

ЛОКАЛИЗАЦИЯ, КАРТОГРАФИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ МОБИЛЬНЫМИ РОБОТАМИ ПРИ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ В СОСТАВЕ ГРУППЫ «НАЗЕМНЫЙ РОБОТ – БПЛА»

Илюхин Ю.В., Дейнекин И.Э.

*Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,
Москва*

Ключевые слова: автономный мобильный робот, картографирование, локализация, групповое управление, ROS, Gazebo, Rviz.

Аннотация. Рассмотрен подход к построению совместно функционирующих наземных и воздушных роботов, предназначенных для применения в условиях сложного рельефа местности и при наличии неподвижных и подвижных препятствий. Предложены компоновочное решение, распределение задач и особенности взаимодействия роботов при картографировании и локализации. Излагаются вопросы построения и исследования моделей группы роботов с применением ROS (Robot Operating System) и среды симуляции «Gazebo».

LOCALIZATION, MAPPING AND MANAGEMENT MOBILE ROBOTS ON THEIR TERRITORY IN THE GROUP "GROUND ROBOT – UAV"

Ilyukhin Yu.V., Deynekin I.E.

Moscow State University of Technology "STANKIN", Moscow

Keywords: autonomous mobile robot, mapping, robot localization, group management, ROS, Gazebo, Rviz.

Abstract. An approach to the construction of jointly functioning ground and air robots designed for use in conditions of complex terrain and in the presence of fixed and moving obstacles is considered. A layout solution, distribution of tasks and features of the interaction of robots during mapping and localization are proposed. The issues of building and researching models of a group of robots using ROS (Robot Operating System) and the Gazebo simulation environment are outlined.

Введение

Взаимодействие группы автономных роботов между собой и определение их взаиморасположения является одной из важных задач при построении мультиагентных систем. Решение этой задачи необходимо, в частности, для совместного картографирования и планирования на этой основе маршрута движения беспилотного наземного робота (БНР). В реальных условиях картографирование, осуществляемое с использованием только БНР, не всегда возможно и ограничено сложным рельефом местности, препятствиями и дальностью действия сенсоров БНР. Эти обстоятельства приводят к недостатку информации, необходимой для принятия правильного решения о движении наземного робота. Поэтому целесообразно рассматривать совместно работающую пару роботов, состоящую из воздушного робота (БПЛА) и наземного робота, которые обмениваются доступными им сведениями и восполняют потерю информации, вызванную сложным рельефом местности и препятствиями на пути движения БНР.

1. Подход к реализации картографирования, локализации и взаимодействия роботов в составе группы

Одной из задач, связанных с созданием совместно работающих БПЛА и БНР, является анализ существующих подходов к реализации картографирования, локализации и взаимодействия роботов в составе группы. Предполагается, что БНР имеет на борту лазерный сканер – дальномер (LIDAR). При сканировании окружающей среды вращающимся лазерным дальномером определяются статические и динамические объекты, которые попадают в горизонтальную плоскость, контролируемую лидаром.

В качестве основы системы управления создаваемой группой роботов целесообразно использовать ROS (Robot Operating System), полезный, прежде всего, для моделирования и исследования свойств такой группы. Для графического отображения сканируемой местности используется пакет Rviz в среде ROS. Данный графический пакет Rviz в составе ROS отображает поверхность в двумерном пространстве. В процессе исследования местности выявляются проблемы, обусловленные рельефом поверхности.

В отсутствие информации об изменении поверхности и преодолении недоступных мест актуально использование БПЛА, а значит появляется вопрос взаимодействия в составе группы. Использование наземного робота с БПЛА дает возможность решать задачу картографирования и постройки маршрута на пересеченной местности. Одновременно с этим появляется возможность прогнозировать развитие ситуации в динамически нестабильной окружающей среде. Обмен информацией между участниками группы с целью дальнейшего объединения результатов для картографирования и постройки маршрута движения наземного мобильного робота предлагается осуществлять, используя радиоканал связи и передачу данных лазерными излучателями.

