

Исследование методов позиционирования робототехнических воздушных комплексов

К.Д. Русаков,
м.н.с., rusakov.msk@yandex.ru,
В.И. Гончаренко,
в.н.с., д.т.н., доц., vladimirgonch@mail.ru,
ИПУ РАН, МАИ (НИУ), г. Москва,
Д.В. Крахмалёв,
доц., к.т.н., krahmalev@mail.ru,
Финанс. ун-т, г. Москва

В настоящее время разработке методов позиционирования робототехнических воздушных комплексов (РТВК) уделяется значительное внимание, так как повышение точности позиционирования в различных условиях позволяет более качественно подходить к решению таких задач как: навигация и управление, обработка данных (в текстовом, аудио- или видеоформате), автоматизация работы или реализация беспилотных решений и т.д. Особенно актуальны такие задачи в условиях неопределенности внешних условий. К примеру, это проблемные вопросы автоматизации мониторинга объектов в условиях различных возмущений (сильный ветер, зашумленная обстановка и др.).

Currently, the development of methods implementing the positioning functions of robotic air systems is being given attention, since increasing the accuracy in different conditions allows a qualitatively find different approach to solving such problems as navigation and control, data processing (in text, audio or video format), automation of work or implementation of unmanned solutions, etc. Particularly interesting are these tasks under conditions of uncertainty in external conditions. For example, these are problematic issues of automatic monitoring of objects under various disturbances (strong wind, noisy environment, etc.).

Введение

В настоящий момент разработкам систем, решающих задачи позиционирования воздушных робототехнических комплексов уделено много внимания, так как создание таких систем с приемлемой точностью может заметно продвинуть существующие технологии и прийти к более качественному решению таких задач, как навигация и управление, обеспечение пользователя информацией в текстовом, аудио- или видео формате, автоматизация работы, замена человеческих ресурсов и т.д. Особенно актуальны эти задачи в условиях неопределенности внешних условий, например, это могут быть задачи автоматизации мониторинга объектов в условиях различных внешних воздействий (сильный ветер, зашумленная обстановка и т.д.). Таким образом, данная сфера науки и техники имеет большой потенциал для создания и развития систем позиционирования воздушных робототехнических комплексов. В настоящее время, для решения вопросов позиционирования воздушных робототехнических комплексов создано большое количество систем, работающих на основе разных принципов. В тоже время, для обоснованного выбора требуемого метода позиционирования требуется проведение классификации таких методов и разработки специальной методики выбора нужного метода. Решению названных вопросов и посвящена настоящая работа.

1. Позиционирование и навигация. Дефиниция понятия

Любое исследование необходимо начать с установления понятийного аппарата, применимого в рамках данного исследования. На рис. 1 представлена обобщенная схема систем позиционирования и навигации. *Позиционирование* – реализация возможных способов использования системы для определения параметров пространственного состояния объектов наблюдения. Такими параметрами могут быть координаты приемника, вектор скорости его перемещения, пространственный вектор между двумя приемниками, точное время позиционирования, видео, аудиоинформация и др. Параметрами может выступать различного рода информация, в том числе неструктурированная, в зависимости от применяемых методов дальнейшей обработки этих данных (X_i).

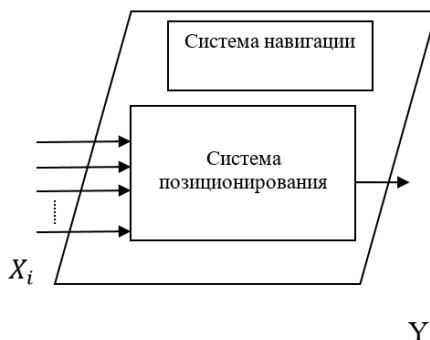


рис.1 Обобщенная структурная схема системы позиционирования и навигации

Следует отличать понятие «*позиционирование*» от понятия «*навигация*». Часто эти два термина применяют как синонимы. В действительности они родственны, но не тождественны. Термин «навигация» происходит от латинского слова *navigatio*, где *navigo* означает «плыть на судне».

