

Использование технологий расширенной и виртуальной реальностей в интеллектуальной робототехнике

О.В. Даринцев

Лаборатория «Робототехника и управление в технических системах»
Институт механики им. Р.Р. Мавлютова Уфимского научного центра РАН
Уфа, Россия
e-mail: ovd@uimech.org

Аннотация¹

Рассматриваются методики построения интеллектуальных робототехнических систем, в которых используются технологии расширенной и виртуальной реальностей. В качестве примеров анализируется эффективность виртуальных датчиков, виртуальных систем поддержки этапов проектирования и контроля роботов, а также способы использования кодов расширенной реальности для компенсации информационной недостаточности систем управления и планирования.

1. Введение

Робототехника как интегрированное направление науки и техники до сих пор является базовым инструментом для апробации передовых методологических, технических и технологических инструментов. Так в качестве одного из основных направлений исследований в области искусственного интеллекта робототехника решает такие задачи как системы технического зрения и обработки аудиовизуальной информации в реальном масштабе времени, экспертные системы, прогнозное планирование операций и т.д.

Поэтому вполне естественным выглядит все более широкое использование в прикладной робототехнике методик и технологий виртуальной и расширенной реальностей [1]. В настоящий момент известны шесть примеров массового применения виртуальной реальности:

- кабинные симуляторы (cab simulators);
- системы искусственной реальности (artificial, projected reality);
- системы «расширенной» реальности (augmented reality);
- системы телеприсутствия (telepresence);

- настольные ВР-системы (desktop VR);
- визуально согласованный дисплей (visually coupled display).

Виртуальная реальность, используемая в робототехнике, всегда является частью, фрагментом или новой модификацией базовой технической реальности: окружающего (рабочего) пространства, состояния робота, внешних воздействий и пр. Так вышеприведенные примеры наиболее часто используются при синтезе систем дистанционного управления, позволяющие повысить качество управления благодаря «полному погружению» оператора с организацией тактильно-силовой обратной связи. С помощью технических средств реализации виртуальных систем для человека-оператора расширяются возможности восприятия внешней среды и создается удобная обстановка для задания директив, в основном благодаря использованию режима диалога. Кроме использования стандартных средств ввода (клавиатур, тактильных экранов, джойстиков), часто используются специализированные инструменты – шлемы, перчатки с осязанием, скелетоны.

Опыт эксплуатации различных систем телеуправления роботами (наиболее известны системы космического, военного и медицинского назначения), позволяет сделать вывод о том что, чем естественней и удобнее организовано для оператора общение с робототехнической системой, тем выше эффективность применения подобных систем в условиях быстроменяющейся обстановки, и меньше вероятность наступления аварийных ситуаций.

Более сложной задачей является синтез интеллектуальных систем управления автономными роботами, так как для генерации сигналов управления необходима, как можно более полная информация о состоянии робота и окружающей среде. Зачастую автономные роботы не обладают достаточными средствами сбора и передачи информации, так как более значимым параметром является их длительное функционирование. Решение этой проблемы видится в построении системы виртуальных датчиков и виртуальных информационных систем.

¹Труды второй международной конференции "Интеллектуальные технологии обработки информации и управления", 10 - 12 ноября, Уфа, Россия, 2014

В особый класс задач выделяются задачи построения мультиагентных робототехнических систем или коллективов роботов с другими типами организации каналов управления (архитектур). Использование стандартных беспроводных средств обмена информацией не позволяет организовать одновременные (параллельные) каналы передачи информации между агентами коллектива и (или) центральным узлом. Интерес при решении данных задач представляет использование технологии расширенной реальности в комплексе с техническим зрением.

В статье рассматриваются методики использования технологий виртуальной и расширенной реальности при построении систем управления микророботами и микроробототехническими коллективами.

2. Виртуальная среда проектирования и информационной поддержки микросистем

Особенности взаимодействия микророботов или оснастки микроробототехнических систем с объектами манипулирования и внешней средой необходимо учитывать не только при управлении этими компонентами, но и на этапе проектирования. Конструкция микроустройств в значительной степени зависит от используемых материалов, геометрической формы контактных поверхностей, их шероховатости и даже толщины оксидного диэлектрического слоя. Стандартные системы проектирования технических устройств не используют эти данные при выборе оптимальных вариантов решений. Поэтому, практически с первых этапов работ в области микроробототехники, значительный объем времени был уделен разработке новых математических (компьютерных) моделей, адекватно описывающих специфику взаимодействия объектов на микроуровне.

