

РАЗРАБОТКА ОБЪЕМНОГО ДИСПЛЕЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ

А.А. Большаков (СПбПУ), А.А. Сгибнев(СГТУ), М.А. Железов, А.В. Мельников (ООО «Голди-С»)

Описывается макет стенда трехмерной визуализации, архитектура его программно-аппаратного комплекса и функциональное обеспечение. Рассматривается конструкция рабочей станции для передачи множества изображений от компьютера пользователя, а также принципы взаимодействия пользователя с трехмерными моделями. Макет является переходным этапом на пути к разработке объемного дисплея, предназначенного в первую очередь для решения задач визуализации и диспетчеризации, для поддержки принятия решения на основе воспроизведения объемных, полноцветных, динамических изображений в реальном масштабе времени. Кроме этого, создаваемое изделие предназначено для встраивания в тренажеры, при решении задач САПР, в мехатронных системах¹.

Ключевые слова: трехмерная визуализация, мультисCREENНАЯ СИСТЕМА, массив проекторов, объемный дисплей, визуализация, диспетчеризация, одноплатный компьютер.

Введение

С различной степенью успешности в период 2009–2014 гг. разработкой 3D-дисплеев без применения очков занимались около 10 крупных исследовательских центров и 30 ведущих мировых корпораций. Однако разработанные модели не получили широкого распространения из-за плохого качества изображения и высокой цены. Тем не менее, проведенные исследования доказывают значительное повышение эффективности различной деятельности при применении 3D-эффектов. Согласно анализу агентства Гартнер, область волюметрических дисплеев относится к перспективным технологиям, которые находятся на этапе зарождения, причем возможность существенного роста рынка объемных дисплеев связывается с ожиданием замены имеющихся на рынке образцов 3D-дисплеев по сопоставимой цене с характеристиками, превышающими возможности последних [1].

Для получения 3D-изображения высокого качества применяются дисплеи с индивидуальными средствами просмотра и шлемы дополненной реальности. Для демонстрации 3D-образов массовой аудитории, не вооруженной средствами стереонаблюдения, применяются относительно дорогие технические решения с большим объемом обрабатываемой информации. К ним относятся автостереоскопические планарные дисплеи с ограниченным числом точек наблюдения, неудовлетворяющие на данный момент потребителя качеством изображения. На рынке также нашли применение виртуальные витрины и «воздушные» дисплеи, воспроизводящие «подвешенные в воздухе», однако двухмерные образы.

В настоящее время существующими дисплеями не решены следующие проблемы: 1) демонстрация полноцветных трехмерных объектов, наблюдаемых массовой аудиторией вкруговую, с обзором в 360° без применения индивидуальных средств наблюдения и с разрешением Full HD; 2) организация объемных трансляций в режиме реального времени с передачей

контента по сети. У аналогов поток информации в единицу времени, необходимый для воспроизведения 3D-изображения, превышает пропускную способность существующих каналов связи.

Авторами предложен объемный дисплей [2], который базируется на запатентованной технологии совмещения оптической и компьютерной обработок изображения, позволяющей по любым двум опорным изображениям, разнесенным на определенный азимутальный угол, сформировать множество промежуточных изображений, плотно заполняющих сегмент. Причем два смежных промежуточных изображения являются стереопарой.

Основные принципы предложенной технологии: использование оригинальной оптической системы для совмещения, ориентирования и комбинирования опорных изображений (вместо весьма трудоемкой компьютерной обработки); применение многоэлементной системы вывода опорных изображений и на этой базе — повышение качества объемных образов на основе снижения удельной нагрузки на выходные элементы системы.

