электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

УДК 623.958.24

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ГРУППЫ АВТОНОМНЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОТИВОМИННЫХ ДЕЙСТВИЙ

***Крючков Р.С.**, аспирант*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Подводные роботы и аппараты»

Научный руководитель: Егоров С.А., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
sm42@sm.bmstu.ru

Традиционно противоминные операции проводятся минными тральщиками, осуществляющими уничтожение мин при помощи тралов различных типов – контактных, гидроакустических, электромагнитных. Появление усовершенствованных типов взрывателей мин снизило эффективность вытраливания и вызвало необходимость поиска новых подходов к решению противоминных задач. Это привело к возникновению концепции "Охота на мины" (“minehunting”), включающей в себя этапы детектирования, классификации, идентификации и нейтрализации (уничтожения). Для реализации данной концепции были созданы тральщики-миноискатели. Выполнение этапов детектирования и классификации мин осуществляется с помощью гидролокаторов, установленных под килем судна и/или на внешнем носителе. В качестве носителя могут выступать буксируемое тело или телеуправляемый необитаемый подводный аппарат (ТНПА), совершающий совместное движение с кораблем. Окончательная идентификация и уничтожение мин производится с помощью ТНПА или водолазов. Основными недостатками подходов с применением тральщиков и тральщиков-миноискателей являются нахождение личного состава в потенциально опасной зоне, а также невозможность обеспечения скрытности операций [1].

Использование автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) для решения противоминных задач лишено указанных недостатков. Отсутствие жесткой связи позволяет аппарату покрывать большие акватории на значительном удалении от носителя. Данный подход снижает нагрузку на оператора, который, благодаря

определенной степени автономности аппарата, частично или полностью исключен из процесса обнаружения и нейтрализации мин [2].

Однако применение на отдельных этапах противоминных действий гидролокаторов с различной дальностью действия и разрешающей способностью, установленных на одном АНПА, требует дополнительных перемещений аппарата, что снижает скорость выполнения операций [3]. Возможным вариантом увеличения скорости проведения ПМД является одновременное использование нескольких АНПА с назначением каждому из них обследования определенной части общей акватории [4]. Однако существенным недостатком подходов с одним или несколькими обособленными АНПА является потеря информации или неполное обследование акватории при неисправности аппарата.

Для повышения надежности и эффективности выполнения ПМД целесообразно объединение АНПА в согласованно взаимодействующую группу с соответствующими коммуникациями и логикой управления. Использование согласованной группы АНПА при проведении ПМД позволяет распределять задачи между аппаратами и производить в реальном времени их перепланировку в зависимости от ситуации. В рамках достижения общей цели каждый аппарат занят выполнением более узкой задачи, обмениваясь с остальными участниками группы необходимой информацией. Распределение совокупности решаемых задач дает возможность использовать вместо универсальных специализированные АНПА с меньшими габаритами и более простым техническим оснащением [3]. Для повышения надежности хранения информации, полученной в ходе проведения ПМД, возможны создание и синхронизация общей базы данных на каждом аппарате.

В настоящее время известны несколько подходов к проведению ПМД группой АНПА. Известна концепция CADRE [5], в которой навигационное обеспечение группы реализуется с помощью аппаратов навигационной поддержки (C/NA), выполняющих функцию маяков гидроакустической навигационной системы с подвижной длинной базой. В работах Center for Intelligent Systems Research университета Idaho основные акценты сделаны на логику группового поведения [6] и схему коммуникаций между АНПА [7], а также дана общая структура алгоритма совместного движения аппаратов [8]. Следует отметить, что в данных работах подробно рассмотрены лишь отдельные аспекты использования группы АНПА при проведении ПМД, а целостная картина отсутствует. Также известны работы [1, 9], в

которых подход к проведению ПМД с использованием группы АПНА представлен целиком. Однако данные работы носят описательный характер без детальной формализации.

Предлагаемый ниже подход к проведению ПМД с использованием группы АНПА объединяет в себе следующие взаимосвязанные компоненты:

– общую схему обнаружения мин;

– применяемые гидролокационные средства поиска, классификации и идентификации;

– алгоритмы управления групповым и индивидуальным движением аппаратов;

– коммуникационную схему;

– решение навигационной задачи.

В основу общей схемы обнаружения мин положена стандартная схема проведения ПМД [3] с осуществлением этапов классификации и идентификации МПО за один проход группы АНПА по обследуемой акватории. Этап нейтрализации мин выполняется за отдельный проход и в данной работе не рассматривается. Предполагается, что перед этапом нейтрализации оператор выполняет просмотр гидроакустических изображений и принимает окончательное решение по нейтрализации.

Схема обнаружения мин предусматривает деление группы АНПА на две подгруппы, функционально соответствующие выполняемым этапам ПМД:

– аппараты классификации, проводящие гидроакустический осмотр акватории и поиск МПО (этап классификации);

– аппараты идентификации, осуществляющие выход в заданную окрестность с дальнейшим детальным обследованием МПО.

Аппараты каждой подгруппы оборудованы гидролокаторами с различной разрешающей способностью.

