

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДУЛЬНОГО ПРИНЦИПА ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СТРУКТУР

А.Е. Гаврилов

Волгоградский государственный технический университет

Россия, 400005, Волгоград, пр. Ленина, 28

E-mail: gavrilov@vstu.ru

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, мобильные роботизированные системы, модульный принцип проектирования, электромеханические структуры, робототехника, мехатронный модуль.

Аннотация: В работе представлены сведения об актуальности применения модульного принципа при проектировании мобильных роботизированных систем, приводятся примеры существующих конструкций роботов созданных по этому принципу. Рассказывается об особенностях проектирования изделий с использованием данного принципа. Рассматривается модульный робот с гибридным колесно-шагающим инсектоморфным движителем, приводятся основные сведения о конструкции и системе управления модульным роботом в зависимости от поставленных задач. Делается вывод о возможных сферах применения таких изделий.

1. Введение

Принцип модульного проектирования применительно к робототехническим системам был предложен и впервые реализован в СССР в рамках первых государственных пятилетних программ по робототехнике в 80-х гг. прошлого столетия головной организацией по этим программам ЦНИИ РТК. Создание и серийное производство унифицированных компонентов роботов – модулей позволило в кратчайшие сроки решить проблему обеспечения различных отраслей страны быстро расширяющейся номенклатурой робототехнических систем. [1].

Использование модульного принципа построения электромеханических структур является важным и актуальным в контексте стремительного развития робототехники. Исследования, связанные с проектированием и разработкой мобильных роботизированных систем, имеют большую практическую значимость.

Мобильные роботизированные системы с модульным принципом построения электромеханических структур обладают широким потенциалом применения в различных сферах, включая промышленность, медицину, военную отрасль, транспорт и др. Исследования в этой области позволяют оптимизировать такие системы для решения конкретных практических задач.

Модульный принцип построения электромеханических структур в мобильных роботизированных системах обеспечивает гибкость и адаптивность конструктивных

решений, такие системы позволяют быстро изменять и модифицировать конфигурацию роботов в соответствии с динамически меняющимися требованиями и задачами.

Исследования в этой области имеют важное значение для расширения границ знаний в области робототехники, улучшения функциональности и применимости мобильных роботизированных систем, а также оптимизации использования ресурсов при проектировании мобильных роботов.

Модульные роботы состоят из отдельных компонентов или узлов (модулей), которые в сочетании между собой образуют целостную, самостоятельную робототехническую систему. Каждый такой модуль может содержать электронные, сенсорные и/или управляющие устройства, актуаторы.

По конструктивным признакам модульные роботы можно разделить на гомогенные и гетерогенные. Гомогенные роботы состоят из одинаковых модулей и являются самостоятельными функциональными элементами. Изделия гомогенной структуры имеют возможность менять конфигурацию за счёт изменения положения функциональных элементов. В роботах с гетерогенной структурой каждый модуль реализует отдельную функцию, что позволяет изменять конфигурацию робота, подбирая нужный комплект модулей в соответствии с целевым назначением робота. По способу формирования структуры модульные роботы разделяют на реконфигурируемые и самореконфигурируемые [2]. В работе [7] приводится классификация модульных роботов, показанная на рис. 1.

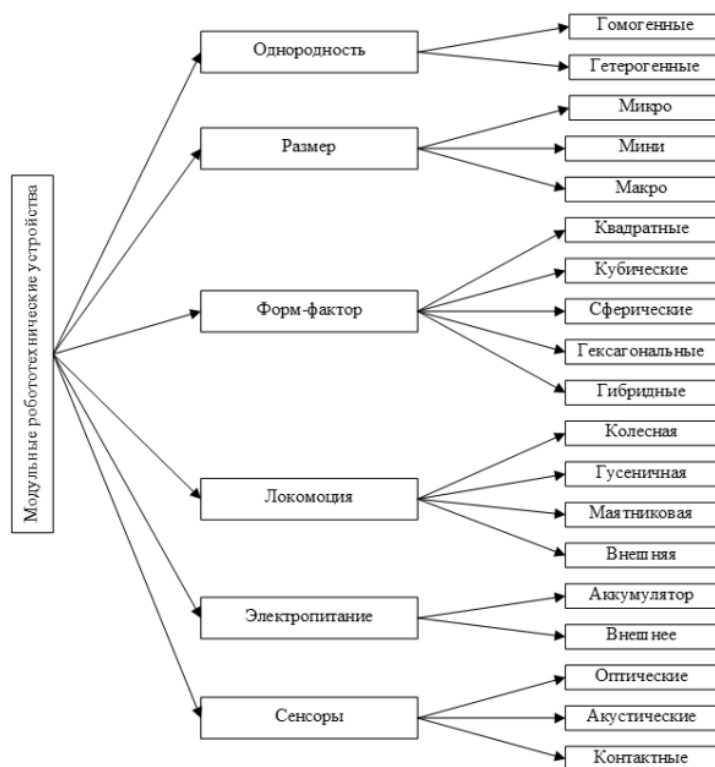


Рис. 1. Классификация модульных роботов.

