

УДК 004.415.2, 004.588

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**Решетников Андрей Геннадьевич***Аспирант;**ГБОУ ВО «Университет «Дубна»,**Институт системного анализа и управления;**141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19;**e-mail: agreshetnikov@gmail.com.*

В статье рассматриваются различные варианты взаимодействия робототехнических систем. Приведено краткое описание каждой из систем. В качестве объектов управления выступают макеты манипулятора, перевернутого маятника и мобильного манипулятора. Мобильный и стационарный манипуляторы оснащены системой распознавания образов на основе библиотеки компьютерного зрения OpenCV и аппаратной части, в виде Web-камеры, приставки Kinect и инфракрасного сенсора. Рассматривается вариант взаимодействия в децентрализованной и иерархической системы управления. Демонстрируется эксперимент в связке «ведущий - ведомый» проводимый на основе системы распознавания мобильного манипулятора.

Макеты оснащены встраиваемой интеллектуальной системой управления разработанной с использованием проблемно независимого программного инструментария «Оптимизатор Баз Знаний». Применение подобного инструментария обусловлено наличием неполной описания объектов управления и механизмов их взаимодействия друг с другом. Такого рода подход предполагает использования нескольких генетических алгоритмов с различными функциями пригодности для проектирования правых и левых частей базы правил, оптимизации количества правил и структуры нечеткой нейронной сети.

Результаты экспериментов демонстрируют возможность гарантированного достижения цели управления группой роботов за счет использования технологий мягких вычислений, при проектировании баз знаний нечетких регуляторов в системах управления. Разработанный программный инструментарий позволяет проектировать и настраивать сложные и слабо формализованные технические системы в режиме реального времени. Данная возможность позволяет существенно сократить время при проектировании интеллектуальной системы управления и повысить надежность системы за счет снижения уровня влияния экспертных оценок на процесс проектирования.

Ключевые слова: вычисления, генетические алгоритмы, база знаний, дистанционная настройка, информационные технологии.

**INTELLIGENT CONTROL ROBOT TECHNOLOGY BASED REMOTE TUNING,
CONFIGURATION AND TRANSFER OF KNOWLEDGE BASES****Reshetnikov Andrey***PhD student;**Dubna State University,**Institute of system analysis and management;**141980, Dubna, Moscow reg., Universitetskaya str., 19;**e-mail: reshetnikovag@pochta.ru.*

The article discusses various case of interaction between robotic systems. A brief description of each of the systems are shows. The control objects are the manipulator, inverted pendulum and a mobile manipulator. Mobile and stationary manipulators are equipped with computer vision based on library OpenCV and hardware, in the form of Web cameras, module Kinect and infrared sensor. This paper shown the opportunity of interaction in a decentral and hierarchical control system. Demonstrates an experiment in tandem "master - slave" conducted on the computer vision of mobile manipulator. Benchmark robots are equipped with built-in intelligent control system developed using the problem of independent software tools "Soft Computing Optimizer". The use of such instruments due to the presence of incomplete description of facilities control and mechanisms of their interaction with each other. Such an approach involves the use of mul-

multiple genetic algorithms with different functions for the design of fitness right and left parts of the rule base, optimization of the number of rules and structure of the fuzzy neural network.

Experimental results demonstrate the possibility of achieving the goal of control in a group of robotics systems by using soft computing technologies. The developed software tool allows tuning and configuring complex and low formalized technical systems in real time. This capability can reduce the time, the design of intellectual control system and improve the robustness of the system by reducing the influence of expert assessments on the design process.

Keywords: intelligent control, fuzzy controller, multi-agent systems, pattern recognition, soft computing optimizer.

Введение

Одной из ключевых задач современной робототехники является развитие технологий когнитивного взаимодействия робототехнических систем, позволяющие решать задачи интеллектуального иерархического управления за счет перераспределения знаний и функций управления. Современные подходы к решению данной задачи основываются на теории многоагентных систем, теории роевого искусственного интеллекта и др. [1, 2, 3]. За счет синергетического эффекта обмена информацией многоагентная система способна решать сложные динамические задачи по выполнению совместной работы: поставленная задача может не выполняться каждым элементом системы в отдельности в разнородных средах без внешнего управления, контроля или координации, но обмен знаниями и информацией позволяет совершать совместную полезную работу для достижения поставленной цели управления.

