

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ имени М.В. Келдыша

С.В. Андреев, А.Е. Бондарев, Т.Н. Михайлова, И.Г. Рыжова

**Организация стереопредставлений в задачах
синтеза фотореалистичных изображений и научной
визуализации**

Москва

2010

С.В. Андреев, А.Е. Бондарев, Т.Н. Михайлова, И.Г. Рыжова

Организация стереопредставлений в задачах синтеза фотореалистичных изображений и научной визуализации

Аннотация

Работа посвящена проблемам построения стереопредставлений в задачах синтеза фотореалистичных изображений и задачах научной визуализации. Приведен практический опыт подобных построений. Приведены результаты тестов.

S.V. Andreev, A.E. Bondarev, T.N. Mihailova, I.G. Ryzhova

Generation of Stereo-Presentations in Photorealistic Rendering and Scientific Visualization

Abstract

This paper is devoted to implementation of stereo-presentations for synthesis of photorealistic 3D images and in scientific visualization. The practical experience of stereo-presentations generation is given. The results of tests are considered.

Версия статьи с цветными иллюстрациями размещена по адресу http://www.keldysh.ru/pages/cgraph/publications/cgd_publ.htm.

Содержание

1. Введение.....	4
2. Описание оборудования	5
3. Построение стереопредставлений	7
4. Стереопредставления в задачах синтеза фотореалистичных изображений	9
5. Стереопредставления в задачах научной визуализации	11
6. Заключение	13
Литература	13

1. Введение

Развитие современной техники позволяет рассматривать на сегодняшний день построение стереоизображений как одно из наиболее перспективных направлений компьютерной графики. Возможность стереопредставления изображений порождает новые направления прикладных исследований – создание программно-аппаратных комплексов виртуальной реальности, обучающих комплексов, построение с помощью стереоизображений различных презентаций и анимаций. Примеры успешного продвижения в этих направлениях прикладных исследований приведены в работах [1-4].

Программно-аппаратные комплексы, подобные описанным в [1-4], позволяют проводить презентации, создавать среды виртуальной реальности, и для конкретных классов задач проводить расчеты результатов с одновременным построением стереопредставлений этих результатов.

В качестве основных целей подобных работ можно выделить следующие:

- создание стереопрезентаций полученного информационного материала;
- возможность стереопредставления и соответственно объемного восприятия научных данных в ряде случаев позволяет по-новому интерпретировать эти данные;
- возможность стереопредставления определенного фрагмента изображения помогает резко повысить выразительность и информационную ценность изображения в целом.

Вместе с тем зачастую без должного внимания остается вопрос представления в виде стереоизображений результатов, методов, подходов и концепций, полученных и разработанных ранее. А многие из этих результатов, будучи представленными в виде стереоизображений, могли бы резко выиграть в выразительности и, соответственно, в информационной ценности. Более того, для научных результатов возможности стереопредставлений могут приводить к новым трактовкам и новому пониманию этих результатов.

Следовательно, формируется новая задача – определить, где и в каких случаях применение стереопредставлений выигрышно и может принести наибольшую пользу. Такая задача может решаться в основном накоплением практического опыта.

Данная работа направлена на описание практического опыта представления в виде стереоизображений результатов работ по двум разрабатываемым направлениям: синтез фотореалистичных изображений и разработка алгоритмов и методов решения задач научной визуализации.

2. Описание оборудования.

Целью данной работы является практическое построение стереопредставлений, как в виде статических фотореалистичных изображений, так и в виде стереоанимаций с помощью двух различных типов устройств, предназначенных для стереопрезентаций. Данная работа представляет собой практический опыт построения стереоизображений для конкретных устройств, которыми располагает ИПМ им.М.В.Келдыша РАН.