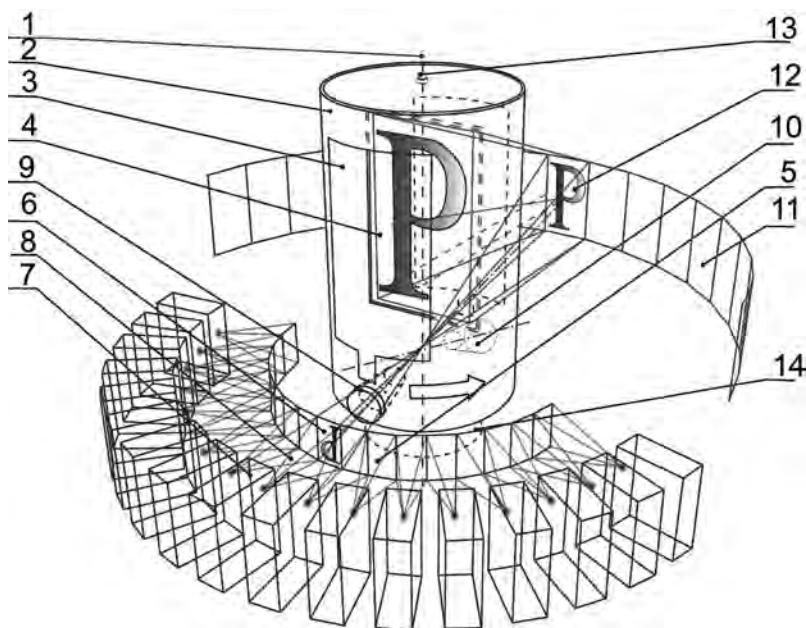


Рис. 1. Схема стенда

¹ Работа выполнена при поддержке инновационного центра "Сколково" (грант Г65/15 от 03.09.2015).

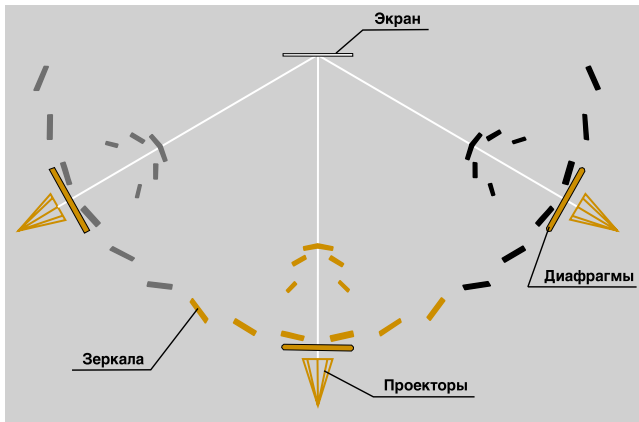


Рис. 2. Сцена в 3Ds max вид сверху

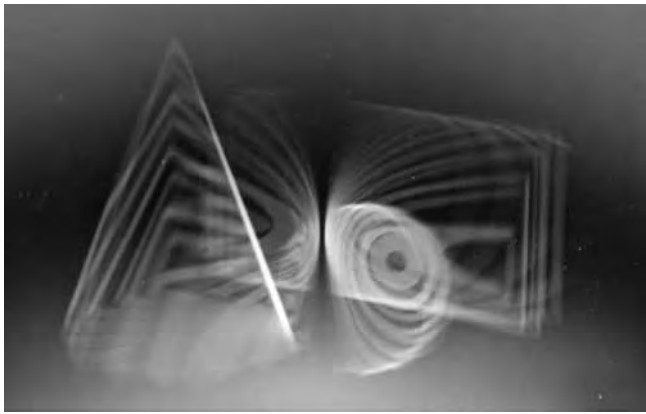


Рис. 3. Изображение сцены с примитивами, сформированное из «срезов». Снимок созданной в 3ds Max сцены с высокой выдержкой

Актуальность проекта на рынке систем мониторинга и диспетчеризации объясняется тем, что в условиях оперативных действий и контроля за быстро перемещающимися объектами решающую роль играет наглядность информации. При этом 3D-технологии отображают глубину и/или высоту объекта и передают детали, которые двумерные карты отобразить не могут. Перспективными направлениями являются поддержка принятия решений при проектировании и управлении различными технологическими объектами, организационно-техническими и организационными системами, основанная на объемной динамической и полноцветной визуализации, а также визуализация и диспетчеризация на основе воспроизведения объемных, полноцветных, динамических изображений в реальном масштабе времени. Кроме этого, создаваемое изделие будет полезно при встраивании в тренажеры, при решении задач САПР, в мехатронных системах.

Реализация проекта связана с формированием соответствующих гипотез и решением ряда взаимосвязанных задач. Настоящая статья посвящена описанию текущего состояния проекта.

Описание стенда трехмерной визуализации

Для валидации ряда гипотез осуществляются работы по созданию стенда трехмерной визуализации, принцип функционирования которого заключается

в следующем. Вокруг оси стенда 1 (рис. 1) со скоростью 1200...1500 об./мин вращается непрозрачный барабан 2, со сквозными окнами 3, закрытыми прозрачным материалом. Внутри барабана установлен просветный лентикулярный экран 4, на который выводится изображение. На лицевой стороне стенда расположена прозрачная мультиэкранная панель 5, выполненная в виде части прямой многогранной призмы и покрытая пленкой обратной проекции, на которую выводится первичное изображение 6. Изображение формируется на всех гранях мультиэкранной панели с использованием массива проекторов 7, световые пучки 8 которых сфокусированы на слое пленки обратной проекции.