Речь идет о сети слабо связанных между собой коллектива роботов, совместно работающих в целях решения задач, которые выходят за рамки индивидуальных возможностей. Различные узлы подобной системы, как правило, имеют различный уровень интеллектуализации (знания, алгоритмы, вычислительные базисы) и разные информационные ресурсы при проектировании. Каждый узел должен быть способен модифицировать свое поведение в зависимости от обстоятельств, а также планировать свои стратегии коммуникации и кооперации с другими узлами. Здесь показателями уровня кооперации являются: характер распределения задач, объединение различных информационных ресурсов и, конечно, возможность решения общей проблемы в заданное время [4, 5].

Примечание. Часто проводятся принципиальные различия между распределенным и децентрализованным искусственным интеллектом. Идеология распределенного решения задач предполагает главным образом разделение знаний и ресурсов между агентами и, в меньшей степени, распределение управления и властных полномочий; как правило, здесь постулируется наличие единого органа управления, обеспечивающего принятие решений в критических (конфликтных) ситуациях. Исходным объектом исследования является общая сложная проблема, для решения которой формируется группа агентов, строится общая концептуальная модель и вводятся глобальные критерии достижения цели.

С целью повышения эффективности интеллектуального управления и гарантированного достижения цели управления в условиях неопределенности, нестандартных ситуаций и возрастающего информационного риска возникла идея применения когнитивных процессов, происходящих в коре головного мозга человека-оператора. В этом случае обработка когнитивных процессов, в виде электрических сигналов электроэнцефалограмм (ЭЭГ) и регистрируемых интерфейсом «мозг - устройство» с участков коры головного мозга, позволяет спроектировать дополнительные БЗ на основе оптимизатора БЗ на мягких вычислениях и формировать дополнительные силы управления для достижения цели управления. В результате такое объединение (когнитивного регулятора с техническим интеллектуальным регулятором) в контуре управления приводит к формированию нового класса систем управления – когнитивных интеллектуальных систем управления, которые сами в свою очередь могут рассматриваться как единая социотехническая система [6, 7, 8].

В полностью децентрализованных системах управление происходит только за счет локальных взаимодействий между агентами. Здесь базовым объектом исследования оказывается уже не распределенное решение некоторой общей задачи, а деятельность автономного агента в динамическом многоагентном мире (а также координация деятельности различных агентов). При этом наряду с распре-

деленными знаниями и ресурсами, описываются локальные задачи отдельных агентов, решаемые на базе локальных концептуальных моделей и локальных критериев.

Для возможности демонстрации взаимодействия были спроектированы макеты управления. Системы управления макетов функционируют на основе нейросетевых нечетких регуляторов разработанных на основе технологии, представленной в [9, 10]. Рассмотрим кратко каждый объект управления.

Объекты управления

Перевернутый маятник. Данная система управления представляет собой динамически неустойчивый мобильный объект. Разработанная система интеллектуального управления позволяет роботу свободно перемещаться по различным поверхностям, таких как паркет, асфальт, линолеум, стол, а также дополнительно ставить на робота объекты различной тяжести, например, бокал, телефон и т.п. Для возможности определения положения этой системы в пространстве используется система инфракрасных «маячков». На четыре угла корпуса робота установлены инфракрасные диоды. Отслеживая камерой двумерные координаты светодиодов, и зная точные расстояние между ними, можно вычислить расстояние и положение робота в трехмерном пространстве. На рис. 1 (а), представлена трехмерная модель *перевернутого маятника*.

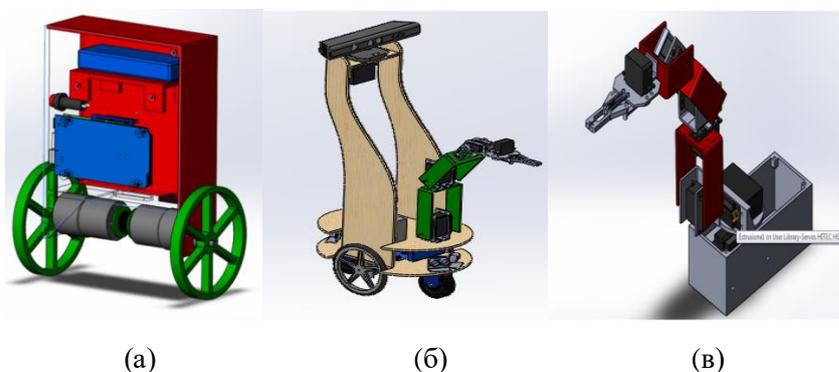


Рис. 1. Трехмерная модель: а) перевернутого маятника, б) тележки с манипулятором, в) робота-бармена

