

- б) датчик уровня воды [5] для слежения за количеством оставшейся воды, чтобы вовремя оповестить пользователя о том, что резервуар пуст;
- 7) экран [6] для отображения необходимой информации (например, дата, время, влажность и температура воздуха, влажность почвы);
- 8) кнопки [7] для управления (например, изменения частоты полива вручную, изменения типа растения, ввод режима полива и т.д.);
- 9) часы реального времени [8], необходимы для контроля за режимом полива (для некоторых растений необходим более редкий полив зимой, некоторые растения лучше поливать утром и т.д.).

Функционал разработанного устройства планируется расширить, путем возможности управления поливом нескольких растений с одного управляющего модуля. Для этого датчика влажности выделяется в отдельный измерительный узел. Каждый измерительный узел будет подключен к отдельному горшку. При этом, группу горшков планируется подсоединить к одному резервуару с водой, насос которого также будет подключаться к управляющему модулю и отвечать за подачу воды в каждый из горшков растений отдельно. Взаимодействие измерительного узла, насоса и управляющего модуля планируется организовать по беспроводному (например, радио) каналу.

Для обеспечения автономности работы системы необходимо также рассмотреть электропитание устройства. В связи с тем, что большую часть времени устройство будет находиться в режиме пониженного энергопотребления и основная энергия будет тратиться насосом, можно рассматривать альтернативные источники энергии для питания устройства.

Список использованных источников:

1. Микроконтроллер Arduino Uno [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://datasheet.octopart.com/A000066-Arduino-datasheet-38879526.pdf> – Дата доступа : 25.03.2019;
2. Датчик влажности почвы [Электронный ресурс] – Режим доступа : http://www.fecegypt.com/uploads/dataSheet/1480854383_water%20and%20soil.pdf – Дата доступа : 25.03.2019;
- 3,4. Датчик температуры и влажности воздуха KY-015 [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://arduino-modules.info/ky-015-temperature-humidity-sensor-module/> – Дата доступа: 25.03.2019;
5. Датчик уровня воды [Электронный ресурс] – Режим доступа : http://www.fecegypt.com/uploads/dataSheet/1480850810_water.pdf – Дата доступа : 25.03.2019;
6. LCD-Экран I2C 1602 [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://opencircuit.nl/ProductInfo/1000061/I2C-LCD-interface.pdf> – Дата доступа : 25.03.2019;
7. Нормально разомкнутая Кнопка [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://www.arduino.cc/documents/datasheets/Button.pdf> – Дата доступа : 25.03.2019;
8. Часы реального времени DS1302 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1302.pdf> – Дата доступа : 25.03.2019;

АЛГОРИТМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ В СОСТАВЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Пичкур Е.В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Дадыкин А.К. – к.т.н., доцент

В настоящее время, роботы заменяют человека в основном на конвейерных линиях заводов, однако всё большее внимание уделяется мобильным роботам и интеллектуальным комплексам, состоящим из нескольких мобильных роботов. Такие комплексы могут снять с человека бремя выполнения скучных, грязных и опасных работ — например, обнаружение и обезвреживание мин, высокоточное сельское хозяйство и обнаружение лесных пожаров. В работе детализирована структура такого комплекса при помощи диаграмм прецедентов, и подробно рассмотрен алгоритм взаимодействия элементов комплекса, позволяющий решать задачу обнаружения мин.

Исследуемый комплекс состоит из летающего робота (далее БПЛА), наземного робота (далее БПНА) и командного центра (далее КЦ) [1-3]. БПЛА в комплексе выступает в роли разведчика, БПНА — в роли разведчика или робота-сапёра(в зависимости от указаний оператора), КЦ выступает как единый центр управления и контроля. Общий алгоритм работы комплекса можно описать следующим образом:

- 1) Оператор задает маршрут полета для БПЛА, используя КЦ;
- 2) БПЛА совершает полет по заданному маршруту и выполняет подповерхностную радиолокацию почвы;
- 3) При обнаружении мины, БПЛА отправляет ее GPS координаты на КЦ;
- 4) КЦ наносит полученные координаты мины на свою карту;

- 5) Пункты 3-4 повторяются до тех пор, пока БПЛА не завершит полет по заданному маршруту;
- 6) КЦ строит маршрут для БПЛА на основании карты местности и полученных данных о местонахождении мин;
- 7) БПЛА перемещается по заданному маршруту, обезвреживая мины и обнаруживая новые, если они есть.

