

Имитационная модель мультиагентной сети беспилотных летательных аппаратов

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Рассмотрены тенденции исследований создания беспилотных летательных аппаратов зарубежных и отечественных организаций. Обоснована актуальность исследования группового полета беспилотных летательных аппаратов, для чего выбран подход имитационного моделирования на основе мультиагентной сети. Проанализированы принципы и критерии выбора лидера группы в ходе выполнения полетного задания. Разрабатывается метод формирования лидера группы при решении задачи мониторинга территории.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат (БЛА), агент, мультиагентная сеть, лидер, имитационная модель, групповой полет

Согласно последним исследованиям, проведенным в США, при эксплуатации БЛА все чаще применяют групповой полет – объединение ЛА в «стаи» для достижения общей цели. Согласно исследованиям [1] стайная модель представляет собой десятый – высший уровень развития перспективных технологий группового применения БЛА специального назначения.

Однако, согласно оценке других исследователей, для достижения полной автономизации применения роботов в форме стай предстоит решить ряд концептуальных и технологических задач. Ожидаемые сроки создания экспериментальных образцов БЛА для оснащения высокоавтономных стайных систем: 2010-2015 гг. (оптимистический прогноз) или 2015-2020 гг. (сдержанный прогноз).



Тенденции развития свойств автономизации управления авиационных мобильных роботов специального назначения США

В Украине БЛА разрабатываются как государственными, так и частными организациями [2,3]. Исследования направлены на адаптацию БЛА к отказам

подсистем и сложным условиям среды, изменению маршрута БЛА в реальном масштабе времени с использованием возможностей автопилота. Проекты освоения технологии координации движения группы, изменения тактического плана группы и т.д. (рисунок) не рассматриваются, следовательно, создание имитационных моделей группового полета БЛА с изучением особенностей поведения отечественных образцов техники является актуальной задачей.

Для исследования технологий группового полета БЛА необходимо рассмотреть разработку мультиагентной сети, в которой формируют динамику поведения и автономные цели отдельных агентов – БЛА. Далее необходимо рассмотреть взаимодействие БЛА в рамках реализации коллективной цели, при достижении которой отдельные агенты должны оптимальным образом проводить распределение своих автономных ресурсов и задач. В работе [4] этот механизм рассмотрен как "социальная инженерия для машин".

Таким образом, при создании имитационной модели должны быть достигнуты три основные цели: разработаны процедуры справедливого распределения ресурсов, сформирована стратегия адаптации на основе данных о взаимодействии агентов, рассмотрены протоколы взаимодействия БЛА при реализации цели полета.

Принципы построения имитационной модели и организации взаимодействия БЛА были рассмотрены в статье [5]. Были также исследованы существующие шаблоны поведения агентов при решении различных задач, в том числе мониторинга территории. В соответствии с этими шаблонами одному из агентов назначается роль лидера. После чего остальные агенты БЛА корректируют свои задачи полета с учетом поведения лидера. В данной работе будут рассмотрены стратегии назначения и случаи переопределения лидера при реализации полета.

При создании имитационной модели можно выбрать лидера до начала полета группы БЛА или поменять его в ходе выполнения задания полета, что является более предпочтительным для сохранения стабильности поведения группы. При выборе лидера группового полета следует рассмотреть следующие стратегии:

- случайный выбор. Его преимуществом является простота реализации, однако стабильность полета группы полностью зависит от результата действий лидера;

- выбор на основе критерия полезности. Лидер группы БЛА имеет самые лучшие показатели цели полета, например, близость к объекту наблюдения, наилучший показатель «видимости» лидера другими БЛА. Недостатком такого выбора является обмен большим объемом информации между участниками группового полета или необходимость централизованного управления для выбора лидера;

- выбор на основе игровых стратегий [6]. Целесообразен в случае продолжительного полета группы БЛА, где возможен выбор «ложного» лидера или лидер выбора «ложной» цели полета. Возможны варианты: trigger strategy или tit-for-tat. Стратегия предохранителя (trigger strategy) предполагает, что выбор лидера осуществляется из тех БЛА, которые всегда следовали цели полета. В случае если БЛА ухудшает показатели цели полета, его исключают из списка претендентов на лидерство до конца полета. Стратегия "tit-for-tat" предполагает рассматривать БЛА-претендент на роль лидера до тех пор, пока он своими действиями не станет ухудшать показатели цели полета, в дальнейшем следует

рассматривать его действия в предыдущем временном периоде. Дальнейшим развитием этой теории стало: определение ограничения на количество случаев ухудшения целей группы одним агентом, ввод в модель механизма *metanorms*, согласно которому из списка претендентов удаляются как БЛА, которые нарушают цель полета, так и БЛА, которые это нарушение не обнаружили.