Первый тип устройства представляет собой 3D проекционную стереосистему для показа стереопрезентаций, обучающих приложений, графики и фильмов. Включает графическую станцию, проекционную подсистему (со специализированным экраном), акустическую систему. Данная система является классической стереографической системой с использованием двух проекторов, экрана и очков линейной поляризации. Система включает в себя графическую станцию на базе процессора Intel Core2 Quad 2.83 GHz и с видеосистемой GeForce GTX-285, два проектора InFocus IN5108, 3D экран 244x183 см, очки линейной поляризации.

Для представления фотореалистичного стереоизображения объекта в данном классическом случае необходимо строить изображение объекта с двух точек для левого и правого глаза.

Второй тип устройства представляет собой автостереоскопический HDLS-46 3D дисплей со встроенным РС. Автостереоскопические 3D мониторы – это мониторы, которые воспроизводят трёхмерное изображение без стереочков. Производители используют оптические эффекты, которые позволяют видеть наблюдателю ту или иную часть объемного изображения, как правым так и левым глазом в зависимости от положения наблюдателя к плоскости 3D монитора. Если голова зрителя находится в определённом положении перед 3D монитором, в так называемой стерео зоне, то он увидит объемное изображение. Внешний вид монитора представлен на рис.1.



Рис.1

Монитор HDLS-46 3D обладает диагональю 46'' , имеет разрешение: 1920*1080 и степень контрастности 1800:1. Оптимальная дистанция просмотра: 3 – 5 м. Стереомонитор поддерживает вывод до 9 видов изображения одновременно в зависимости от угла зрения.

Для вывода стереоизображения на автостереоскопический монитор необходимо иметь 9 видов изображений под разными углами зрения. Для этой цели используется поворот камеры вокруг объекта, затем полученные изображения объединяются в один кадр.

3. Построение стереопредставлений

Напомним некоторые общие понятия. Зрительный *стереоэффект* – это ощущение протяжённости пространства и рельефности, возникающее при рассматривании реальных объектов, стереопар, стереофотографий, стереоизображений и голограмм. *Стереоизображение* – картина или видеоряд, использующий два отдельных изображения, позволяющих достичь *стереоэффекта*. Предположим у нас есть некоторое изображение, и мы хотим на его основе создать стереоизображение. Нам следует представить два вида данного изображения с различных ракурсов. Сделать это можно двумя способами. Будем при этом использовать термины, сложившиеся в стереофотографии [4,5].

При первом способе создания *стереопар* – изображений для левого и правого глаза, – камера смещается параллельно на расстояние, называемое базой стереосъемки (*линейная стереобазы*) (Рис.2).

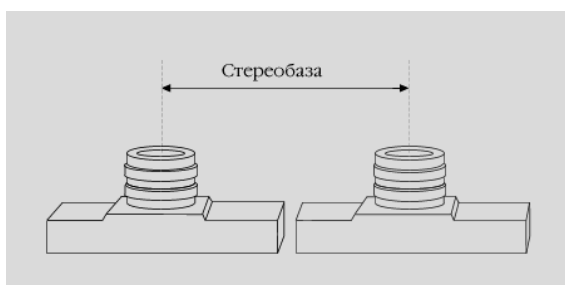


Рис.2

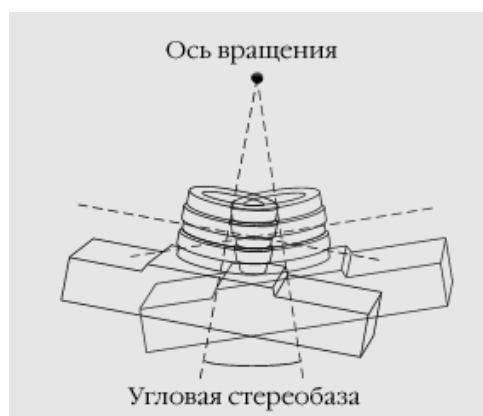


Рис.3

При втором способе камера поворачивается вокруг снимаемого предмета на определенный угол. Этот угол называется *угловой стереобазой* (Рис.3).