Предлагаемая схема обнаружения мин включает в себя выполнение аппаратами следующих элементарных действий (задач):

– осмотр акватории группой АНПА, движущейся строем по поисковым траекториям, классификация объектов как МПО (этап классификации);

– выход аппарата идентификации из группы в заданную окрестность точки предполагаемого нахождения МПО;

http://sntbul.bmstu.ru/doc/637298.html

– обследование данным аппаратом области предполагаемого нахождения МПО с использованием гидролокаторов (секторного и/или бокового обзора) высокого разрешения (этап идентификации);

– возвращение данного аппарата в строй и продолжение совместного движения с группой.

Прототипом данной схемы является подход, изложенный в концепции Center for Intelligent Systems Research университета Idaho [5].

Для реализации указанных действий требуются соответствующие алгоритмы управления движением, обмен информацией между аппаратами, а также навигационное обеспечение АНПА.

Основу алгоритмов управления движением целесообразно построить на базе некоторого кинематического алгоритма, формирующего задающие сигналы на локальные контуры АНПА. Выбор кинематического алгоритма проводился исходя из особенностей применяемых гидролокационных средств классификации и идентификации, которые, в свою очередь, зависят от типа обнаруживаемых мин. В качестве объектов поиска выступали донные и якорные мины. Наиболее широко используемым средством поиска донных мин является гидролокатор бокового обзора (ГБО). Поскольку для получения и обработки изображения с ГБО требуется прямолинейное перемещение его носителя, рассматривались кинематические алгоритмы, реализующие движение по прямой линии от точки к точке с управлением боковым отклонением от траектории.

Для передачи сообщений в ходе выполнения действий в соответствии с описанной схемой был выбран синхронный коммуникационный цикл. Данный выбор обусловлен полудуплексным характером обмена информацией по гидроакустическому каналу, а также наличием задержек во времени распространения гидроакустического сигнала. В цикле предусмотрены временные окна для передачи информации от навигационных маяков, статусных сообщений аппаратов, отражающих их текущее местоположение и параметры работоспособности, а также отдельное окно для передачи сообщения лидера.

В процессе реализации общей схемы обнаружения мин группой АНПА ключевым параметром, влияющим на качество покрытия акватории, процент локализованных мин и погрешность вычисления их координат, является точность определения аппаратами своего местоположения. Навигация каждого аппарата

производится по системе счисления пути, корректируемой гидроакустической навигационной системой с длинной базой (ГАНС ДБ). ГАНС ДБ состоит из нескольких (от двух до четырех) навигационных маяков, каждый из которых рассылает свои координаты и метку времени отправки сообщения. На АНПА реализуются различные алгоритмы вычисления собственных координат, основанные на определении задержки распространения сигнала в водной среде.

В настоящее время ведется последовательное наращивание функциональности и отладка программного комплекса, моделирующего предложенную схему ПМД, с реализацией синхронного цикла обмена информацией и решением навигационной задачи. В дальнейшем планируются работы по моделированию ПМД с использованием имитатора работы реальных гидроакустических модемов в водной среде.

Список литературы

1. Kwang sub Song, Peter C. Chu. Conceptual Design of Future Undersea Unmanned Vehicle (UUV) System for Mine Disposal // IEEE System Journal, vol. PP, issue 99, 2012.
2. Willcox, S., Goldberg, D. Multi-Vehicle Cooperative Navigation and Autonomy with the Bluefin CADRE System // Proceedings of IFAC (International Federation of Automatic Control) Conference, Lisbon, Portugal, 20-22 Sept, 2006.
3. The Navy Unmanned Undersea Vehicle (UUV) Master Plan, 2004.
4. J. Enrique Reyes Diaz. Assigning Unmanned Underwater Vehicles (UUVs) to Mine Detection Operations // Naval Postgraduate School, Dudley Knox Library, 59 p., Dec, 1999.
5. T. Bean, et al. Language and Logic to Enable Collaborative Behavior among Multiple Autonomous Underwater Vehicles // International Journal of Intelligent Control and Systems, vol. 13, no. 1, pp. 67-80, 2008.
6. Rajala, A.G., Edwards, D., O'Rourke, M. Collaborative Behavior for Vehicle Replacement in AUV Formations // Proceedings of the 2005 ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Orlando, Florida, November 5-11, 2005.
7. Rajala, A.G., O'Rourke, M., Edwards, D. AUVish: An Application-Based Language for Cooperating AUVs // Proceedings of Oceans '06 MTS/IEEE-Boston, Boston, Massachusetts, September 18-21, 2006.

http://sntbul.bmstu.ru/doc/637298.html

8. Edwards, D.B., Bean, T., Odell, D., Anderson, M.J. A Leader-Follower Algorithm for Multiple AUV Formations // Proceedings of the 2004 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicles, Sebasco Estates, Maine, June 17-18, 2004.
9. Maurelli, F., Patron, P., Cartwright, J. Integrated MCM missions using heterogeneous fleets of AUVs // Proceedings of Oceans ’12-Yeosu, Yeosu, May 21-24, 2012.