Ниже приведены те основные режимы работы, которые реализуются синтезированной виртуальной средой [1]:

1. Моделирование:
 - компьютерное;
 - полунатурное.
2. Управление:
 - непосредственное (прямое);
 - удаленное.
3. Тестирование и контроль
4. Интерфейсная надстройка для систем управления

Вышеперечисленные режимы по своим требованиям к модельному наполнению и решаемым задачам достаточно противоречивы, поэтому был использован принцип открытости и иерархичности архитектуры (рис. 1). Неизменным в любом режиме остается

только ядро, к которому по мере необходимости подключаются внешние модули, реализующие необходимые математические модели.

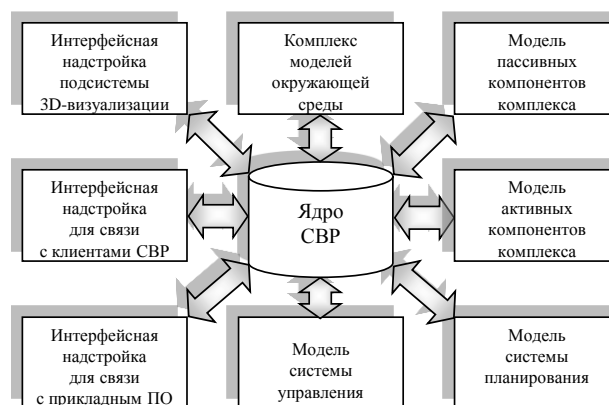


Рис. 1. Иерархическая структура виртуальной среды

С использованием виртуальной среды были промоделированы как существующие конструкции микророботов «МикРоб», так и перспективные варианты реализации микроманипуляционных устройств. Особое внимание при анализе было уделено 3D моделированию технических устройств, микроприводов. Если на первых этапах моделирования работы микророботов использовались полноразмерные математические модели, то в дальнейшем на базе накопленных экспериментальных данных строились эвристические модели или модели на базе схем замещения. Такой вариант использования технологий виртуализации (замена «реальных» моделей устройств их аналогами) позволил использовать один и тот же программный продукт в двух режимах: режим максимальной точности при анализе и проектировании новых устройств и режим максимального быстродействия при прямом или дистанционном управлении.

Наиболее эффективные результаты были получены при синтезе систем удаленного управления: удалось снизить требования к пропускной способности информационных каналов на 2-3 порядка при сохранении высокой детализации изображений рабочих сцен. Чтобы обеспечить постоянную видеосвязь с частотой не менее 25 кадров в секунду между клиентским приложением и реальным микротехнологическим комплексом, необходима пересылка всего 2-3 кБ информации, а в случае пересылки между приложениями видеопотока с разрешением 640*480 потребовался бы канал с пропускной способностью минимум 7,5-10 МБ в секунду, что не всегда реализуемо. Использование виртуальных 3D моделей всех устройств, входящих в состав микротехнологического комплекса, позволило также реализовать режим виртуальных камер и обеспечить контроль за операциями с произвольных точек рабочего пространства, что значительно повысило эффективность разработанного программного интерфейса (рис. 2).

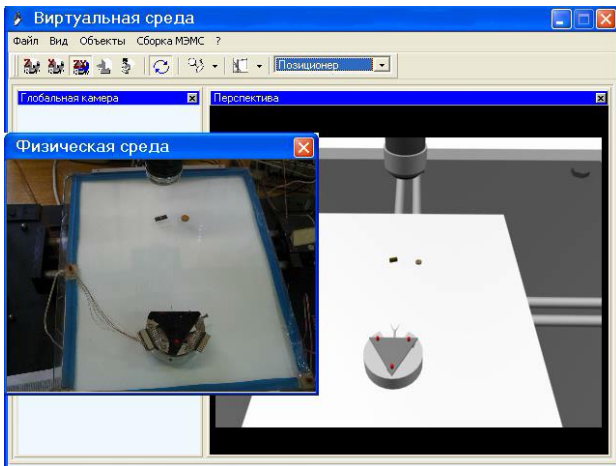


Рис. 2. Расширение возможностей интерфейса за счет использования виртуальных моделей

Полученные экспериментальные результаты в дальнейшем использовались при построении систем управления коллективами роботов, в которых применялись в комплексе элементы как виртуальной, так и расширенной реальности.

