

3D графика реального времени: от тренажеров до виртуальных студий

Б.С. Долговесов, Мазурок Б.С., М.Ю.Шевцов, Б.Б. Морозов, А.В. Рухлинский, А.В.Пекарский, Б.А. Наумов, В.М. Фомичев

Институт Автоматики и Электromетрии
Новосибирский Государственный Университет
Новосибирск, Россия

neomax@sx-lab311.iae.nsk.su

bbm@sl.iae.nsk.su

{bsd,ares}@iae.nsk.su

Аннотация

При современных темпах развития трёхмерной графики всё больше внимания уделяется повышению реалистичности получаемого изображения. Сами принципы получения высокореалистичного изображения были разработаны еще в конце 60-х годов 20 века для тренажерных систем. В данной работе приводится обзор развития тренажерных комплексов. Накопленный опыт в различных областях компьютерной графики, позволил создать уникальный инструмент телевизионного производства полностью на базе персонального компьютера - виртуальную студию. В виртуальной студии осуществлена интеграция синтезированной виртуальной среды с «живым» видеоизображением. Студия, получившая название «ФОКУС», - это съёмки без строительства реальных декораций, минимум обслуживающего персонала и телевизионной техники. В данной работе также рассматриваются вопросы проектирования компьютерной виртуальной студии, связанные со специфическими требованиями к функциональности такой системы. Также рассмотрены основные принципы разделения и синхронизации отдельных задач описываемой системы компьютерного оформления эфира.

Ключевые слова: тренажерные комплексы, системы виртуальной реальности, виртуальная студия, синхронизация видео потоков, рипроекция.

1. РАЗВИТИЕ АРХИТЕКТУРЫ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Стремительное развитие вычислительной техники и расширение сферы ее применения привели к появлению в конце 60-х годов 20 века нового направления - интерактивная машинная графика (в современной терминологии – компьютерная графика). В этот же период данное направление по инициативе Ю. Е. Нестерихина получило свое начало в Институте Автоматики и Электromетрии СО РАН.

Первые разработки Института по машинной графике связаны с созданием системы графического взаимодействия с ЭВМ «Экран» (1968-1970гг.) На тот период это была первая в стране система графического взаимодействия человека с ЭВМ в реальном масштабе времени с полными функциональными возможностями. В частности, система «Экран» использовалась как интерактивный терминал при постановке на ЭВМ «БЭСМ-6» модельных исследований устойчивости движения частиц в ускорителе.

Дальнейшее развитие систем компьютерной графики связано с появлением персональных ЭВМ. На базе мини-ЭВМ «Электроника – 100» создана универсальная графическая система «Дельта» (1972 г.).

Следующий этап развития компьютерной графики – это разработка и создание компьютерных систем синтеза 3-х мерных сцен в реальном времени. Такие системы позволяют имитировать окружающую реальную среду с возможностью взаимодействия с моделью среды. Современное название таких систем - системы виртуальной реальности (СВР). Основа СВР – графический процессор, обладающий достаточным быстродействием и возможностями для формирования высокореалистичных цветных полутоновых изображений. Впервые в стране, Институте Автоматики и Электromетрии, создан экспериментальный образец системы визуализации «Горизонт» (1979 г.), которая обеспечивала динамическое цветное изображение 3-х мерных сцен со спецэффектами (огни, туман). Система послужила прототипом для опытно-конструкторской разработки и выпуска систем визуализации для тренажеров.

С начала 80-х годов начинается активное сотрудничество с Центром подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина по созданию СВР для космических тренажеров, продолжающееся в настоящее время. Создан целый ряд систем виртуальной реальности для тренажерных комплексов по подготовке космонавтов по программе космической станции «Мир», а затем – Международной космической станции (МКС).

В частности, был разработан и создан совместно с экспериментальный образец трехканальной синтезирующей системы имитации визуальной космической обстановки "Акса́й" (1985 г.) для целевого использования в тренажерах ЦПК им. Ю.А. Гагарина. Система "Акса́й", обладая на момент создания лучшими техническими показателями среди разрабатываемых подобных систем в стране, успешно эксплуатировалась многие годы при подготовке космонавтов по программе космической станции "Мир" [1].