Тележка с манипулятором. Данный объект представляет собой мобильную платформу с установленным на нее манипулятором с тремя степенями свободы. Также, для возможности ориентации в пространстве, на робот установлены две камеры: цветная *Kinect* и инфракрасная *Wimote*. Для распознавания объектов взаимодействия робот использует систему распознавания образов, работающую в среде *OpenCV*. Система может свободно перемещаться в пространстве, распознавать различные объекты и использовать манипулятор для взаимодействия с ними. Модель тележки представлена на рис. 1 (б).

Робот-бармен. Данный робот представляет собой манипулятор с четырьмя степенями свободы. Робот оснащен камерой, которая охватывает обзором поле рядом с манипулятором и системой распознавания контуров. Вместо захвата к манипулятору подведена трубка с жидкостью, которая хранится в бачке. Робот способен распознавать контуры емкостей, размещенных в рабочей области, и наполнять их какой-либо жидкостью. На рис. 1 (в) представлена трехмерная модель стационарного манипулятора. Далее, рассмотрим реализованные типы взаимодействия.

Среда передачи данных

Для возможности реализации связи между роботами был реализован беспроводной интерфейс на основе технологии *Bluetooth*. Беспроводные передатчики установлены на каждую из робототехнических систем (рис. 2).



Рис. 2. Использование макетами технологии Bluetooth

Профиль соединения представляет собой последовательный порт. В процессе работы системы обмениваются между собой простейшими командами, такими как «двигайся вперед», «повернись налево», «повернись направо», «остановись», закодированными в символьном виде.

Дистанционная настройка с использованием инструментария «Оптимизатор Баз Знаний»

«Оптимизатор Баз Знаний» является инструментарием для разработки робастных баз знаний на основе решения одной из алгоритмически трудно решаемых задач теории искусственного интеллекта – извлечения, обработки и формирования объективных знаний без использования экспертных оценок. В данном оптимизаторе используются три генетических алгоритма, которые позволяют спроектировать оптимальную структуру нечеткого регулятора, аппроксимирующего обучающий сигнал с требуемой ошибкой.

Одной из важных особенностей ОБЗ является дистанционная настройка объекта управления (рис. 3), когда интеллектуальная система управления настраивается с использованием самого объекта управления в режиме реального времени, независимо от его местонахождения. Применение данной технологии, на примере робота – перевернутого маятника также рассматривается в [11].



Рис. 3. Схема соединения настраиваемого устройства и ОБЗ

Технология беспроводной настройки также была применена и роботу – тележке с манипулятором. Здесь интеллектуальная система управления используется для быстрого и точного перемещения к объекту распознавания, а ошибкой является отклонение от прямолинейного курса в условных единицах.

Взаимодействие перевернутого маятника и робота-бармена

На робот-перевернутый маятник [11, 12, 13] устанавливается бокал, который является объектом распознавания для стационарного манипулятора. Перевернутый маятник определяет свое положение относительно робота-бармена с помощью инфракрасной камеры и «маячков» и, когда подается соответствующая команда, меняет свое местоположение и перемещается к манипулятору. Алгоритм взаимодействия представлен на рис. 4.