При исследовании свойств группы взаимодействующих роботов актуально использование пакета симуляции Gazebo, в который загружается адаптированная программная модель мобильного наземного робота и БПЛА мультироторного типа из библиотеки «hector_quadrotor» для фреймворка ROS (Robot Operating System). При помощи специального программного обеспечения в данный симулятор загружаются модели роботов, построенные в среде Solidworks. БПЛА и наземный мобильный робот используют Unified Robot Description Format (URDF) для описания физических и механических свойств модели. Для БПЛА в качестве информационного устройства был использован LIDAR. Следует отметить, что размещение плоскости контроля LIDAR параллельно плоскости вращения винтов бесполезно, так как при этом невозможно отслеживать изменение рельефа поверхности. Поэтому LIDAR был размещен таким образом, что его плоскость контроля располагается вертикально. Локализация БПЛА производится средствами самого симулятора. При реализации роботов для их локализации могут использоваться датчики инерциальной навигации, а также GPS и ГЛОНАСС. Хотя точность GPS невелика, эта система может решать задачу одометрии и навигации одновременно. Повышая точность локализации, рационально использовать SLAM – технологии в совокупности с GPS.

2. Компоночные решения БПЛА и наземного мобильного робота при их взаимодействии в составе группы

Главным объектом, осуществляющим картографирование и расчёт маршрута, является наземный робот, а БПЛА в данной группе представляет собой поставщик дополнительной информации (рис. 1). С целью снижения веса БПЛА и увеличения на этой основе дальности и продолжительности его полета, основные вычислительные узлы расположены на шасси наземного робота. Предлагаемое расположение основных узлов наземного мобильного робота показано на рисунке 2.

Данная компоновка позволяет централизовать вычислительные процессы и минимизировать задачи для БПЛА, экономя расход энергии и увеличивая время его работы.

