

Опыт создания систем визуализации реального времени и их применение в тренажерных и обучающих системах

Б.С. Долговесов, Б.Б. Морозов

Институт Автоматики и Электрометрии СО РАН, Новосибирск, Россия

bsd@iae.nsk.su

Аннотация

В докладе представлены системы виртуальной реальности, созданные в разные годы в Институте автоматики и электрометрии СО РАН для практического применения в тренажерах РГНИИЦПК им. Ю.А.Гагарина для подготовки космонавтов по программам ОС «Мир» и МКС. Рассмотрен принцип создания системы обучения и презентаций на основе технологии интегрированной виртуальной реальности.

Ключевые слова: системы виртуальной реальности, интерактивное виртуальное окружение, 3D визуализация.

1. ВВЕДЕНИЕ

В пилотируемой космонавтике одним из основных средств подготовки космонавтов являются космические тренажеры (КТ), в структуре которых важное место занимают системы имитации внешней визуальной обстановки на всех этапах полета (выведение на орбиту, стыковка корабля с орбитальным пилотируемым комплексом, задачи орбитального полета, а также возвращение экипажа на Землю).

С развитием компьютерной графики появилась возможность замены использовавшихся ранее для тренажеров имитаторов визуальной обстановки с физическими моделями и телевизионными камерами на имитаторы с математическим моделированием визуальной обстановки. Это так называемые системы виртуальной реальности (СВР), где визуальная обстановка формируется методами компьютерного синтеза трехмерных сцен. Современные компьютерные технологии обеспечивают широкие возможности моделирования в реальном масштабе времени динамических сюжетов визуальной обстановки и универсальность тренажерных СВР. Особенно это важно при моделировании сценариев развития внештатных ситуаций, отработка выхода из которых занимает большую часть времени от всей подготовки космонавта. Появилась возможность имитировать различные состояния атмосферы, погодные явления, световые эффекты, тени и т. д.

С начала 80-х годов XX века начинается активное сотрудничество Института автоматики и электрометрии СО РАН (ИАиЭ СО РАН) с Центром подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина по созданию СВР для космических тренажеров. На базе разработок института по формированию и отображению виртуальных сцен в реальном времени создано несколько поколений СВР для практического применения (рис. 1) в имитационно-тренажерных комплексах РГНИИЦПК им. Ю.А.Гагарина и РКК "Энергия" им. С. П. Королева. Системы успешно эксплуатировались при подготовке космонавтов орбитальной станции «Мир», а затем - по программе международной космической станции (МКС). За создание систем «Аксай» и «Альбатрос» коллектив разработчиков отмечен дипломами им. Ю. А. Гагарина.



Рис 1: Виртуальная сцена сближения транспортного корабля с МКС.

2. СИСТЕМЫ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Для практического использования в тренажерах Центра подготовки космонавтов им. Ю.А.Гагарина в ИАиЭ разработан и создан образец трехканальной СВР «Аксай» (1981-1985 гг.) Это была первая в СССР профессиональная система для космического тренажера. Разработанная оригинальная структура синтеза трехмерных сцен на основе приоритетно-упорядоченных объектов обеспечивала визуализацию динамических сцен в реальном масштабе времени. Аппаратная часть системы, используя существующую в то время элементную базу, размещалась в девяти типовых стойках. Создан комплекс программных средств, поддерживающий систему от этапа создания до работы в составе тренажера ЦПК им. Ю. А. Гагарина. При разработке системы «Аксай» были учтены и рекомендации космонавтов, передавшие свой летный и космический «визуальный» опыт. Система «Аксай» успешно эксплуатировалась при подготовке космонавтов по программе космической станции «Мир».

Работы по совершенствованию СВР были продолжены. Разрабатываются новые структурные решения и алгоритмы формирования изображений, ориентированные на создание СВР с меньшими аппаратными затратами (по сравнению, например, с «Аксаем»), но с возможностью расширения по производительности и по набору функций в зависимости от решаемых задач. Эти разработки вызвали интерес в ЦПК им. Ю. А. Гагарина, где начинается процесс модернизации тренажерного парка. Создается ряд СВР «Альбатрос» (1986-1990 гг.), в которых использовались разработанные на отечественной элементной базе специализированные графические устройства (рис.2). В основу архитектуры видеопроцессора системы «Альбатрос» [1] положена оригинальная идея рекурсивной процедуры деления экрана. В системе реализован разработанный метод растрирования и

