

УДК 629.33

ОБЗОР АППАРАТНОЙ И ПРОГРАММНОЙ АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ КАРЬЕРНЫМ САМОСВАЛОМ

Сыркин И.С., к.т.н., доцент (КузГТУ)
г. Кемерово

Технологический процесс ведения открытых горных работ подразумевает использование различной техники в тяжелых режимах эксплуатации [1, 2]. В таких условиях управление подобной техникой сопряжено с повышенным риском для жизни и здоровья людей, управляющих ей [3-5]. Современные успехи в создании беспилотных систем управления легковыми автомобилями дает возможность разработки систем управления и тяжелой горнодобывающей техникой, в том числе карьерными самосвалами. Целью данной работы является обзор существующих аппаратных и программных архитектур системы управления беспилотным карьерным самосвалом [6].

Опираясь на опыт построения беспилотных транспортных средств (ТС), можно выделить несколько базовых компонентов систем управления. Система беспилотного управления автомобилем должна состоять из компьютера, набора датчиков и исполнительных механизмов. Пример системы приведен на рисунке 1 [7].

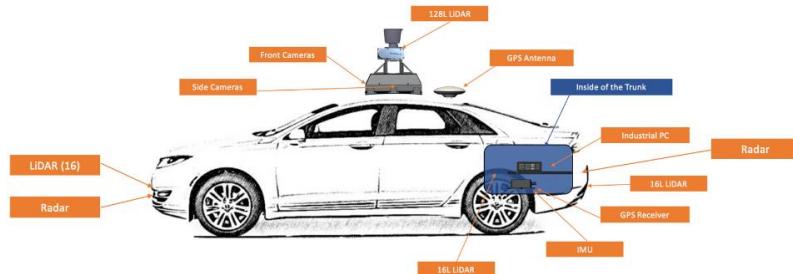


Рисунок 1 – Система беспилотного управления Apollo

Базовый набор датчиков состоит из камер, лидаров, радаров, ультразвуковых датчиков, инерциального навигационного модуля и модуля спутниковой навигации. Каждый из видов датчиков обладает рядом преимуществ и недостатков. Используя их все на одной машине возможно минимизировать недостатки каждого из типов датчиков и получить одновременно преимущества каждого из них. Каждый из видов датчиков предназначен для своего диапазона чувствительности. Тем не менее, они в сочетании могут обнаруживать препятствия в широком диапазоне. Их можно разделить на сверхближние, ближние и средние:

1. Сверхблизкие (5 метров). Ультразвуковые датчики – это датчики приближения, предназначенные для обнаружения препятствий в нескольких метрах от кузова автомобиля. Они в основном предназначены для сценариев с низкой скоростью, например, для помощи при парковке.

2. Короткая дистанция (30 м). Камеры переднего обзора используются для предупреждения о выходе из полосы движения, распознавания дорожных знаков, а камеры заднего вида – для помощи при парковке. Радары ближнего действия (SRR) служат для обнаружения слепых зон и оповещения о перекрестном движении.

3. Средняя дальность (80 – 160 м). LiDAR и радары средней дальности (MRR) помогают избегать столкновений и обнаруживать пешеходов.

Один из вариантов установки множества датчиков на автомобиле приведен на рисунке 2 [8].

