

Анализ способов взаимодействия оператора с антропоморфным манипулятором

В.Б. Сычков
Кафедра прикладной математики и
компьютерной безопасности
Северо-Кавказский федеральный университет
Ставрополь, Россия
e-mail: losde5530@gmail.com

Аннотация¹

В данной статье проведен анализ способов взаимодействия оператора с антропоморфным манипулятором. Рассмотрены существующие способы формирования управляющих сигналов для управления антропоморфным манипулятором. Рассмотрена классификация систем управления антропоморфным манипулятором через задающее устройство по типу сенсорной части. Проведен анализ сенсорного оснащения задающих устройств, рассмотрены их перспективы и доступность. Приведен обзор средств обеспечения обратной связи при телеприсутствии.

1. Введение

В настоящее время во многие области человеческой жизнедеятельности интенсивно внедряются робототехнические системы. Одним из перспективных направлений являются антропоморфные роботы.

Под антропоморфным роботом понимается робототехническая система, имеющая схожее кинематическое строение с телом человека. Наиболее важным рабочим органом робота являются его манипуляторы.

Под манипулятором понимается машина, механизм которой обычно состоит из последовательности сегментов. Сегменты могут быть соединены, а могут перемещаться относительно друг друга. Они могут захватывать и (или) перемещать объекты (заготовки или инструменты) с некоторой степенью свободы [1].

Манипулятор может управляться оператором, программируемым электронным контроллером или логической системой. Соответственно, возможности

антропоморфных манипуляторов зависят от используемого типа управления.

2. Способы формирования управляющих сигналов для управления антропоморфным манипулятором

Существующие способы формирования управляющих сигналов для управления антропоморфным манипулятором определяются программно-аппаратными устройствами ввода-вывода информации, которые использует оператор для управления роботом и программирования действий робота [2-5]. Выделяют следующие способы взаимодействия [6-7] (рис. 1).

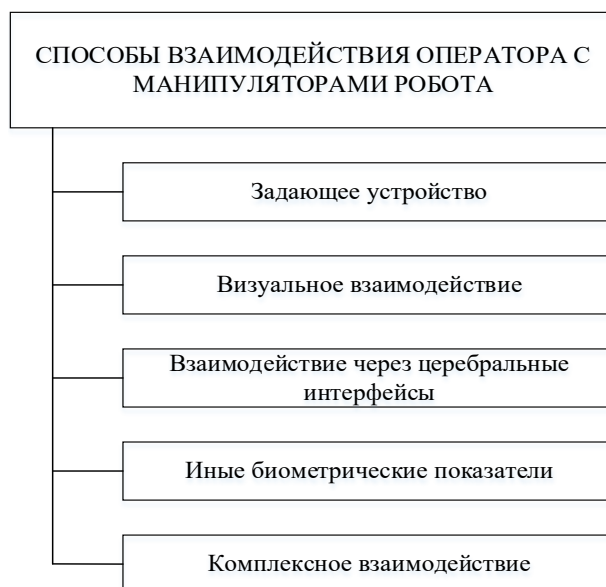


Рис. 1. Способы взаимодействия оператора с антропоморфными манипуляторами

Взаимодействие с использованием задающих устройств осуществляется с помощью: кинематически подобных задающих манипуляторов; джойстиков; кнопок/тумблеров; устройств ввода информации в компьютер; педалей; силомоментной обратной связи.

Труды Седьмой всероссийской научной конференции "Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений", 28-30 мая, Уфа-Ставрополь, Ханты-Мансийск, Россия, 2019

Звуковое взаимодействие осуществляется с помощью: звуковых сигналов; речевых команд; синтеза речи; распознавания речевых команд.

Визуальное взаимодействие осуществляется с помощью: жестов; визуальных сигналов; распознавания выражения лица (мимики); положения глазных яблок; отображения действий робота на экране монитора через графический интерфейс пользователя (GUI).

Взаимодействие через церебральные интерфейсы. Взаимодействие через церебральные интерфейсы (нейрокомпьютерный интерфейс или интерфейс мозг – компьютер) заключается в подключении управляющих контуров робота непосредственно к центральной нервной системе человека за счет электрического или электромагнитного контакта. При этом осуществляется считывание мозговых волн различной природы для использования в контуре управления.