многоуровневого маскирования, увеличивший производительность системы и позволивший эффективно обрабатывать трехмерные сцены с большой глубиной сложностью. Многоканальные СВР на базе «Альбатроса» со специальными функциональными возможностями (текстурирование поверхностей, атмосферные эффекты, подвижные объекты, имитация атмосферных эффектов и различного рода источников света) использовались в авиакосмических тренажерных комплексах ЦПК им. Ю.А. Гагарина, ПКБМ г. Пензы. Архитектурные и алгоритмические решения, обеспечили модульность систем, существенно меньший объем оборудования при характеристиках, сравнимых с лучшими образцами подобных систем зарубежных фирм того времени. Однородность архитектуры упростила изготовление, настройку и тестирование системы, повысила показатели надежности. Система обрабатывала до 40000 полигонов в секунду. С появлением высокоинтегрированной элементной базы разрабатывается СВР нового поколения «Ариус» (рис.3), где в качестве основного вычислительного ядра используются программируемые цифровые сигнальные процессоры [2]. В основу разработки этой системы положены такие принципы, как открытость архитектуры, программируемость на всех уровнях вычислений, однотипность структурных модулей, позволяющая легко изменять конфигурацию системы. Это, наряду с высокой производительностью, обеспечивалось специально разработанным модулем (рис. 4) на базе процессора TMS320C80.

На базе данной разработки создается ряд СВР с различными модификациями для решения задач специализированных тренажеров подготовки космонавтов по программе космической станции «Мир», а затем и МКС (рис. 1). Функции этих систем значительно расширены. Это имитация различных средств наблюдения с характерными для них эффектами (дисторсионные искажения, расфокусировка и т. д.), моделирование различного времени суток и состояния атмосферы. Имитация приборов наблюдения (рис.5) – одна из функций СВР в тренажерах для подготовки экипажей к визуальной оценке различных стадий полета транспортного корабля (полет по траектории, сближение и стыковка с МКС и т. д.), а также для визуальной оценки поверхности Земли с МКС по соответствующим приборам наблюдения.

Системы «Ариус» явились базой для перехода на стандартные графические акселераторы, что определило дальнейшее развитие и совершенствование СВР с учетом новых задач тренажерных комплексов. За счет программируемости на всех уровнях обработки данных такие системы универсальны и легко адаптируются для решения различных тренажерных задач. Это очень важно в связи с растущими требованиями к подготовке космонавтов по мере совершенствования космических транспортных кораблей и расширения функциональности МКС. На сегодняшний день проведена модернизация СВР различных тренажеров ЦПК им. Ю. А. Гагарина. В качестве компьютерных генераторов изображений используются многопроцессорные акселераторы нового поколения, высокая производительность которых и программная реализации многих функций позволяет полностью удовлетворить современные требования к функциональности и качеству визуальной обстановки в современных тренажерах.



Рис 2: Общий вид системы «Альбатрос».



Рис 3: Общий вид трехканальной системы «Ариус»

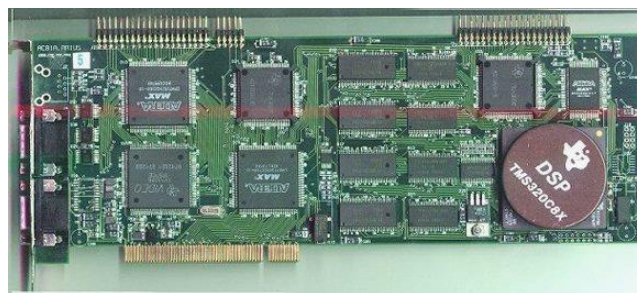


Рис 3: Внешний вид функционального модуля СВР «Ариус»

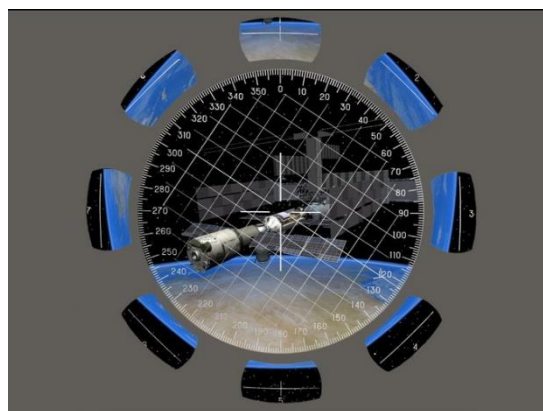


Рис 5: Компьютерная модель прибора ВСК-4

3. СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ И ПРЕЗЕНТАЦИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЫ

