

Сигов А.С., Нечаев В.В., Баранюк В.В., Смирнова О.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский технологический университет» (МИРЭА), г. Москва, Россия

ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕГО ПОЛЯ СМЕШАННЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ ГРУППИРОВОК*

АННОТАЦИЯ

В докладе представлены основные подходы к формированию единого информационно-управляющего поля – среды, в которой осуществляется дистанционный обмен информацией и автоматическое (автоматизированное) решение задач управления в смешанных робототехнических группировках.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Смешанные робототехнические группировки, стратегии коллективного управления, централизованное управление, децентрализованное управление, роевой интеллект, информационное взаимодействие, пертинентные информационные потоки.

Alexander Sigov, Valentin Nechaev, Valentina Baranyuk, Olga Smirnova

Federal State Educational Institution of Higher Education «Moscow Technological University» (MIREA),
Moscow, Russia

APPROACHES TO GROUP CONTROL AND INFORMATION-DRIVEN INTERACTION IN HETEROGENEOUS ROBOT SQUADS

ABSTRACT

The former article regards primary approaches to forming the single environment for control and data exchange. Its main goal is to provide facilities for information interchange and automatic (automated) control task solution in heterogeneous robot squads.

KEYWORDS

Heterogeneous robot squads; strategies for group control; centralized control; decentralized control; swarm intelligence; information-driven interaction; pertinent data flows.

Введение

Смешанные робототехнические группировки находят широкое применение при решении сложных задач в различных предметных областях от поисковых работ на местах техногенных и природных катастроф до сбора разведывательных данных. Функционирование объектов в составе смешанных робототехнических группировок предполагает наличие интеллектуальных и коммуникативных возможностей у каждого из них для реализации группового управления, планирования поведения и распределения заданий, обработки и обобщения разнородной сенсорной и командной информации.

В вопросе эффективного использования смешанных робототехнических группировок центральное место занимают стратегии группового управления и информационного взаимодействия, именно поэтому данный доклад посвящен подходам к формированию единого информационно-управляющего поля – среды, в которой осуществляется дистанционный обмен информацией и автоматическое (автоматизированное) решение задач управления. Информационно-управляющее поле должно содержать полную, актуальную, достоверную информацию, необходимую для управления смешанными робототехническими группировками.

Основной целью создания информационно-управляющего поля является повышение эффективности решения поставленных задач за счет совершенствования информационной

* Труды I Международной научной конференции «Конвергентные когнитивно-информационные технологии» (Convergent'2016), Москва, 25-26 ноября, 2016

поддержки процессов управления смешанными робототехническими группировками. Естественно, что наличие большого числа объектов, которые могут являться не только потребителями, но и источниками актуальной информации, а также их территориальная распределенность обуславливают сложность создания информационно-управляющего поля.

Важными аспектами при создании информационно-управляющего поля являются установление единых правил и порядка описания, представления, формирования и использования информационных ресурсов. При этом важно обеспечивать идентичность одинаковых информационных ресурсов во всех объектах группировки и центре управления, а также однозначность их понимания всеми участниками.

При создании информационно-управляющего поля необходимо обеспечить:

- консолидацию актуальной, полной информации;
- установление единых правил формирования информации;
- возможность своевременной и гарантированной доставки информации объектам сообщества и др.

Следует учитывать возможность изменения перечня и содержания задач, стоящих перед объектами, поскольку это может приводить к возрастанию информационных потребностей объектов и усложнению обеспечения соответствия передаваемой информации конкретным информационным потребностям каждого объекта в смешанной робототехнической группировке.

Подход к групповому управлению смешанными робототехническими группировками

Системы группового управления подразделяются на централизованные, имеющие единый центр управления и планирования, а также на децентрализованные, в которых планирование коллективных действий в группе производится каждым из ее членов самостоятельно исходя из условий достижения общих целей.