Взаимодействие, использующее иные биометрические показатели. К иным биометрическим показателям относятся: электрическое напряжение в мышцах человека; удельная электрическая емкость кожи человека; проводимость кожи (монограммы).

Комплексное взаимодействие. Данный метод взаимодействия основывается на одновременном использовании разных взаимодействий, например, элементы эмоционального коммуникативного поведения и мультимодальные интерфейсы.

Таблица 1. Сравнительный анализ способов взаимодействия оператора с антропоморфными манипуляторами

№ п/п	Способ взаимодействия	Преимущества	Недостатки
1	Задающее устройство	высокая точность определения углов поворота, отсутствие слепых зон, простота алгоритмов управления, низкая вычислительная сложность алгоритмов управления, простота реализации, отсутствие ограничений при перемещении	сложность и тяжесть конструкции, скованность движения
2	Визуальное взаимодействие	отсутствие оборудования на операторе, отсутствие ограничивающих факторов движения.	низкая точность определения углов поворота, большие задержки при определении положений руки оператора, присутствие слепых зон
3	Церебральные интерфейсы	отсутствие необходимости выполнения физических нагрузок	высокая сложность реализации, необходимость курсов обучения оператора, низкая точность определения углов поворота, нагрузки на нервную систему оператора
4	Иные биометрические показатели	возможность использования при поражениях конечностей, возможность голосового контроля	сложность реализации, низкая точность

Первая группа систем управления в качестве вектора входных данных использует показания измерений изгиба сенсоров либо углов поворотов энкодеров, расположенных на специальных перчатках, что позволяет системе сформировать необходимый

3. Анализ способов взаимодействия оператора с антропоморфными манипуляторами

Исходя из анализа существующих методов копирующего управления, был проведен сравнительный анализ преимуществ и недостатков способов взаимодействия оператора с антропоморфными манипуляторами, который приведен в таблице 1.

Согласно данным таблицы 1, преимуществом пользуются задающие системы, ярким примером которых выступают экзоскелеты, внешний вид которых приведен на рис. 2. В первую очередь, это обусловлено обеспечением высокой точности регистрации углов поворота руки оператора и отсутствием слепых зон при управлении.

Системы управления АМ через задающее устройство можно также разделить на несколько групп по типу сенсорной части, основанной на:

- механических датчиках;
- оптических датчиках;
- датчиках электромиографии;
- датчиках электроэнцефалографии.

вектор выходных данных для управления приводами антропоморфного манипулятора.

Подобные системы управления наиболее просты и дешевы в производстве и обладают относительно высокой точностью без необходимости фильтрации данных. К тому же использование перчаток для

расположения сенсоров позволяет интегрировать обратную связь манипулятор-оператор.

Однако данная группа систем управления может быть применена только лишь в качестве систем телеуправления для манипуляторов антропоморфных роботов, т.к. для реализации управления необходима рука оператора для получения информации.