Таким образом, для построения стереоизображения с помощью технических устройств, описанных в предыдущем параграфе, нам необходимо выбрать и использовать для изменения ракурса поворот камеры или параллельное смещение и оценить соответственно угловую или линейную

стереобазу. При оценке величины стереобазы необходимо учитывать такое явление как параллакс. *Параллакс* (греч. *parallaxis* уклонение) – кажущееся смещение рассматриваемого объекта, вызванное изменением точки наблюдения. Если смотреть на объект одним глазом, затем другим, то можно увидеть, что объекты, расположенные на расстоянии, смещаются относительно друг друга. Благодаря параллаксу человек получает представление о взаимном расположении объектов. Следует учитывать, что существует ограничение на *максимальный параллакс* с точки зрения восприятия стереоизображения. Данное ограничение индивидуально, так как зависит от состояния зрения конкретного индивидуума. Близорукие люди в состоянии воспринять значительно больший параллакс.

Максимально допустимый параллакс - угловая величина. Она зависит от расстояния, с которого рассматривается изображение. Чем дальше изображение – тем больше максимально допустимый параллакс.

При создании конкретного стереоизображения оценки стереобазы и параллакса переднего плана можно получить с помощью известных соотношений стереофотографии [4,5]. Эти соотношения представлены ниже для случая линейной стереобазы (1) и для случая угловой стереобазы (2).

$$Base = \frac{Parallax_{fore} * (L_{fore} / f - L_{fore} / L)}{M} \quad (1)$$

$$AngularBase_{fore} = 2 * arctg\left(\frac{Parallax_{fore} * (L_{fore} / f - L_{fore} / L)}{2 * M * (P - L_{fore})}\right) \quad (2)$$

Здесь *Base* - линейная стереобаза, *AngularBase_{fore}* - угловая стереобаза, *Parallax_{fore}* - параллакс на переднем плане, *L_{fore}* - расстояние до предмета, находящегося на переднем плане, *f* - фокусное расстояние

объектива, L - расстояние до точки фокусировки, M - увеличение изображения, P – расстояние до оси вращения камеры.

4. Стереопредставления в задачах синтеза фотореалистичных изображений

Задачи синтеза фотореалистичных изображений заключаются в построении изображений фотореалистичного качества на основе физически точного моделирования распространения света. Опыт построения подобных изображений, а также стереопрезентаций на их основе изложен в [6,7]. Рис.4 представляет собой изображение с двух ракурсов с угловым смещением для классической стереографической системы, полученное с помощью программного комплекса Inspirer2 [8].



Рис.4

Модуль стерео демонстраций программного комплекса Inspirer2 [8], разработанный в ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, позволяет проводить фотореалистичные демонстрации трехмерных объектов (сцен) в режиме стерео на одном или нескольких составных экранах (панорамный стереокадр) в реальном времени.

Inspirer2 применяется для демонстрации архитектурных сцен (например, имитации хождения по комнатам проектируемого здания в режиме интерактивной навигации), манипуляций сложными трехмерными объектами и сценами, для внешнего и внутреннего осмотра автомобилей и самолетов, изучения результатов научных расчетов и пр.

Особенностью комплекса является то, что он строится на базе изменяемого набора обычных бытовых компьютеров, объединенных в локальную сеть. Каждый из компьютеров рассчитывает свою часть составного кадра, что обеспечивает легкую и доступную масштабируемость системы презентации.

Кроме того, модуль позволяет производить расчет последовательно заданных положений камеры по отношению к сцене, что обеспечивает возможность его применения к демонстрации физически корректно рассчитанного объекта с фотореалистичным качеством на автостереоскопических мониторах. Каждый составной кадр такой демонстрации состоит из девяти кадров, различающихся последовательным перемещением положения наблюдателя относительно объекта (рис. 5).

