

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Сибирский федеральный университет
Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»

Робототехника и искусственный интеллект

Материалы XIII Всероссийской
научно-технической конференции
с международным участием

г. Железногорск, 27 ноября 2021 г.

Электронное издание

Под научной редакцией В.А. Углева

Железногорск 2021

УДК 004.896(08)
ББК 32.816я43
P584

P584 Робототехника и искусственный интеллект: материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием (г. Железногорск, 27 ноября 2021 г.) / под науч. ред. В.А. Углева. – Электрон. дан. (8,1 Мб). – Красноярск: ЛИТЕРА-принт, 2021. – 280 с.

ISBN 978-5-907558-02-1

Сборник включает тексты докладов участников конференции по различным вопросам робототехники и искусственного интеллекта.

Основными темами конференции стали мехатроника, системы искусственного интеллекта при управлении роботами, формирование баз знаний и интеллектуальных алгоритмов, экстремальная робототехника, интеллектуальный анализ данных и обучающие системы.

Представляет интерес для научных работников, аспирантов, преподавателей вузов, магистрантов, студентов и школьников.

УДК 004.896(08)
ББК 32.816я43

ISBN 978-5-907558-02-1

© Коллектив авторов, 2021

Электронное научное издание

ISBN 978-5-907558-02-1



9 785907 558021

СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ

Секция 1

Робототехнические системы и комплексы, мехатроника 4

Секция 2

Специальная робототехника 39

Секция 3

Инженерия знаний и базы знаний82

Секция 4

**Модели и методы анализа данных в интеллектуальных системах
..... 114**

Секция 5

Алгоритмы и системы искусственного интеллекта 147

Секция 6

Управление роботами и интеллектуальная автоматизация 189

Секция 7

**Образовательные и социогуманитарные аспекты искусственного
интеллекта и робототехники 247**

Содержание 276

А.Ю. Коноплин, к.т.н., kayur-prim@mail.ru
А.П. Юрманов, магистрант, yurmanov_a@mail.ru
Институт проблем морских технологий ДВО РАН, Владивосток
В.С. Тарасов, ведущий инженер, vals.tarasov@gmail.com
ФГБОУ ВО "Владивостокский государственный университет
экономики и сервиса", Владивосток

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ НАХОЖДЕНИЯ АНПА В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ГАНС УКБ

Аннотация: В работе представлена система для отслеживания нахождения автономных необитаемых аппаратов (АНПА) в зоне действия гидроакустической навигационной системы с ультракороткой базой (ГАНС УКБ). Эта система реализует разработанные методы определения зоны действия ГАНС УКБ и согласованного перемещения судна-носителя и АНПА для безопасного выполнения запланированных глубоководных миссий. На основе данных о положении и ориентации судна носителя, а также поступающей от АНПА телеметрии формируются рекомендации оператору для перемещения судна в заданном направлении. Работоспособность реализованной на языке C++ системы была проверена с использованием реальных данных, собранных в морской экспедиции.

Ключевые слова: автономный необитаемый подводный аппарат, навигационная система, глубоководные миссии, поддержка операторов

A.Yu. Konoplin, Ph.D., kayur-prim@mail.ru
A.P. Yurmanov, master's degree, yurmanov_a@mail.ru
Institute of Marine Technology Problems FEB RAS, Vladivostok
V.S. Tarasov, lead engineer, vals.tarasov@gmail.com
FSEI HPE "Vladivostok State University of Economics and Service," Vladivostok

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR TRACKING THE LOCATION OF AUV IN THE AREA OF ACTION OF THE USBL

Abstract: The paper presents a system for tracking the location of autonomous unmanned vehicles (AUV) in the area of operation of the sonar navigation system with an ultrashort baseline (USBL). This system implements the developed methods for determining the area of action of the USBL and the coordinated movement of the carrier vessel and AUV for the safe execution of planned deep-sea missions. Based on the data on the position and orientation of the carrier vessel, as well as the telemetry received from AUV, recommendations are formed to the operator for moving the vessel in a given direction. The operability of the system implemented in C++ was tested using real data collected during a marine expedition.

Key words: autonomous unmanned underwater vehicle, navigation system, deep-sea missions, operator support.