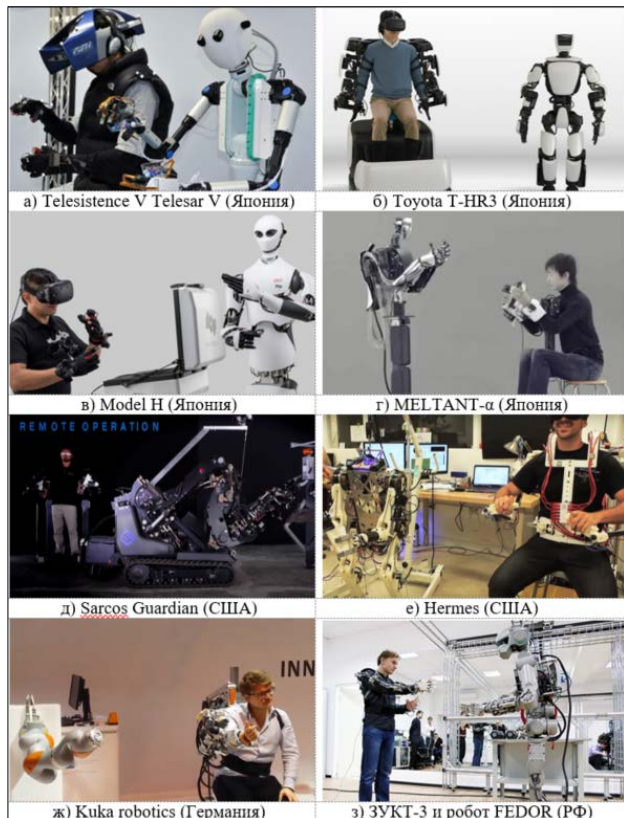


Рис. 2. Системы копирующего управления антропоморфными манипуляторами

Системы управления, использующие оптические датчики (камеры, RGB-D сенсоры) для измерения положения руки оператора, также относятся к системам телеуправления. Отличительной особенностью этих систем является расположение датчиков без привязки к телу оператора, что позволяет увеличить свободу движений последнего.

Однако возрастает сложность систем управления, которая обусловлена обязательным использованием алгоритмов фильтрации информации с сенсоров и распознавания руки оператора. К тому же применение оптических сенсоров увеличивает стоимость системы управления.

Оставшиеся две группы систем управления могут быть применены как для реализации телеуправления манипуляторами антропоморфных роботов, так и для управления протезами рук. Системы управления обеих групп имеют высокий уровень сложности исполнения, т.к. применяют алгоритмы фильтрации и обработки данных для формирования вектора управляющего воздействия.

Системы управления третьей группы применяют датчики электромиографии (рис. 3), измеряющие биоэлектрические потенциалы, возникающие в скелетных мышцах при возбуждении мышечных волокон.



Рис. 3. Использование датчиков электромиографии для управления бионическим антропоморфным протезом

Системы управления четвертой группы в свою очередь применяют датчики электроэнцефалографии (рис. 4), измеряющие потенциалы, возникающие в результате электрической активности мозга во время работы.



Рис. 4. Робот Asimo, управляемый с помощью датчика электроэнцефалографии

Следует заметить, что оборудование, используемое для измерения в этих системах, достаточно дорогостоящее [8-10].

4. Средства обеспечения обратной связи при телеприсутствии HRI

Использование экзоскелетных комплексов для управления антропоморфными роботами объединяет в себя два крупных класса задач:

- телеоперация, управление роботом на расстоянии (дистанционное управление робототехническими системами);
- телеприсутствие, набор технологий, которые позволяют человеку почувствовать себя так, будто он лично присутствует в месте нахождения управляемой робототехнической системой.

Осуществление обратной связи при телеприсутствии является актуальной тенденцией развития для робототехнических систем, особенно при использовании задающих устройств и экзоскелетных комплексов.

Помимо таких известных способов передачи информации от робота к человеку как в виде оптического и акустического сигнала (рис. 5), внимание исследователей сосредоточено на тактильных технологиях.



Рис. 5. Шлем виртуальной реальности и гаптические перчатки для копирующего управления, NASA Ames Research Center, 1980 г.

Тактильное сенсорное восприятие достигается посредством физического взаимодействия и соприкосновения (давления) на тело человека [13].

Тактильные технологии (гаптические технологии) – это технологии создания ощущения прикосновения путем приложения к оператору сил, вибраций или движений в местах, идентичным местам исполнительного устройства.

Ряд исследователей выделяет три категории сенсорных систем, связанных с чувством осязания у людей (рис. 6).

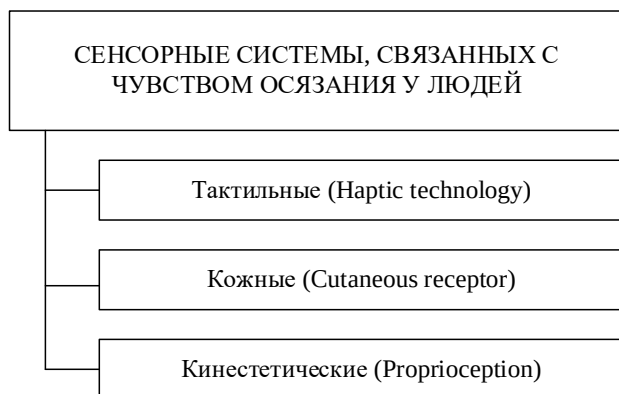


Рис. 6. Категории сенсорных систем, связанных с чувством осязания у людей

Выделяют две группы (контактные, бесконтактные) и 4 широко распространенных метода реализации тактильных технологий (рис. 7).