Задачами навигации являются:

- управление движением аппарата в данном пространстве, включая выбор оптимального пути (траектории) перемещения;
- определение местоположения, направления, скорости и других параметров движения.

Таким образом, навигация интегрирует в себе две составляющие – позиционирование и управление объектом (выбор оптимального маршрута).

Термин «позиционирование» связан со словом «позиция», происходящим от латинского *positio* — «положение». Данный термин связан с процессом определения координат. Понятие «позиционирование» характеризует как процесс определения координат отдельного пункта, так и процесс определения вектора между двумя пунктами. Несмотря на широкое использование термина «позиционирование», иногда его заменяют словами «определение координат». Однако, это не совсем корректно. Термин «определение координат» является обобщающим, применимым к любым способам их установления, в то время как слово «позиционирование» указывает на специфику применения конкретных средств и процессов при решении этих задач.

Разработке методов позиционирования посвящено множество научных работ. Немалый интерес вызывает и классификация этих методов.

2. Методы позиционирования

В процессе проведения исследования было выяснено, что в настоящее время отсутствует полная классификация методов позиционирования воздушных робототехнических комплексов. На рис.2 представлен вариант классификации по типам обрабатываемых сигналов.

Методы позиционирования разбиваются на четыре обособленные группы: спутниковые (глобального позиционирования), локального позиционирования, визуального позиционирования и способы использующие радиочастотные метки.

Наиболее многочисленной группой, включающей в себя несколько подгрупп, является группа методов локального позиционирования. И, одновременно, самой обширной подгруппой в методах локального позиционирования является подгруппа радиочастотных методов.

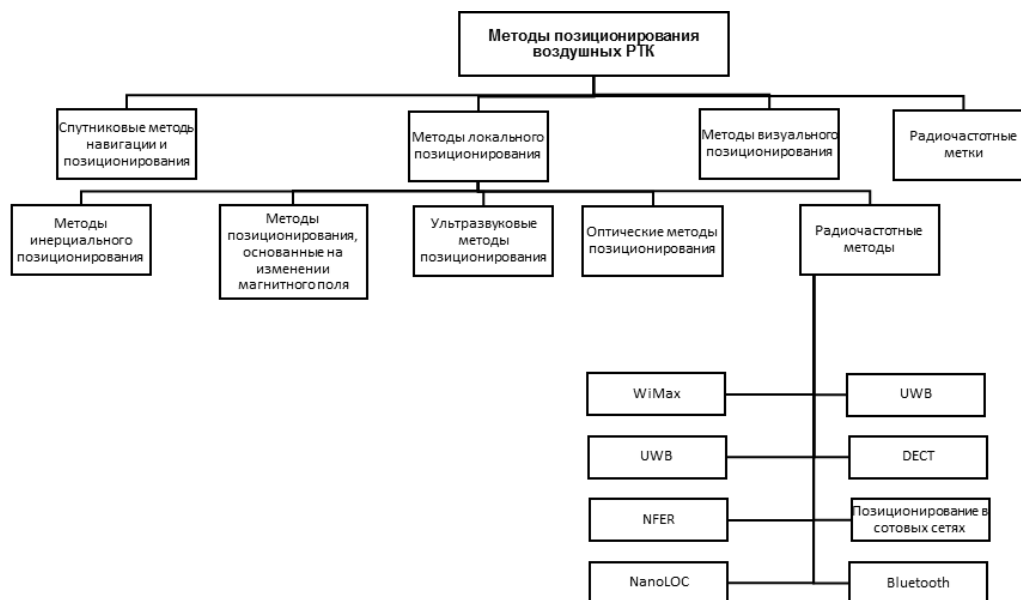


рис.2 Классификация по типам сигналов

Наиболее часто используются стандартные методы глобального позиционирования и радиочастотные технологии, так как такие решения являются экономически выгодными, однако существуют решения на основе ультразвуковых датчиков, а также технологий ближнего поля, с использованием широкополосных сигналов или перспективные технологии «машинного зрения». Зачастую производители проектируют оборудование на основе комбинации двух или трех технологий. Учитывая, что использование способов глобального позиционирования сопряжено с высокой чувствительностью к качеству сигнала, а использование нерадиочастотных способов существенно ограничивает дальность действия локальных методов, на настоящий момент не решается проблема позиционирования в условиях различного рода внешних воздействий, что является актуальным в случаях чрезвычайных ситуаций. Таким образом, кажется перспективным дальнейшее исследование систем позиционирования воздушных робототехнических средств и их особенностей в различных условиях.