Введение

В настоящее время для исследования и освоения Мирового океана активно используются необитаемые подводные аппараты различных типов. Автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА) являются одними из самых удобных средств для прецизионного транспортирования группы датчиков, которые могут получить непрерывную картинку распределения физических и гидрохимических параметров водной среды, а также для эффективного бесконтактного мониторинга окружающей среды с помощью съемки фотокамерами и гидролокаторами на полигонах большой площади [1, 2].

В условиях морских экспедиций контроль местоположения АНПА обеспечивается гидроакустическими навигационными системами с ультракороткой базой (ГАНС УКБ) [1-4]. Если АНПА покидает зону действия ГАНС УКБ, оператор не может определить текущие координаты его местонахождения. При длительном отсутствии сигнала миссию аппарата приходится завершать аварийно. Такие ситуации возникали при выполнении экспедиционных работ на НИС «Академик М.А. Лаврентьев» (рейс №94) с АНПА «ММТ-3500», разработанным и изготовленным в ИПМТ ДВО РАН. В частности, на рисунке 1 показан участок траектории движения АНПА, на котором этот аппарат покинул зону действия ГАНС УКБ.



Рис. 1. Треки перемещения АНПА

Для решения этой проблемы в докладе предлагается система, позволяющая своевременно перемещать судно-носитель в сторону АНПА с учетом характеристик ГАНС УКБ, а также возможностей позиционирования судна.

Определение зоны действия ГАНС УКБ

ГАНС УКБ определяет текущие координаты x_a , y_a и z_a АНПА в жестко связанной с судном прямоугольной системе координат xuz , начало которой расположено в центре его величины (водоизмещения), ось y совпадает с горизонтальной продольной осью судна, ось z – с его вертикальной осью (направлена вниз), а x составляет с ними правую тройку. Причем эти координаты местоположения АНПА определяются только при нахождении зоны выполнения работ или целевой точки маршрута аппарата в зоне действия ГАНС УКБ, которая представляет собой конус с вершиной в точке, где расположена антенна ГАНС УКБ [5]. Для упрощения дальнейшего описания этой зоны примем, что антенна находится в начале СК xuz (рис. 2). Параметры области охвата антенны определены по умолчанию ее углом раскрытия α и наклонной дальностью l [6].

Однако низкая частота обновления координат АНПА, дрейф и качка судна значительно уменьшают зону стабильной работы ГАНС УКБ. С учетом этого для текущего местоположения АНПА зона стабильного действия ГАНС УКБ (рис. 2) будет рассчитываться на основе величины e_1 :

$$e_1 = (z_a \tan(\alpha - \gamma) - \|\vec{v}_a - \vec{v}_v\|t - j)k_1,$$

где t – период обновления координат АНПА, зависящий от частоты опроса координат и удаленности аппарата от антенны; j – ошибка измерений ГАНС УКБ, которая также зависит от удаленности АНПА от антенны и внешних факторов (качка судна, экранизация антенны и др.); γ – максимальная величина крена судна при волнении; \vec{v}_v – вектор скорости движения судна (дрейф); \vec{v}_a – вектор скорости движения АНПА; k_1 – дополнительный коэффициент безопасности (определяется оператором экспериментально).