Рассмотрим структуру комплекса более подробно, для определения требований к каждому элементу. Диаграмма прецедентов командного центра приведена на рисунке 1.

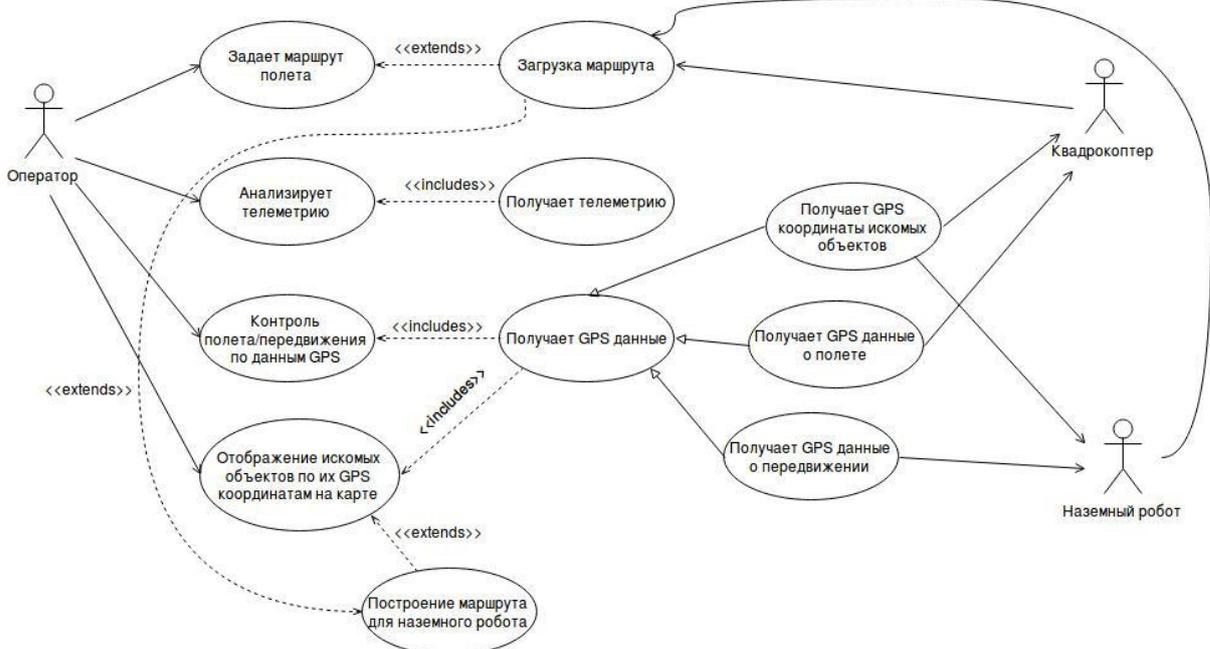


Рисунок 1 — Диаграмма прецедентов командного центра

Большую часть задач, описанных на рисунке 1 решает программное обеспечение Mission Planner[4]. Поскольку это программное обеспечение относится к типу open-source было принято решение использовать его в качестве КЦ. При этом стоит учесть, что Mission Planner дает возможность построить путь для робота автоматически, но не учитывает препятствия на его пути. Предлагаемый алгоритм построения пути для БПЛА таков:

- 1) Произвести семантическое сегментирование карты с использованием нейронной сети;
- 2) Представить карту в виде графа, где каждый пиксель является 8-связным узлом и разметить ее на основании данных семантического сегментирования;
- 3) Зная начальную точку и список точек, которые необходимо пройти, проложить путь, используя алгоритм A* [5].

Теперь рассмотрим диаграмму прецедентов мобильного робота, приведенную на рисунке 2. Данная диаграмма является общей для БПЛА и БПНА.



Рисунок 2 — Диаграмма прецедентов мобильных роботов

- Из рисунка 2 видно, что мобильный робот должен уметь решать 5 задач:
- Определять и корректировать свои GPS координаты, а также координаты обнаруженных объектов;
 - Обнаруживать искомые объекты;

- Избегать препятствий на пути;
- В случае отсутствия GPS сигнала использовать визуально-инерциальную навигационную систему для оценки своего перемещения в пространстве;
- Уметь перемещаться на основе данных GPS.