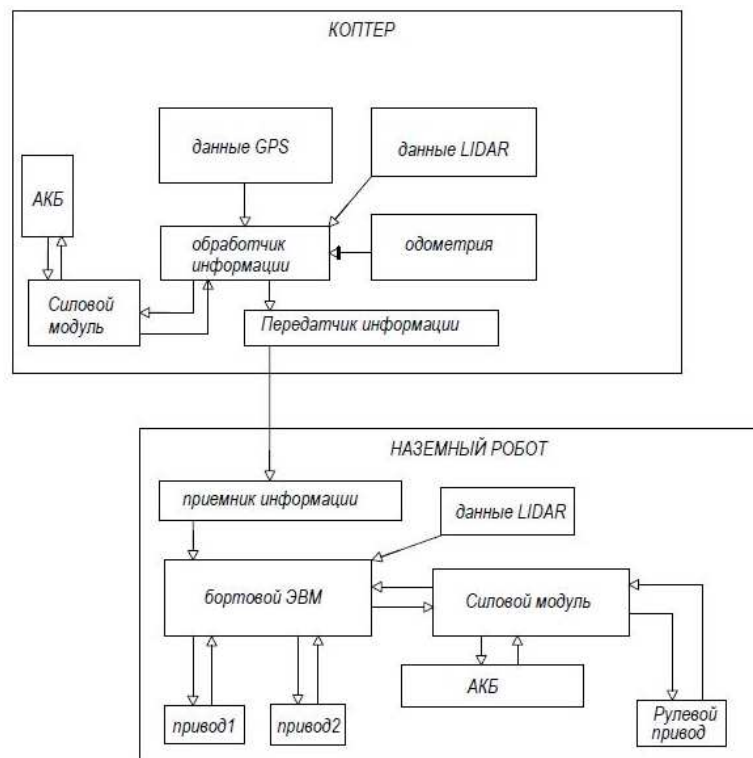


Рис. 1. Схема компоновки, получения и обработки информации

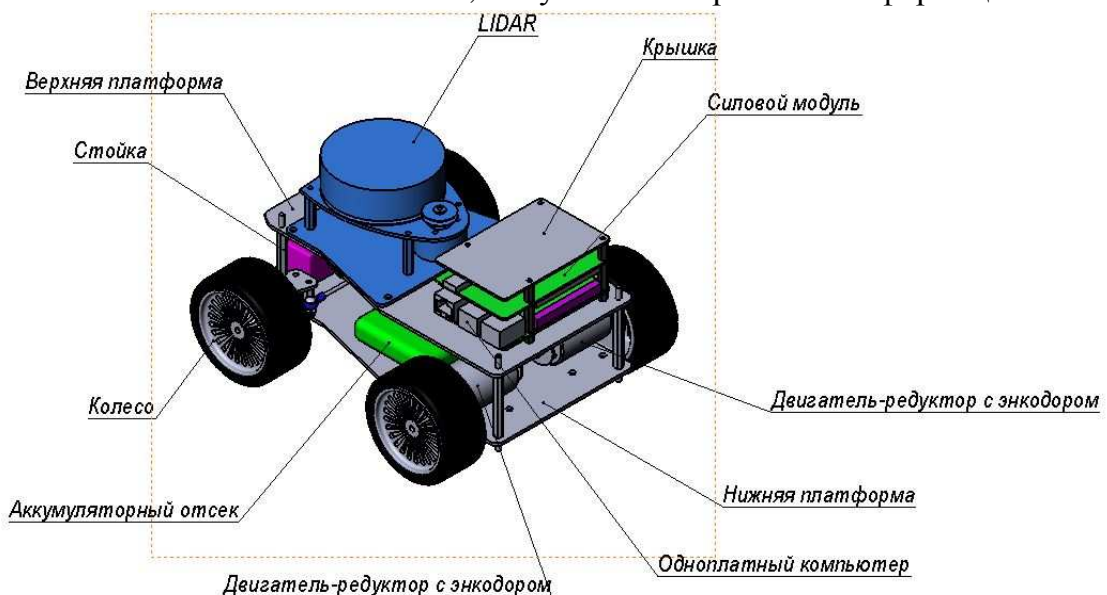


Рис. 2. Схема расположения основных узлов наземного мобильного робота

Задача коптера заключается в сканировании при помощи лидара рельефа местности и в передаче данных в режиме реального времени на вычислительный блок наземного мобильного робота при помощи выбранных средств связи.

3. Методы осуществления навигации

Методы планирования пути движения беспилотного мобильного робота могут быть условно разделены на три типа: глобальный, локальный и динамический. Глобальный и локальный типы рассмотрены в статье [1]. Отметим, что в этой статье маршрут наземного беспилотного робота определяется без учёта механических особенностей, свойств поверхности движения и внезапных динамических изменений окружающей среды. Среди глобальных методов планирования, которые могут быть положены в основу организации управления рассматриваемой группой роботов, представляют интерес граф видимости, диаграмма Вороного, метод потенциального поля, алгоритмы RRT, методы быстрорастущих случайных деревьев (англ. *rapidly exploring random trees*), клеточное разбиение (англ. *cell decomposition*). Для решения задачи локального построения планировки маршрута применяется метод динамического окна (Dynamic Window Approach) [2]. Преимущество этого метода заключается в учете динамики робота, что даёт возможность совершать безопасные манёвры, не сталкиваясь с препятствиями. Картографирование на мобильной платформе требует больших ресурсов для обработки получаемой информации от БПЛА и самого наземного мобильного робота. Для уменьшения нагрузки на бортовой компьютер рационально будет использовать так называемые решетки занятости [3]. Их можно использовать в виде матрицы целых чисел, которые в зависимости от проходимости имеют диапазон от 0 до 100. В данном случае карту можно представить в виде растрового изображения в цветной гамме. Данная возможность позволит учитывать изменение рельефа местности при построении маршрута для наземного мобильного робота и заранее составлять план скорости движения робота с учётом требований к экономии энергии.

Вывод

Рассмотренный подход к построению взаимодействующих наземных и воздушных роботов, а также концепция организации обмена между ними информацией позволяют расширить область их применения в условиях, связанных со сложным рельефом местности и наличием неподвижных и подвижных препятствий в результате информационной поддержки наземного робота со стороны БПЛА.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках выполнения государственного задания (FSFS-2021-0004).

Список литературы

1. Габдуллина А.Р., Буйвал А.К., Лавренов Р.О., Магид Е.А. ROS – моделирование и взаимодействия БПЛА и наземного беспилотного робота для решения задачи планирования маршрута в статической среде // Третий всероссийский научно-практический семинар «Беспилотные транспортные средства с элементами искусственного интеллекта», Труды семинара. – М: Изд-во «Перо», 2016. – С. 21-30.

2. Fox D., Burgard W., Thrun S. The dynamic window approach to collision avoidance // IEEE Robotics & Automation Magazine. 1997, vol. 4, no 1, pp. 23-33.
3. Elfes A. Using occupancy grids for mobile robot perception and navigation // Computer. 1989, vol. 22, no 6, pp. 46-57.

Сведения об авторах:

Илюхин Юрий Владимирович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой робототехники и мехатроники;

Дейнекин Илья Эдуардович – аспирант.