Централизованная система управления при решении задач анализа для достижения поставленной цели, сбора, комплексирования и интерпретации данных об особенностях текущей ситуации, рабочей обстановки и состоянии внешней среды, а также планирования целесообразных действий и контроля за их реализацией конкретными исполнителями обладает значительно большими возможностями поиска оптимального решения по сравнению с децентрализованными системами. Следует отметить, что при организации централизованной системы управления также значительно меньше функциональная нагрузка на рядовых членов группировки, что соответственно способствует меньшему энергопотреблению по сравнению с функционированием объектов в децентрализованных системах. При этом большим недостатком организации подобного управления является уязвимость системы, поскольку выход из строя командного узла неизбежно приводит к нарушению работоспособности системы в целом.

Децентрализованные системы, т.е. системы, в которых каждый элемент, обладает собственными логическими средствами, необходимыми для выполнения свойственной ему задачи, можно назвать распределенным или роевым интеллектом. Роевой интеллект подразумевает взаимодействие объектов группировки на основании определенных алгоритмов – роевых алгоритмов, подробный обзор которых представлен авторами в работах [1, ..., 3].

Основным достоинством децентрализованной системы управления является отказоустойчивость – при выходе из строя одного или нескольких элементов система сохраняет работоспособность. При этом в рамках данной стратегии управления на каждого члена группировки возлагается большой функционал, во многом дублирующий при решении задач оценки общей обстановки и планирования необходимых действий для достижения общих целей.

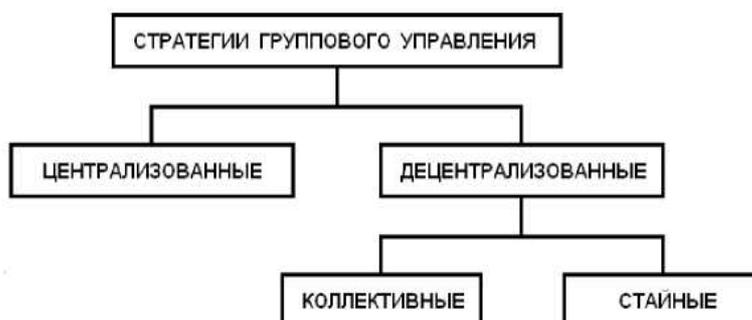
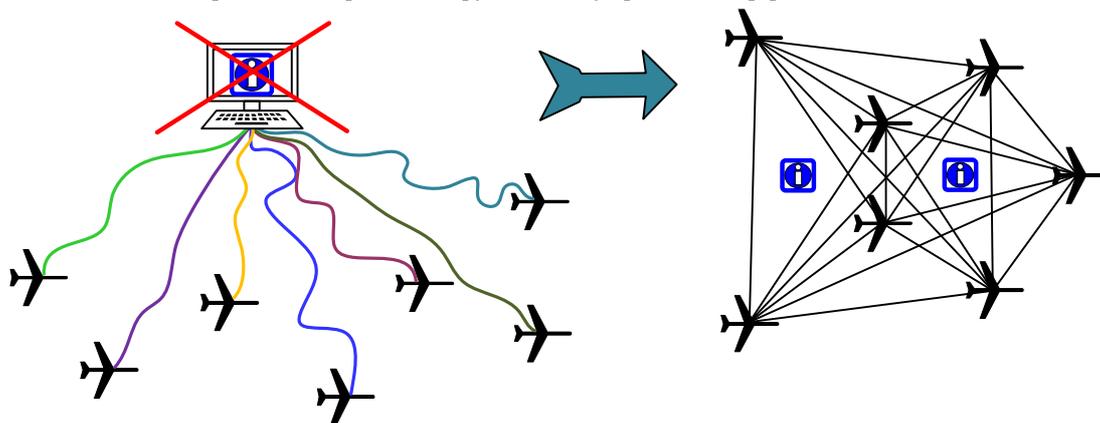


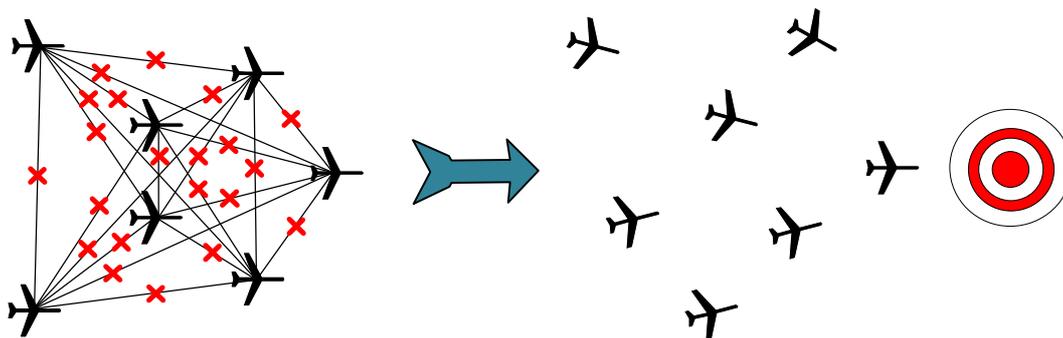
Рис. 1. Классификация стратегий группового управления

