

АНАЛИЗ МЕТОДОВ МНОГОАГЕНТНОГО УПРАВЛЕНИЯ УЧАСТКОМ СБОРКИ РЭА

В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с исследованием методов многоагентного управления автоматизированным участком сборки радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), на котором установлены манипуляторы для перемещения и установки радиоэлементов на печатные платы.

Проблема группового управления – это глобальная проблема, актуальная для многих сфер жизни. Распределенные системы автоматического управления находят самое широкое применение во многих областях деятельности человека. В том числе это относится и к системам, в состав которых входят дистанционно управляемые роботы и манипуляторы, относящиеся к классу манипуляционных робототехнических систем.

Современные распределенные системы управления часто строятся как системы взаимодействующих и сотрудничающих агентов.

Многоагентную систему можно определить как совокупность взаимосвязанных программных и/или аппаратных агентов, способных взаимодействовать друг с другом и с окружающей средой, обладающих определенными интеллектуальными способностями и возможностью индивидуальных и совместных действий.

Можно дать формализованное определение многоагентной системы [1]:

$$MAS = (A, E, R, ORG, ACT, COM, EV),$$

где MAS – многоагентная система, A – множество агентов, E – множество сред, находящихся в определенных отношениях R и взаимодействующих друг с другом, формирующих некоторую организацию ORG, обладающих набором индивидуальных и совместимых действий ACT (стратегия поведения и поступков), включая возможные коммуникативные действия COM и возможность эволюции EV.

В многоагентной системе задачи распределены между агентами системы. Идея многоагентности предполагает кооперацию агентов при коллективном решении задач.

Многоагентные системы (MAC) обладают по сравнению с централизованными следующими преимуществами [2]:

- сокращением сроков решения проблем за счет параллелизма;
- уменьшением объема передаваемых данных за счет передачи другим агентам высокоуровневых частичных решений;
- гибкостью за счет использования агентов различной мощности, обеспечивающих совместное динамическое решение проблемы;
- надежностью за счет передачи решающих функций от одних агентов, которые не в состоянии решить поставленной задачи, к другим.

MAC может состоять из чисто искусственных агентов (программных или аппаратных модулей) или включать также человека. В первом случае имеем машинную, а во втором – человеко-машинную систему. Возможно наличие суперагентов, образованных из набора искусственных агентов и действующих в качестве их представителя. Такой суперагент ведет себя как обычный агент как с точки зрения других искусственных агентов, так и человека.

С теоретической точки зрения, агент должен обладать различными свойствами, обеспечивающими его автономию: способностью восприятия и интерпретации поступающих данных, способностями принимать и исполнять решения.

Агент также должен обладать следующими свойствами:

1. *Автономность* – агенты функционируют без прямого вмешательства людей или кого-либо другого и владеют определенной способностью контролировать свои действия и внутреннее состояние.

2. *Общение* – агенты взаимодействуют с другими агентами средствами некоторого коммуникационного языка.

3. *Реактивность* – агенты способны воспринимать окружающую среду (которая может быть физическим миром, пользователем, взаимодействующим через графический интерфейс, коллекцией других агентов, Internet-ом, или, возможно, всем вместе взятым) и адекватно реагировать в определенных временных рамках на изменения, которые происходят.

4. *Активность* – агенты не просто реагируют на изменения среды, но и обладают целенаправленным поведением и способностью проявлять инициативу.

5. Каждый агент имеет собственную *индивидуальную модель* окружающего его мира (среды), которая описывает то, как агент видит мир. Агент строит свою модель мира на основе информации, которую получает из внешней среды.

6. *Коммуникабельность и кооперативность*: агенты могут обмениваться информацией с окружающей их средой и другими агентами. Возможность коммуникаций означает, что агент должен получать информацию об его окружающей среде, что дает ему возможность строить собственную модель мира. Более того, возможность коммуникаций с другими агентами является обязательным условием совместных действий для достижения целей.

7. *Интеллектуальное поведение* агента включает способность к обучению, логичной дедукции или конструированию модели окружающей среды для того, чтобы находить оптимальные способы поведения.