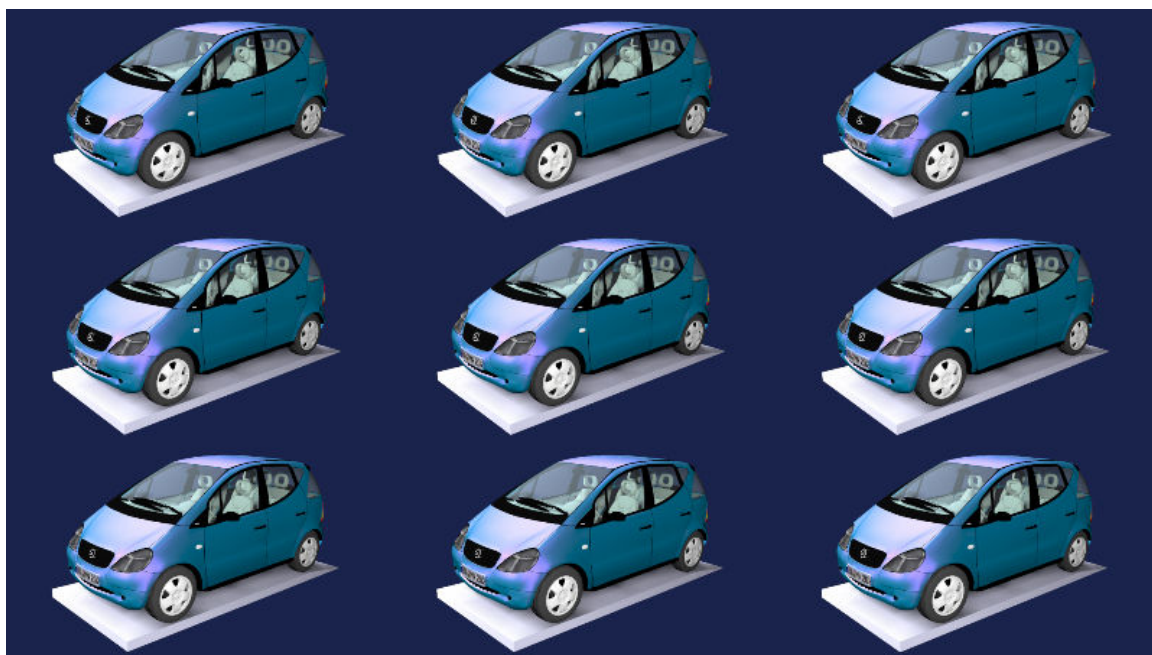


Рис.5

В результате зритель может наблюдать различные положения объекта на экране монитора обоими глазами с девяти позиций, например, перемещаясь относительно плоскости экрана, что обеспечивает эффект трехмерности.

Следует отметить, что и в этом случае поворот камеры вокруг объекта дает гораздо лучший стереоэффект для автостереоскопических мониторов, чем линейное смещение камеры. Оба типа устройств обладают возможностями

представления анимаций в виде *AVI*-файлов. Для каждого типа устройств был реализован алгоритм представления стереокадров в виде стереоанимации.

5. Стереопредставления в задачах научной визуализации

Использование достижений современной техники и адаптация к ней ранее полученных алгоритмов, методов и результатов является одним из важных направлений развития научной визуализации [9]. Естественно, представление в виде стереоизображения может существенно улучшить презентационные качества научного результата. Однако, в отличие от задач синтеза фотореалистичных изображений здесь есть своя специфика. Результаты решения задач научной визуализации могут быть представлены наборами точек, линиями, поверхностями, объемами и их различными комбинациями.

При этом возникает вопрос: все ли типы визуального представления научных данных выиграют от представления в виде стереоизображения? Из очевидных соображений видимый стереоэффект будет иметь большее преимущество для выпуклых объемов, трехмерных поверхностей, существенно отличающихся от плоскости, чем для таких типов данных, как наборы точек в пространстве, линии в пространстве, плоскости в пространстве.

