

УДК 59.30

Навык — средство управления движением и действиями автономного космического манипуляционного робота

Лесков Алексей Григорьевич

agleskov@rambler.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Рассмотрены вопросы повышения степени автономности космических манипуляционных роботов за счет применения «навыков». Приведен пример реализации одного из навыков при выполнении операции захвата и переноса объекта. В статье в качестве инструментов решения задачи повышения автономности рассматриваются так называемые «навыки». Навыки — набор элементарных формализованных действий, служащих достижению предписанного целевого положения. Переход к навыкам позволяет группировать отдельные команды управления манипуляционными роботами в целые блоки. На производстве это упрощает переход к выполнению новых заданий без перепрограммирования программного обеспечения робота.

Ключевые слова: навык, космический манипуляционный робот, автономность, сборка

Введение

Планами ведущих космических агентств предусмотрено дальнейшее наращивание объема и перечня работ, выполняемых с использованием манипуляционных роботов (КМР) при решении широкого круга задач в околоземном пространстве и в дальнем космосе [1–5]. Одним из важнейших требований, предъявляемых к перспективным КМР, является повышение степени их автономности.

Методы

В статье в качестве инструментов решения задачи повышения автономности рассматриваются так называемые «навыки» (Skills). Skills — набор элементарных формализованных действий, служащих достижению предписанного целевого положения [6].

В основе теории и методов Skills тот факт, что в работе МР значительное место занимают типовые операции. Переход к навыкам позволяют группировать отдельные команды управления МР в целые блоки. На производстве это упрощает переход к выполнению новых заданий без перепрограммирования программного обеспечения (ПО) робота.

Важное свойство навыков — возможность существенно понизить степень участия человека-оператора в управлении МР и тем самым повысить степень автономности МР. Последнее особенно важно для КМР, работающих в условиях, когда управление КМР человеком-оператором затруднено из-за быстрого изменения обстановки или в условиях недостаточной информации.

Такие условия имеют место при значительно удалении объектов манипулирования, ограничениях по каналам связи (например, при работе на обратной стороне Луны, на поверхности планет Солнечной системы и т. д.), при манипулировании крупногабаритными конструкциями.

Методы навыков особенно активно развиваются в области роботизированной сборки в космосе. Так, в [7] операции сборки в космосе рассматриваются как одни из важнейших. В [8] отмечается необходимость расширения номенклатуры операций, выполняемых автономными КМР и их тестирование в условиях нулевой гравитации.

Результаты

Выполнена разработка, проведено компьютерное и полунатурное моделирование одного из навыков, который часто используется при управлении КМР — «автоматический захват объекта и его перемещение в заданную область». Эффективность использования навыка демонстрируется на примере захвата различных объектов, расположенных в неизвестном заранее месте, при произвольном исходном положении робота.

Представлены результаты экспериментов. Эксперименты выполнены на базе полунатурного моделирующего стенда [9, 10]. Особенность стенда — цифровое моделирование динамики и процессов управления КМР (в том числе — в невесомости) и воспроизведение процессов манипулирования объектами, в том числе при выполнении сборки (контактные операции), на физическом уровне. Это позволяет проводить отработку операций навыков в условиях земной гравитации. Для этого используются штатные промышленные роботы Kawasaki FS-020N.

Заключение

Применение теории и методов навыков при управлении КМР позволяет повысить степень автономности КМР, что особенно важно в условиях ограничений по времени и по объему информации, при работе с крупногабаритными конструкциями и в условиях невесомости.

Литература

- [1] Стратегия развития космической деятельности России до 2030 года и на дальнейшую перспективу. AeX.ru. URL: <https://www.aex.ru/docs/8/2012/4/27/1561/> (дата обращения 30.12.2021).
- [2] Концепция развития робототехнических систем для решения задач в области пилотируемой космонавтики и исследования объектов солнечной системы на период до 2040 года. М.: ФКА, 2009.
- [3] Bischoff R., Guhl T. Robotic Visions to 2020 and beyond — The Strategic Research Agenda for robotics in Europe // EUROP. URL: https://www.researchgate.net/publication/234051922_Robotic_Visions_to_2020_and_beyond_-_The_strategic_research_agenda_for_robotics_in_Europe/citations (дата обращения 30.12.2021).
- [4] NASA Technology Roadmaps TA 4: Robotics and Autonomous System. NASA.gov. URL: https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/2015_nasa_technology_roadmaps_ta_4_robotics_and_autonomous_systems_final.pdf (дата обращения 30.12.2021).
- [5] Mitsushige Oda. JAXA's Space Robotics Road Map. Robotics.estec. URL: <http://robotics.estec.esa.int/i-SAIRAS/isairas2008/Proceedings/PLENARY%201-2-3%20TUESDAY/Keynote3-m047-Oda.pdf> (дата обращения 30.12.2021).
- [6] Manipulation Skill for Robotic Assembly Roboterfertigkeiten für den Zusammenbau Master-Thesis von Stefan Zeißaus Heidelberg. Juni 2014. Ias.informatik. URL: https://www.ias.informatik.tu-darmstadt.de/uploads/Main/Abschlussarbeiten/Zeiss_MSc_2014.pdf (дата обращения 30.12.2021).
- [7] Williams P.A., Dempsey J.A., Hamill D. Space science and technology partnership forum: Value proposition, strategic framework, and capability needs for in-space assembly // 2018 AIAA SPACE and Astronautics Forum and Exposition. 2018 September 17–19, Orlando, FL. Reston: AIAA, 2018. DOI: 10.2514/6.2018-5140
- [8] Roa M.A., Nottensteiner K., Wedler A., Grunwald G. Robotic Technologies for In-Space Assembly Operations. Elib.dlr. URL: <https://elib.dlr.de/116805/1/Roa-Astra17.pdf> (дата обращения 30.12.2021).