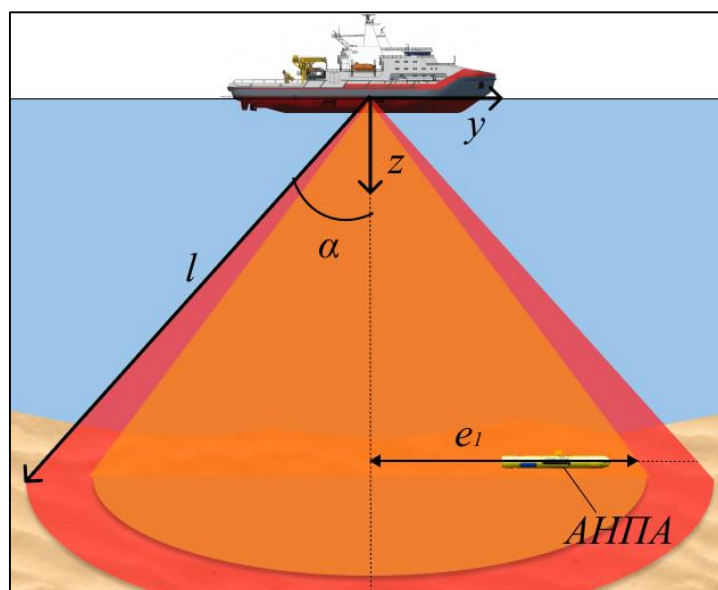


Рис. 2. Зона действия ГАНС УКБ

Обеспечение согласованных перемещений судна и АНПА

При планировании миссии АНПА, а также в процессе ее выполнения необходимо правильно позиционировать судно-носитель относительно зоны выполнения работ. Если судно оборудовано системой динамического позиционирования не ниже второго класса, которая автоматически удерживает его в заданной точке пространства с требуемым углом курса при максимальных расчетных параметрах воздействия внешней среды [7], то при подходе АНПА к границе зоны стабильного действия ГАНС (рис. 2) судно перемещается в направлении текущего положения аппарата. Однако многие научно-исследовательские суда, работающие с подводными аппаратами [8], не оборудованы такими системами, поэтому для их перемещения в заданном направлении сначала необходим разворот (циркуляция) на заданный курсовой угол. Чтобы учесть время циркуляции и заблаговременно сообщить оператору о необходимости перемещения судна предлагается обозначить еще одну область у границы зоны действия ГАНС УКБ (рис. 3), зависящую от величины $e_2(\varepsilon)$:

$$e_2(\varepsilon) = \frac{\varepsilon}{360^\circ} T \|\vec{v}_v\| k_2,$$

$$\varepsilon = |K_v - K_1|,$$

где K_v – текущий курс судна; K_1 – желаемый курс по направлению к дальнейшей вершине полигона; T – период циркуляции судна; k_2 – дополнительный коэффициент безопасности (определяется оператором экспериментально). После постановки на желаемый курс судну необходимо переместиться на расстояние не менее $S = t_1 \|\vec{v}_v\|$, где t_1 – оставшееся время выполнения миссии.

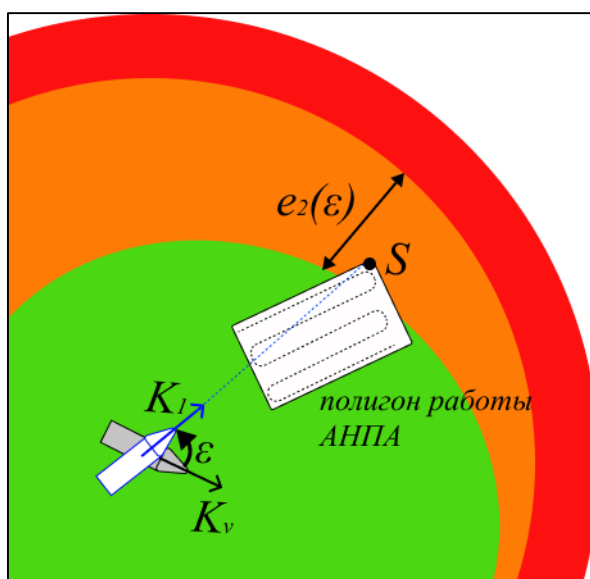


Рис. 3. Зоны покрытия ГАНС УКБ

Программная реализация и тестирование системы

Предложенная система для отслеживания нахождения АНПА в зоне действия ГАНС УКБ была реализована на языке C++, графический интерфейс создан с использованием библиотек Point Cloud Library (PCL) [9] (рис. 4).

