

# Воспроизведение трёхмерных объектов на основе автостереоскопического подхода

Гужов В.И., Хусаинов А.Р.

Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

**Аннотация:** В статье рассматривается метод отображения трехмерных объектов на основе автостереоскопического подхода.

**Ключевые слова** Цифровая обработка изображений, методы визуализации 3D информации.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время технологии отображения трёхмерных изображений приобретают всё большую и большую популярность в области графических систем. Это связано с тем, что трёхмерное изображение даёт более полное представление об объекте, поскольку его можно описать в трёх координатах, более привычных для восприятия человека. На сегодняшний день в этом направлении существует множество подходов и разработок. Все из них позволяют создавать трёхмерные объекты, но имеют те или иные недостатки, к решению которых прикладываются большие усилия.

При более детальном анализе доступных средств можно сделать вывод, что все они основаны на базе четырёх основных методов создания трёхмерных изображений: стереоскопический, голографический, волюметрический, многокурный.

Голографический и волюметрический методы используют подход, при котором создаётся реальное объёмное изображение в пространстве хуз. Использование голографии для объёмной визуализации имеет большие перспективы и одновременно большие препятствия в виде сложности технологической реализации. В частности, необходимо иметь разрешающую способность носителя изображения, соизмеримую с длиной волны; для визуализации динамических сцен в голограммы необходимо переносить огромные объёмы информации и т.д. Поэтому голографические системы для объёмной визуализации применяются достаточно редко. Обработка одного кадра голографического изображения требует мощных вычислительных средств и больших временных затрат, что существенно затрудняет вывод движущегося изображения.

Волюметрические (от английского «volume» – «объём») устройства [1] воспроизводят объёмное изображение в виде так называемых вокселей (от «volume pixel»), то есть, точек, расположенных не в двух измерениях, а в трех. Для отображения вокселей в каком-либо объёме этот объём должен

быть заполнен средой, которая сформирует изображение трёхмерного объекта. Вариантов здесь два: можно заполнить объём светящимися вокселями (подобно матрице монитора, только в трех измерениях), или же веществом, способным отражать свет. В настоящее время, из-за недостаточного уровня технологий можно создавать такие изображения в ограниченном, малом объёме.

Наиболее часто используется системы отображения на основе анализа ряда плоских изображений. Стереоскопические и многокурные методы могут создать эффект объёма исходящего от экрана, при этом само изображение остаётся плоским.

## I. МЕТОДА АНАЛИЗА ОБЪЕМА НА ОСНОВЕ ПЛОСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Все методы анализа плоских изображений можно разделить на две группы. К первой группе можно отнести методы, которые основаны на формировании человеком информации на основе анализа структуры кадра:

- геометрическая перспектива и знание реальных размеров наблюдаемых объектов в анализируемой сцене;
- линейная, тональная и воздушная перспектива;
- тени и блики.

Знание этих методов позволяет создавать реалистические художественные произведения. Эти же методы часто приводят к ошибкам восприятия и являются основой для построения многочисленных картин оптических иллюзий.

Другой группой методов является анализ многокурных изображений. Эти методы близки к физической модели воспроизведения объёма у человека. Они позволяют на основе датчиков проводить действительные измерения расстояния на основе полученных данных. К этой группе можно отнести следующие свойства, которые помогают человеку определять расстояния до объекта:

- Бинокулярность зрения - наличие не одного, а двух глаз. Мозг сопоставляет изображения, которые видят правый и левый глаз. На основе проекций стереоизображений существуют многочисленные системы воспроизведения объёмных сцен.

- Аккомодация хрусталика. При удалении объекта глаз настраивает резкость с помощью изменения кривизны хрусталика. Кривизна меняется с помощью аккомодационных мышц.

- Эффект Пульфриха, который часто использовался в телевидении. Стереохроматизм основан на неспособности любого простого объектива фокусировать различные цвета в одном и том же месте, в одно и то же время. Фокальная точка красного цвета ближе, чем синего, поэтому в сценах, где передний план красноватый, а фон синеватый, будет обеспечиваться умеренное ощущение глубины. В очках, использующих эффект Пульфриха, одно стекло затемнено. Хотя оба глаза видят одну и ту же картинку, глаз, который видит через затемненное стекло, передаёт картинку в мозг чуть позже. Мозг восстанавливает соответствующую информацию о глубине.