Для обоих типов устройств было построено стереопредставление различных типов визуального представления результатов математического моделирования. Практический анализ показал, что наилучший стереоэффект наблюдается для выпуклых фигур - выпуклых объемов или трехмерных поверхностей, обладающих сильным изгибом. В то же время стереопредставление трехмерных линий не дает убедительного эффекта. Для того чтобы добиться видимого (и, возможно, значимого с точки зрения трактовки и восприятия численного результата) стереоэффекта необходимо пользоваться специальными приемами повышения выразительности. Так, например, точки в пространстве могут представляться с помощью объемов

(сфер), а линии в пространстве - с помощью объемных трубок, размещенных вдоль линии.

На рис. 6 представлены кадры стереоизображения для классической стереографической системы на примере вида предельной поверхности, являющейся решением обратной задачи.

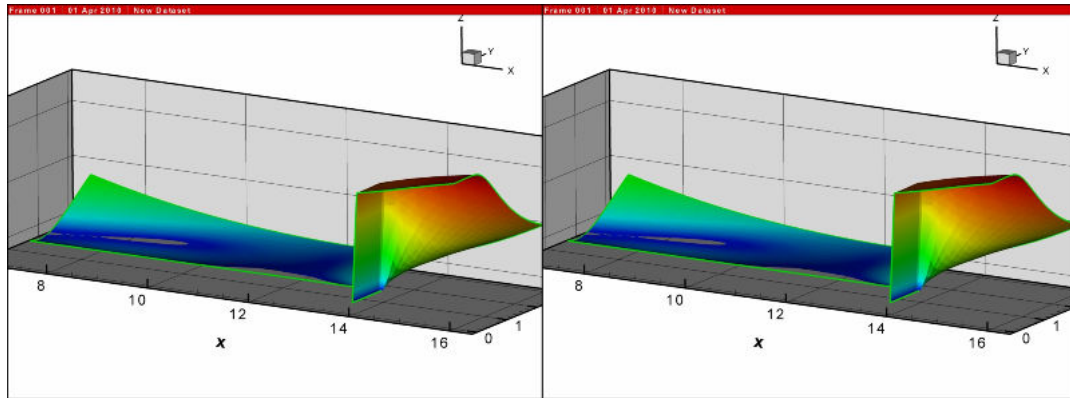


Рис.6

Рис. 7 представляет собой выпуклый объем с распределением изолиний на поверхностях, приготовленный в виде кадра для автостереоскопического HDLS-46 3D монитора. Данный объем взят из набора тестовых изображений системы визуального представления научных данных TecPlot [10].

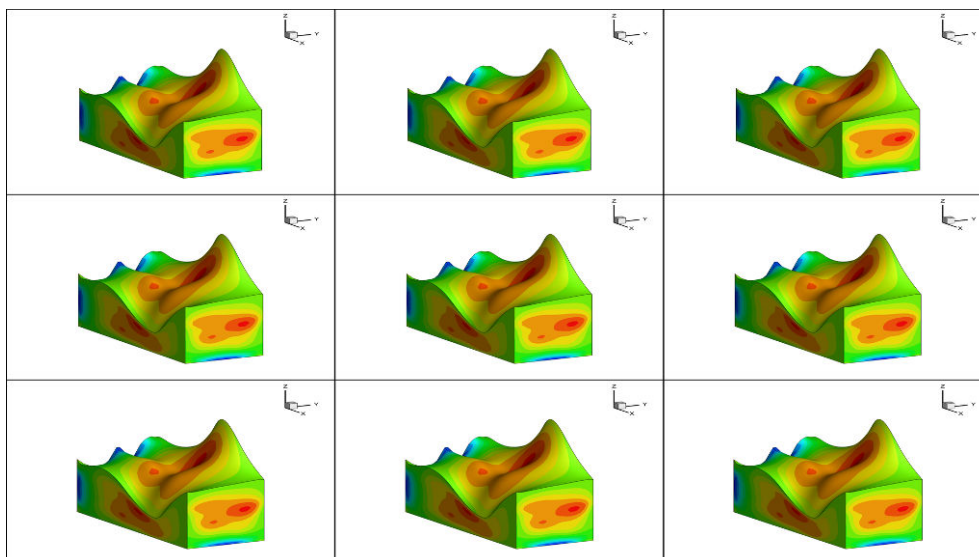


Рис.7

В обеих задачах для обоих типов устройств проводилось сравнение использования углового и линейного смещения камеры относительно объекта – т.е. использования угловой или линейной стереобазы. Оценки величины

