

КОГНИТИВНАЯ НАУКА В МОСКВЕ
НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ



**МАТЕРИАЛЫ
КОНФЕРЕНЦИИ
2017**

ПОД РЕД. Е.В. ПЕЧЕНКОВОЙ, М.В. ФАЛИКМАН

УДК 159.9

ББК 81.002

К57

К57 Коллективный

Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 15 июня 2017 г.

Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман. – М.: ООО «Буки Веди», ИППИП. 2017 г. – 596 стр.

Электронная версия

ISBN 978-5-4465-1509-7

УДК 159.9

ББК 81.002

ISBN 978-5-4465-1509-7

© Авторы статей, 2017

ВЫБОР РОБОТА ИЗ МОБИЛЬНОЙ ГРУППИРОВКИ С ПОМОЩЬЮ ВЗГЛЯДА

Д. Г. Чжао (1, 2), Е. В. Мельничук (1), А. В. Исаченко (1, 2), С. Л. Шишкин* (1)
sergshishkin@mail.ru

1 – НИЦ «Курчатовский институт», Москва; 2 – МФТИ, Москва

Аннотация. Предложена методика для быстрого и интуитивного выбора робота из группировки мобильных роботов с помощью прослеживающих движений глаз. Разработан программный комплекс, моделирующий движение роботов на экране монитора и позволяющий осуществлять выбор прослеживаемого «робота» в режиме, приближенном к реальному времени. Предполагается использование этого комплекса для дальнейшей разработки методик взаимодействия оператора и группировки мобильных роботов и проведения модельных экспериментов, результаты которых можно будет использовать для разработки реальных интерфейсов управления роботами.

Ключевые слова: прослеживающие движения глаз, видеоокулография, айтрекинг, задача выбора робота из группировки, группировка мобильных роботов, рой роботов, человеко-машинные интерфейсы, интерфейсы человек-робот, вибротактильная обратная связь

Когда оператор взаимодействует с группировкой роботов, например, визуально отображаемых на экране монитора, ему нередко может потребоваться выбрать одного из них для получения от него подробной информации или отдачи ему команд. Если роботы в это время подвижны, выбор одного из них с помощью мыши, тачскрина или другого традиционного контроллера становится непростым делом. Для решения этой задачи можно попытаться использовать айтрекинг (видеоокулографию) — хорошо известный в современной психологии метод определения координат взгляда.

Подходы к управлению компьютером с помощью айтрекинга разрабатываются уже довольно долгое время, но в их рамках команды обычно отдаются с помощью фиксации или саккад. В задаче же выбора подвижного робота из группировки напрашивается использовать *прослеживающие движения глаз*: они с высокой точностью повторяют траекторию движения интересующего человека объекта, причем взгляд «наводится» на него быстро и без субъективных усилий (Brielmann et al., 2015). Этот тип движений глаз применили в разработке человеко-машинных интерфейсов лишь в последние годы, когда на его основе были созданы системы управления смартфонами и умными

часами (Esteves et al., 2015). Во взаимодействии с групповой робототехникой он еще не применялся.

Когда роботы движутся по разным траекториям, выбор может осуществляться даже без использования калибровки айтрекера. Поскольку методика калибровки может быть построена на использовании прослеживания взглядом объектов, движущихся по известным траекториям (Pfeuffer et al., 2013), а траектории движения роботов известны, калибровка может проводиться непосредственно во время наблюдения за роботами.

Если сообщение о выборе робота подается только с помощью визуальной обратной связи (например, соответствующей подсветкой робота), как это чаще всего делается в айтрекинговых системах управления компьютером, нагрузка на зрение может оказаться чрезмерно большой из-за наличия в зрительном поле похожих объектов (других роботов), которые тоже могут двигаться и, соответственно, «притягивать» к себе взгляд. В этой ситуации может оказаться полезным использовать вибротактильную обратную связь. Известно, что тактильные стимулы могут восприниматься даже без предварительной ориентации на них внимания и в сложных ситуациях получать повышенный приоритет по сравнению с информацией, поступающей по зрительному и слуховому каналам (Hanson et al., 2009).

Выбор подвижного робота из группировки с использованием айтрекинга и вибротактильной обратной связи был реализован в модели человеко-машинного интерфейса, программная часть которой схематически представлена на рис. 1. На экран выводится прямоугольное поле с движущимися роботами, представленными в форме шаров. Начальные координаты и направления движения роботов выбираются случайно или задаются параметрами. При столкновении друг с другом роботы обмениваются направлением движения, а при столкновении со стенкой направление движения меняется зеркально. Имеется возможность варьировать скорость и размер роботов. Программа написана на языке программирования C++ с использованием фреймворка Qt. При создании графического интерфейса использовались языки QML и JavaScript. В программно-аппаратном комплексе используются «бюджетный» айтрекер *Tobii EyeX* (Tobii AB, Sweden) и стимулятор на основе вибромотора, на который подается напряжение с заданной продолжительностью и силой вибрации, регулируемой с помощью широтно-импульсной модуляции.

