

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ

А.Ю. РОМАНОВ, А.А. АМЕРИКАНОВ, Е.В. ЛЕЖНЕВ, А.Ю. ГЛУХИХ

Представлено описание разработки роботизированной платформы для помещений. Универсальность платформы дает возможность ее применения в различных областях человеческой жизнедеятельности как при дистанционном управлении, так и в автономном режиме. Описаны этапы создания роботизированной платформы, приведены ее характеристики и представлены результаты ее работы.

Ключевые слова: роботизированная платформа, навигация в пространстве, робот, распознавание речи, распознавание образов, автоматическое управление.

ВВЕДЕНИЕ

Широкое применение подвижных роботизированных устройств в повседневной жизни человека сделало робототехнику одной из наиболее быстроразвивающихся и актуальных областей науки, что способствовало появлению на рынке большого спектра устройств отличающихся, как конструктивно, так и по видам выполняемых задач. В отдельную категорию подвижных роботизированных устройств выделяют устройства, предназначенные для работы в помещениях. Всем производителям таких механизмов приходится разрабатывать не только часть, отвечающую за передвижение роботизированного устройства, но и механизмы, непосредственно отвечающие за выполнение основной задачи, которая стоит перед роботизированным устройством. Это приводит к увеличению срока разработки и стоимости создаваемого робота, и определяет актуальность создания универсальной роботизированной платформы.

Статья организована следующим образом: в п. 1. приведен обзор наиболее распространенных конструкций подвижных платформ; в п. 2 формализованы основные этапы проектирования роботизированных платформ, а в п. 3, 4, 5 дано их описание.

1. АНАЛИЗ ПРИМЕРОВ КОНСТРУКЦИЙ ПОДВИЖНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ПЛАТФОРМ

В настоящее время существуют различные типы конструкций для наземных подвижных платформ. В основном можно выделить следующие типы привода платформ: шагающий, гусеничный, колесный и гибридный.

Шагающие платформы используют в качестве движителя различные конечности. Такие платформы имеют хорошую проходимость на местности с трудным рельефом, но сложны и дороги в реализации. Для обеспечения эффективной работы при поломке одной или нескольких конечностей таких платформ необходимо применять ресурсоемкие алгоритмы, которые позволяли бы подстраивать алгоритм движения без

участия неисправных компонентов. В статье [1] описывается концепция одного из таких алгоритмов, который основан на применении генетических алгоритмов. Также среди недостатков шагающих платформ можно отметить тряску во время движения, что может неблагоприятно сказаться на датчиках и оборудовании.

Примером реализации такой платформы является четырехногий робот «BigDog», описанный в [2].

Гусеничный привод имеет большую площадь соприкосновения с поверхностью, что обеспечивает низкое среднее давление на грунт. Это позволяет платформе с гусеничным двигателем быть более проходимой и управляемой на поверхностях с проседающим и сыпучим грунтом, например, на песке. Регулирование скорости вращения гусениц при разгоне и торможении позволяет достигать плавности в перемещении платформы по поверхности. Отсутствие резких рывков благоприятно сказывается на дополнительно установленном оборудовании, корректность данных которого зависит от тряски. Недостатками такого вида конструкции является быстрый износ трущихся деталей и ее неспособность корректно передвигаться при поломке хотя бы одной из гусениц. Примером реализации гусеничной платформы является мобильная роботизированная платформа «Варан», описанная в источнике [3].

Колесный привод также широко используется в реализации подвижных платформ. Данный привод используется в работе «Вездеход ТМЗ», описанном в работе [3]. Концепция создания робота на колесной подвижной платформе также сформулирована в источнике [4]. Основными достоинствами данного вида платформ является простота реализации, плавность хода, возможность создания конструкции, которая способна делать разворот на месте. Из недостатков можно отметить более низкую проходимость, чем у других видов подвижных платформ, а также плохое управление и возможную пробуксовку ведущих колес на сыпучем грунте.

Также существуют различные гибридные виды платформ, которые сочетают в себе достоинства и недостатки приводов платформ, описанных выше (в частности, робот «BEAR», разработанный компанией «Весна Technologies» [5]). Данный робот сочетает в себе возможности как гусеничных, так и шагающих платформ. Также в [5] представлен вариант реализации, в котором гусеничный привод заменяется на колесный.