1986 - 1990 гг. - это время разработки и создания семейства СВР "Альбатрос" [2]. В основу архитектуры видеопроцессора системы "Альбатрос" положена идея рекурсивной процедуры деления экрана. Многоканальные системы со специальными функциональными возможностями (текстура, атмосферные эффекты, подвижные объекты и т.д.) 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

В компьютерной системе визуализации "Альбатрос" был предложен и реализован эффективный механизм растривания и многоуровневого маскирования, увеличивший производительность системы и позволивший эффективно обрабатывать сцены с большой глубиной сложности. В видеопроцессоре компьютерной системы визуализации "Альбатрос" разработана и реализована архитектура с высокой степенью однородности, в виде конвейера однотипных клеточных процессоров. Однородность архитектуры упростила изготовление, настройку и тестирование системы, повысила показатели надежности [3].

Дальнейшее совершенствование СВР связано с появлением высокоинтегрированной элементной базы, включая микропроцессоры общего назначения. Архитектура «Ариус» (1996 г.), была выполнена уже на основе DSP-процессоров, выполняющих геометрические и видео преобразования. Основным вычислительным ядром генератора изображений системы является DSP - процессор TMS 320C80, позволяющий оптимально решать ряд специфических задач, характерных для современных тренажерных систем.

На сегодняшний день, разработан программно-аппаратный комплекс для формирования высокореалистичной виртуальной среды в системах визуализации реального времени. Он полностью базируется на использовании стандартных графических акселераторов и содержит расширенные функциональные возможности: имитацию различных средств наблюдения с характерными для них эффектами (дисторсионные искажения, расфокусировка), моделированием различного времени суток и погодных условий (облачность, осадки, туман и т. д.) [4]. В комплексе применены разработанные оригинальные методы автоматической упреждающей подкачки больших массивов графической информации в оперативную/текстурную память системы отображения. На рис.1-2 показаны примеры визуализации виртуальных фрагментов.

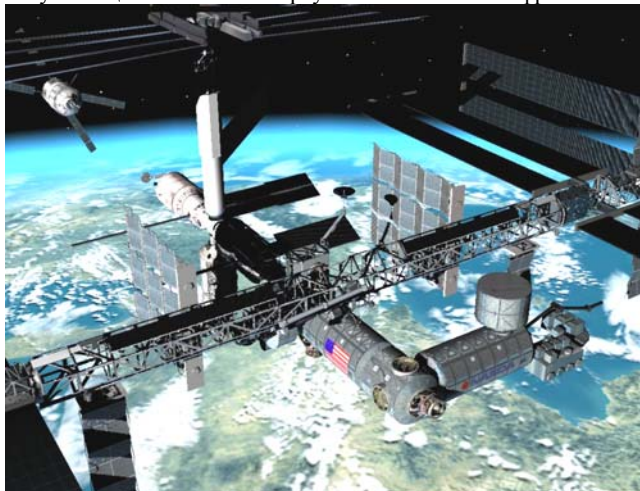


Рис. 1 Компьютерная модель МКС на фоне Земли

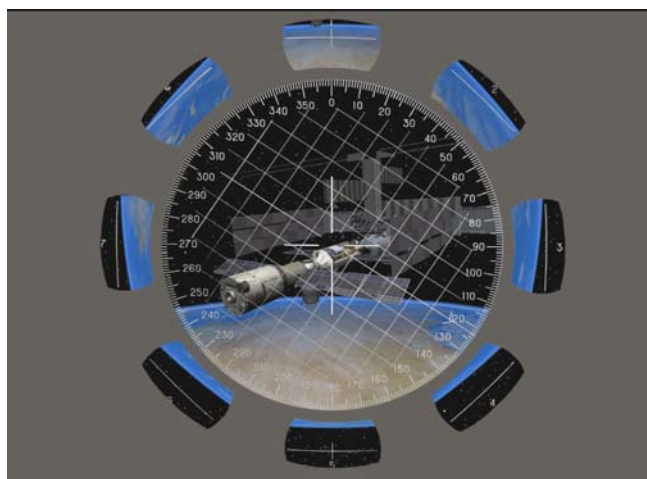


Рис. 2 Имитация прибора контроля за ориентацией космического аппарата

Созданные образцы программно-аппаратного комплекса на базе стандартных графических устройств внедрены в РГНИИЦПК им. Ю.А.Гагарина и в РКК "Энергия" им. С. П. Королева для использования в тренажерах, на которых ведется подготовка космонавтов по программе международной космической станции (МКС).

2. ВИРТУАЛЬНАЯ СТУДИЯ

Опыт, накопленный в процессе развития тренажерных систем и комплексов, позволил спроектировать виртуальную студию полностью на базе персонального компьютера. В настоящее время, примером успешной реализации этой технологии является семейство виртуальных студий "ФОКУС" [5]. Виртуальная студия на базе персонального компьютера – это программный инструмент телевизионного производства, основывающийся на совмещении виртуальных декораций (изображений, синтезируемых на компьютере) и реального видео, живых актеров и компьютерных персонажей, и т.п.



