

ПРОБЛЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ГЕТЕРОГЕННОЙ МУЛЬТИ-АГЕНТНОЙ СИСТЕМОЙ

С.В. Кругликов

Институт математики и механики УрО РАН
Россия, 620990, Екатеринбург, С. Ковалевской ул., 16
E-mail: svk@imm.uran.ru

Ключевые слова: математическое моделирование, мультиагентный подход, организации управления, процесс взаимодействия, планирование деятельности.

Аннотация: В статье рассматриваются проблема организации управления мультиагентной системой (МАС) гетерогенной по составу входящих компонент. Определены понятия позволяющие обеспечить структурированное описание согласования информации в процессе априорного планирования деятельности. Предложена формализация понятия плана операции на основании теории графов, она оказывается близка к понятиям сетевого планирования. Сформулирован алгоритм, перерабатывающий план операции в сценарий, аналогичный календарному плану. В этой форме план может быть автоматически выполнен системой управления МАС.

1. Введение

Одной из актуальных современных задач для дальнейшего развития групповой робототехники является разработка программно-аппаратных комплексов АСУ для выполнения базовых операций большой группой, коллективом, роем относительно простых робототехнических средств (МАС). Существенное значение для разработки различных вариантов применения МАС имеет математическое моделирование прокладки маршрута в сложных физико-географических условиях. Качественным ограничением в данном случае выступают не только возможности и архитектура сети передачи данных, но и структура внутреннего представления информации. Применение традиционных методов и подходов встречает трудности при создании системы управления группами роботов. Опыт формирования алгоритмов управления на основе принципов вариационного исчисления, математической теории управления в условиях неопределенности и динамических игр показывает необходимость решения распределенных задач большой размерности, которые связаны с ресурсоемкостью алгоритмов из-за сложности принятых моделей. Непосредственное решение непрерывной оптимизационной задачи требует создания распределенной многопроцессорной системы управления коллективов роботов (АСУ МАС) на базе высокоскоростных бортовых комплексов с параллельной обработкой сигналов.

В настоящей работе рассматривается задача реализации алгоритмов управления гомогенным комплексом мобильных МАС, обеспечивающих на основе мультиагентного подхода решение базовой задачи «транспортировка распределенного груза при децентрализованной схеме управления на местности с множественными препятствиями».

Применен один из вариантов концепции единого информационного пространства системы управления, разработанные информационно-математические модели которого создают необходимую базу для формирования алгоритмического и программного обеспечения (ПМО) компьютерной системы поддержки принятия решений.

Рассмотрено формализованное описание базовых содержательных операций гомогенным комплекса мобильных МАС, составляющих функционал алгоритмов для реализации прототипа АСУ. Разработка АСУ является необходимым шагом для достижения следующих целей:

- разработка прототипа программно-аппаратного комплекса, предназначенного для планирования и оперативного управления коллективом автономных мобильных МАС, имеющего конечный изменяемый состав. Принята схемой децентрализованного управления.

- определение расчётной модели целевых значений показателей быстродействия комплекса и сопоставление с результатами тестирования;

- определение требований к системе связи для обеспечения устойчивого и бесперебойного управления работой комплекса.

Разработанный прототип системы управления построен по модульному принципу и может быть использована для класса задач распределенных робототехнических систем.

Принятая схема предполагает опосредованное управление коллективом МАС на основе прогнозирования интеллектуального поведения в контексте выживания, адаптации и самоорганизации в динамичной, враждебной среде. Реализация мультиагентного подхода для задачи разработки управляющего комплекса примыкает к исследованию одного из актуальных направлений искусственного интеллекта искусственной жизни.

Предполагается, что агент-оператор s_0 сообщает всем $\{smj\}$ задачу, отвечающую общей цели ($\Gamma \Rightarrow U$), устанавливает высокий приоритет ее использования, выстраивая мотивацию результатов $\{smj'\}$. Агенты smj , действуя независимо, по желанию при встрече (Событие) могут координировать действия на основе коммуникаций по кодовым сигналам. Методы мультиагентного подхода обеспечивают априорное опознание и информирование о намерениях при встрече. Участники формируют безвихревое поле для максимального использования общего потенциала. Проблема – исключение турбулентности. Каждый добирается до груза индивидуально и начинает его тащить. Опоздавший после синхронизации и динамической координации может присоединиться и со всеми вместе тащит либо уходит. Если не находит, то может уйти, либо начинает искать следы, возможно по спирали расширяя круг поиска.

Эффективная реализация децентрализованного управления обеспечивается динамически упреждающим согласованным формированием траекторий движения (стереотипов) агентов, в частности аналогично конечным автоматам. Обязательно:

- 1) опережающее информирование соседей о намерениях (стимул),
- 2) выбор движения максимально согласованного с их заявляемыми намерениями (реакция).

Информационная достаточность обеспечивается за счет условия инвариантности, согласующего m количество членов коллектива, $[pi]$ глубину информирования о планах по упреждению намерений, li длину сообщения и vi скорость передачи сигнала P .