Одной из проблем при управления такими устройствами является проблема самореконфигурации роботов. Такая задача сводится к выбору целевой точки для каждого модуля таким образом, чтобы расстояние до нее было минимальным, и построение соответствующего маршрута. После того как маршруты построены, роботы должны добраться до своих целевых точек, избегая столкновений с другими роботами, и занять правильное положение [3].

Считается, что в перспективе самореконфигурируемые роботы должны быть гетерогенными, поскольку в гомогенных роботах дополнительное снабжение модуля всеми необходимыми датчиками или приводами нецелесообразно [4,5].

2. Образцы модульных роботов

Наибольшее распространение получили модульные роботы небольших размеров (микро- и минироботы). Известны различные конструкции роботов созданных с применением блочного принципа построения M-Blocks, FREEBOT, FreeSN, SnailBot, Mofi, Робот-оригами [6] и другие.

2.1. Робот с гибридным инсектоморфным колесно-шагающим движителем

Инсектоморфным называется такой шагающий движитель, в котором звенья, выполняющие роль перемещения, имитируют конечности насекомого [10].

Данная конструкция звеньев робота позволяет в фазе переноса ноги выбирать случайный участок поверхности для постановки опорной точки, что позволит в дальнейшем роботу самому принимать решение по расположению движителей на поверхности.

В ВолгГТУ на кафедре «Автоматические установки» с применение модульного принципа спроектирован робот с гибридным инсектоморфным колесно-шагающим движителем [8, 9]. Спроектированное изделие состоит из необходимого числа жестких корпусов связанных друг с другом поворотными шарнирами. На каждом из корпусов в зависимости от поставленной задачи монтируется необходимое число мехатронных модулей (рис. 2) обеспечивающих необходимый уровень мобильности.

Рассмотрим работу движителя на примере робота состоящего из трех последовательно соединенных корпусов содержащих по два мехатронных модуля каждый (рис. 3). Гибридный движитель имеет два режима перемещения – шагающий и колесный.

Шагающий режим: перед началом движения в шагающем режиме три из шести стоек 2 находятся в контакте с опорной поверхностью. Такое положение движителя обеспечивает запас устойчивости в статическом положении. При прямолинейном перемещении перед началом движения шагающего движителя пары стоек 2, связанные с частями корпуса 1, перемещаются симметричной походкой, при которой опорные стойки 2 разделены на две группы, каждая из которых состоит из передней и задней стойки 2 одной стороны движителя и средней опорной стойки 2 другой стороны. Опорные стойки 2, принадлежащие одной «тройке», поднимаются и ставятся на опорную поверхность одновременно. Затем цикл перемещения повторяется. При этом поворот на заданный угол при маневрировании осуществляется за счет выбора несимметрично расположенных мест постановки опорных стоек 2. При перемещении движителя по опорной поверхности заранее известного профиля система управления формирует сигналы управляющего воздействия для каждого привода в отдельности, при этом сумма движений каждого из приводов формирует закон перемещения всего изделия. При этом тормозная система 6 обеспечивает отсутствие вращения мотор-колеса 5. Таким образом, перемещение движителя происходит за счет поочередной смены стоек 2 в опорной фазе.

Колесный режим: в колесном режиме перемещения для повышения характеристик грунтовой проходимости все опорные стойки 2 находятся в контакте с опорной поверхностью, движение происходит за счет вращения электрических мотор-колес 5,

тормозная система 6 при этом задействуется для регулирования скоростного режима. Маневрирование осуществляется за счет управления угловым положением шарниров, соединяющих части опорных стоек 2.