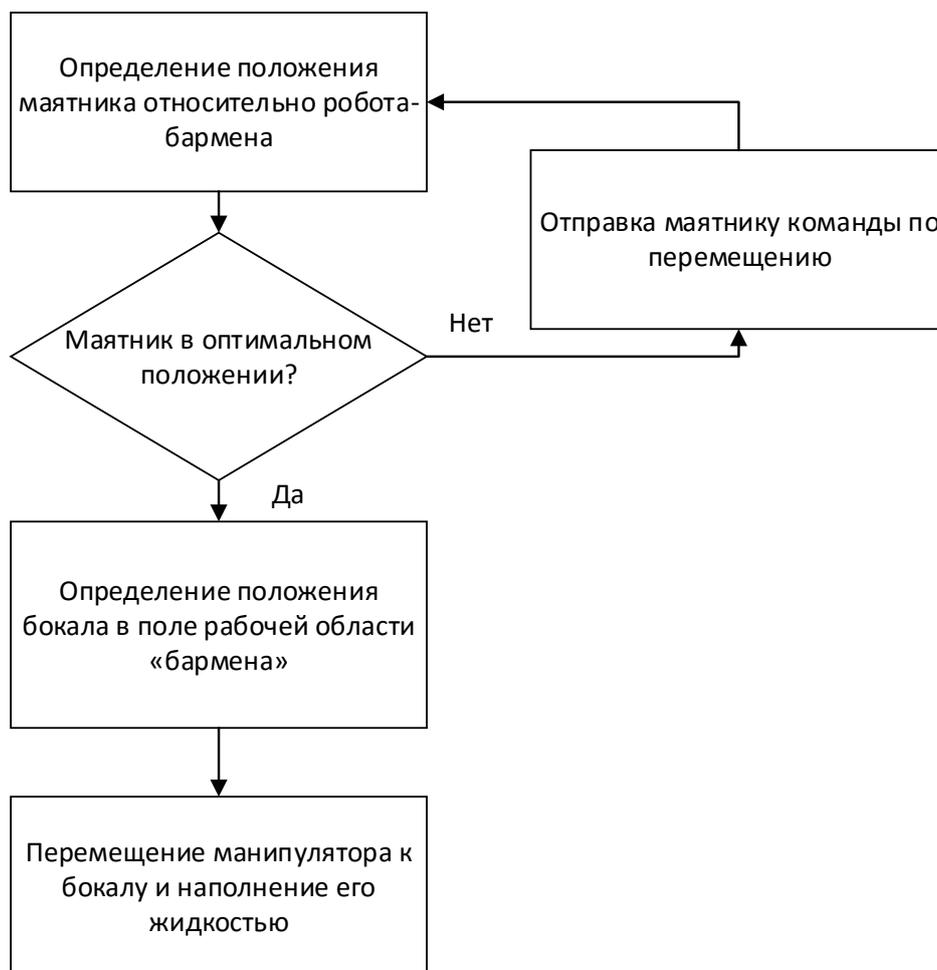


Рис. 4. Алгоритм взаимодействия перевернутого маятника и робота-бармена

Когда перевернутый маятник оказывается в зоне видимости стационарного манипулятора (рис. 5), система распознавания определяет местоположение бокала и отправляет команду манипулятору наполнить его жидкостью (рис. 6).

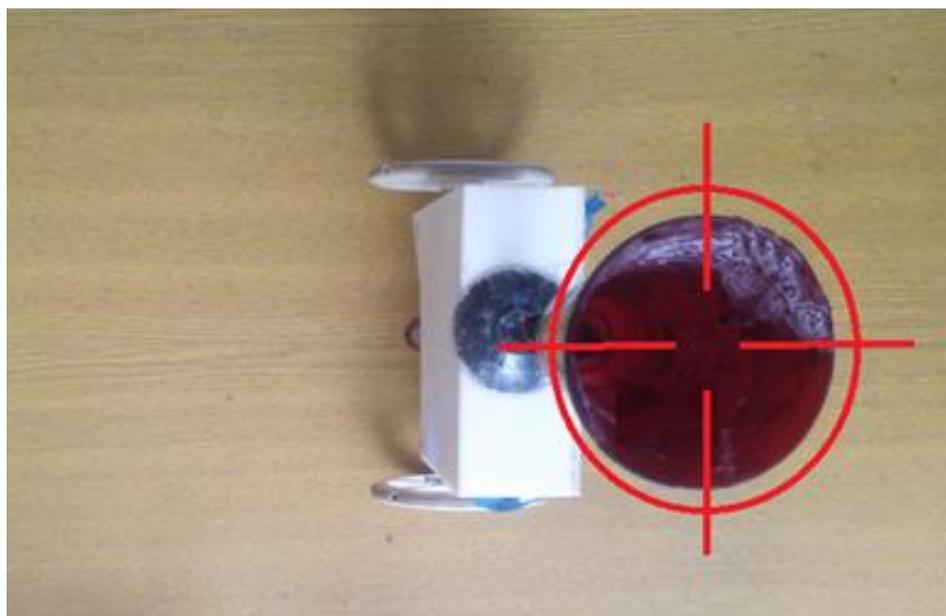


Рис. 5. Перевернутый маятник с бокалом в области видимости робота-бармена



Рис. 6. Робот-бармен наливает жидкость в бокал, установленный на перевернутом маятнике

