

СИСТЕМА УДАЛЕННОГО ДОСТУПА К УЧЕБНО-НАУЧНОМУ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМУ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОМУ КОМПЛЕКСУ

В.В. Илларионов, А.М. Зимин, А.Г. Лесков, С.М. Лескова, А.В. Шумов

С целью подготовки специалистов на современном мировом уровне в МГТУ им. Н.Э. Баумана – старейшем техническом университете Российской Федерации - уделяется большое внимание использованию современных информационно-телекоммуникационных технологий и методов удаленного управления сложными техническими системами [1]. На базе разработанного в рамках Приоритетного национального проекта «Образование» уникального стенда манипуляционных роботов в МГТУ создана учебно-научная Интернет-лаборатория «Робототехника». Она позволяет, используя технологии сетевого доступа, проводить комплексные удаленные лабораторные практикумы как на виртуальных (компьютерных) моделях, так и на реальном робототехническом оборудовании.

Основное назначение лаборатории – учебные занятия со студентами, специализирующимися в области манипуляционной робототехники. Кроме того, лаборатория используется в задачах подготовки роботизированных операций и операторов, а также при отработке подсистем и элементов перспективных робототехнических систем.

Основу лаборатории составляет экспериментальный стенд, включающий в себя несколько объединенных по сети персональных компьютеров, промышленные роботы, средства человеко-машинного интерфейса, телевизионные системы, средства очувствления а также мультимедиа-системы с передачей звука и изображения через сеть Интернет. Этот стенд представляет собой полунатурный комплекс, позволяющий моделировать виртуально (с помощью компьютерных моделей) и на физическом уровне функционирование манипуляционных роботов (рис. 1).

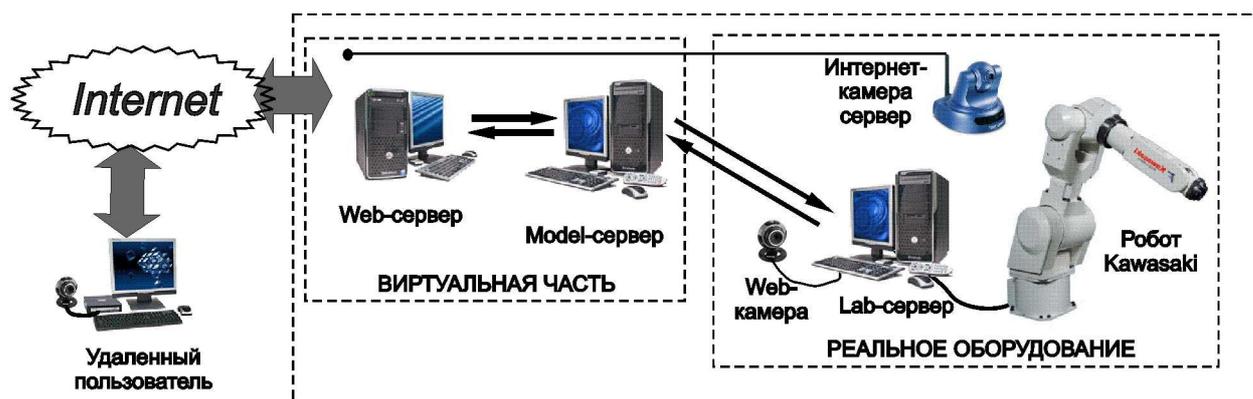


Рис. 1. Организация удаленного управления робототехническим комплексом

Программное обеспечение для работы виртуальной части Интернет-лаборатории размещено на Web- и Model-серверах. Процедура моделирования манипуляционного робота включает два этапа. На первом из них на основе введенных пользователем данных автоматически формируется компьютерная модель робота в виде системы дифференциальных и алгебраических уравнений. На втором этапе производится решение этой системы. Полученные модели представляются в нормальной форме Коши и затем интегрируются численными методами.

Пользовательский интерфейс удаленного управления реализован в виде Windows-приложения, которое пользователь загружает с сайта по ссылке, полученной после согласования условий проведения сеанса удаленного управления с администрацией Интернет-лаборатории.

При работе с реальным роботом переменные математической модели робота непрерывно передаются от Model-сервера к управляющему роботом Lab-серверу. Основной задачей последнего является перемещение манипуляционного робота Kawasaki с полученными от модели координатами и скоростями перемещения звеньев моделируемого робота при соблюдении условия их выполнимости. Для автоматизированных систем удаленного управления столь сложным робототехническим оборудованием главным требованием является защита от запуска сценариев, при которых возможен выход из строя электронных и механических систем робота. Поэтому нами предусмотрена многоступенчатая система контроля выполнимости команд на всех этапах работы комплекса удаленного управления. При организации системы сетевого управления на Lab-сервер возложены функции автоматической блокировки команд

удаленного пользователя, которые являются опасными и могут привести к поломке дорогостоящего оборудования.