3. Выбор метода позиционирования

Выбор методов позиционирования для объектов воздушных робототехнических средств представляет собой довольно сложную и, часто, неоднозначную задачу. При этом необходимо учитывать целый ряд взаимосвязанных факторов: надежность объектов, экономическую эффективность их эксплуатации, характеристики эксплуатационной технологичности, наличие и уровень развития средств контроля объектов и т.д. Для воздушного робототехнического средства в целом невозможно и нецелесообразно назначать какой-то один метод позиционирования на все случаи жизни. Например, нельзя утверждать, что воздушное робототехническое средство будет работать при различных внешних воздействиях по конкретному методу. В ходе предстоящих исследований будет предложено в зависимости

от вида, типа и характеристик объекта воздушного робототехнического средства, а также от типа и характера внешних воздействий применять определенные методы позиционирования. Полагается, что во многих случаях для систем бортового оборудования воздушного робототехнического средства оказывается нецелесообразным назначение одного метода позиционирования, так как в условиях различного рода внешних воздействий необходимо будет сменить метод. По совокупности имеющихся методов составляется исходная таблица методов и их признаков (таблица 1).

Таблица 1

Оценка показателей методов позиционирования

Метод позиционирования	Значение оцениваемых показателей				
	Π_1	Π_2	Π_3	...	Π_n
Ω_1	$\Pi_{1,1}$	$\Pi_{1,2}$	$\Pi_{1,3}$...	$\Pi_{1,n}$
Ω_2	$\Pi_{2,1}$	$\Pi_{3,2}$	$\Pi_{4,3}$...	$\Pi_{2,n}$
...
Ω_m	$\Pi_{m,1}$	$\Pi_{m,2}$	$\Pi_{m,3}$...	$\Pi_{m,n}$

Методы, применяемые для конкретного воздушного робототехнического средства, выбираются по значениям соответствующих признаков, и используются в дальнейшем исследовании.

Заключение

Развитие методов и технологий навигации и позиционирования оказало огромное влияние на повседневную деятельность человека, обеспечило предоставление новых возможностей не только в такой области, как робототехника, но и в таких областях, как геодезия и картография, изыскательские работы, природоохранные мероприятия и многие другие. Таким образом, влияние методов и технологий навигации и позиционирования на человеческое сообщество в последние годы существенно выросло. В то же время, научные и технические публикации по навигации и позиционированию, за редким исключением, носят узконаправленный специализированный характер. Практически отсутствуют системные публикации, рассматривающие разнородные методы позиционирования, как совокупность взаимодополняющих технологий решения общей задачи. В данной научной работе предпринята попытка систематизировать имеющиеся методы и технологии позиционирования воздушных робототехнических средств, а также выделить основной вектор дальнейшего направления исследований.

Исследование выполнено при частичной поддержке РФФИ, научный проект № 16-08-00832 а.

