

УДК 621.865.8

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ АНТРОПОМОРФНЫМ РОБОТОМ

М. С. Арасланов

АО «НПО Андроидная техника»
Российская Федерация, 109518, г. Москва, ул. Грайвороновская, 23
Магнитогорский государственный технический университет имени Г. Н. Носова
Российская Федерация, 455000, г. Магнитогорск, просп. Ленина, 38
E-mail: info@rusandroid.com, ptmr74@mail.ru

Представлены результаты экспериментальных исследований программно-аппаратного комплекса автоматизированного рабочего места управления мобильной антропоморфной робототехнической системой с эмуляцией сценариев ее функционирования с использованием 3D-моделей АРТС и окружающей обстановки.

Ключевые слова: антропоморфный робот, интерактивные 3D-модели, программный интерфейс, система виртуальной реальности, структурная схема, энкодер.

DEVELOPMENT OF THE HARDWARE AND SOFTWARE FOR ANTHROPOMORPHIC ROBOT CONTROL SYSTEM

M. S. Araslanov

JSC "SPA "Android technics"
23, Grayvoronovskaya Street, Moscow, 109518, Russian Federation
Nosov Magnitogorsk State Technical University
38, Lenin Av., Magnitogorsk, 455000, Russian Federation
E-mail: info@rusandroid.com, ptmr74@mail.ru

The paper presents the results of the pilot studies of a hardware and software system of an automated workplace for mobile anthropomorphic robotic system control with emulation of scenarios of its functioning with use of 3D models of ARTS and environmental situation.

Keywords: anthropomorphic robot, interactive 3D-models, program interface, system of the virtual reality, skeleton diagram, encoder.

В составе оборудования МКС задействованы манипуляторы ERA, Canadarm 2, выполняющие транспортные операции. Вместе с тем дублировать работу космонавта при выполнении полетных операций эти комплексы не в состоянии. Это определило создание принципиально новых систем, способных взять на себя ряд работ, выполнявшихся ранее только человеком. С февраля 2011 г. в составе научной аппаратуры МКС тестируется антропоморфный робот Robonaut 2. С этого момента работы по созданию антропоморфных роботов (АР) перешли на этап практических исследований. Активные работы в этом направлении ведутся и в РФ [1].

АР представляет собой многодвигательный рычажный механизм, имеющий кинематическую схему, подобную скелету человека [2]. Общее число степеней подвижности АР превышает четыре десятка. В этой ситуации наиболее оптимальным является использование копирующего типа управления, осуществляемого одним оператором.

Важным фактором является и реализация моторики АР, совпадающей с профессиональными движениями оператора [3; 4]. Управление осуществляется через специальное задающее устройство копирующе-

го типа (УКТ) [5]. Кинематические схемы УКТ и АТ аналогичны. Визуальный контроль работы АР выполняется за счет передачи стереоскопического изображения с его видеокамер в шлем оператора, оснащенный 3D-дисплеем. Для отображения силового взаимодействия АР с внешними объектами последние модели, созданные в АО «НПО Андроидная техника» – УКТ-6, оснащаются приводами по основным степеням подвижности (рис. 1). Это позволяет оператору оценивать степень взаимодействия звеньев АР с внешним оборудованием.

Общим требованием к научной аппаратуре, используемой на космической станции, является предварительная отработка технологий на тренажерах. Совместно со специалистами ЦНИИМаш принято решение о создании программно-аппаратного комплекса (ПАК), позволяющего управлять работой виртуального АР в интерактивной среде. Среда, построенная по модульному принципу, отображает интерьер и оборудование космической станции, научных приборов и систем, размещенных на ее внешней поверхности. Управление виртуальной моделью АР, действующей во внешней среде, осуществляется оператором через УКТ-6.