- Движение наблюдателя и движение предмета наблюдения. Кроме данных от аккомодационных мышц добавляется информация о движении хрусталика (влево и вправо) и перемещении самого наблюдателя.

Наиболее часто системы воспроизведения 3D информации строятся только на основе анализа стереоизображений. К сожалению, определенные группы людей уже утратили механизмы обработки такой информации или эти механизмы не являются для них оптимальными. Поэтому при просмотре 3D фильмов после определенного времени многие люди начинают испытывать головную боль.

Только совокупность всех способов восприятия позволит создать эффективные системы воспроизведения 3D сцен. Поэтому изучение каждого метода представляет определенный интерес.

В статье рассматриваются один из способов восстановления объема - метод на основе автостереоскопического подхода.

## II. АВТОСТЕРЕОСКОПИЧЕСКИЙ МЕТОД

Автостереоскопический подход основан на многоракурсном отображении, где изображение разбивается на несколько визуальных представлений одного и того же объекта, но под разным ракурсом. Сопоставление этих ракурсов достраивается в визуальном аппарате в целое объемное изображение (Рис. 1).

В [3] представлена система, в которой объем формируется не за счёт ракурсов, а за счёт последовательного вывода разных изображений объекта с одной позиции.

Метод предполагает вывод трёхмерного изображения по слоям, путём последовательной выдачи на подвижный светорассеивающий экран всех сечений отображаемого объекта, причём изображение каждого сечения формируется при помощи высокоскоростной комбинированной акустооптической, электромеханической системы отклонения лазерного пучка и его визуализация в трёхмерном пространстве (Рис. 2).



Рис. 1 Разные ракурсы одного объекта, изменяющиеся под небольшим углом (рисунок взят из [2])

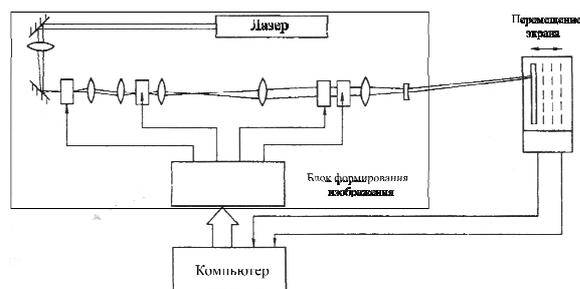


Рис. 2. Схема дисплея с перемещением экрана

Изображения различаются за счёт расстояния от наблюдения. Основная идея данного метода заключается в том, что объёмное изображение формируется высокоскоростной отклоняющей системой на сканирующем полупрозрачном экране в пределах ограниченной области физического пространства.

Рабочий объем, в котором строится изображение  $10 \times 10 \times 5 \text{ см}^3$ . Экран размером  $10 \times 10 \text{ см}^2$  перемещается вдоль оси X на 5 см. Экран совершает возвратно-поступательные движения с шагом 40 мкм. За время одного шага на экране строится лазерное изображение [4]. Частота перемещения по оси X - 25 Гц.

Таким образом, при воспроизведении всего объекта, выводится каждая плоскость объекта вдоль движения механического экрана.

В случае, когда изображения, воспринимаемые правым и левым глазом, отличаются незначительно, они могут быть интерпретированы как виды одного и того же предмета или сцены с двух близких направлений. Тогда эти изображения объединяются визуальным аппаратом человека в единый пространственный образ, и возникает стереоскопический эффект.

## III. ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКЦИЙ НА ОСНОВЕ АВТОСТЕРЕОСКОПИЧЕСКОГО МЕТОДА

Основная идея алгоритма не перемещать экран и строить на неподвижном экране новые проекции объекта с учетом его перемещения.

В основу алгоритма заложено последовательное отображение плоскости трёхмерного объекта – его сечения. Объект выводится поступательно, сечение за сечением.

Под сечением подразумевается контур объекта в двумерной плоскости, т. е. это плоское изображение по заданной координате третьей оси.

В данном методе за ось, по которой будет браться сечение, является ось Z, проходящая из глубины экрана в направлении наблюдения. Контур объекта строится по координатам осей X и Y. Ниже представлено схематическое изображение хода отображения слоёв (Рис. 3).