Рис. 7. Классификация тактильного сенсорного восприятия

Таким образом через тактильное сенсорное восприятие можно передавать размер, вес, контур, характеристики поверхности и материала, консистенцию и температуру исследуемого объекта. Сбор информации осуществляется сенсорным оснащением робота [14].

Кожные рецепторы являются частью сенсорной нервной системы человека и включают в себя три вида рецепторов (рис. 8): механорецепторы (тактильное сенсорное восприятие), ноцицепторы и температурные рецепторы [16-17].

Исследователями активно ведется изучение осуществления обратной связи путем использования ноцицепторов путем подачи малого напряжения тока, при этом безопасного и одобренного прототипа пока не замечено.

Кинестетические сенсорные системы представлены проприацией – способностью организма создавать чувство собственного движения и положения тела.

Центральная нервная система интегрирует информацию от проприационных и других сенсорных систем, таких как зрение и вестибулярная система, чтобы создать общее представление положения тела, движение и ускорение.

Все существующие погрешности и неточности в реализации обратной связи между роботом и человеком компенсируются организмом с помощью проприации. Соответственно в зависимости от

проприцептивных возможностей организма зависит эффективность управления роботом.

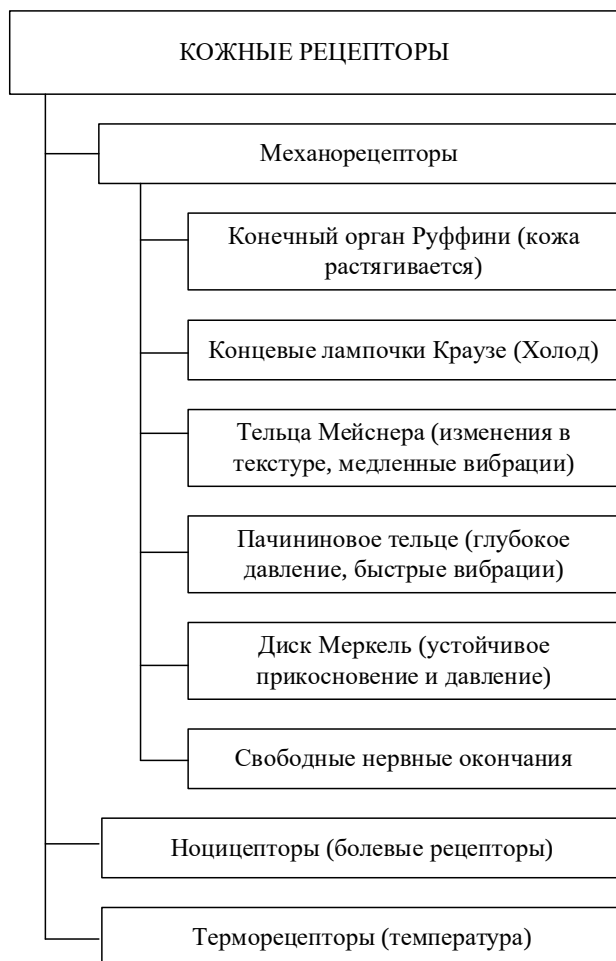


Рисунок 8. Классификация кожных рецепторов

Описанные технологии для телеприсутствия могут быть и уже частично успешно реализованы в существующих системах копирующего управления антропоморфными робототехническими системами. Данный ветвь развития робототехники является ключевым шагом к развитию коллаборативных роботов (рис. 9) [19-20].