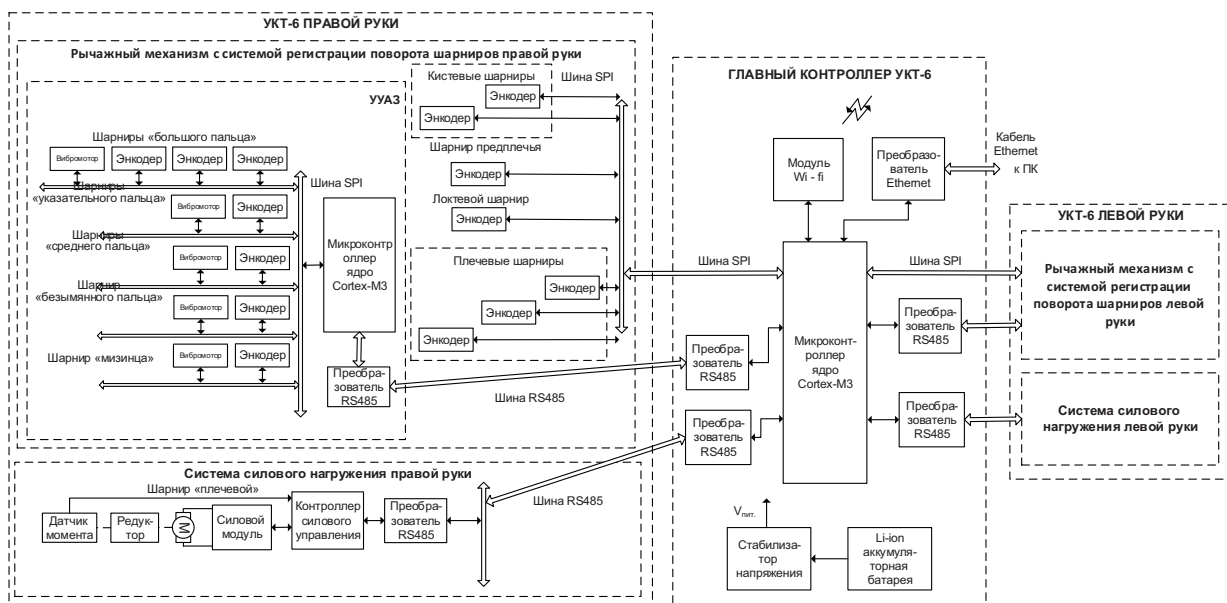
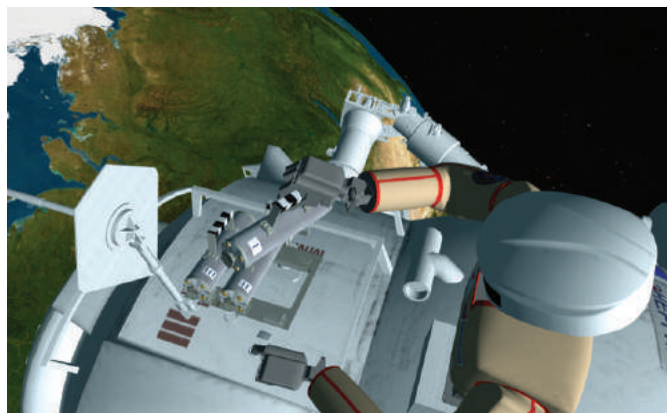
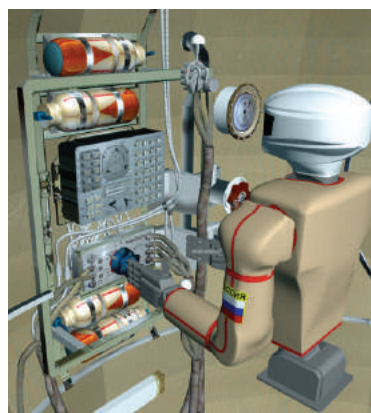


Рис. 1. Структурная схема УКТ-6



а



б



в

Рис. 2. 3D-модели взаимодействия АР:

а – с панелью управления; б – с контейнером «БИОРИСК»; в – отображение силового нагружения

УКТ-6 включает блоки: съема информации рычажного типа, регистрации движений в рычажном механизме, физической симуляции, геометрических 3D-моделей внешних объектов, визуализации динамических виртуальных трехмерных сцен в реальном времени.

Система регистрации движений представляет собой 8-разрядный микроконтроллер ATX Mega 128 архитектуры AVR, получающий информацию с энкодеров. С помощью энкодеров, подключенных по шине SPI к 32-разрядному микроконтроллеру STM32F103T8U6 архитектуры Cortex-M3, определя-

ются углы поворота. Микроконтроллер обрабатывает данные и формирует пакеты, которые по помехозащищенному асинхронному цифровому интерфейсу стандарта RS485 передаются в микроконтроллер блока управления.