Такое взаимодействие является типовым и его применение возможно в целом спектре задач. Кроме очевидных возможностей автоматизации кафе и баров, также возможна автоматизация множества производственных задач, таких как погрузка-разгрузка контейнеров, сортировка и т.п.

Взаимодействие перевернутого маятника и тележки с манипулятором

Сверху, на перевернутый маятник, устанавливается бокал. Тележка с манипулятором оснащена инфракрасной камерой, которая определяет относительное положение перевернутого маятника и начинает движение в сторону распознанного объекта. Также, команда на сближение отправляется перевернутому маятнику.

После сближения мобильный манипулятор, с использованием системы распознавания и камеры Kinect, определяет местоположение бокала. Манипулятор, оснащенный интеллектуальной системой управления, рассчитывает команду моторам в звеньях и перемещает захват манипулятора к бокалу. На рис. 7 представлен алгоритм взаимодействия тележки и перевернутого маятника.

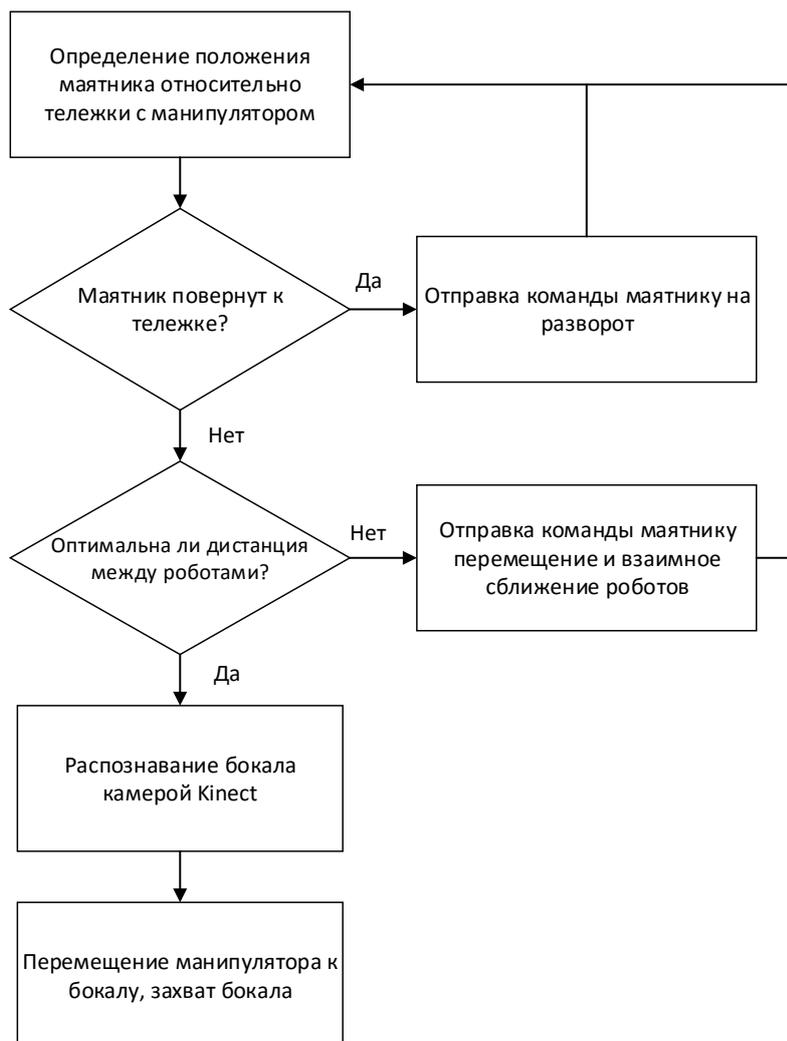


Рис. 7. Алгоритм взаимодействия тележки с манипулятором и перевернутого маятника

Сначала тележка находит в зоне видимости перевернутый маятник и определяет его положение. Если маятник повернут, то ему отправляется команда на разворот. Если маятник стоит ровно, то начинается взаимное движение навстречу. Когда дистанция становится оптимальна, в работу включается камера Kinect и происходит распознавание бокала, установленного на маятник. После распознавания бокала отправляются координаты и команда манипулятору на захват бокала (рис. 8).