В свою очередь, в зависимости от возможности согласования индивидуально принимаемых

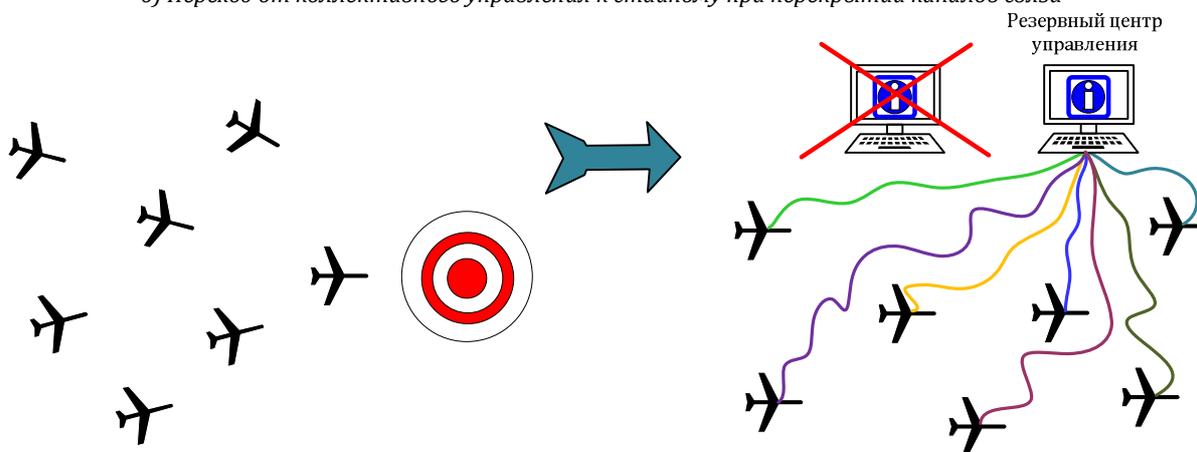
решений, стратегии децентрализованного управления делятся на коллективные (с непосредственным обменом информацией между всеми членами группировки) и стайные (с опосредованной связью на основе анализа изменений среды и обстановки при отсутствии взаимной передачи данных). При стайном управлении обеспечение групповых взаимодействий по существу ограничивается описанием постановки общей прикладной задачи и ее последующим доведением до отдельных объектов-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. На рисунке 1 представлена классификация стратегий группового управления [4].



а) Переход от централизованного управления к коллективному при потере центра управления



б) Переход от коллективного управления к стайному при перекрытии каналов связи



в) Переход от стайного к коллективному управлению при подключении резервного центра управления и восстановлении каналов связи

Рис.2. Концептуальная схема подхода к групповому управлению смешанными робототехническими группировками

С точки зрения расширения функциональных возможностей мультиагентных систем

(систем, состоящих из множества агентов, коллективно решающих общую задачу) предлагается использование подхода, основанного на смешанной или гибридной системе управления – системе, меняющейся в зависимости от ситуационного развития. Данный подход предполагает первоначальное использование централизованного управления, которое в случае выхода из строя командного центра и в период перехода к резервному центру управления, заменяется на коллективное управление (рисунок 2а). Следует отметить, что в системах централизованного и коллективного управления необходимо наличие каналов двусторонней связи между всеми членами группировки для координации выполняемых ими действий и обмена информацией о текущем состоянии внешней среды.

При этом каналы связи являются потенциально уязвимыми элементами функционирования любой системы, при отсутствии которых предлагаемый подход к управлению подразумевает возможность перехода от коллективной стратегии к стайной (рисунок 2б). По факту восстановления каналов связи и подключения резервного центра управления, стратегия управления меняется со стайной вновь на централизованную (рисунок 2 в).