Пользовательский интерфейс удаленного управления разработан с использованием технологии "клиент - сервер". В отдельном окне осуществляется формирование миссии робота из набора элементарных команд управления (перемещение в точку с заданными пользователем декартовыми координатами; перемещение по одной из декартовых координат схвата на заданную величину; перемещение схвата по одной из шести декартовых координат с заданной скоростью; движение с заданной скоростью в одном (выбранном на форме) шарнире; перемещение одного из шарниров в заданное положение; тестовый режим (подача ступенчатых управляющих воздействий поочередно в приводы каждой из степеней подвижности). После отправки сформированной миссии на Web-сервер становится доступным окно связи с Интернет-камерой-сервером, передающей динамическое видеоизображение робота Kawasaki, что позволяет сопоставить перемещения 3D-модели и реального робота. Пользователь может перемещать объектив камеры по горизонтали и вертикали, увеличивать и уменьшать размеры изображения, рассматривая отдельные части робота. Во время сеанса удаленного управления поддерживается также мультимедиа-связь с оператором робота. Для этого используется свободно распространяемая программа Skype, которая устанавливается на компьютере удаленного пользователя.

Вход на сайт Интернет-лаборатории осуществляется через круглосуточный сайт лабораторий удаленного доступа МГТУ им. Н.Э. Баумана (<http://lud.bmstu.ru>), на котором также опубликована и демо-версия. Территориально Web-сервер расположен в месте базирования лаборатории робототехники – в Дмитровском филиале МГТУ им. Н.Э. Баумана, где смонтирован приобретенный в рамках проекта «Образование» робот фирмы «Kawasaki».

Сайт (рис.2) содержит информацию об устройстве стенда, принципе его действия, назначении и составе каждого узла. Приведены фотографии основных компонентов, схемы их функционирования и характеристики, которые дают представление об используемом оборудовании, его возможностях, особенностях функционирования, возможностях адаптации к другим исполнительным устройствам и т.п. Пользователь может ознакомиться также с используемыми видами командных систем координат. Представлены команды управления движением в свободном пространстве и вблизи базовых точек, а также – при выполнении контактных операций. Отдельный раздел сайта посвящен организации управления роботом с помощью развитого пользовательского интерфейса.

Лабораторные практикумы по робототехнике включают три цикла: по основам расчета исполнительных систем и систем управления движением роботов, по теоретическим основам организации управления робототехническими системами, а также практикум управления движением и действиями манипуляционных роботов. В *первом цикле* функционирует только программное обеспечение математического моделирования робототехнических систем, причем таким образом, что доступными для изменения являются не только переменные модели, но и ее параметры. Это позволяет обучающимся для введенных ими параметров роботов рассчитать элементы матриц Якоби, инерционные коэффициенты, силы и моменты, приведенные к осям приводов внешние силы и моменты, силы и моменты, действующие на звенья и развдвигаемые приводами при движении по заданному закону, построить нагрузочные диаграммы и частотные характеристики приводов, исследовать устойчивость системы управления, выполнить решение прямых и обратных задач кинематики и другие расчеты, выполняемые при проектировании манипуляционных роботов.

Во *втором цикле* также используется программное обеспечение моделирования, но не только движения, а еще и миссий. Обучающиеся изучают движение роботов при реализации различных режимов управления, при использовании различных средств человеко-машинного интерфейса, при управлении в различных координатных системах и др. режимы и принятые алгоритмы управления. Рассматривается работа систем безопасности. Разработанное программное обеспечение позволяет программировать автосеквенции с использованием специализированного языка высокого уровня. Эти автосеквенции затем вводятся и исполняются реальным оборудованием стенда.

Третий цикл позволяет обучаемому самому решить одну из практических манипуляционных задач, например, перенос груза из одной точки пространства в другую, задачу ориентации схвата в заданной точке, установку груза. Обучаемый выбирает способ отображения информации (виртуальный дисплей, изображение, транслируемое телекамерами), режим управления (виртуальные и физические ручные контроллеры), командную систему координат (внешняя, внутренняя). Все процессы управления регистрируются и доступны для последующей обработки и оценки.

Развитый пользовательский интерфейс и гибкая организация вычислений дают возможность моделировать и имитировать с помощью имеющегося оборудования функционирование манипуляционных роботов широкого класса в штатных и нештатных режимах, как реальных, так и перспективных. Это позволяет использовать Интернет-лабораторию для широкого круга задач подготовки специалистов как в области разработки, так и использования робототехнических систем, в том числе, на различных уровнях обучения.