Как показали тестовые эксперименты, несмотря на использование простейшего айтрекера с низкой и плавающей частотой определения координат взгляда и простейшего алгоритма выбора робота (на основе порогов длительности совмещения взгляда с роботом и сближения взгляда с его центром), при больших размерах «роботов» и медленной скорости движения эта система позволяет практически безошибочно определять, за каким из них следит испытуемый. Так, в примере на рис. 2, где визуализированы траектории из реального эксперимента, хорошо видна саккада в сторону одного из «роботов» после его выделения цветом (назначения целевым объектом) и почти немедленное начало его прослеживания.

При наличии на экране одновременно 20 «роботов» диаметром около 2° , каждый из которых двигался со скоростью около $10^\circ/\text{с}$, возникали

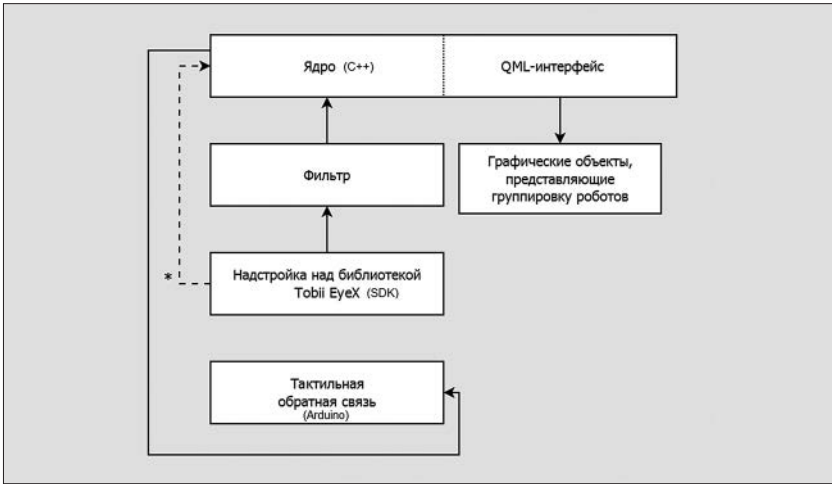


Рисунок 1. Структура программы. *Ядро* отвечает за расчет траекторий движения «роботов», определение выбора «робота» взглядом и подачу вибрационного сигнала. Содержит интерфейс для интеграции с QML. *Фильтр* обеспечивает фильтрацию координат взгляда (вместо него может применяться встроенный фильтр из библиотеки Tobii EyeX). *Надстройка над библиотекой Tobii EyeX* – надстройка над API из SDK айтрекера Tobii EyeX. *Тактильная обратная связь* обеспечивает подачу вибрационного сигнала при выборе «робота». *Графические объекты, представляющие группировку роботов* – динамический массив объектов QML типа “Rectangle”. Позиционирование, реакция на выбор взглядом (смена цвета, подача вибрационного сигнала, вывод метаданных об объекте) осуществляется ядром.

отдельные ошибки, связанные со сравнительно низкой точностью отслеживания взгляда. Однако в пилотном исследовании с использованием этих параметров, в котором приняли участие 8 испытуемых, задача выбора «робота», заданного выделением красным цветом (исходно «роботы» были серого цвета; при детекции прослеживания цвет робота менялся на зеленый), и по точности, и по скорости решалась с помощью взгляда приблизительно так же успешно, как и с помощью мыши: в первом случае время выбора составляло 1600 ± 235 мс ($M \pm SD$ по группе), во втором – 1580 ± 179 мс. В условиях, когда о появлении новой цели (выделении нового «робота») подавался сигнал с помощью вибротактильной стимуляции (виброактуатор помещался на лбу испытуемого над переносицей), выбор с помощью взгляда осуществлялся существенно быстрее, чем с помощью мыши: 1245 ± 143 мс против 1533 ± 146 мс. Двухфакторный дисперсионный анализ с повторными измерениями, примененный к данным 7 испытуемых (в одном из условий данные одного из восьми человек были потеряны из-за ошибки в программе), показал значимый эффект фактора *наличия вибрации* ($F(1,6) = 11.3, p = .015$), при этом эффекты фактора *способа управления* (мышь или взгляд) и взаимодействие факторов не были значимыми (соответственно, $F(1,6) = 5.1, p = .066$ и $F(1,6) = 3.4, p = .12$). Поскольку в эксперименте давалась инструкция продолжать фиксировать взгляд на роботе и после его выбора, это могло мешать заметить появление следую-