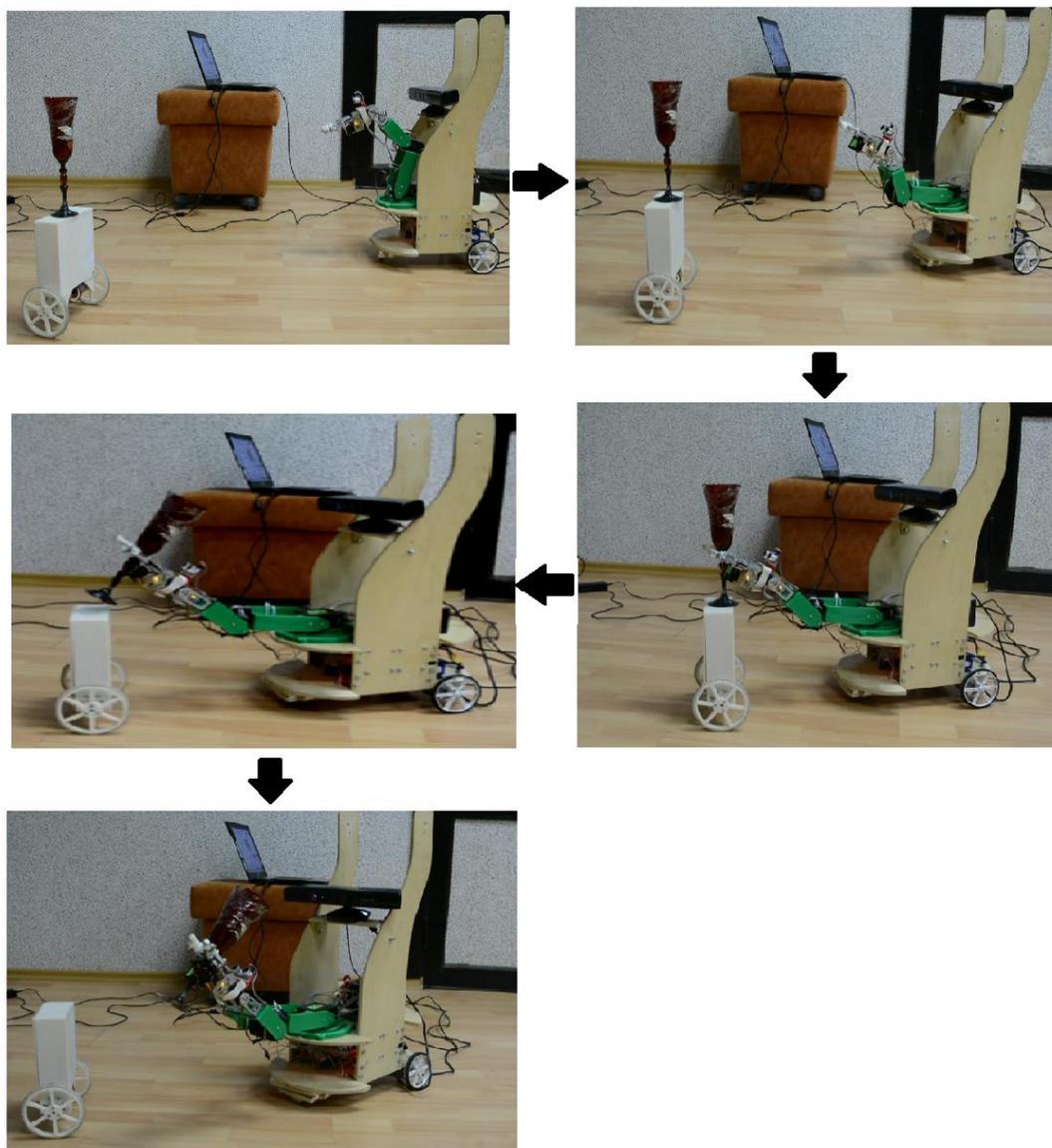


Рис. 8. Мобильный манипулятор выполняет захват бокала с перевернутого маятника

Такое взаимодействие реализует иерархическое управление в связке ведущий и ведомый. Так, перевернутый маятник выступает в роли ведомого и выполняет команды от мобильного манипулятора, который обладает дополнительным сенсором, для определения положения маятника.