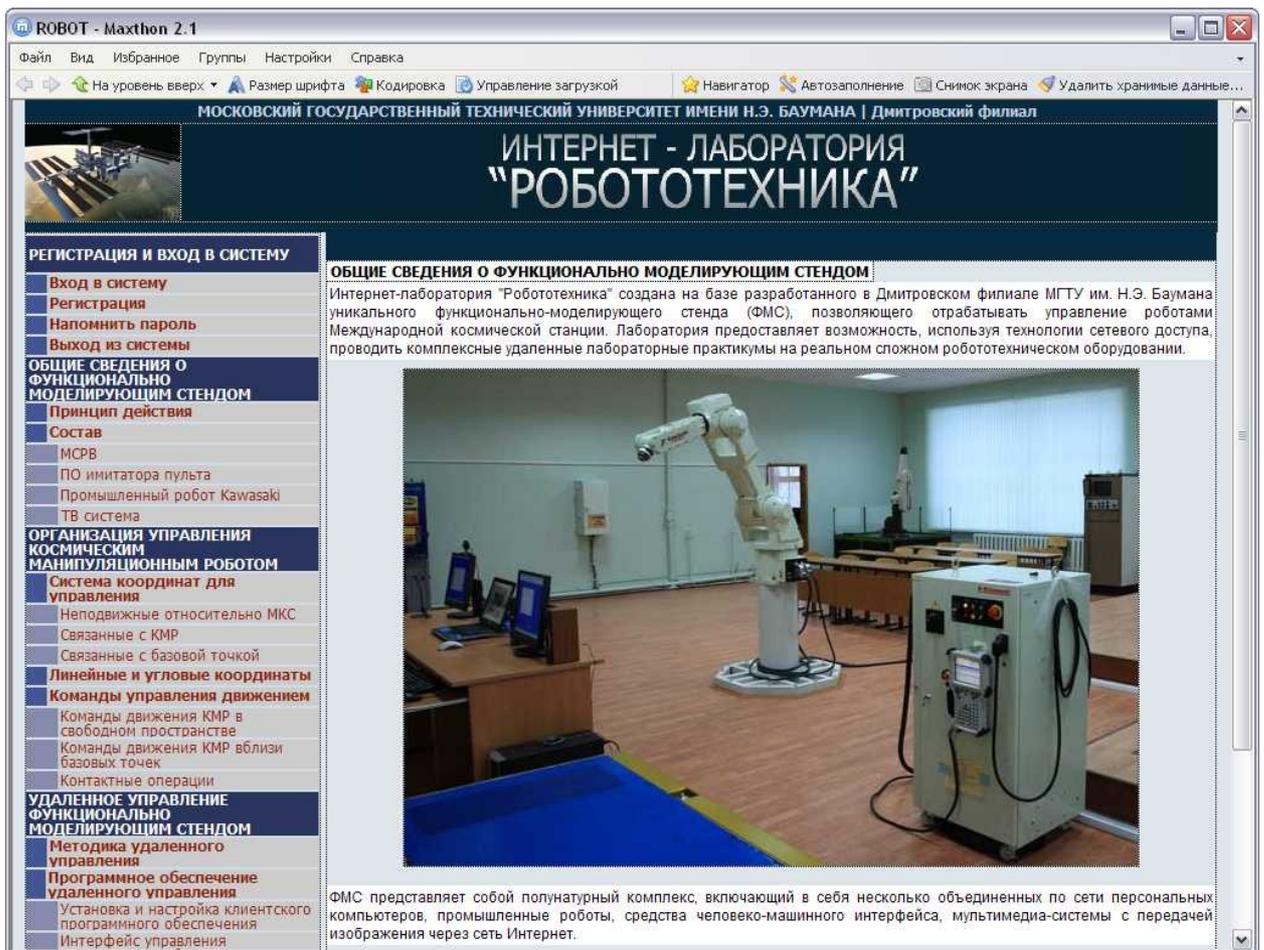


Рис. 2. Главная страница сайта

Применительно к космическим манипуляционным роботам стенд позволяет исследовать виртуально с помощью компьютерных моделей и на физическом уровне кинематику, динамику и процессы управления роботом при отсутствии сил земного тяготения. Поэтому одно из направлений обучения основано на использовании Интернет-лаборатории в качестве средства подготовки операторов к управлению космическими манипуляционными роботами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. А.М. Зимин, С.И. Маслов, Ю.В. Арбузов Материалы Всероссийской научной конференции "Научный сервис в сети ИНТЕРНЕТ", Новороссийск, 19-24 сентября 2005 г., Изд-во Московского Университета, с. 199-201