При разработке методики выбора лидера следует учитывать систему критериев оценки [4]: эффективность – агенты не должны затрачивать ресурсы, когда выбор сделан; стабильность – агенты не должны отклоняться от выбранной стратегии; простота – взаимодействие должно в течение минимального времени с использованием минимума ресурсов; распределение – взаимодействие БЛА не должно быть централизованным.

В работе [5] была рассмотрена имитационная модель мультиагентной сети БЛА для исследования возможности мониторинга территории. Критерием эффективности выбрана площадь территории рассматриваемая в течении заданного времени наблюдения. Оптимальным вариантом наблюдения считается вариант, когда вся территория делится на участки, и агенты повторяют траекторию движения лидера каждый на своем участке. В начале полета БЛА должны занять исходные позиции. Если в данный момент будет выбран лидер на основе критерия минимизации времени нахождения в стартовой позиции, то будет выбран БЛА, чья территория является ближайшей к точке старта группы, остальные БЛА начнут копировать траекторию полета БЛА, не долетев до своего участка. Если использовать критерий оптимизации площади наблюдения, то будет выбран БЛА, чья территория находится дальше всего от точки старта группы, так как остальные БЛА, долетев до начальной позиции участка, будут стремиться сохранить свои местоположения.

Таким образом, выбор лидера устанавливается случайно, но после того, как все БЛА займут начальную позицию на своем участке. В дальнейшем используется игровая стратегия «tit-for-tat». Возможные отклонения от траектории вероятны при возникновении случайных препятствий. Для группы устанавливается максимально допустимое отклонение от траектории мониторинга. В случае превышения допустимого отклонения выбирается новый лидер и алгоритм контроля повторяется до завершения рассмотрения участков всеми БЛА. Далее используются автономные цели: возвращение БЛА на исходные позиции.

Выводы

В данной статье рассмотрены тенденции исследований создания БЛА США, где основное внимание уделяется рассмотрению группового полета БЛА и автоматизации функций БЛА в рамках выполнения общегрупповых целей. Исследованы разработки БЛА отечественными организациями, в результате чего обоснована актуальность создания имитационной модели. Изложены принципы выбора лидера группы в процессе выполнения полетного задания. Обоснованы достоинства и недостатки стратегии случайного выбора, а также выборов на основе критерия полезности и игровых стратегий. Рассмотрены критерии разработки метода определения лидера, а также метод формирования лидера в мультиагентной сети БЛА для создания группы мониторинга заданной территории.

Список литературы

1. Office of the Secretary of Defence. Unmanned Aerial Vehicle Road Map 2002-2027: http://www.acq.osd.mil/usd/uav_roadmap.pdf. – Режим доступа 25.01.2005.
2. Официальный сайт ООО «КБ АВИА»: <http://www.kb-avia.com/> – Режим доступа 03.03.2013
3. Сайт Межотраслевого научно-исследовательского института проблем физического моделирования режимов полета самолетов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского: niipfm.khai.edu. – Режим доступа 03.03.2013
4. Rosenschein, J. S. Rules of Encounter: Designing Conventions for Automated Negotiation among Computers / J. S. Rosenschein, G. Zlotkin. – MIT Press: Cambridge, MA, 1994. – 287 p.
5. Погудина, О.К. Разработка имитационной модели взаимодействия беспилотных летательных аппаратов для исследования возможности совместного полета [Текст] / О.К Погудина // Системи обробки інформації. – Харків, 2012. – С. 140–143
6. Axelrod, R. M. The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Computation/ R. M. Axelrod. – Princeton University Press: Princeton, NJ, 1997. – p. 15-19

Рецензент: д-р техн.наук, профессор Илюшко В.М., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», г. Харьков
Поступила в редакцию 07.02.2013

Імітаційна модель мультиагентної мережі безпілотних літальних апаратів

Розглядаються тенденції досліджень створення безпілотних літальних апаратів зарубіжних і вітчизняних організацій. Обґрунтовується актуальність дослідження групового польоту безпілотних літальних апаратів, для чого обраний підхід імітаційного моделювання на основі мультиагентної мережі. Розглядаються принципи та критерії вибору лідера групи в ході виконання польотного завдання. Розроблено метод формування лідера групи при виконанні завдання моніторингу території.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат (БЛА), агент, мультиагентна мережа, лідер, імітаційна модель, груповий політ

Simulation model of multi-agent framework unmanned aerial vehicles

The research's tendencies creating unmanned aerial vehicle in foreign and domestic organizations are considered. Actuality to research group flight of unmanned aerial vehicles is substantiated, for this, the simulation approach was based on multi-agent network was applied. The principles and criteria of selecting the group's leader in the course of the flight mission are considered. The method of forming a group's leader for the task of monitoring the territory is developed.

Keywords: unmanned aerial vehicle (UAV), agent, multi-agent network, leader, simulation model, formation flying