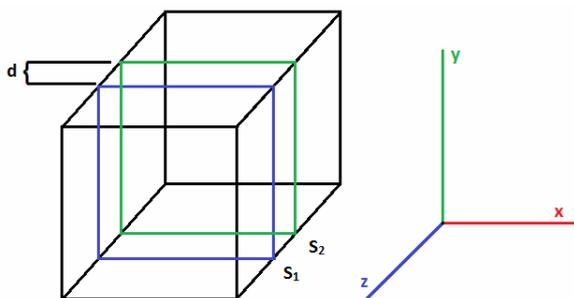


Рис. 3. Послойный вывод сечений объекта

На рисунке: S1 – сечение выводимое первым, а S2 выводится на следующем временном цикле, d – величина шага между сечениями. Благодаря инерции зрения и достаточно высокой скорости вывода сечений, предыдущий фрагмент объекта, отображение которого уже завершено, продолжает восприниматься человеческим зрительным аппаратом. В совокупности, последовательность таких сцен, состоящих из сечений объекта, формирует образ объёмной сцены.

Алгоритм реализован с помощью программной системы OpenGL. Для формирования кадра был реализован шейдер, который вычисляет координаты вершин объекта, накладывает текстуру и перемещает сечение по оси Z. Шаг отображения одного слоя можно задавать программно. Время отображения всего объекта 0,2 сек.

На рис. 4 показано несколько шагов вывода слоев.



Рис. 4. Объект с послойными сечениями

На рисунке изображение яблока, освещённое с одной стороны. На яблоке видна полоса затемнённого света, обозначающая текущее сечение, которое обрабатывает алгоритм. Увеличивая или уменьшая скорость движения сечения по оси Z, изменяется визуальный эффект.

## ВЫВОДЫ

В статье описан новый метод визуализации

объема. Метод построен на основе последовательного отображения плоскостей трёхмерного объекта. При выборе скорости вывода сечений, которая соответствует инерции зрения, наблюдается устойчивый эффект объема. Данный метод может использоваться в совокупности с другими методами для построения систем визуализации 3D изображений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований «Разработка методов сверхразрешения в цифровой голографической интерферометрии» (Грант № 16-08-00565).

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Blundell B.G., Schwarz A.J. Volumetric Three-Dimensional Display System/ New York, John Wiley & Sons.-2000.- 330 p.
- [2] Kozorog I., Smith M. Secrets Of Living Close // CreateSpace Independent Publishing Platform. - 2014.- 120 p.
- [3] Савельев В.В. Методы формирования и оценки качества автостереоскопических изображений/ Диссертация на соискание уч. степени к.т.н. /– 2014.- 167 с.
- [4] Вовк Ю.В., Выдрин Л.В., Твердохлеб П.Е. и др. Лазерная система для формирования трехмерных изображений в реальном времени // Автометрия.- №2. - 1997. - С.3-10



Владимир Гузов – профессор кафедры ССОД НГТУ, д.т.н.. Является автором более 170 научных работ. Область научных интересов: высокоточные интерференционные измерения, безошибочные вычисления, теория чисел, цифровая голография. [e-mail.vig@nstu.edu.ru](mailto:e-mail.vig@nstu.edu.ru)



Артём Хусайнов – магистрант, каф. ВТ НГТУ. Область научных интересов: автоматизация научных исследований, системы 3D графики.

## Playing Three-Dimensional Objects on the Basis of an Autostereoscopic Approach

GUZHOV V.I., HUSAINOV A.R.

*Abstract:* The paper discusses the method for

displaying three-dimensional objects on the basis of an autostereoscopic approach.

*Key words:* Digital image processing, 3D data visualization techniques

#### **REFERENCES**

- [1] Blundell B.G., Schwarz A.J. Volumetric Three-Dimensional Display System/ New York, John Wiley & Sons.-2000.- 330 p.
- [2] Kozorog I., Smith M. Secrets Of Living Close // CreateSpace Independent Publishing Platform. - 2014.- 120 p.
- [3] Savel'ev V.V. Metody formirovanija i ocenki kachestva avtostereoskopicheskikh izobrazhenij/ Dissertacija na soiskanie uch. stepeni k.t.n. / – 2014.- 167 s.
- [4] Vovk Ju.V., Vydrin L.V., Tverdohleb P.E. i dr. Lazernaja sistema dlja formirovanija trehmernyh izobrazhenij v real'nom vremeni // Avtometrija.- №2. - 1997. - S.3-10