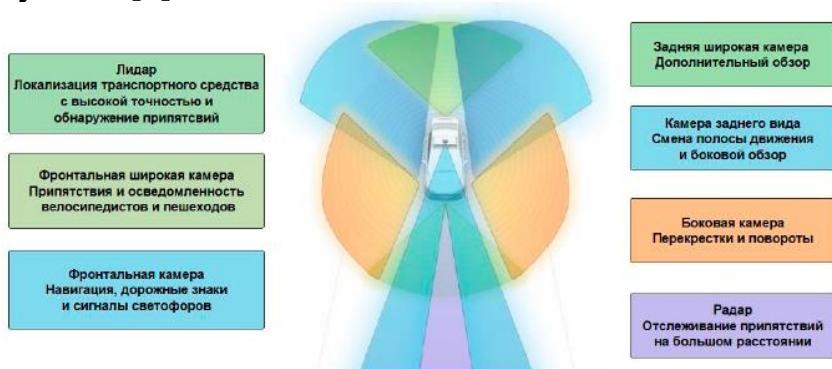


Рисунок 2 – Вариант расположения датчиков на автомобиле

Лидар (LiDAR, Light Detection and Ranging) – это датчик, который посылает короткие импульсы невидимого глазом лазерного света и засекает за какое время возвращается отраженный свет. Таким образом система узнает яркость и дальность цели достаточно точно. Испуская множество импульсов за короткий промежуток времени, лидар позволяет в реальном времени построить трёхмерную карту окружающих ТС объектов в виде облака точек, как показано на рисунке 3 [9].



Рисунок 3 – Облако точек, полученное измерением устройства LiDAR

Недостатком лидара можно назвать требование хорошей видимости, т.е. отсутствие тумана, пыли и прочих оптически непрозрачных сред в воздухе. Датчик, лишенный данных недостатков – радар. Радар работает по принципу радиолокации. Преимущества радара, следующие:

- Радар не подвержен влиянию погодных условий. Самое большое преимущество радара заключается в том, что на передачу радиоволн не влияют видимость, освещение и шум. Таким образом, характеристики радара остаются неизменными при любых условиях окружающей сред.
- Способность работы на больших расстояниях. Радары способны работать на гораздо большей длине в сравнении с другими сенсорами.
- Возможность определения скорости и направления движения объектов.
- Невысокая цена в сравнении с лидаром.

Недостаток радара заключается в низкой четкости измерений. Радиоволны обладают высокой точностью обнаружения объектов. Тем не менее, по сравнению с камерой, радар относительно слаб в моделировании идеально точной формы объекта.

Низкую четкость измерения, получаемую от радаров, можно компенсировать путем использования видеокамер. Видеокамеры обладают высоким разрешением и достаточным для создания систем управления беспилотными автомобилями быстродействием.

Процесс определения местоположения в системе беспилотного движения на сегодняшний день тесно связан с системой восприятия, которая, в свою очередь, также полагается на местонахождение ТС. Связующим звеном является карта высокого разрешения. Благодаря ней при определении координат ТС станет известно расстояние до каждого объекта, обозначенного на карте, что облегчит их распознавание сенсорами восприятия. С другой стороны, если система восприятия определила расстояние до окружающих объектов, то сопоставление данных с картой высокого разрешения повысит эффективность процесса локализации.

Для позиционирования также используется несколько датчиков, в основном, связка GNSS и IMU. GNSS – это система спутниковой навигации (GPS, Глонасс), IMU – инерциальный измерительный модуль. Объединение данных, полученных от спутниковой навигации и инерциального модуля, позволяют с высокой точностью определять положение карьерного самосвала в пространстве даже с учетом временной потери сигналов со спутников.

Аппаратная часть системы управления является необходимой, но недостаточной для того, чтобы система могла полноценно функционировать. Компьютер должен быть оснащен необходимым программным обеспечением для того, чтобы обрабатывать данные, поступающие от датчиков, принимать решение о текущей скорости и направлении движения и генерировать управляющие воздействия для подачи на различные компоненты

карьерного самосвала (двигатель, рулевое управление, тормозная система, электротяговое оборудование, и т.д.)

Архитектура программной компоненты системы управления базируется на наборе взаимосвязанных компонентов, которые включают в себя модули «Восприятие» (Perception), принятие решений и планирование (decision, planning), управление (control), и взаимодействие с компонентами автомобиля (Chassis). Информация, полученная от различных датчиков, последовательно проходит указанные модули, в результате чего получаются управляющие воздействия на компоненты транспортного средства, что показано на рисунке 4.