В общем случае задачу управления группой объектов можно сформулировать следующим образом [3]. Предположим, что некоторая группа, состоящая из N объектов R_i ($i = 1, \dots, N$), воздействует на некоторую среду E (являющуюся объектом управления для группы). Будем считать, что состояние каждого объекта R_i описывается вектором $S_i(t) = [s_{1i}, s_{2i}, \dots, s_{li}]^T$, $i = 1, \dots, N$, а состояние среды – вектором $E(t) = [e_1, e_2, \dots, e_w]^T$. Пусть, кроме того, каждый объект R_i , $i = 1, \dots, N$, может выполнять некоторую совокупность действий $A_i = \{A_{1i}, A_{2i}, \dots, A_{mi}\}$, $i = 1, \dots, N$, с помощью которых он может изменять как состояние среды, так и состояния других объектов группы. В общем случае эти изменения во времени определяются системами вида:

$$S_i = F_i(S_i, A_i, \dots, S_N, A_N, E), \quad i = 1, \dots, N, \quad (1)$$

$$E = F(S_i, A_i, \dots, S_N, A_N, E). \quad (2)$$

На состояние объектов и среды, а также на действия объектов в конкретных ситуациях могут налагаться некоторые ограничения, в общем случае определяемые системами неравенств:

$$G(S_1, \dots, S_N, E) \leq 0, \quad (3)$$

$$D(S_i, A_i, \dots, S_N, A_N, E) \leq 0, \quad (4)$$

которым должны удовлетворять допустимые состояния объектов группы и их действия. Целью действий группы объектов является преобразование среды из исходного (текущего) состояния E_0 в некоторое целевое состояние E_k оптимальным образом, например за минимальное время.

В общем случае задача группового управления роботами разбивается на ряд подзадач, среди которых можно выделить следующие:

- определение состава группы, способной эффективно решить целевую задачу;
- распределение функций между роботами для оптимального (или близкого к нему) решения целевой задачи;
- реализация функций отдельными роботами для достижения конечной цели.

Среди известных подходов к решению задач и группового управления роботами можно выделить два диаметрально противоположных подхода [4]. В первом случае эта задача решается одним, сосредоточенным (центральным) устройством управления. Во втором случае решение осуществляется распределенной системой, объединяющей устройство управления отдельных объектов группы. В дальнейшем первый подход будем называть централизованным групповым управлением, а второй – децентрализованным групповым управлением.

Если целевая задача заранее известна и должна решаться группой объектов в заранее известных условиях, то в этом случае до начала функционирования группы с использованием, например, централизованного подхода можно определить состав группы, определить последовательность действий каждого объекта группы. Объекты же должны выполнять только каждый свою последовательность действий. В этом случае от объектов не требуется никакого интеллекта, достаточно способности адаптироваться к внешней среде для отработки действий.

Если же группа объектов предназначена для решения некоторых задач и конкретная задача заранее не известна, то решить задачу группового управления описанным выше способом не представляется возможным.

Так как в общем случае для решения конкретной целевой задачи могут использоваться не все объекты группы, то для реализации задачи группового управления должны быть решены следующие задачи:

- формирование активной части группы – кластера как совокупности объектов – сформированной для достижения той или иной конкретной цели;
- оптимальное или близкое к нему распределение функций между объектами группы, а также перераспределение этих функций при изменении ситуации;
- реализация функций объектами, входящими в кластер.

Решение этих задач должно осуществляться группой объектов самостоятельно, точнее, ее системой группового управления (СГУ), которая должна быть создана самой группой объектов. То есть здесь можно говорить о самоорганизации группы объектов для решения поставленной целевой задачи. Для этого объекты группы, очевидно, должны обладать достаточным уровнем интеллекта, т.е. быть интеллектуальными.

По способу организации СГУ можно разделить на централизованные и распределенные. Наибольшее распространение в последнее время получают распределенные СГУ, реализующие децентрализованный подход к проблеме управления группой объектов. Преимущество таких СГУ перед централизованными системами обоснованы в работах [3, 4].

Примером использования распределенных СГУ может быть система управления группой мобильных роботов, решающих задачу картографирования местности, реализующая многоагентный подход, основанный на принципах «рыночной экономики» и используемый для организации взаимодействия между объектами группы.

Распределенные СГУ строятся из множества устройств управления (УУ) отдельных объектов группы, объединенных коммуникационными каналами. Тогда для приведенного выше случая можно говорить и о самоорганизации СГУ, так как из всего множества компонентов (устройств управления отдельных объектов) в процессе формирования кластера должна быть выделена активная часть, участвующая в процессе управления объектами, входящими в кластер, при решении целевой задачи. Причем состав этой части заранее неизвестен.