Рис. 3 Пример работы виртуальной студии, полученный с помощью системы "ФОКУС"

Система "ФОКУС" ориентирована, прежде всего, на малобюджетные телевизионные студии – региональные, кабельные, интернет-студии или подразделения телекомпаний [6]. В качестве виртуальной студии она

позволяет организовать производство набора телевизионных программ (новости, погода, развлекательные и обучающих), используя всего одну небольшую студию без реальных декораций и ограниченными требованиями к свету, телевизионной технике, и обслуживающему персоналу [7], [8]. Тем не менее, формальные требования, предъявляемые система такого рода, достаточно жесткие:

- многоформатный видеоввод с временной (time-base) коррекцией, для возможности использования несинхронных видеоисточников;
- возможность синхронизации видеовыхода (GenLock);
- рипроекция (ChromaKey – цветовое замещение), специально адаптированная к источникам с пониженным качеством (S-VHS камеры, вплоть до бытовых);
- легко наращиваемое число входных каналов с независимым кеингом и временной коррекцией;
- встроенная звуковая задержка для синхронизации выходного видео и звука;
- просчет трехмерных сцен в реальном времени с использованием входных динамических видео изображений;
- виртуально анимируемые камеры;
- поддержка переключения между реальными видеокамерами-источниками в реальном времени;
- возможности создания анимированных компьютерных персонажей, элементов интерьера, спецэффектов;
- управление любыми объектами и параметрами автоматически, по сценарию, либо интерактивно;
- возможность интеграции с видео-серверами, титровальными станциями и другим внешним оборудованием, в частности, для обеспечения работы по общему сценарию.

Система, выполняющая подобные задачи, имеет хорошие возможности для распараллеливания. Суть предлагаемой архитектуры состоит в разделении задач между независимыми вычислительными ресурсами и балансирования нагрузки в процессе работы. Важнейшими ресурсами являются:

- CPU – центральный процессор, служащий для декомпрессии видео файлов;
- графический процессор акселератора (GPU);
- PCI шины, служащие для загрузки данных из плат захвата видео;
- шина AGP, для загрузки видео текстур;
- YUV->RGB конвертер графического акселератора.

Для балансирования нагрузки на каждый типа выше перечисленных ресурсов заводится поток управления и набор буферов для обмена между стадиями получившегося конвейера.

3. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Долговесов Б.С., Мазурок Б.С., Обертышев К.Ф. и др. *Геометрический процессор синтезирующей системы визуализации*. // Автометрия, 1986, N 4.
- [2] Долговесов Б.С. *Семейство компьютерных систем визуализации "Альбатрос"* // Автометрия, 1994, N 6.
- [3] Асмус А.Э., Богомяков А.И., Вяткин С.И. и др. *Видеопроцессор компьютерной системы визуализации "Альбатрос"* // Автометрия, 1994, N 6.
- [4] Вяткин С. И., Долговесов Б. С., Чижик С.Е. *Коррекция дисторсии в компьютерных системах визуализации* // Автометрия. 2001. № 6. С. 46.
- [5] B.S. Dolgovesov, B. V. Morozov, M. Yu. Shevtsov *"Focus" virtual studio* // Proceedings of Virtual Environment on a PC Cluster Workshop 2002. Fraunhofer Institute of Media Communications (Sankt Augustin, Germany)
- [6] Dolgovesov B.S., Morozov V.B, Shevtsov M.Yu. *Using Virtual Studio In Education* //Труды 5-ой Международной конференции «Компьютерное моделирование 2004», 2004 год, Санкт-Петербург.
- [7] Шевцов М.Ю., Жмулевская Д.Р. *Использование виртуальной студии в процессе обучения.* //Труды конференции-конкурса «Технологии Microsoft в информатике и программировании». 2004г. стр. 70-72.
- [8] Долговесов Б.С., Шевцов М.Ю. Жмулевская Д.Р. *Создание интерактивных учебных курсов на базе современных технологий виртуального окружения и Интернет.* // Труды конференции Графикон., Москва, 2004.

Авторы

Долговесов Борис Степанович – к. т. н., заведующий лабораторией синтезирующих систем визуализации Института Автоматики и Электрометрии СО РАН.