Использование подхода, основанного на смешанной (гибридной) системе управления, меняющейся в зависимости от ситуационного развития, позволяет совместить в смешанной робототехнической группировке все основные достоинства рассмотренных выше стратегий управления: высокие возможности поиска оптимального решения в условиях нормального функционирования и отказоустойчивость. Кроме этого, возможно достижение поставленных целей (решение поставленных задач) в усложненных условиях функционирования и в условиях неопределенности при выходе из строя командного центра управления.

На рисунке 2 представлена концептуальная схема подхода к групповому управлению смешанными робототехническими группировками.

Подход к информационному взаимодействию в смешанных робототехнических группировках

Важным вопросом в процессе функционирования смешанных робототехнических группировок является обмен информацией между объектами (агентами) системы. Передаваемая информация является основным элементом при коллективной стратегии управления в смешанных робототехнических группировках.

Следует отметить, что с точки зрения быстродействия, эффективности и энергопотребления на объекте должна осуществляться только целенаправленная обработка полученных данных, т.е. данных с высокой релевантностью (степенью соответствия получаемых данных, требуемым данным). Именно поэтому в рамках информационного взаимодействия для решения поставленных задач объекты смешанных робототехнических группировок должны обмениваться только пертинентными информационными потоками – информационными потоками, характеризующимися степенью близости ожидаемого и полученного результатов. Пертинентные информационные потоки соответствуют конкретным информационным потребностям каждого объекта в смешанной робототехнической группировке, что не требует дополнительных ресурсов на обработку принимаемой информации.

Для достижения пертинентности информационных потоков в смешанных робототехнических группировках предлагается подход, основанный на конкретизации передаваемой информации. Т.е. объект, передающий информацию, полученную из внешней среды, классифицирует ее и передает дальше с соответствующим сигналом, по которому принимающий объект группировки определяет необходимость приема для себя данной информации. При подобном обмене информацией каналы связи будут перегружены, но в условиях неопределенности (при выходе из строя центрального пункта управления) такой переизбыток информации оправдан.

Концептуальная схема обмена пертинентными информационными потоками отображена на рисунке 3.

Объект 1 передает данные, классифицированные к примеру, как информация о принятом звуковом сообщении и отмеченные соответствующим сигналом, который на рисунке отображен синим фоном. Эта информация требуется только объектам 3 и 6 – для них это является пертинентным информационным потоком, который они принимают, для остальных объектов (2, 4, 5, 7) передаваемая информация бесполезна и остается не замеченной. Аналогично происходит с данными, передаваемыми объектом 7, классифицированными к примеру, как информация о содержании токсичных веществ в воздушном пространстве, и отмеченные соответствующим сигналом, который на рисунке отображен розовым фоном. Объекты 1 и 2 получили свой сигнал о пертинентном информационном потоке и начали его прием. Для объектов же 3, 4, 5, 6 информационный поток остался не замеченным в силу его не востребованности.