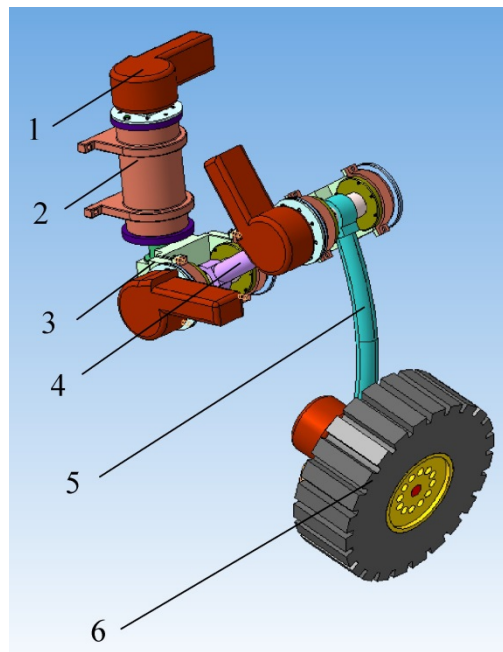


Рис. 2. Мехатронный колесно-шагающий модуль. 1 – мотор-редуктор, 2, 4, 5 – жесткое звено, 3 – шарнир, 6 – мотор-колесо с тормозом.

Такая модульная конструкция при перемещении по опорной поверхности сложного профиля за счет введения в конструкцию присоединенных к свободному концу каждой из опорных стоек 2 колесного движителя в виде электрического мотор-колеса 5 с тормозной системой 6, позволяет увеличить скорость перемещения движителя. Тормозная система 6 выполняет также функцию стопора при перемещении движителя в шагающем режиме.

На рисунке представлена схема инсектоморфного гибридного движителя (рис. 3).

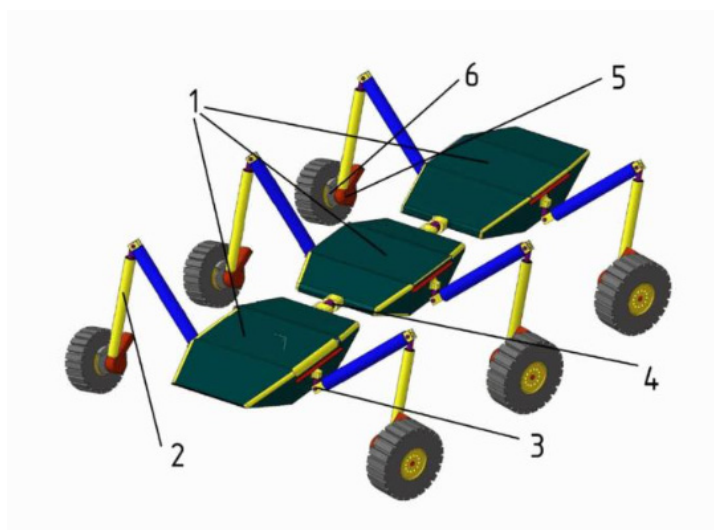


Рис. 3. Схема робота с гибридным колесно-шагающим движителем.

Список литературы

1. Лопота А.В., Юревич Е.И. Этапы и перспективы развития модульного принципа построения робототехнических систем // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2013. № 1. С. 98-103.
2. Андреев В.П., Ким В.Л, Подураев Ю.В., Сетевые решения в архитектуре гетерогенных модульных мобильных роботов // Робототехника и техническая кибернетика. 2016. № 3 (12). С 23-29.
3. Захаров К.С., Ватаманюк И.В., Крестовников К.Д. Алгоритмы самореконфигурации робототехнических систем // Робототехника и техническая кибернетика. 2018. № 4 (21). С. 48-59.
4. Fitch C. Heterogenous Self-Reconfiguring Robotics. PhD thesis. Darthmouth College, Hanover, New Hampshire. USA, 2004.
5. Андреев В.П., Ким В.Л Модульный мобильный робот – концепция и разработка // Автоматизация и управление в машиностроении. 2016. № 1 (23). С. 48-53.
6. <https://habr.com/ru/companies/selectel/articles/677706/> (дата обращения 15.12.2024).
7. Павлюк Н.А. Классификация реконфигурируемых модульных робототехнических систем // Доклады Адыгской (Черкесской) Международной академии наук. 2020. Т. 20, № 3. С. 30-37.
8. Гаврилов А.Е., Кошман А.М. П. м. 212121 Российская Федерация, МПК В62D 57/028, В62D 57/032 Гибридный колесно-шагающий движитель. ФГБОУ ВО ВолгГТУ, 2022.
9. Гаврилов А.Е., Новиков В.В., Кумбрасьева С.В., Батурина Л.А., Сапрыкин С.С. П. м. 218649 Российская Федерация, МПК В62D 57/028, В62D 57/032 Гибридный колесно-шагающий движитель. ФГБОУ ВО ВолгГТУ, 2023.
10. Гаврилов А.Е. Экспериментальный способ построения программных движений роботизированной платформы с инсектофорфным движителем // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17, № 6 (2). С. 430-434.