Выводы

Развитие технологий проектирования взаимодействия агентов в многоагентных системах представляет как практический, так и научный интерес. Для возможности реализации таких систем в реальной среде необходимо, чтобы каждый агент имел встроенную интеллектуальную систему управления, т.к. при взаимодействии систем существует множество неучтенных параметров и прочих непредвиденных ситуаций, которые сильно влияют на результат такого взаимодействия. Возможность использования дополнительного программного инструментария и интеллектуальной дистанционной настройки показала свою применимость для такого рода систем.

Разработанные варианты взаимодействия показывают возможности применения таких систем в широком спектре задач, таких как автоматизация складов и производств, автоматические заведения общественного питания, ликвидация последствий чрезвычайных происшествий и т.п. Главной особенностью многоагентной системы является синергетический эффект, возникающий от объединения нескольких робототехнических систем, когда результат взаимодействия намного превышает возможности каждого из роботов в отдельности.

Литература

1. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. – М.: Эдиториал УРСС, 2002. – С. 352.
2. Зайцев А.А., Курейчик В.В., Полупанов А.А. Обзор эволюционных методов оптимизации на основе роевого интеллекта // Известия ЮФУ. Технические науки, 2010. – № 12.
3. Курейчик В.М., Кажаров А.А., Использование роевого интеллекта в решении пр-трудных задач // Известия ЮФУ. Технические науки, 2011. – № 7.
4. Gregory Dudek, Michael R. M. Jenkin, Evangelos Milios, David Wilkes, A taxonomy for multi-agent robotics, Autonomous Robots, 1996. – Vol. 3. – Issue 4. – Pp. 375-397.
5. Jun Ota Multi-agent robot systems as distributed autonomous systems // Advanced Engineering Informatics, 2006. – Vol. 20. – Issue 1. – Pp. 59-70. – ISSN 1474-0346.
6. Kawamura, K., Gordon, S. From Intelligent Control to Cognitive Control // Automation Congress, 2006. – Pp.1,8, 24-26.
7. Kawamura K., Peters II R.A., Bodenheimer R., Sarkar N., Park J., Spratley A., Hambuchen K. A. Multiagent-based cognitive robot architecture and its realization // Int'l Jo. of Humanoid Robotics, 2004. – 1(1). – Pp. 65-93.
8. Lenk J.C., Droste R., Sobiech C., Ludtke A., Hahn A. Towards cooperative cognitive models in multi-agent systems // International conference on advanced cognitive technologies and applications 07/2012, ISBN: 978-1-61208-218-9.
9. Керимов Т. А., Решетников А. Г., Ульянов С. В., Интеллектуальное робастное управление динамически неустойчивым объектом. Ч.1: Удаленная настройка баз знаний на технологии мягких вычислений // Системный Анализ в Науке и Образовании: сетевое научное издание. – Дубна, 2013. – № 4. – [Электронный ресурс]. URL: <http://sanse.ru/download/191>.
10. Ульянов С.В., Решетников А.Г., Керимов Т.А., Дистанционная настройка базы знаний для интеллектуального управления автономным роботом на основе оптимизатора баз знаний. Ч1: технологии мягких вычислений, // Системный Анализ в Науке и Образовании: сетевое научное издание. – Дубна, 2013. – № 1. – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sanse.ru/download/156>.
11. Nawawi S.W., Ahmad M.N., and Osman J.H.S. Real-time control system for a two-wheeled inverted pendulum mobile – robot // Advanced Knowledge Application in Practice, InTech, 2010. – Pp. 299-312.
12. Gocmen A. Design of two wheeled electric vehicle. Master Sci // Thesis. Atilim Univ., Temmuz, 2011.
13. Castro A. Modeling and dynamic analysis of a two-wheeled inverted pendulum // Master Sci. Thesis, Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA, 2012.