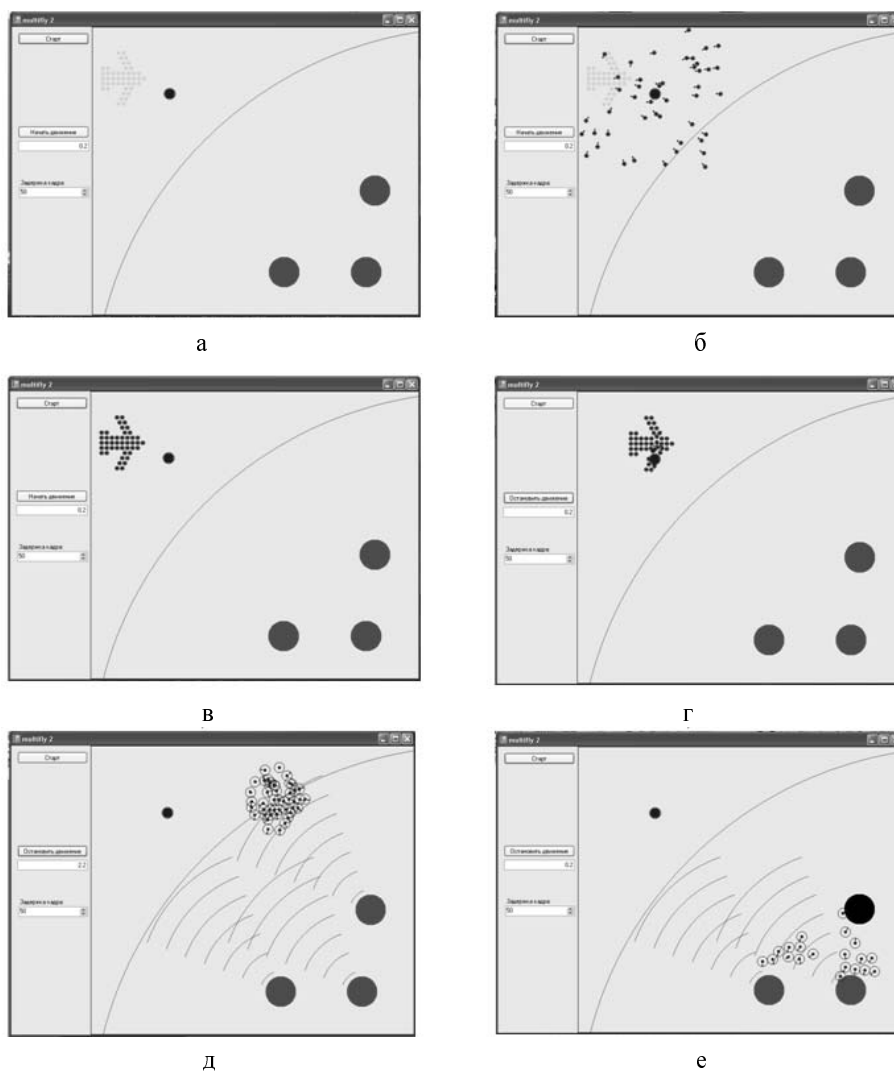


Рис. 2. Компьютерное моделирование разведывательно-ударной МАРС на базе МПА

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов. – М.:Физматлит, 2009. – 280 с.
2. Интеллектуальные системы автоматического управления / Под ред. И.М. Макарова, В.М. Лохина. – М.: Физматлит, 2001. – 576 с.
3. Осипов И.Е. Mesh-сети: технологии, приложения, оборудование // Технологии и средства связи. – 2006. – № 4. – С. 38-45

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор О.С. Колосов.

Макаров Игорь Михайлович – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики» (МГТУ МИРЭА); e-mail: crd@mirea.ru; 119454, г. Москва, пр-кт Вернадского, 78; тел.: 84954349232; кафедра проблем управления; д.т.н.; профессор; академик РАН.

Лохин Валерий Михайлович – д.т.н.; профессор.

Манько Сергей Викторович – д.т.н.; профессор.

Романов Михаил Петрович – д.т.н.; профессор.

Александрова Римма Ивановна – ведущий электроник.

Makarov Igor Mikhajlovich – Moscow State Technical University of Radioengineering, Electronics and Automation (MSTU MIREA); e-mail: cpd@mirea.ru; 78, Vernadskiy av., Moscow, 119454, Russia; phone: +74954349232; the department of control problems; dr. of eng. sc.; professor; academician of the Russian Academy of Sciences.

Lokhin Valerij Mikhajlovich – dr. of eng. sc.; professor.

Man'ko Sergej Victorovich – dr. of eng. sc.; professor.

Romanov Mikhail Petrovich – dr. of eng. sc.; professor.

Aleksandrova Rimma Ivanovna – leading electronickname.

УДК 004.896:621.86

Р.В. Кучерский, С.В. Манько

АЛГОРИТМЫ ЛОКАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ И КАРТОГРАФИИ ДЛЯ БОРТОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Обосновываются принципы построения системы локальной навигации и картографии, проводится сравнительный анализ производительности и точностных характеристик систем, построенных на основе расширенного фильтра Калмана и алгоритмов FastSLAM.

Приводятся результаты моделирования процесса построения карты полостей строительных конструкций автономным мобильным роботом с системой локальной навигации и картографии на основе расширенного фильтра Калмана.

Обосновывается выбор метода FastSLAM для более углубленных исследований, проведения натурных экспериментов и анализа возможности построения на его основе многоагентной робототехнической системы кооперативного картографирования местности.

Система локальной навигации; SLAM (Simultaneous Localization And Mapping); расширенный фильтр Калмана (extended Kalman filter, EKF); FastSLAM.

R.V. Kuchersky, S.V. Man'ko

LOCAL NAVIGATION AND MAPPING ALGORITHMS FOR THE ONBOARD CONTROL SYSTEM OF AUTONOMOUS MOBILE ROBOT

The principles of local navigation and mapping system construction are justified in this article, a comparative performance and accuracy characteristics of systems based on an extended Kalman filter and FastSLAM algorithms analysis is held.

Here are presented results of modeling the cavities building structures mapping process by autonomous mobile robot equipped with extended Kalman filter based local navigation and cartography system.

The selection of FastSLAM method for deeper research, field experiments conduction and analysis of possibility to create a multi-agent robotic co-operative areamapping system based on the method explained.

Local navigation system; SLAM (Simultaneous Localization And Mapping); extended Kalman filter (EKF); FastSLAM.