Среди алгоритмов навигации платформ внутри помещений можно выделить способы навигации, основанные на получении данных от внешних источников. К ним относятся навигация по Wi-Fi точкам доступа [6] и навигация по beacon маячкам [7]. Однако общим недостатком таких способов навигации является необходимость создания широкой инфраструктуры датчиков внутри помещения. А в случае с навигацией по Wi-Fi точкам доступа также проявляется и малая точность позиционирования, которая исключает применение такой технологии на роботизированных платформах. Описанный в [8] способ навигации по распределению магнитных полей избавлен от необходимости расстановки датчиков внутри помещения, однако при сильных наводках от неконтролируемых источников магнитного поля построенная карта будет сильно отличаться от реальной. Описанный в работе [9] метод SLAM требует дорогостоящего лидара для своей работы и не может применяться в динамической среде.

Для распознавания образов в настоящее время широко применяются алгоритмы, основанные на библиотеке OpenCV. Это связано с поддержкой данной библиотекой следующих алгоритмов распознавания: Виолы-Джонса, Eigenface, Fisherface, LBHP [10]. Работа алгоритма Eigenface описана в работе [11]. Его преимуществом является автоматизированный процесс создания базы данных распознаваемых лиц. Описанный в [12] алгоритм Fisherface имеет ряд преимуществ над алгоритмом Eigenface – в частности, лучшее распознавание при меньшем количестве изображений. Однако при большом количестве фотографий в базе он показывает худшие результаты, чем у Eigenface.

Для распознавания речи существует множество библиотек и сервисов, однако среди них можно выделить два наиболее удачных – это Google Speech API и CMU Sphinx [13]. Библиотека CMU Sphinx стала популярна благодаря возможности применения множества настроек. Можно создавать свои лингвистические и акустические модели, имеется поддержка всех современных операционных систем, а также возможность работы без подключения к Интернету. Google Speech API доступна при подключении к Интернету, но содержит большой набор языков, а также обеспечивает высокое качество распознавания и отсутствие необходимости самостоятельной настройки.

Цель статьи – описание разработки роботизированной платформы, способной стать универсальной основой для создания на ее базе широкого спектра устройств.

2. РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ

Весь процесс проектирования разделен на 3 этапа:

1. Выбор конфигурации подвижной части платформы, ее создание, а также разработка программного обеспечения для управления аппаратной составляющей (моторами и датчиками).

2. Разработка программного обеспечения, реализующего навигацию платформы в помещении, а именно: построение карты помещения и навигация по ней, объезд препятствий, а также обеспечение управления роботизированной платформой при помощи удаленного устройства.

3. Разработка программного обеспечения для взаимодействия с окружающей средой – распознавание лиц, распознавание речи, выдача необходимой информации на устройства вывода.

3. РАЗРАБОТКА ПОДВИЖНОЙ ЧАСТИ ПЛАТФОРМЫ

Подвижная часть реализована в виде четырехколесной платформы. Данный тип подвижной части выбран в связи с простотой его реализации, высокой надежностью. Платформа приводится в движение четырьмя мотор-редукторами, подведенными к каждому колесу и жестко закрепленными в корпусе. Повороты платформы осуществляются бортовым способом, что делает подвижную часть достаточно маневренной для прохождения узких мест в помещении за счет поворота на одном месте, уменьшает сложность механической части платформы и габариты подвижной части. Выбранные мотор-редукторы позволяют развить скорость роботизированной платформы до 4 км/ч, что сопоставимо со средней скоростью передвижения человека.

На платформе установлено 5 датчиков, определяющих расстояние до препятствия (их расположение показано на рис. 1), связка гироскопа и акселерометра (на их основе программно создается гироскоп) и аппаратная платформа Arduino (на основе микроконтроллера ATmega2560). Arduino принимает команды от вычислительного устройства и непосредственно управляет всей электроникой платформы. В качестве вычислительного устройства выбран одноплатный компьютер «Cubieboard 4 (CC A80)». Данный компьютер имеет малые размеры и высокую вычислительную производительность, что делает его удобным для установки на платформу. Модель корпуса платформы с размещенными дальномерами представлена на рис. 1.

Питание силовой и логической частей платформы выполнено отдельным. Данное решение позволяет избежать поломки устройств логической части

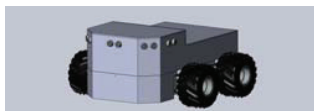


Рис. 1. Внешний вид платформы

при неполадках в питании силовой части. Для питания силовой части платформы, к которой относятся моторы, используются два аккумулятора по 12 В и емкостью 7 Ач каждый. К каждому аккумулятору через коммутатор подключено по 2 мотора таким образом, что передние два мотора подключаются к первому аккумулятору, в задние два – ко второму. Такое решение позволяет платформе при выходе из строя одного из контуров питания сохранять возможность передвигаться. Питание логической части, к которой относятся датчики, микроконтроллеры и вычислительное устройство, выполнено от третьего аккумулятора с такими же характеристиками, как и у аккумуляторов силовой части. Общая схема системы энергоснабжения платформы представлена на рис. 2.



