



Рис. 1. Цех по выпуску автоматизированных систем технического обслуживания и контроля

Литература

- [1] Афонин А.М., Царегородцев Ю.Н., Петрова А.М., Ефремова Ю.Е. *Теоретические основы разработки и моделирования систем автоматизации*. Москва, Форум, 2011, 192 с.
- [2] Елизаров И.А., Мартемьянов Ю.Ф. *Моделирование систем*. Ст. Оскол, ТНТ, 2013, 136 с.
- [3] Королев А.Л. *Компьютерное моделирование*. Москва, Бином. ЛЗ, 2013, 230 с.

УДК 621.865:004.896

Решение задачи управления системой «рука — кисть — объект» с учетом структуры и свойств матриц захвата

© Лесков Алексей Григорьевич, Бажинова Ксения Владимировна

Россия, г. Москва, Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана

agleskov@rambler.ru, bazhinova@bk.ru

Рассмотрены вопросы математического описания захвата объектов манипуляционными роботами с использованием анализа структуры и свойств матрицы захвата. Предложен метод планирования автоматического захвата объектов манипуляционными системами с разветвленной кинематической цепью, обеспечивающий одновременное решение задачи планирования траекторий движения и пальцев хватного устройства, а также руки манипуляционного робота, что позволяет

уменьшить временные затраты на выполнение операции планирования захвата. Представлены алгоритмы функционирования программного обеспечения для моделирования и отработки роботизированных операций захвата объектов.

Ключевые слова: манипуляционные роботы, автоматический захват, планирование захвата, разветвленная кинематика, объекты манипулирования.

Захват объекта манипулятором — одна из основных задач, рассматриваемых в теории манипуляционных систем. Решение этой задачи предполагает рассмотрение манипуляционного робота (МР) как системы, включающей в себя захватное устройство (ЗУ) МР с учетом его кинематики, динамики и алгоритмов функционирования.

В общем случае ЗУ можно представить в виде нескольких механически связанных между собой МР. Исполнительный механизм манипуляционной системы (МС), построенной по такому принципу, представляет собой разветвленную структуру.

В литературе рассматриваются три типа управления рабочим органом манипулятора:

- а) кинематическое управление,
- б) динамическое управление,
- в) супервизорное управление.

Целью кинематического управления является решение прямой и обратной задач кинематики МР и получение глобальной матрицы преобразования, связывающей координаты шарниров его манипулятора и его координаты в глобальной системе координат. Динамическое управление заключается в определении во времени закона управления, позволяющего поддерживать необходимое положение либо скорости звеньям манипулятора и схвата, преодолевая сопротивление со стороны окружающей среды. При супервизорном управлении робот исполняет указания человека-оператора.

Управление движением МР с ЗУ может осуществляться как с разбивкой на фазы планирования и реализации для подсистем «рука — основание» и «руки — пальцы», так и с использованием согласованного управления движением руки и пальцев ЗУ.

Размещение на ЗУ систем осязательства (техническое зрение, силомоментные и тактильные датчики) позволяет рассматривать вопросы управления МР с учетом физических свойств объектов манипулирования (ОМ), таких как деформируемость и его инерционные свойства.

Для описания захвата принято рассматривать соотношения, связывающие между собой:

- векторы g сил и моментов, действующих на объект, и векторы $\lambda = [\lambda_1^T \dots \lambda_m^T]^T$ сил и моментов, действующих в точках контакта кисти и объекта ($i = 1, 2, \dots, m$; m — число точек контакта (пальцев кисти));
- векторы v угловых и линейных скоростей объекта и векторы v_c угловых и линейных скоростей точек контакта;
- векторы μ сил и моментов, развиваемых приводами сочленений и векторы λ ;
- векторы \dot{q} скоростей движения в сочленениях и векторы v_c скоростей в точках захвата.

Эти соотношения имеют вид [1]:

$$\begin{aligned} -G\lambda &= g, & G^T v &= v_c, \\ J^T \lambda &= \mu, & J\dot{q} &= v_c. \end{aligned}$$

Необходимые для управления МС координаты шарниров вычисляются в результате построения объединенной матрицы Якоби системы «рука — кисть — объект» (РКО), связывающей между собой скорости всех шарниров руки и кисти и скорости точек на поверхности пальцев ЗУ, которые должны образовать механический контакт схвата и объекта.

Матрицу J в системе РКО можно представить в следующем виде:

$$J_{\text{РКО}} = \begin{bmatrix} J_1 & 0 & \dots & 0 & J_{1h} \\ 0 & J_2 & \dots & 0 & J_{2h} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & J_m & J_{mh} \end{bmatrix},$$

где J_i — матрица Якоби i -го пальца ЗУ; J_{ih} — матрица Якоби основания i -го пальца на запястье ЗУ.