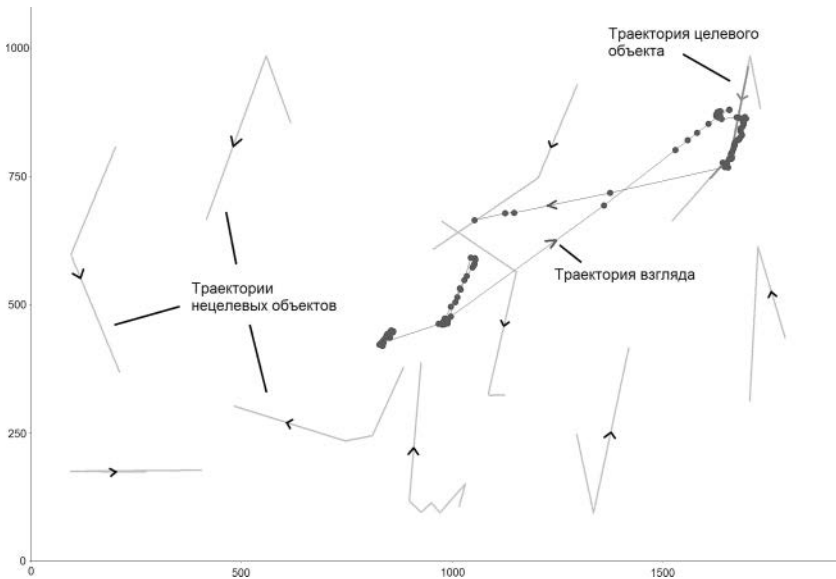


Рисунок 2. Пример прослеживающего движения глаза за целевым объектом — «роботом», обозначенным шаром, движущимся на экране монитора среди других движущихся шаров (нецелевых объектов). Показаны траектории взгляда и центров шаров, регистрируемые в течение 6 секунд. Жирным цветом выделена часть траектории одного из «роботов» в течение времени, когда он был целевым. Координаты X и Y указаны в пикселях.

щей цели для прослеживания, и, по-видимому, вибротактильная стимуляция помогла быстро переключиться с прослеживания прежней цели на поиск новой.

Мы ожидаем, что при использовании алгоритмов детекции выбора «робота», специально ориентированных на учет особенностей прослеживающих движений глаз и компенсирующего погрешность айтрекера, время выбора с помощью взгляда в подобных условиях может оказаться существенно короче времени выбора с помощью мыши. К таким алгоритмам относятся, в частности, алгоритм на основе коэффициента корреляции Пирсона между координатами взгляда и движущимися объектами в скользящем временном окне (Esteves et al., 2015), а также алгоритм с отслеживанием скачков координат с применением классификатора (Vidal et al., 2012). Предполагается выявить наиболее эффективную конфигурацию системы, которую в дальнейшем можно будет реализовать в составе реальных интерфейсов управления роботами. Результаты могут быть также использованы при разработке системы взаимодействия с роботами с использованием очков или шлема дополненной реальности.

Литература

Brielmann A.A., Spring M. Effects of reward on the accuracy and dynamics of smooth pursuit eye movements // Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. 2015. Vol. 41. No. 4. P. 917–928. [doi:10.1037/a0039205](https://doi.org/10.1037/a0039205)

Esteves A., Velloso E., Bulling A., Gellersen H. Orbits: Gaze interaction for smart watches using smooth pursuit eye movements // Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology. ACM Press, 2015. P.457–466. doi:10.1145/2807442.2807499

Hanson J.V.M., Whitaker D., Heron J. Preferential processing of tactile events under conditions of divided attention: Effects of divided attention on reaction time // NeuroReport. 2009. Vol. 20. No. 15. P.1392–1396. doi:10.1097/wnr.0b013e3283319e25

Pfeuffer K., Vidal M., Turner J., Bulling A., Gellersen H. Pursuit calibration: Making gaze calibration less tedious and more flexible // Proceedings of the 26th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology. ACM Press, 2013. P.261–270. doi:10.1145/2501988.2501998

Vidal M., Bulling A., Gellersen H. Detection of smooth pursuits using eye movement shape features // Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications. ACM Press, 2012. P.177–180. doi:10.1145/2168556.2168586

Gaze Based Selection of a Robot From a Mobile Group

Zhao D. G. (1, 2), Melnichuk E. V. (1), Isachenko A. V. (1, 2), Shishkin S. L.* (1)
sergshishkin@mail.ru

1 – NRC Kurchatov Institute, Moscow; 2 – Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow

Abstract. We propose a technique for fast and intuitive selection of a robot from a group of mobile robots using smooth pursuit eye movements. A software package was developed that simulates the movement of robots on a screen and allows for selecting a “robot” with gaze in a near real-time mode. This system could be used for the further development of methods of interaction between an operator and a group of mobile robots and for conducting model experiments, which will provide results that can be used to develop real interfaces for robot control.

Keywords: smooth pursuit eye movements, videooculography, eye tracking, choosing a robot in group of mobile robots, group of mobile robots, swarm of robots, human-computer interface, human-robot interface, vibrotactile feedback