Рис. 2. Система энергоснабжения платформы

4. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ НАВИГАЦИИ В ПРОСТРАНСТВЕ

Разработанное программное обеспечение реализовано в виде отдельных модулей, что позволяет добавлять или удалять их отдельные части без серьезных изменений во всем программном обеспечении. Модуль составления карты обеспечивает построение карты помещения любой конфигурации и площади. Полная карта помещения хранится в памяти в виде набора отдельных файлов, которые представляют собой квадратные области. Каждая такая часть хранится в памяти как квадратная матрица размером 200x200 ячеек. Считывание данных с дальномеров производится при смещении на 5 см от предыдущего положения, поэтому каждая такая матрица может хранить площадь в 100 м², а ячейки матрицы – соответственно по 25 см². Каждая матрица имеет строго фиксированное название, формирующееся по правилу: «X_Y», где X и Y – это координаты на соответствующих осях карты, что делает возможным вне зависимости от ранее просмотренных частей карты определять область, в которой находится роботизированная платформа. В каждой ячейке матрицы хранится определенное значение: 0 – свободное пространство; 1 – местоположе-

ние платформы; -1 – препятствие; -2 – место назначения движения.

Алгоритм составления карты основывается на показаниях, полученных от установленных на платформе датчиков. Считываются показания дальномеров и гироскопа. Гироскоп показывает поворот платформы относительно созданной локальной системы координат, а показания дальномеров указывают на расстояние до препятствий. На основе собранных с датчиков данных, а также данных о направлении передвижения (вперед или назад) формируется пакет и передается по каналу Bluetooth на вычислительное устройство, на котором непосредственно идет обработка данных и построение карты.

Навигация по карте осуществляется путем построения маршрута до выбранной точки. Маршрут строится с помощью алгоритма Ли [14] с выбором окрестности Мура вокруг точки на карте. Особенностью реализации алгоритма Ли в данном случае является выполнение дополнительной проверки ширины пути при распространении волны и при восстановлении маршрута, что позволяет проложить маршрут с необходимой шириной коридора, по которому сможет пройти разрабатываемая подвижная платформа.

По типу автономности программное обеспечение является гибридным, т. к. предусмотрен модуль управления оператором движением платформы. Этот выбор обусловлен возможностью появления необходимости управлять передвижением платформы в случаях, когда возникают непредвиденные ситуации, которые невозможно спрогнозировать заранее. Реализация управления передвижения оператором основана на получении команд не с установленного на платформе вычислительного устройства, а со стороннего устройства. Стороннее устройство передает команды управления на установленное на платформе вычислительное устройство по беспроводной локальной сети, которое далее выполняет эти команды.

5. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

В разработанное программное обеспечение входят модули распознавания лиц, голоса, а также взаимодействия с пользователем. Модуль распознавания лиц использует для своей работы библиотеки JavaCV и OpenCV [10]; для его работы необходима видео-камера. В его возможности входит распознавание лица из видеопотока, обучение, занесение лиц в базу данных и выдача ответа о результате распознавания. Модуль распознавания речи при наличии Интернет-соединения использует для работы Google Speech API. При его отсутствии есть возможность выбора автономного распознавания с помощью CMU Sphinx [13]. Для его работы требуется наличие микрофона. С помощью загруженных акустической и лингвистической моделей, а также грамматического словаря, или с помощью выбранного языкового пакета, данный мо-

дуть пытается распознавать речь и предлагает варианты ответа, если таковые предусмотрены. Модуль ответа пользователю отвечает за предоставление информации на основе полученных аудио- или видеоданных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа существующих решений разработан опытный образец роботизированной платформы, который способен стать основой для создания на его базе широко спектра роботизированных устройств, способных работать в помещениях как в окружении людей, так и при их отсутствии.