Блок физической симуляции обеспечивает расчет управляющих воздействий и создания обратной визуальной связи оператора с 3D-моделью рук человека в трехмерных виртуальных сценах. В программном пакете для 3D-моделирования созданы геометрические 3D-модели рук человека и объектов манипулирования, используемых в трехмерных виртуальных сценах, рассчитываемых в реальном времени. Для создания эффекта присутствия оператора в виртуальных сценах формируется стереоскопическое изображение, представляемое с помощью шлема виртуальной реальности. Для выполнения функций этого блока применяется графическая станция с программным обеспечением для расчета динамических виртуальных трехмерных сцен. В качестве интеграции с подсистемами используется расширение к хост-процессу. Данное расширение реализовано с помощью CLR на языках Net.

УКТ-6 имеет систему силового нагружения. В плечевом узле располагается двигатель с редуктором, управляемый контроллером силового управления. Связываясь по цифровому интерфейсу стандарта RS485, главный контроллер УКТ-6 задает необходимые нагрузки.

3D-модель АР (рис. 2) разработана в программном пакете 3D-моделирования 3DStudioMax (программная система для работы с трёхмерной графикой) и содержит в себе 150 объектов. Модель физического прототипа АР включает иерархическую структуру активных звеньев, шарниры в местах сочленения этих звеньев, «кожу» (для реализации гладкого сгибания конечностей) и инверсную кинематику. Углы поворота каждого шарнира имеют ограничения (минимальный и максимальный угол поворота).

Передаваемые через устройство управления антропоморфными захватами действия оператора, выполняемые для взятия и перемещения объекта, отображаются красным цветом в случае, если предполагаемое усилие больше, чем достаточное (рис. 2). Параллельное представление об усилии передается оператору через изменение (повышение) частоты вращения вибромоторов, установленных на каждом пальце перчатки УКТ-6 оператора.

В общем случае трехмерная виртуальная сцена имеет иерархическую структуру и представляет собой дерево, состоящее из множества узлов. В каждом узле хранятся значения параметров, позволяющих однозначно вычислить все геометрические и визуальные характеристики соответствующего объекта. ПАК обеспечивает независимое управление движением по каждой степени подвижности звеньев 3D-модели АР, включая манипуляторы, захваты.

Интерактивные 3D-модели АР и окружающей обстановки и обеспечивают:

– моделирование функционирования АР через эмуляцию сценариев с последующей реализацией управления в автоматическом режиме;

– дефрагментацию сформированных сценариев с изменением скорости выполняемых действий (движений).

Полученные результаты позволяют проводить исследования реализуемости выполнения 3D-моделью и физическим прототипом АР расширенного перечня бортовых полётных операций, выполняемых космонавтами.

Библиографические ссылки

1. Богданов А. А., Кутлубаев И. М., Сычков В. Б. Перспективы создания антропоморфных робототехнических систем для работы в космосе // Пилотируемые полеты в космос. 2012. № 1 (3). С. 78–84.
2. Жиденко И. Г., Кутлубаев И. М. Методика определения сигналов управления антропоморфным манипулятором // Мехатроника, автоматизация, управление. 2014. № 5. С. 41–46.
3. Жиденко И. Г., Богданов А. А., Кутлубаев И. М., Сычков В. Б. Обоснование выбора структурной схемы роботов космического исполнения // Решетневские чтения : материалы XVII Междунар. науч. конф., посвящ. памяти акад. М. Ф. Решетнева (12–14 ноября 2013, Красноярск) : в 2 ч. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2013. Ч. 1. С. 278–280.
4. Богданов А. А., Сычков В. Б., Жиденко И. Г., Кутлубаев И. М. Создание и исследование робототехнической системы с интерактивным управлением // Решетневские чтения : материалы XVI Междунар. науч. конф., посвящ. памяти акад. М.Ф. Решетнева (7–9 ноября 2012, г. Красноярск) : в 2 ч. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2012. Ч. 1. С. 230–231.
5. Пат. 135956 Российская Федерация, МПК7 В25J9/08. Полезная модель. Копирующий манипулятор / Богданов А. А., Жиденко И. Г., Кияткин Д. В., Кутлубаев И. М., Пермяков А. Ф. ; заявитель и патентообладатель НПО «Андроидная техника» № 2013122162 ; заявл. 14.05.13, опубл. 14.05.13.