Последняя задача решается при помощи контроллера перемещения с установленной на него прошивкой Ardupilot Rover или Ardupilot Copter соответственно [6], а также с помощью КЦ, работающего под управлением вышеупомянутого ПО Mission Planner. Задача обнаружения мин была рассмотрена в [3], в данной работе принимается что GPS координата найденной мины совпадает с GPS координатой самого робота (с поправкой на высоту).

Что касается определения и корректировки GPS координат, то было принято решение использовать технологию DGPS (Differential GPS), поскольку она позволяет сильно уменьшить ошибку позиционирования [7]. На основании этого формируется корректирующее сообщение [8].

Для избежания столкновений с препятствиями используется механизм построения границы вокруг робота. Пространство вокруг робота делится на сектора по 45 градусов, и камера, смотрящая вперед, оценивает расстояние до препятствия. Это расстояние используется, чтобы построить вокруг робота восьмиугольник границы. Наконец, если расстояние становится меньше заданного порога, робот пытается обогнуть препятствие или останавливается.

Разработка новой визуально-инерциальной системы навигации является довольно сложной задачей, поэтому автор выбрал использование подхода из [9], комбинирующего данные с камеры и ряда инерциальных сенсоров (гироскопы, акселерометры) с последующей обработкой расширенным фильтром Калмана.

Список использованных источников:

1. Tatur, M. M. Multifunction System of Mobile Robotics / M. M. Tatur, A. K. Dadykin, M. Kurdi // The Third International Conference on Electrical, Electronics, Computer Engineering and their Applications. - 2016. - P. 110 - 113.
2. Efficient navigation system of mobile robot with thermography image processing system and mapping of quadcopter / M. Kurdi and others // The 4th International Conference on Computer Science, Computer Engineering, and Education Technologies (CSCEET2017). - Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2017. - Pp. 23-28.
3. Cooperative Unmanned Air and Ground Vehicles for Landmine Detection / M. Kurdi and others // International Journal of Electrical and Electronic Engineering & Telecommunications, 2019.
4. Mission Planner Documentation [Electronic resource] // Mission Planner Home. - Mode of access: <http://ardupilot.org/planner/index.html>. - Date of access: 10.01.19.
5. Radiation Search Operations using Scene Understanding with Autonomous UAV and UGV / G. Christie and others // Journal of Field Robotics. - 2016. - P. 110 – 137.
6. Mission Planner Documentation [Electronic resource] // DOWNLOADS: Firmware. - Mode of access: http://ardupilot.org/planner/docs/common-downloads_firmware.html. - Date of access: 10.01.19.
7. Википедия [Электронный ресурс] // DGPS. - Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/DGPS>. - Дата доступа: 22.02.19.
8. RACELOGIC support centre [Electronic resource] // How does DGPS (Differential GPS) work?. - Mode of access: [https://racelogic.support/01VBOX_Automotive/01General_Information/Knowledge_Base/How_does_DGPS_\(Differential_GPS\)_work%3F](https://racelogic.support/01VBOX_Automotive/01General_Information/Knowledge_Base/How_does_DGPS_(Differential_GPS)_work%3F). - Date of access: 22.02.19.
9. Weiss, Stephan Real-Time Metric State Estimation for Modular Vision-Inertial Systems / Weiss Stephan, Siegwar Roland Y. // 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation : (ICRA 2011) ; Shanghai, China, 9 - 13 May 2011. - 2011 . - P. 4531-4537

УМНОЖЕНИЕ КВАТЕРНИОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОГАРИФМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ

Сапронова Ю.И.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Петровский Н.А. – к.т.н., доцент

Показано исследование умножения кватернионов, представленных в форме Кэли-Дисконна с использованием логарифмической системы счисления. На вход множителя поступают коэффициенты, представленные в логарифмической полярной форме. Процесс вычисления разбивается на две параллельные практически одинаковые части. За счет особенностей вычисления, в один момент времени каждая часть работает либо с функцией суммы, либо с функцией разности. При получении результата необходимо произвести корректировку квадранта получаемого комплексного числа. Для получения действительных коэффициентов кватерниона необходимо произвести обратное преобразование из логарифмической полярной формы.

Умножение кватернионов является затратной вычислительной операцией, требующей оптимизации, поскольку включает в себя 16 умножений и 12 сложений действительных чисел [1]. Кроме этого, немалую роль играет динамический диапазон значений, которые можно использовать при умножении. Представление с фиксированной точкой позволяет производить быстрые вычисления, однако имеет узкий динамический диапазон. Использование представления с