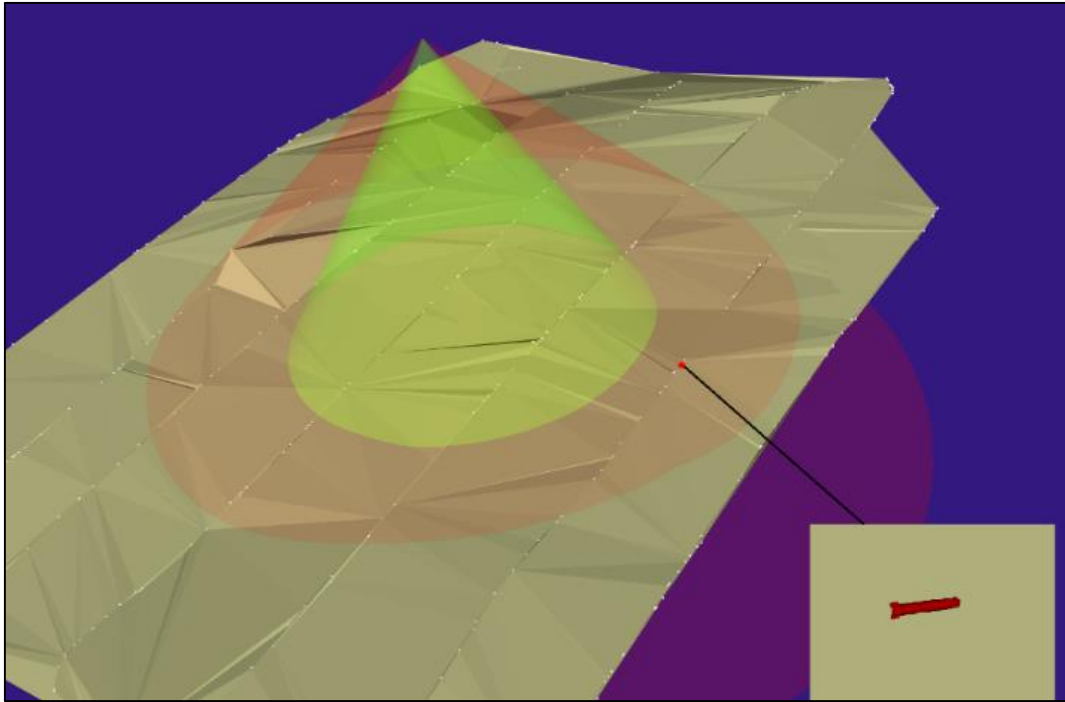


Рис. 4. Отображение зоны покрытия ГАНС УКБ и модели донной поверхности графическим интерфейсом системы

Также был реализован функционал для построения и визуализации математической модели донной поверхности, а также выполнено успешное тестирование на основе экспериментальных данных, полученных при проведении батиметрии судовым эхолотом. В результате созданная система на основе анализа данных, поступающих от подсистем аппарата и судового оборудования, позволяет наглядно отображать взаиморасположение судна и АНПА с помощью графического интерфейса, а также формировать предупреждения и рекомендации для оператора аппарата и экипажа обеспечивающего судна. Использование этой системы позволит добиться улучшения качества выполнения АНПА различных миссий и обеспечит их безопасную работу.

Экспедиция Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН на борту НИС «Академик М.А. Лаврентьев» (рейс №94 2021г.) профинансирована Министерством науки и высшего образования РФ.

Список литературы

1. Бабаев Р.А., Боловин Д.А., Борейко А.А., Боровик А.И., Ваулин Ю.В., Коноплин А.Ю., Трегубенко Д.И., Михайлов Д.Н., Щербатюк А.Ф. Технология использования АНПА для исследования глубоководных экосистем Атлантического сектора Антарктики // Подводные исследования и робототехника. – 2020. – №2 (32). – С. 13-21.
2. Михайлов Д.Н. и др. Применение автономного необитаемого подводного аппарата для гидрографических исследований в Охотском море // Подводные исследования и робототехника. – 2017. – №. 2. – С. 4-13.
3. Инзарцев А.В., Киселев Л.В., Матвиенко Ю.В. Навигация и управление автономных подводных роботов // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2010. – Т. 104. – №. 3.
4. Ваулин Ю.В., Дубровин Ф.С., Щербатюк А.Ф. Интегрированная система навигации и связи АНПА "ММТ-3000" и опыт ее использования в работах на глубоководных протяженных трассах // Подводные исследования и робототехника. – 2017. – №. 2. – С. 14-19.
5. Underwater Acoustic Modems [Электронный ресурс]: режим доступа – <https://evologics.de/acoustic-modem/42-65/usbl-serie>.
6. Гидроакустическая навигационная система [Электронный ресурс]: режим доступа – <http://www.imtp.febras.ru/razrabotki/77.html>.
7. Занин В.Ю. Использование телеуправляемых подводных аппаратов (ТПА) со специализированных и неспециализированных плавсредств // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2010. – Т. 104. – №. 3.
8. Филаретов В.Ф., Коноплин А.Ю., Коноплин Н.Ю. Разработка и натурные испытания системы интеллектуальной поддержки деятельности операторов ТНПА // Подводные исследования и робототехника. – 2018. – №2 (26). – С. 12-20.
9. Interactive Iterative Closest Point: Documentation of Point Cloud Library. [Электронный ресурс]: режим доступа – http://pointclouds.org/documentation/tutorials/interactive_icp.php.