Число строк матрицы $J_{\text{РКО}}$ зависит от количества пальцев и вида контактов. Число столбцов определяется числом пальцев и сочленений в каждом из них, а также количеством сочленений в руке.

Для системы «кисть — объект» (КО) матрица J имеет вид

$$J_{\text{КО}} = \begin{bmatrix} J_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & J_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & J_m \end{bmatrix}$$

и является составной частью матрицы $J_{\text{РКО}}$.

Проведя анализ матриц $J_{\text{КО}}$, $J_{\text{КО}}^T$, $J_{\text{РКО}}$ и $J_{\text{РКО}}^T$ с использованием свойств связи размерностей ранговых пространств и нуль-пространств, можно получить соотношение, позволяющее послужить основой для выбора конфигурации МР системы РКО при известном либо рассчитанном ранее захвате ОМ системой КО.

Существующие системы планирования захвата, такие как пакет OpenRAVE (Open Robotics Automation Virtual Environment) — виртуальная среда автоматизации робототехнических систем с открытым кодом [2], позволяют рассчитывать и записывать в базы данных несколько вариантов захвата объекта манипуляторами различного типа. В работе [3] представлен аппаратно-программный комплекс, использующий инструменты пакета OpenRAVE и включающий программное обеспечение распознавания объектов манипулирования системой технического зрения, планирования точек захвата объектов, планирования траекторий перемещения исполнительных механизмов. В совокупности с описанным способом выбора конфигурации МР при выполнении операции захвата подобный комплекс позволит решать новые задачи в области захвата объектов и манипулирования ими. При этом предложенный способ управления МС позволяет обеспечить желаемые свойства захвата на этапе его планирования и уменьшить временные затраты на оценку его качества.

Таким образом, описанный алгоритм может быть использован для моделирования захвата ОМ системой РКО и выбора из базы данных способа захвата, наиболее соответствующего решаемой задаче.

Литература

- [1] Prattichizzo D., Trinkle J. *Springer Handbook of Robotics*. Springer, 2008, ch. Grasping, pp. 671–700.
- [2] Diankov R., Kuffner J. *Openrave: A planning architecture for autonomous robotics*. Pittsburgh, PA, Robotics Institute, Tech. Rep. CMU-RI-TR-08-34, July 2008, 15 p.
- [3] Лесков А.Г., Илларионов В.В., Калеватых И.А., Морошкин С.Д., Бажинова К.В., Феоктистова Е.В. Аппаратно-программный комплекс для решения задач автоматического захвата объекта манипуляторами. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2015, вып. 1. URL: <http://engjournal.ru/catalog/pribor/robot/1361.html> (дата обращения 20.05.2015).

УДК 681.142

Информационно-навигационная система HOMEGIS

© Дубовик Николай Николаевич, Ногин Олег Александрович,
Туманов Владислав Михайлович, Власов Андрей Игоревич

Россия, г. Москва, Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана

dubovik_nick@mail.ru

Исследована проблема навигации внутри современных зданий со сложной структурой. проанализированы технические средства решения данной проблемы — существующие системы навигации, рассмотрены их основные достоинства и недостатки. Приведены выводы и пример разработанной системы, которая обладает всеми необходимыми качествами для упрощения ориентации внутри зданий.

Ключевые слова: навигация, 3D-планировка зданий, определение местоположения, локализация в пространстве

Введение. В настоящее время обозначилась проблема навигации внутри помещений различных зданий, а также предоставления посетителям услуг, основанных на их местоположении (LBS — Location-based service) и предпочтениях. Здания становятся все более объемными со сложной структурой. В сооружениях подобного типа уверенно могут ориентироваться лишь те, кто в них побывал много раз, однако и они чаще всего ориентируются лишь частично, в пределах необходимости. Первоначальное освоение в здании может быть довольно затруднительным, и существует немало людей, у которых вообще нет нужды посещения определенных мест более чем несколько раз. Очевидно, что, например, тратить час времени на поиск кабинета врача нецелесообразно и грозит опозданием на прием, не говоря уже об опозданиях на рабочее или учебное место. Поэтому необходим инструмент, который поможет пользователю максимально быстро и без лишних усилий добраться до нужного ему пункта назначения.

Решения, применяемые в indoor-навигации (навигации внутри помещений), помогают и в ориентировании вне зданий, на улице — там, где в условиях плотной за-