Литература

1. Серапинас Б.Б. Глобальные системы навигации и позиционирования / Геопрофи 2010. №2. С. 60-65.
2. Малышев А.В., Семенова А.Ю., Омельяничук Е.В. Обзор технологий позиционирования мобильных объектов в реальном времени / Международный союз ученых «Наука. Технологии.Производство», 2014. № 3. С. 115-118. <https://habrahabr.ru/company/rtl-service/blog/281837/>.
3. <https://habrahabr.ru/company/rtl-service/blog/282357/>.
4. Красильщиков М.Н., Себряков Г.Г. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 280 с.
5. Антиох Г.М., Рожнов А.В., Луо Л.Л. Исследование возможностей модификации радиально-базисной функции при построении системы локализации в здании / Материалы 18-й Международной научной конференции "Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь" (DCCN-2015, Москва). М.: ИПУ РАН, 2015. С. 287-301.
6. Дардари Д., Фаллетти Э., Луизе М. Методы спутникового и наземного позиционирования. Перспективы развития технологий обработки сигналов / М.: Техносфера, 2012. - 528 с.
7. Nikolai Smolyanskiy, Alexey Kamenev, Jeffrey Smith, Stan Birchfield Toward Low-Flying Autonomous MAV Trail Navigation using Deep Neural Networks for Environmental Awareness / Robotics (cs.RO) arXiv:1705.02550.
8. Нечаев В.В., Гончаренко В.И., Рожнов А.В., Лычев А.В., Лобанов И.А. Интеграция компонентов виртуальной семантической среды и обобщенной модели анализа среды функционирования // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2016. Т. 12, №3, часть 1. С. 187-194.
9. Гончаренко В.И., Лобанов И.А. Управление группой разнотипных дистанционно-управляемых робототехнических комплексов на примере высокоскоростных летательных аппаратов / Материалы 8-й Всероссийской мультikonференции по проблемам управления (МКПУ-2015, Ростов-на Дону). Ростов н/Д.: ЮФУ, 2015. Т. 2. С. 165-167.
10. Рожнов А.В. Творческие материалы «круглого стола». Часть II. Системная интеграция и моделирование новых эффектов в сфере интеллекта // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2016. № 3. С. 3-12.
11. Гончаренко В.И., Легович Ю.С., Рывкин С.Е. Обработка телеметрической информации о кинематических параметрах движения летательных аппаратов на основе дискретного вейвлет-преобразования // Доклады 18-й международной конференции. Серия: "Цифровая обработка сигналов и её применение— DSPA-2016". (Москва,30 марта – 01 апреля 2016 г.). 2016. Том 1, выпуск: XVIII-1. – М.: РНТОРЭС имени А.С. Попова. С. 442-447.
12. Рожнов А.В., Лобанов И.А., Бимаков Е.В. Обоснование задач системной интеграции и информационно-аналитическое моделирование проблемно-ориентированных системы управления на предпроектном этапе жизненного цикла / Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления (ВСПУ-2014, Москва). М.: ИПУ РАН, 2014. С. 7474-7479.

14. Гончаренко В.И., Кобзарь А.А., Корнеев А.А., Кучерявенко Д.С. Алгоритм оценивания характеристик баллистического объекта при неизвестных параметрах его математической модели движения и некачественной измерительной информации // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, 2011. №4. С. 128-135.
15. Гончаренко В.И., Кучерявенко Д.С., Гойденко В.К., Скорик Н.А. Распознавание типа аварийной ситуации при испытании беспилотного космического аппарата на основе использования вейвлет-преобразования // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2016. №1. С. 39-48.
16. Рожнов А.В., Лобанов И.А. Актуальные вопросы системной интеграции в задачах акустического мониторинга беспилотных летательных аппаратов и шумовой обстановки в городской среде / Труды 18-й Международной конференции "Цифровая обработка сигналов и её применение - DSPA-2016", Москва. М.: РНТОРЭС им. А.С. Попова, 2016. Т. 2. С. 923-927.
17. Патент Xuejun Cai, Jan Christoffersson, Shunliang Zhang, Vincent Huang Methods, wireless device and network node for managing positioning method based on prediction / US 9749805 B2 – 2017. – Китай.
18. Патент Lauri Wirola Selection of a relative positioning method / US 9696431 B2 – 2017. – Финляндия.
19. Патент Karl Torbjörn Wigren, Claudia Muñoz Garcia Selection of a relative positioning method / US 9696431 B2 – 2017. – Швеция.
20. Патент Lun-Wu Yeh, Che-Yen Lu, Yueh-Feng Lee, Yu-Hsuan Lin, Yu-Chee Tseng Positioning method and positioning system based on light intensity / US 9405000 B2 – 2017. – Китай.
21. Патент Muhammad Kazmi, Iana Siomina Methods and systems for enabling user activity-aware positioning / WO 2012112104 A1 – 2012. – Швеция.