2. Общий подход к моделированию

Применить сетевое планирование напрямую к работе МАС затруднительно в силу некоторых особенностей последнего. Во-первых, состав МАС может изменяться со временем в результате выхода части роботов из строя или поступления новых роботов

из резерва. Во-вторых, раз достигнутая цель не может считаться достигнутой все время работы МАС – например, по выходе в заданный район квадрокоптер может выйти из строя или быть отнесен ветром в другое положение; с другой стороны, выйдя в заданный район, робот может в дальнейшем покинуть его, получив иную задачу. В-третьих, длительность исполнения работы может существенно зависеть не только от типа исполнителя, но и от его состояния на момент начала работ; действительно, медленный робот, находящийся поблизости от заданного района может оказаться предпочтительнее быстрого робота, находящегося на удалении. Наконец, МАС может выполнять однотипные работы на различных по свойствам и размерам местностях, что подразумевает единообразное планирование, сообразованное с местностью.

По этим причинам планирование предлагается выполнять в два этапа, постепенно повышая уровень детализации. Каждый этап заключается в переработке менее детальной формы плана в более детальную. Самых этих форм мы различаем три:

- Шаблон плана выражает общий замысел целого семейства однотипных операций. В общем случае это процедура, формирующая при заданных свойствах местности план операции на ней. Запуск такой процедуры и есть содержание первого этапа планирования.
- План операции выражает замысел действий на конкретной местности, но без точной привязки к ресурсам МАС на конкретный момент. Это позволяет многократно предпринимать действия с различным составом МАС, например, если с исходным набором средств операция не удалась. Система управления МАС перерабатывает план операции в сценарий ее выполнения с учетом наличных средств.
- Сценарий – это наиболее конкретная форма организации действий, учитывающая как местность, так и средства, доступные МАС в текущий момент. Только при наличии сценария может быть адекватно оценена длительность операции.

В работе рассматривается формализация понятия плана операции и предложен алгоритм его преобразования в сценарий. Возможность исполнения МАС заданного плана операции и время, которое будет на это затрачено, могут быть определены лишь при учете наличных исполнителей и их стартового состояния.

Рассмотрим план операции $P = (J, L)$, множество исполнителей $Sub = \{s_i\}$, множество стартовых состояний исполнителей $States = \{state_i\}$. Будем рассматривать множество работ плана, пополненное специальным элементом, обозначающим отсутствие работы, $J^* = (A \cup B) \cup \{none\}$, а также множество временных интервалов $T_\Delta = \{(t_{start}, t_{end}) \mid t_{start} \leq t_{end}\}$.

Задана также функция планирования $f_t : Sub \times J^* \times J^* \rightarrow R^+$, предназначенная для оценки времени, которое затратит исполнитель на выполнение работы. Более точно, $f_t(s, j_1, j_2) = t$ означает, что исполнитель s , начиная работу j_2 из какого-либо целевого состояния работы j_1 , затратит на исполнение j_2 оценочно t времени. При этом мы считаем, что $j_2 \neq none$, а если $j_1 = none$, то целевым состоянием j_1 является стартовое состояние исполнителя.

Задача: построить отображение $Scen : J \rightarrow Sub \times T_\Delta$, удовлетворяющее требованиям:

3. Заключение

Предложена формализация понятия плана операции на основании теории графов, она оказывается близка к понятиям сетевого планирования. Сформулирован алгоритм,

перерабатывающий план операции в сценарий, аналогичный календарному плану. В этой форме план может быть автоматически выполнен системой управления МАС.

Программная реализация модели плана и алгоритма составления сценария завершена и испытана на ряде содержательных примеров.

Список литературы

1. Каляев И.А. Гайдук А.Р., Капустян С.Г. Распределенные системы планирования действий коллективов роботов. М.: Янус-К, 2002. 292 с.
2. Гандурин В.А., Капустян С.Г., Мельник Э.В. Алгоритм коллективного улучшения плана в задачах распределения ресурсов многопроцессорных информационно-управляющих систем // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2007. № 12. С. 40-50.
3. Ченцов А.Г. Экстремальные задачи маршрутизации и распределения заданий: вопросы теории. Москва-Ижевск: РХД. 2008. 238 с.
4. Коробкин В.В., Сесекин А.Н., Ташлыков О.Л., Ченцов А.Г. Методы маршрутизации и их приложения в задачах повышения безопасности и эффективности эксплуатации атомных станций. М.: Новые технологии, 2012. 233 с.
5. Ченцов А.Г., Ченцов П.А. Динамическое программирование в одной нестационарной задаче маршрутизации // Известия Института математики и информатики УдГУ. 2012. Вып. 1 (39).
6. DoD Unmanned Systems Integrated Roadmap, FY 2009-2034, April 6, 2008.
7. Bela Bollobas. Modern Graph Theory. Springer Science & Business Media, 2013.
8. Hadad M., Kraus S., et al. Group planning with time constraints // Annals of mathematics and artificial intelligence. 2013. Vol. 69, No. 3. P. 243-291.