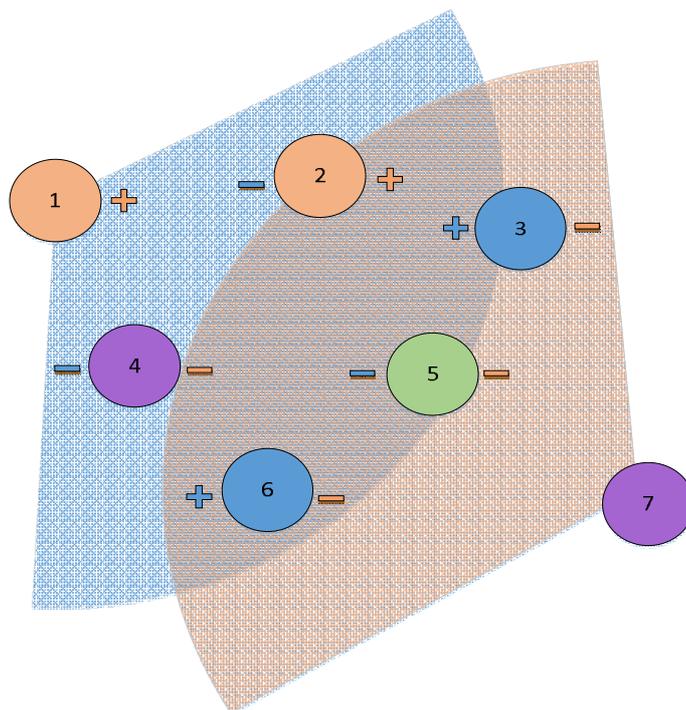


Рис.3. Концептуальная схема обмена пертинентными информационными потоками

Заключение

Использование предложенного интегрированного подхода к групповому управлению и обеспечению информационного взаимодействия в мультиагентных системах позволит сформировать основу для построения единого информационно-управляющего поля, использование которого позволит повысить эффективность и уменьшить ресурсозатратность функционирования смешанных робототехнических группировок при решении сложных задач.

Исследование выполнено федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Московский технологический университет» (МИРЭА) за счет гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-29-04326).

Литература

1. Баранюк В.В., Смирнова О.С. Роевой интеллект как одна из частей онтологической модели бионических технологий. International Journal of Open Information Technologies. Том 3, № 12, 2015. с.13 – 17.
2. Баранюк В.В., Смирнова О.С. Детализация онтологической модели по роевым алгоритмам, основанным на поведении насекомых и животных. International Journal of Open Information Technologies. Том 3, № 12, 2015. с.18 – 27.
3. Смирнова О.С., Богорадникова А.В., Блинов М.Ю. Описание роевых алгоритмов, инспирированных неживой природой и бактериями, для использования в онтологической модели. International Journal of Open Information Technologies. Том 3, № 12, 2015. с. 28 – 37.
4. Макаров И.М., Лохин В.М., Манько С.Л., Романов М.Л., Александрова Р.Л. Смешанные стратегии группового управления в многоагентных робототехнических системах. Известия ЮФУ. Технические науки. с.8 – 12.

References

1. Baranyuk V.V., Smirnova O.S. Roevoy intellekt kak odna iz chastey ontologicheskoy modeli bionicheskikh tekhnologiy. International Journal of Open Information Technologies. Vol 3, № 12, 2015. p.13 – 17.
2. Baranyuk V.V., Smirnova O.S. Detalizatsiya ontologicheskoy modeli po roevym algoritmam, osnovannym na povedenii nasekomykh i zhivotnykh. International Journal of Open Information Technologies. Vol 3, № 12, 2015. p.18 – 27.
3. Smirnova O.S., Bogoradnikova A.V., Blinov M.Yu. Opisanie roevykh algoritmov, inspirirovannykh nezhivoy prirodoy i bakteriyami, dlya ispol'zovaniya v ontologicheskoy modeli. International Journal of Open Information Technologies. Vol 3, № 12, 2015. p. 28 – 37.
4. Makarov I.M., Lokhin V.M., Man'ko S.L., Romanov M.L., Aleksandrova R.L. Smeshannyye strategii gruppovogo upravleniya v mnogoagentnykh robototekhnicheskikh sistemakh. Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki. p.8 – 12.

Поступила: 11.09.2016

Об авторах:

Сигов Александр Сергеевич, президент Московского технологического университета, академик Российской академии наук, доктор физико-математических наук, профессор, sigov@mirea.ru;

Нечаев Валентин Викторович, заведующий междисциплинарной научно-инновационной лаборатории Информационной бионики и моделирования, профессор кафедры интеллектуальных технологий и систем Московского технологического университета (МИРЭА), кандидат технических наук, nechaev@mirea.ru;

Баранюк Валентина Валентиновна, старший научный сотрудник междисциплинарной научно-инновационной лаборатории Информационной бионики и моделирования, доцент кафедры интеллектуальных технологий и систем Московского технологического университета (МИРЭА), кандидат технических наук, старший научный сотрудник, valentina_bar@mail.ru;

Смирнова Ольга Сергеевна, младший научный сотрудник междисциплинарной научно-инновационной лаборатории Информационной бионики и моделирования, ассистент кафедры интеллектуальных технологий и систем Московского технологического университета (МИРЭА), mail.olga.smirnova@yandex.ru.