- [9] Leskov A., Illarionov V., Zimin A., Moroshkin S., Kalevatykh I. Distance robotics learning using Hybrid Simulating Testbed // REV2014: 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation. Porto: February 26–28, 2014. Pp. 225–226. DOI: 10.1109/REV.2014.6784261
- [10] Интернет-лаборатория «Робототехника». МГТУ им. Н.Э. Баумана. Дмитровский филиал. URL: <http://fms.bmstu.ru> (дата обращения 30.12.2021).

Skill — a Means of Controlling the Motion and Actions of an Autonomous Space Manipulation Robot

Leskov Alexey Grigorievich

agleskov@rambler.ru

BMSTU

The issues of increasing the degree of autonomy of space manipulation robots through the use of skills are considered. An example of the implementation of one of the skills when performing the operation of capturing and transferring an object is given. In the article, the so-called skills are considered as tools for solving the problem of increasing autonomy. Skills are a set of elementary formalized actions that serve to achieve the prescribed target position. The transition to skills allows you to group individual commands for manipulating robots into whole blocks. In production, this simplifies the transition to performing new tasks without reprogramming the robot's software.

Keywords: skill, space manipulation robot, autonomy, assembly

References

- [1] Strategiya razvitiya kosmicheskoy deyatel'nosti Rossii do 2030 goda i na dal'neyshuyu perspektivu [Strategy for the development of space activities in Russia until 2030 and for the future]. AeX.ru. Available at: <https://www.aex.ru/docs/8/2012/4/27/1561/> (accessed December 30, 2021). (In Russ.).
- [2] Kontseptsiya razvitiya robototekhnicheskikh sistem dlya resheniya zadach v oblasti pilotiruемой kosmonavtiki i issledovaniya ob'ektov solnechnoy sistemy na period do 2040 goda [The concept of development of robotic systems for solving problems in the field of manned space exploration and exploration of solar system objects for the period up to 2040]. Moscow, FKA Publ., 2009. (In Russ.).
- [3] Bischoff R., Guhl T. Robotic Visions to 2020 and beyond — The Strategic Research Agenda for robotics in Europe. EUROP. Available at: https://www.researchgate.net/publication/234051922_Robotic_Visions_to_2020_and_beyond_-_The_strategic_research_agenda_for_robotics_in_Europe/citations (accessed December 30, 2021).
- [4] NASA Technology Roadmaps TA 4: Robotics and Autonomous System. NASA.gov. Available at: https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/2015_nasa_technology_roadmaps_ta_4_robotics_and_autonomous_systems_final.pdf (accessed December 30, 2021).
- [5] Mitsushige Oda. JAXA's Space Robotics Road Map. Robotics.estec. Available at: <http://robotics.estec.esa.int/i-SAIRAS/isairas2008/Proceedings/PLENARY%201-2-3%20TUESDAY/Keynote3-m047-Oda.pdf> (accessed December 30, 2021).
- [6] Manipulation Skill for Robotic Assembly Roboterfertigkeiten für den Zusammenbau Master-Thesis von Stefan ZeiBaus Heidelberg. Juni 2014. Ias.informatik. Available at: https://www.ias.informatik.tu-darmstadt.de/uploads/Main/Abschlussarbeiten/Zeiss_MSc_2014.pdf (accessed December 30, 2021).
- [7] Williams P.A., Dempsey J.A., Hamill D. Space science and technology partnership forum: Value proposition, strategic framework, and capability needs for in-space assembly. 2018 AIAA SPACE and Astronautics Forum and Exposition, 2018 September 17–19, Orlando, FL, Reston, AIAA, 2018. DOI: 10.2514/6.2018-5140

- [8] Roa M.A., Nottensteiner K., Wedler A., Grunwald G. Robotic Technologies for In-Space Assembly Operations. Elib.dlr. Available at: <https://elib.dlr.de/116805/1/Roa-Astra17.pdf> (accessed December 30, 2021).
- [9] Leskov A., Illarionov V., Zimin A., Moroshkin S., Kalevatykh I. Distance robotics learning using Hybrid Simulating Testbed. REV2014: 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, Porto, February 26–28, 2014, pp. 225–226. DOI: 10.1109/REV.2014.6784261
- [10] Internet-laboratoriya “Robototekhnika” [Internet laboratory “Robotics”]. MGTU im. N.E. Bauman. Dmitrovskiy filial. Available at: <http://fms.bmstu.ru> (accessed December 30, 2021). (In Russ.).