Как отмечалось выше, СГУ группы, прежде всего, решают задачу организации кластеров группы, каждый из которых ориентирован на достижение определенной цели. Устройства управления объектов кластера объединяются в СГУ кластера. В свою очередь, УУ объектов кластера взаимодействуют друг с другом, формируют на основе самоорганизации алгоритм своих действий по достижению цели.

В состав многоагентной системы управления входят следующие компоненты:

- автоматизированный склад электрорадиокомпонентов;
- автоматизированный погрузчик;
- мобильный робот для перевозки ЭРЭ;
- транспортер для перемещения ЭРЭ;
- манипулятор для установки ЭРЭ на монтажную плату.

Каждый из компонентов реализован как самостоятельный объект, способный принимать решения в зависимости от окружающей ситуации.

Агент – это объект, а каждый объект обладает свойствами и правилами поведения. На рис. 1 показана архитектура такого агента.

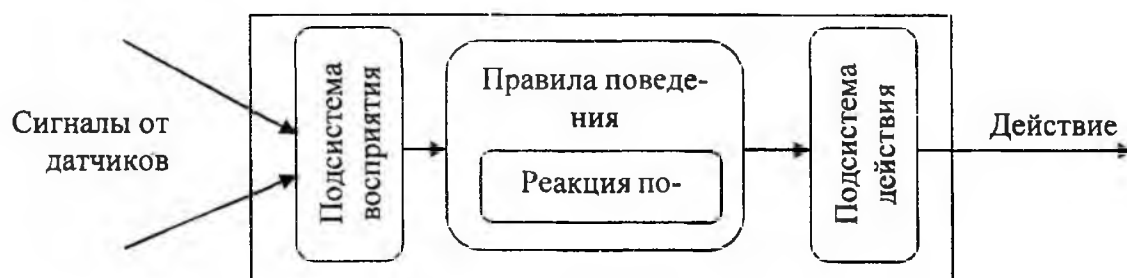


Рис. 1

На рис. 2 представлена схема взаимодействия между агентами системы.



Рис. 2

Контроль и управление осуществляются с помощью специализированного программного обеспечения. Пересылка команд объекту управления осуществлена с использованием сетевых технологий.

Для реализации терминального управления предусмотрено использование информации об окружающей обстановке от распределенных в пространстве датчиков, поэтому предусмотрена возможность оперативного обновления и поступления информации от измерительных систем датчиков на пульт управления оператору.

Основой системы являются программируемые контроллеры, оснащенные соответствующими устройствами ввода/вывода, что обеспечивает получение информации с различных датчиков на объекте (или объектах) управления с последующей её обработкой по заложенному алгоритму и выдачей соответствующих управляющих воздействий. Контроллеры объединены посредством сети. В качестве узла сети может выступать программируемый контроллер или персональный компьютер, подключенный через соответствующий адаптер. В частности, информация о ходе технологического процесса,

управляемого автономными контроллерами, может быть передана в цифровом виде по сети и обработана на ПК оператора для удобного представления.

В результате переходных процессов в самоорганизующейся системе управления возникают «организованные структуры» – активные части, устойчивые в текущих условиях и ориентированные на достижение конкретного, целевого результата или состояния системы. Эти структуры и определяют целенаправленное движение объектов управления. При изменении условий такие системы «эволюционируют», изменяя свою структуру и переходя в новое устойчивое состояние.

Таким образом, проведенный анализ позволил установить целесообразность использования многоагентной распределенной системы при управлении автоматизированным участком сборки РЭА.

Список литературы: 1. *Каляев И. А., Капустян С. Г., Гайдук А. Р.* Самоорганизующиеся распределенные системы управления группами интеллектуальных роботов, построенные на основе сетевой модели // Управление большими системами. Спец. вып. 30.1 "Сетевые модели в управлении". – 2010. – С.59-62. 2. *Тарасов В.Б.* Агенты, многоагентные системы, виртуальные сообщества: стратегическое направление в информатике и искусственном интеллекте // Новости искусственного интеллекта. – 1998. – С.47. 3. *Юдицкий С. А.* Графодинамическая автоматная модель разрешения конфликтов в организационных системах // Управление большими системами. – 2009. – №23 – 2009 – С. 126-136. 4. *Городецкий В.И., Грушинский М.С., Хабалов А.В.* Многоагентные системы (обзор) // Новости искусственного интеллекта. – 1998. – С.41.

*Харьковский национальный
университет радиоэлектроники*

Поступила в редколлегию 18.01.2011