3. Расширенная реальность в системах управления коллективами микроботов

Исследование и разработка микроботов требуют построения новых теоретических основ применения тех разделов механики, которые ранее не использовались в робототехнике – адгезионные эффекты, взаимодействие микрообъектов, приводы на базе преобразователей рода энергии (ПРЭ) и т.д. Не менее сложные проблемы возникают при синтезе систем управления микроботами, которые можно разбить на две группы: первая - это управление интеллектуальными роботами с учетом особенностей функционирования и взаимодействия с внешней средой, и вторая - управление группами таких роботов. [2]

Сохраняется актуальность задач анализа и синтеза интегрированных систем для коллективного управления групповым взаимодействием роботов, функционирующих в условиях неопределенности, т.к. применение известных методик для реализации мультиагентного управления (планирования) согласованным движением нескольких роботов и, особенно больших коллективов, не всегда реализуемо, что связано с резко возрастающей вычислительной нагрузкой на бортовые вычислительные системы при увеличении количества действующих агентов. Поэтому предлагаемые методы и алгоритмы планирования и управления групповыми действиями микроботов разрабатываются с учетом необходимости их реализации в реальном масштабе времени на основе имеющихся вычислительных ресурсов. Использование технологий расширенной реальности позволило значительно повысить качество управления и быстродействие систем в целом.

Кодирование сенсорной информации о рабочей среде, состоянии агрегатов и роботов в виде двумерных оптических кодов (рис. 3) послужило основой для синтеза системы визуальной обратной связи, базирующейся на технологиях параллельной и мультиточечной обработки данных [3].



Рис. 3. Статический (слева) и динамический коды расширенной реальности в системах контроля коллективов микроботов

Был построен экспериментальный стенд для проверки возможностей оптической системы обмена информацией, в которой предлагалось использовать различные модификации 2D кодов: бинарные, цветные, динамические и многослойные варианты представления информации. Выбор определенного типа кода зависел от решаемой коллективом задачи, целевого назначения передаваемой информации: система управления, система планирования, контроль работоспособности, тестирование агентов коллектива и т.д. Решались задачи реконструкции рабочего пространства с детализацией объектов, чьи размеры меньше разрешающей способности аппаратуры СТЗ; создания виртуальных камер, позволяющих оператору видеть рабочие сцены с нужной точки зрения.

В ходе экспериментов были определены функциональные возможности системы расширенной реальности при использовании предлагаемых вариантов оптических кодов.

При решении задач распределения коллектива роботов по плоскости с заданной конфигурацией была разработана методика генерации нового типа кода расширенной реальности – квадрантный цветной символ (рис. 4). С помощью предложенного варианта кодирования информации о ближайшем окружении робота облегчается решение потенциальной задачи для равномерного распределения роботов. Центральная часть кода представляет собой круг, разделенный на квадранты, соответствующие направлениям робота «вперед», «назад», «вправо», «влево», в центре кода также возможно присутствие черного «опорного» квадрата. Направление «вперед» выделено слева полноразмерным черным шевроном, а справа расположен шеврон половинного размера. Квадранты кода заливаются контрастными цветами в зависимости от расстояния до соседнего робота или препятствия, при этом возможны три состояния: «норма», «далеко», «близко». Если измеряемое до препятствия расстояние имеет более 3-х уровней, в этом случае в код дополнительно вводится центральный (опорный) квадрат.