References

1. Bogdanov A. A., Kutlubayev I. M., Sychkov V. B. Promising anthropomorphic robotic systems for using in space // Manned space mission. 2012. № 1 (3). P. 78–84.
2. Zhidenko I. G., Kutlubayev I. M. Determination method of control signals of anthropomorphic manipulator // Mechatronics, Automation, Control. 2014. № 5. P. 41–46.
3. Zhidenko I. G., Bogdanov A. A., Kutlubayev I. M., Sychkov V. B. Explanation of structural scheme selection of space application robots // Reshetnev's readings: materials of XVI International Scientific Conference, dedicated to the member of the academy, M. F. Reshetnev (November 12-14, 2013, Krasnoyarsk). Krasnoyarsk: Siberian State Aerospace University, 2013. Part 1. P. 278–280.
4. Bogdanov A. A., Sychkov V. B., Zhidenko I. G., Kutlubayev I. M. Creation and research of robotic system with interactive control // Reshetnev's readings: materials of XVI International Scientific Conference, dedicated to the member of the academy, M. F. Reshetnev (November

7–9, 2012, Krasnoyarsk) / edited by U. U. Loginov ; Siberian State Aerospace University Krasnoyarsk, 2012. Part 1. P. 230–231.

5. Bogdanov A. A., Zhidenko I. G., Kiyatkin D. V., Kutlubayev I. M., Permyakov A. F. Poleznaya model'

Ispolnitel'nyj modul' manipulyatora. [Useful model Process execution module of manipulator]. Patent RF, no. 135956, 2013.

© Арасланов М. С., 2016

УДК 621.865.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ В КОНСТРУКЦИЯХ АНТРОПОМОРФНЫХ ЗАХВАТОВ

А. А. Богданов^{1,2}, И. Г. Жиденко¹, И. М. Кутлубаев^{1,2}, А. Ф. Пермяков¹

¹АО «НПО Андроидная техника»

Российская Федерация, 109518, г. Москва, ул. Грайвороновская, 23

²Магнитогорский государственный технический университет имени Г. Н. Носова

Российская Федерация, 455000, г. Магнитогорск, просп. Ленина, 38

E-mail: info@rusandroid.com, ptmr74@mail.ru

Излагается концепция построения системы передачи движения исполнительным звеньям антропоморфного захвата на базе дифференциальных механизмов. Представлены варианты практической реализации с использованием канатных и рычажных механизмов. Оценивается возможность применения подобных захватов для выполнения технологических операций из состава полетных заданий космонавта.

Ключевые слова: антропоморфный захват, дифференциальный механизм, функциональная схема, кинематическая схема, рычажный механизм, канатная передача.

USING DIFFERENTIAL MECHANISMS IN THE DESIGN OF ANTHROPOMORPHIC CAPTURE

A. A. Bogdanov^{1,2}, I. G. Zhydenko^{1,3}, I. M. Kutlubayev^{1,2}, A. F. Permyakov¹

¹JSC “SPA “Android technics”

23, Grayvoronovskaya Street, Moscow, 109518, Russian Federation

²Nosov Magnitogorsk State Technical University

38, Lenin Av., Magnitogorsk, 455000, Russian Federation

E-mail: info@rusandroid.com, ptmr74@mail.ru

The motion translation to anthropomorphic gripper executive element system on the basis of differential gear structure is presented. There are practical implementation variants with rope and lever drive appliance. The opportunity of corresponding gripper appliance to execute process operations from cosmonaut flight job is estimated.

Keywords: anthropomorphic gripper, differential gear, functional scheme, kinematic scheme, lever device, rope drive, rope transmission.

Эксплуатация орбитальных станций (ОС) предполагает выполнение работ по обслуживанию и ремонту аппаратуры и оборудования, размещенных вне гермоотсеков. На сегодняшний день их реализация требует выхода космонавтов в открытый космос. Это сопряжено со значительным риском, затратами времени и ресурсов.

Безусловным трендом в научном и практическом аспекте является создание роботов, в первую очередь антропоморфных, космического исполнения [1; 2]. В полетных операциях определены действия космонавтов вне гермоотсеков, включающие: взятие рабочего инструмента из укладки, подготовку его к работе, стыковку / расстыковку кабельных разъемов, работу с гаечными ключами, кусачками, застёгивание / расстёгивание карабинов.

Перечисленные действия осуществляются с использованием мелкой моторики. Выполнение аналогичных операций антропоморфным захватом возможно при наличии не менее семнадцати степеней подвижности.

Соблюдение жестких требований к научной аппаратуре по массе и энергопотреблению возможно за счет использования нетривиальных подходов к построению антропоморфного захвата. Наиболее перспективным является использование группового привода [3]. Это позволяет уменьшить число используемых двигателей до двух раз. Следствие возникающей при этом кинематической зависимости движения звеньев в пределах каждой исполнительной группы звеньев (ИГЗ) можно исключить, используя специальные конструктивные решения.