Литература

- [1] *Лежнев Е.В., Американов А.А., Романов А.Ю.* Применение генетических алгоритмов при разработке адаптивных алгоритмов передвижения робота // Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов НИУ ВШЭ им. Е.В. Арменского. Материалы конференции. М.: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2015. – С. 58.
- [2] *Raibert M., Blankespoor K., Nelson G., Playter R.* Bigdog, the rough-terrain quadruped robot // Proceedings of the 17th World Congress, 2008. Vol. 17. No. 1. P. 10822–10825.
- [3] *Маслов О.А.* Мобильные роботы для обнаружения и уничтожения взрывных устройств // Специальная техника. 2006, № 4. – С. 12–16.
- [4] *Американов А.А., Романов А.Ю.* Проектирование робота на базе подвижной платформы // Информатика, математика, автоматика: 2015. Материалы научно-технической конференции. Сумы: СумДУ, 2015. – С. 167.
- [5] *Theobald D.* Mobile extraction-assist robot: пат. US8106616 В1 США. – 2010.
- [6] *Миниахметов Р.М., Рогов А.А., Цымблер М.Л.* Обзор алгоритмов локального позиционирования для мобильных устройств // Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика. Челябинск: ЮУрГУ, 2013, № 2.
- [7] *Фальков Е.В., Романов А.Ю.* Применение маячков Beacon и технологии Bluetooth Low Energy для построения систем навигации в зданиях // Новые информационные технологии в автоматизированных системах: материалы восемнадцатого научно-технического семинара. М.: Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 2015. – С. 62–65.
- [8] *Vallivaara I., Haverinen J., Kemppainen A.* Simultaneous localization and mapping using ambient magnetic field // Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems (MFI). 2010. – P. 14–19.
- [9] *Kummerle R., Grisetti G., Burgard W.* Simultaneous calibration, localization, and mapping // Intelligent Robots and Systems (IROS), 2011 IEEE/RSJ International Conference. IEEE, 2011. – P. 3716–3721.
- [10] *Bradski G., Kaehler A.* Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library. O'Reilly Media, 2008. 556 p.
- [11] *Turk M., Pentland A.* Eigenfaces for Recognition // Journal of Cognitive Neuroscience. 1991. P. 71–86.
- [12] *Belhumeur P.N., Hespanha J., Kriegman D.* Eigenfaces vs Fisherfaces: Recognition Using Class Specific Linear Projection // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (1997). IEEE, 1997. P. 711–720.
- [13] *Lamere P., Kwok P., Gouvea E., et al.* The CMU SPHINX-4 speech recognition system // IEEE Intl. Con-

ference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP 2003). Hong Kong, 2003. Vol. 1. P. 2–5.

- [14] *Rubin F.* The Lee path connection algorithm // IEEE Transactions on Computers. 1974. Vol. 100. No. 9. P. 907–914.

Поступила в редколлегию 05.05.2016



Романов Александр Юрьевич, канд. техн. наук, ст. преп. МИЭМ НИУ ВШЭ, г. Москва. Область научные интересов – интеллектуальные робототехнические системы, нейронные сети.



Американов Александр Александрович, магистр МИЭМ НИУ ВШЭ, г. Москва. Область научных интересов – робототехника, алгоритмы навигации.



Лежнев Евгений Владимирович, магистр МИЭМ НИУ ВШЭ, г. Москва. Область научных интересов – робототехника, алгоритмы навигации, человеко-машинное взаимодействие.



Глухих Александр Юрьевич, магистр МИЭМ НИУ ВШЭ, г. Москва. Область научных интересов – робототехника, человеко-машинное взаимодействие.

УДК [004.896:681.5.01]:[004.934+004.93'12]

Розробка універсальної роботизованої платформи / О.Ю. Романов, А.А. Американов, Є.В. Лежнев, О.Ю. Глухих // Прикладна радіоелектроніка: наук.-техн. журнал. – 2016. – Том 15, № 2. – С. 123 – 126.

Наведено опис розробки роботизованої платформи для приміщень. Універсальність платформи дає можливість її застосування у різних областях людської життєдіяльності як при дистанційному керуванні, так і в автономному режимі. Описано етапи створення роботизованої платформи, наведено її характеристики та результати її роботи.

Ключові слова: роботизована платформа, навігація в просторі, робот, розпізнавання мови, розпізнавання образів, автоматичне управління.

Лл.: 02. Бібліогр.: 14 назв.

UDC [004.896:681.5.01]:[004.934+004.93'12]

The development of a universal robotic platform / A.Yu. Romanov, A.A. Amerikanov, E.V. Lezhnev, A.Yu. Glukhikh // Applied Radio Electronics: Sci. Journ. – 2016. – Vol. 15, № 2. – P. 123 – 126.

The paper describes the development of a robotic platform for buildings. The versatility of the platform allows its applying in various fields of human activity, both in remote control and autonomous regime. The main steps involved in creating the robotic platform are described; its characteristics and working results are given.

Keywords: robotic platform, space navigation, robot, speech recognition, image recognition, automatic control.

Fig.: 02. Ref.: 14 items.