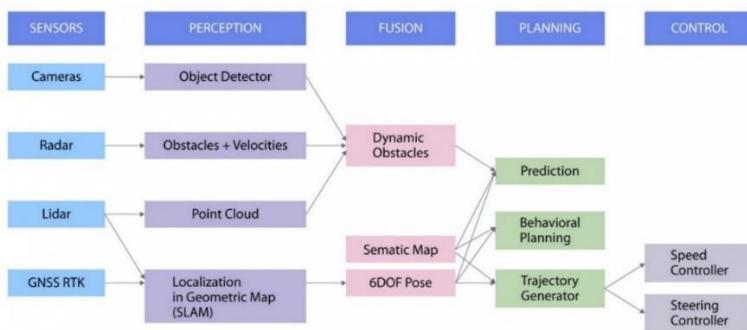


Рисунок 4 – Архитектура программной части системы управления карьерным самосвалом

В результате выполнения данной работы были рассмотрены основные аппаратные и программные компоненты архитектуры системы управления беспилотным карьерным самосвалом.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по соглашению от 30.09.2022 г. №075-15-2022-1198 с ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» Комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения» (КНТП «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс») в рамках реализации мероприятия «Разработка и создание беспилотного карьерного самосвала челночного типа грузоподъемностью 220 тонн» в части выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Список литературы

1. Сыркин, И. С. Средства обеспечения безопасности работы автономного карьерного комплекса / И. С. Сыркин, И. Ф. Юнусов, А. Е. Ушаков // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2022: Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции,

Кемерово, 23–24 ноября 2022 года / Редколлегия: А.А. Хорешок (отв. редактор), А.И. Фомин [и др.]. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. – С. 4141-4146.

2. Системы управления автономного карьерного самосвала / И. С. Сыркин, Д. М. Дубинкин, И. Ф. Юнусов, А. Е. Ушаков // Россия молодая : Сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 19–21 апреля 2022 года / Редколлегия: К.С. Костиков (отв. ред.) [и др.]. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. – С. 420071-420078.

3. Воронов, А. Ю. Обзор моделей диспетчеризации карьерного автотранспорта / А. Ю. Воронов, Д. М. Дубинкин, Ю. Е. Воронов // Горная промышленность. – 2022. – № 6. – С. 111-121. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-6-111-121.

4. Чичерин, И. В. Мониторинг текущих траекторий перемещения автономных тяжёлых платформ по карьерным маршрутам горнорудных предприятий / И. В. Чичерин, Б. А. Федосенков, Д. М. Дубинкин // Mining Industry Journal. – 2021. – № 5. – С. 76-83. – DOI 10.30686/1609-9192-2021-5-76-83.

5. The wavelet transforms technique in the computer-aided system for controlling the quarry unmanned vehicles / I. V. Chicherin, B. Fedosenkov, D. M. Dubinkin, W. Zhenbo // E3S Web of Conferences: VIth International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 19–21 октября 2021 года. Vol. 315. – Kemerovo: EDP Sciences, 2021. – P. 03022.

6. Дубинкин, Д. М. Основы цифрового создания автономных карьерных самосвалов / Д. М. Дубинкин // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – № 2(160). – С. 39-50. – DOI 10.26730/1816-4528-2022-2-39-50.

7. Apollo Hardware Development Platform. – Текст: электронный // Apollo: [сайт]. – URL: <https://developer.apollo.auto/platform/hardware.html> (дата обращения: 02.11.2022).

8. Petit, F. Sensor fusion – key components for autonomous driving / P. Florian. – Текст: электронный // Blickfeld Blog: [сайт]. – URL: <https://www.blickfeld.com/blog/sensor-fusion-for-autonomous-driving/#Cameras> (дата обращения: 02.11.2022).

9. Лидары (LiDAR, Light Detection and Ranging). – Текст: электронный // TAdviser: [сайт]. – URL: <https://www.tadviser.ru/a/427040> (дата обращения: 02.11.2022).

Информация об авторах.

Сыркин Илья Сергеевич, к.т.н., доцент кафедры ИИАПС КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, syrkin@kuzstu.ru