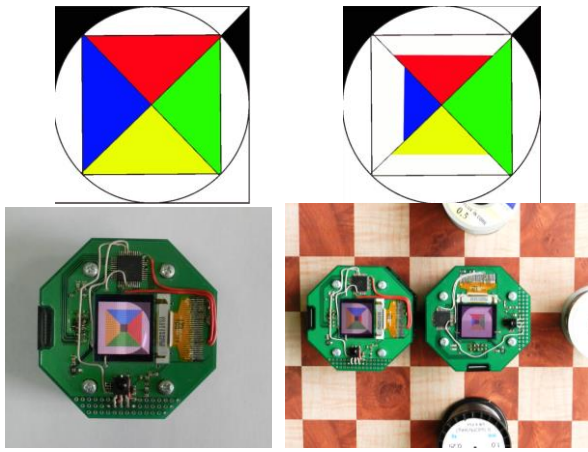


Рис. 4. Квадрантный код, его аппаратная реализация и тестирование

Так как аналогичное кодирование окружающей обстановки используется в нечетких системах планирования траекторий, то этот код легко формируется на базе входных сигналов нечеткого регулятора, прошедших этап фазификации. В то же время центральный узел управления может на основе полученных кодов проанализировать поверхности решения для роботов, находящихся в зоне охвата системы технического зрения. На основе результатов анализа может быть скорректирована программа действий отдельных роботов. Такой подход к управлению коллективом роботов имеет отличительные особенности не только технологии расширенной реальности (использование оптических кодов), но и отдельные признаки технологий виртуальной реальности. Кодирование состояния ближайшей окрестности в виде квадрантного кода может быть отнесено к методике «виртуализации» датчиков, так как при анализе используется информация, полученная после обработки «сырых» данных сенсоров ближней локации.

Комплексное применение технологий виртуальной и расширенной реальности наиболее полно использовалось при синтезе нейросетевой системы планирования траекторий, построенной на базе сети Хопфилда [4]. Так, все вышеперечисленные варианты кодирования информации использовались для параллельного сбора данных с видимой в поле зрения СТЗ части коллектива о состоянии отдельных роботов, внешней среды, наличия препятствий и т.д. На этапе тестирования распределенной системы планирования траекторий, когда на отдельных агентах коллектива реализовывался индивидуальный модуль расчета и коррекции траектории, с помощью 2D кодов проверялось состояние нейронной карты каждого робота. Такое использование кодов расширенной реальности позволило значительно ускорить этапы обучения нейросети, отладки алгоритмов реализации модулей на бортовых компьютерах и оптимизации процессов передачи информации.

4. Заключение

Основные проблемы при синтезе интеллектуальных систем управления роботами связаны с неполной информацией об окружающей (рабочей) среде, собираемой комплектными информационными системами. Микророботы в силу специфичности своих конструкций и реализуемых технологий, при практически полном отсутствии датчиков обратной связи, изначально требуют специальных подходов к решению проблемы информационного «голода».

В статье показаны перспективы использования технологий расширенной и виртуальной реальностей в виде результатов экспериментальных исследований интеллектуальных систем:

- управления микророботами и коллективами;
- планирования траекторий;
- контроля;
- проектирования и информационной поддержки.

Благодарности

Исследования проводились в рамках проекта Программы №1 фундаментальных исследований РАН «Научные основы робототехники и мехатроники».

Список используемых источников

1. Даринцев О.В. Интеллектуальная система управления микророботами на базе виртуальных моделей среды //Искусственный интеллект. Интеллектуальные системы (ИИ-2012): матер. Межд. науч.-техн. конф - Донецьк: ІПШІ “Наука і Освіта”, 2012. – С. 213-215
2. Даринцев О.В. Использование технологий расширенной и виртуальной реальностей при реализации алгоритмов управления коллективом роботов /«Искусственный интеллект», №3 2013 ІПШІ МОН і НАН України “Наука і Освіта”. – с. 479-487
3. Алексеев А.Ю. Использование технологий расширенной реальности при управлении большими коллективами роботов / Управление большими системами: материалы X Всероссийской школы-конференции молодых учёных. Том 1/ Уфимск. Гос. Авиац. Тех. Ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2013. – с. 118-121
4. Юдинцев Б.С., Даринцев О.В. Интеллектуальная система планирования траекторий мобильных роботов, построенная на сети Хопфилда / Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4; URL: www.science-education.ru/118-14131 (дата обращения: 06.08.2014).