стереобазы для обоих случаев выполнялись с учетом конкретных свойств используемой аппаратуры и исходных изображений при помощи соотношений стереофотографии (1,2).

Анализ результатов показал, что с точки зрения восприятия зрителем видимого стереоэффекта преимущество имеет угловое смещение.

Аналогично задачам синтеза фотореалистичных изображений для каждого типа устройств был реализован алгоритм представления стереокадров в виде стереоанимации.

6. Заключение

Для устройств двух типов – классическая стереографическая система с двумя проекторами и поляризационными очками и автостереоскопический 3D монитор без стереочков - отработаны методики построения стереоизображений. Источниками исходных изображений послужили решения задач синтеза фотореалистичных изображений и задач научной визуализации. Для обоих типов устройств реализованы алгоритмы построения стерео 3D анимаций.

Литература

- [1] *Ванданов В.Г., Долговесов Б.С., Ковальков М.А., Мазурок Б.С., Морозов Б.Б., Исламов Р.Р., Казанский И.П., Клименко С.В.* Программно-аппаратный комплекс 3D презентаций на основе виртуальной студии и виртуального окружения // Труды Первой международной конференции «Трехмерная визуализация научной, технической и социальной реальности. Кластерные технологии моделирования». – Ижевск, 2009.- С.73-77.
- [2] *Михайлюк М.В., Хураськин И.А.* Синтез стереоизображения для систем виртуальной реальности с использованием оптической трекинговой системы. / Программные продукты и системы, № 3, 2006.

- [3] *Турланов В.Е., Юсов Е.А.* JPEG2000-based compressed multiresolution model for real-time large scale terrain visualization // Conference Proceedings of the 18th international Conference on Computer Graphics and Vision “GraphiCon’2008”, 2008. С. 164—171.
- [4] *Меженин А.В., Тозик В.Т.* 3D Визуализация с использованием эффекта стереоизображений // Труды Второй международной конференции «Трехмерная визуализация научной, технической и социальной реальности. Кластерные технологии моделирования». – Ижевск, 2010.-С.
- [5] *Вазенмиллер Е.А.* Как снимать стереопары. - http://www.trigonal.ru/article_stereopara/stereopara.htm
- [6] *Андреев С.В., Галактионов В.А., Денисов Е.Ю., Кирилов Н.Е.* Синтез фотореалистичных трехмерных изображений в современных системах презентаций // Программные продукты и системы.- 2007. - № 3.-С.37-40
- [7] *Андреев С.В., Денисов Е.Ю.* Программное решение проблем генерации изображения в современных стереокомплексах // Материалы 11-го научно-практического семинара "Новые информационные технологии в автоматизированных системах"/МГИЭМ. –М. 2008. -С. 16-23.
- [8] *Ignatenko A., Barladian B., Dmitriev K., Ershov S., Galaktionov V., Valiev I., Voloboy A.* A Real-Time 3D Rendering System with BRDF Materials and Natural Lighting // Proc. 14th International Conference on Computer Graphics and Vision GraphiCon-2004, Russia, Moscow, September 6 -10, 2004, p. 159-162.
- [9] *Бондарев А.Е., Чечеткин В.М.* Анализ развития концепций и методов визуального представления данных в научных исследованиях задач вычислительной физики // Тр. 19-ой международной конференции по компьютерной графике и зрению ГРАФИКОН-2009 / МГУ .- М., 2009.- С. 178-185.
- [10] www.tecplot.com