Одно из перспективных направлений в развитии СВР, получившее развитие в ИАиЭ СО РАН, – использование в обучающих и презентационных системах технологии интегрированной виртуальной реальности (ИВР). Данная технология предполагает не только пассивную демонстрацию компьютерных моделей пространственных объектов, явлений и процессов, но и активное «присутствие» лектора (преподавателя) в предметной виртуальной среде с непосредственным взаимодействием с моделями изучаемых объектов и акцентирующего внимание на проблемных аспектах изучаемого материала [3-5]. Исследованы методы управления трёхмерными объектами виртуальной сцены с помощью отслеживания движений человека без использования специальных сенсорных датчиков. Разработан метод распознавания движений, используя изображение с видеокамеры. В результате разработаны программно-алгоритмические средства, позволяющие из входных видеоданных выделять подвижные объекты, определять смещение этих объектов на экране и по общему смещению формировать сообщение с двумерным вектором скорости смещения. Система отслеживания движений обрабатывает это сообщение и использует для управления выбранным виртуальным объектом. За счет распознавания движений докладчика можно создана эффективная система управления презентацией без привлечения устройств типа пульта, джойстика или сенсорного экрана. Управлять презентацией становится возможным, используя как виртуальные кнопки, так и непосредственное управление 3D-объектами в виртуальной сцене. Выбор объекта, его перемещение, вращение, изменение масштаба осуществляются за счет анализа движений руки.

Структура многофункционального программно-аппаратного комплекса системы обучения и презентаций включает следующие программно-аппаратные компоненты: генератор изображений, систему отображения, интерактивные средства управления презентацией. Программное обеспечение системы включает следующие компоненты: менеджер ресурсов, модуль визуализации, менеджер сцены. Системы на основе ИВР могут быть использованы в учебных классах при обучении космонавтов и персонала оперативных групп. Изучение на виртуальных моделях компоновки орбитальных станций, отработка на виртуальных моделях процесса создания лабораторий в космосе, сборки сложных конструкций в космосе и т.д. – не полный перечень тематических примеров, которые наглядно могут быть продемонстрированы в интерактивном режиме. На рис. 6 приводится пример использования ИВР: совмещенное изображение виртуальной модели функционально-грузового блока «Заря» МКС и лектора, что обеспечивает наглядность интерактивной демонстрации.



Рис 6: Пример использования ИВР

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дальнейшее развитие систем на основе ИВР предполагает создание ряда систем различной сложности для обучения и презентаций, в том числе и простой вариант на обычном портативном компьютере. Разработанные программно-алгоритмические решения позволяют использовать дополнительные подсистемы, расширяющие функциональные возможности и круг пользователей подобных систем. Это подсистема локализации и слежения (трекинга) за движениями рук пользователя; подсистема синтеза звуковых эффектов, чувствительной к положению и ориентации пользователя; подсистемой генерации силовых и тактильных ощущений, создающей иллюзию прикосновения к виртуальным объектам; устройства ввода для построения интерфейса пользователя прямого манипулирования данными (указки, панели управления, кинетические сенсоры и др.).

Сфера применения систем на основе ИВР: всевозможные презентации, в ситуационных центрах, музеях, обучение персонала управлению сложными технологическими процессами и техническими системами, дистанционное обучение и телеконференции.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Долговесов Б.С. Семейство компьютерных систем визуализации «Альбатрос» //Автометрия, 1994, N 6. С.3.
- [2] Вяткин С.И., Долговесов Б.С. и др. Архитектурные особенности системы визуализации реального времени на основе сигнальных процессоров // Автометрия ,1999, № 1. С. 110.
- [3] Dolgovesov B.S., Mazurok B.S и др. Some Aspects of Creating Presentation Systems based on the Technology of Integrated Virtual Reality // Proceedings of the IASTED International Conf. on Automation, Control, and Information Technology (ACIT-ICT-2010), June 15-18, 2010, Novosibirsk, Russia. 2010. vol.1. P. 229-232.
- [4] Долговесов Б. С. Лаврентьев М. М., Морозов Б. Б., Тарасовский А. Н. Система обучения и презентаций с использованием технологии «погружения» лектора в интерактивную виртуальную среду // Тр.междунар. конф. по вопросам обучения с применением технологий E-Learning «Online EDUCA 2007, Moscow», 30 сентября - 3 октября 2007, Москва.
- [5] Долговесов Б, Лаврентьев М. и др. Технология «погружения» лектора в интерактивную виртуальную среду // Высшее образование в России. – 2008. - №2. - С. 134-138.

The experience of developing real-time rendering systems for the simulation and training

Abstract

This paper is about implementation of the presentations system based on integrated virtual reality technology. This system provides the combining of a virtual environment and a lecturer who can interact with object's models of a virtual environment real-time. Furthermore the system can combine different multimedia data (3D objects' models, video, Microsoft PowerPoint presentations, histograms, tomography data, etc.). This option expands the potential of interactive presentation process.

Keywords: *virtual reality systems, interactive virtual environment, 3D render, keying.*

About the author

Boris S. Dolgovesov (Ph.D.) is a head of Synthesizing Visualization Systems Laboratory at Institute of Automation and Electrometry SB RAS. His contact email is bsd@iae.nsk.su

Boris B. Morozov is a scientific researcher of Software Systems for Computer Graphics Laboratory at Institute of Automation and Electrometry SB RAS. His contact email is bbm@sl.iae.nsk.su