Адрес: Новосибирск, 630090, пр-т Ак. Коптюга, 1, ИАЭ.
Телефон: 8(3832)-33-36-30

E-mail: bsd@iae.nsk.su

Мазурок Борис Сергеевич – научный сотрудник лаборатории синтезирующих систем визуализации, ИАЭ СОРАН.

E-mail: boris@albatros.iae.nsk.su

Морозов Борис Борисович – научный сотрудник лаборатории программных систем машинной графики, ИАЭ СОРАН.

E-mail: bbm@sl.iae.nsk.su

Адрес: Новосибирск, 630090, пр-т Ак. Коптюга, 1, ИАЭ.
Телефон: 8(3832)-39-92-20

Шевцов Максим Юрьевич – аспирант НГУ, инженер-программист лаборатории синтезирующих систем визуализации, Института Автоматики и Электрометрии СО РАН.

Адрес: Новосибирск, 630090, пр-т Ак. Коптюга, 1, ИАЭ.
Телефон: 8(3832)-33-36-30

E-mail: neomax@sx-lab311.iae.nsk.su

Рухлинский Алексей Владимирович Юрьевич – аспирант ИАЭ, инженер-программист лаборатории синтезирующих систем визуализации, Института Автоматики и Электрометрии СО РАН.

Адрес: Новосибирск, 630090, пр-т Ак. Коптюга, 1, ИАЭ.
Телефон: 8(3832)-33-36-30
E-mail: ares@iae.nsk.su

Владимир Михайлович Фомичев – к.т.н., старший научный сотрудник Института микропроцессорных вычислительных систем РАН

Адрес: Москва, ГСП-7, 117997, Нахимовский проспект, дом 36, корп., 1.
Телефон: 8(095) 363-97-75
E-mail: vld@mail.imvs.ru

Александр Витальевич Пекарский – начальник отдела РГНИИЦПК им. Ю.А.Гагарина.

E-mail: pav23@yandex.ru

Б.А. Наумов - начальник 2-ого управления РГНИИЦПК им. Ю.А.Гагарина.

Real-time 3D graphics systems: from Simulators to Virtual Studios

Abstract

The paper deal with 3D graphics simulators history. Several generation of space simulators that were used in training centers including Yu. A. Gagarin Russian State Scientific-Research and Test Centre of Cosmonaut Training (Moscow, Russia) are discussed. Number of US-Russia international space station programs use these cosmonaut training system in order to increase the efficiency of crews' space activities, and to ensure safe manned flights. Today we introduce powerful PC-based solution for Virtual Studio. Formal requirements for such a system are declared and its distributed architecture implementation is briefly outlined.

Keywords: *cosmonaut training, simulators, virtual reality systems, virtual studio, rear-projection.*

About the authors

Boris S. Dolgovesov is PhD. For more then decade he is the head of the Laboratory of Synthesizing Visualization Systems that is a department of Institute of Automation and Electrometry. His activities include principal design of Virtual Reality systems and real-time visualization for training systems as well as system design for marine, space and flight simulators.

E-mail: bsd@iae.nsk.su

Boris S. Mazurok – scientific researcher of the Laboratory of Synthesizing Visualization Systems Laboratory that is a department of IAE.

E-mail: boris@albatros.iae.nsk.su

Maxim U. Shevtsov is post-graduate student of Novosibirsk State University. He is programmer and principal researcher of the Laboratory of Synthesizing Visualization Systems that is a department of Institute of Automation and Electrometry.

E-mail: neomax@sx-lab311.iae.nsk.su

Alexey V. Rukhlinskiy is post-graduate student of Institute of Automation and Electrometry. He is programmer and principal

researcher of the Laboratory of Synthesizing Visualization Systems that is a department of IAE.

E-mail: ares@iae.nsk.su

Boris B. Morozov – scientific researcher of the Computer Graphics Laboratory that is a department of IAE.

E-mail: bbm@sl.iae.nsk.su

Vladimir M. Fomichev – PhD, senior scientific researcher of the Institute of Microprocessor Computer Systems RAS.

Address: Moscow, GSP-7, 117997, Nakhimovsky prospect, 36/1. Institute of Microprocessor Computer Systems RAS.

Tel.: +7(095) 363-97-75,

E-mail: vld@mail.imvs.ru

Alexandr V. Pekarskiy – chief of the department of Yu. A. Gagarin Russian State Scientific-Research and Test Centre of Cosmonaut Training.

E-mail: pav23@yandex.ru

B.A. Naumov - chief of the administrative department of Yu. A. Gagarin Russian State Scientific-Research and Test Centre of Cosmonaut Training.