Рис. 8. Collaborative robots (cobots) Kuka

5. Заключение

Исходя из проведенного анализа преимуществ и недостатков способов взаимодействия оператора с антропоморфными манипуляторами, можно сделать вывод о перспективности копирующего управления антропоморфными манипуляторами через задающее устройство копирующего типа.

Перспективным и доступным сенсорным оснащением задающих устройств на данный момент выступает использование оптических датчиков углов поворота.

Существующие способы реализации обратной связи между человеком и роботом являются перспективным направлением развития робототехники. Методы осуществления взаимосвязи многочисленны, однако в данный момент исследователей привлекают идеи реализации тактильной связи. Развитие данного направления позволит перейти на новый уровень взаимодействия человека и робота – коллаборацию.

Список используемых источников

1. Роботы и робототехнические устройства. Термины и определения. ГОСТ Р ИСО 8373-2014; введ. 01.01.2016.
2. Промышленные роботы. Интерфейсы. Технические требования: ГОСТ 27696-88; введ. 01.01.1989.
3. Промышленные роботы. Устройства циклового, позиционного и контурного программного управления. Технические требования и методы испытаний: ГОСТ 27697-88; введ. 01.01.1989.
4. Роботы и робототехнические устройства. Методы программирования и взаимодействия с оператором: ГОСТ Р 60.0.7.1-2016; введ. 01.01.2018.
5. Роботы промышленные. Требования к организации внешних связей с устройствами программного управления: ГОСТ 28732-90; введ. 01.01.1993
6. Техника пожарная. Системы управления робототехнических комплексов для проведения аварийно-спасательных работ и пожаротушения. Общие технические требования. Методы испытаний: ГОСТ Р 55895-2013; введ. 01.09.2014.
7. Устройства программного управления промышленными роботами. Методы кодирования и программирования: ГОСТ 24836-81; введ. 01.01.1983.
8. Шеломенцев Е.Е. Реализация системы управления для антропоморфного манипулятора. XII Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». С. 28-29.
9. AL-Dabbagh R.D., Kinsheel A., System identification and control of robot manipulator based on fuzzy

adaptive differential evolution algorithm// *Advances in Engineering Software* Volume 78, 1 December 2014. Pages 60-66.

10. Islam S., Liu, P. X., Robust adaptive fuzzy output feedback control system for robot manipulators// *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, April 2011. Pages 288-296.
11. Srinivasan, M.A., LaMotte, R.H. Tactual discrimination of softness. *Journal of Neurophysiology*. – 1995. – №73, 88–101.
12. Freyberger, F.K.B., Farber, B. Compliance discrimination of deformable objects by squeezing with one and two fingers. – *Proceedings of EuroHaptics*. – 2006. – (pp. 271–76).
13. Weber, E. H. Die Lehre vom Tastsinne und Gemeingefühle auf Versuche gegründet. Friedrich Vieweg und Sohn. – 1851.
14. Гузаиров М.Б., Юсупова Н.И., Кудряшев А.Ф., Елхова О.И. и др. Методические аспекты искусственного интеллекта. – монография / Уфимский государственный авиационный технический университет, Научный совет РАН по методологии искусственного интеллекта, Рецензенты: профессор В.М. Картак, профессор Д.Е. Сорокин . Москва, 2014.
15. Богданов А.А., Сычков В.Б., Жиденко И.Т., Кутлубаев И.М. Создание и исследование робототехнической системы с интерактивным управлением. – *Решетневские чтения*. – 2012. – Т. 1. – С. 230-231.
16. Lincoln R. J., Boxshall G. A. Natural history - The Cambridge illustrated dictionary. Cambridge University Press, Cambridge. – 1990. – ISBN 0 521 30551-9.
17. Mada S. S. Human Biology. McGraw–Hill, New York. – 2000. – ISBN 0-07-290584-0.
18. Tuthill, John C.; Azim, Eiman Proprioception. – *Current Biology*. – 2018. – №28 (5). – p. 194–203.
19. Cobots for the automobile assembly line. – *International Conference on Robotics and Automation*, Detroit, MI. – 1999. – pp. 728-733.
20. FANUC America Introduces New CR-35iA Collaborative Robot Designed to Work Alongside Humans. – FANUC America Corp. Retr. – 2017.