С использованием двух модулей оптической системы 9 и 10 сформированный световой пучок пересекает ось стенда и достигает поверхности зеркального многогранника 11, составленного из плоских поверхностных зеркал. Отразившись от зеркального многогранника световой пучок достигает экрана 4, где и формирует итоговое изображение. Барабан на подшипниках 13 приводится во вращение приводом 14.

Стенд является прототипом кругового объемного дисплея для визуализации трехмерных объектов и сцен.

Для реализации первого макета планируется использовать три проектора, изображение которых разделяется на 18 частей и проецируется через систему из 36 зеркал на экран (рис. 2). Требуемое расположение зеркал определено на основе соответствующих вычислений, а затем соответствующее построение выполнено в программе 3Ds max.

Подобная схема будет реализована для проверки оптической системы дисплея. Кроме метода формирования объема из совмещения изображений объекта, снятого в различных ракурсах, также проведено тестирование алгоритма, при котором конечное изображение создается из «срезов» исходной модели (рис. 3).

Описанные эксперименты направлены на исследование различных способов получения объема, оптимизации оптической системы и конструкции стенда в целом.

Архитектура программно-аппаратного комплекса стенда

Предполагается, что в макете реализуется вывод изображений на несколько устройств, в нашем случае — проекторов. Подобная схема также может использоваться в игровой индустрии для расширения виртуального пространства, создания видеостен из нескольких мониторов и др. При этом целесообразно создание стендов для проверки гипотез для определения характеристик процессов, протекающих при формировании объемного изображения. Кроме этого, при определении способов формирования и управления контентом изображений в создаваемых автостереоскопических дисплеях необходимо учитывать требования по быстродействию и гибкости соответствующих архитектур информационно-

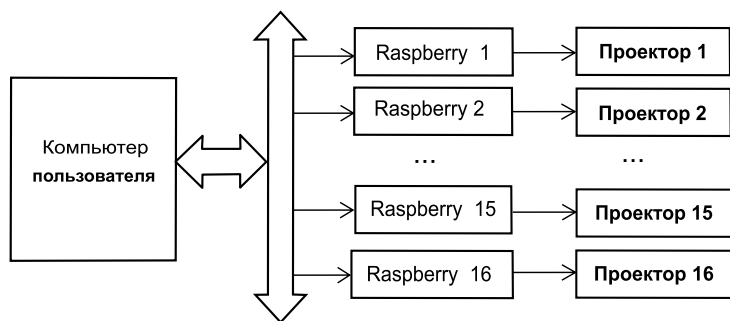


Рис. 4. Схема вывода изображений с использованием одноплатных компьютеров

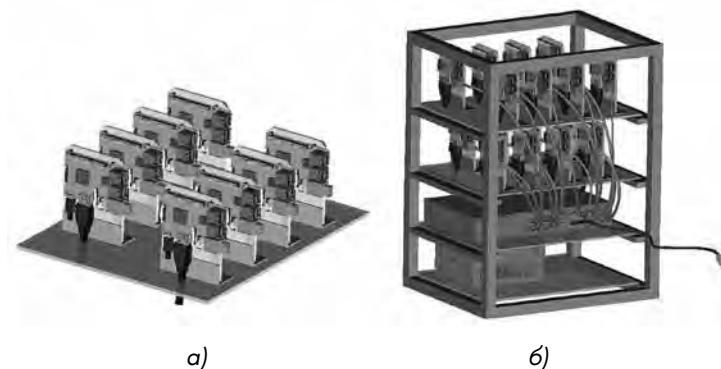


Рис. 5. CAD-модель рабочей станции на основе плат Raspberry, а) компоновка плат Raspberry на одной полке; б) общий вид рабочей станции

вычислительных средств [3–5], а также использовать апробированный математический аппарат для построения моделей трансформации изображений [6].

Для реализации стенда объемной визуализации необходимо формировать трехмерное изображение выводом подготовленного контента с разрешением 800x600 пикселей на массив проекторов из 16 ед. Требуется сформировать объемное изображение, видимое в диапазоне 160° по горизонтали (в дальнейшем планируется увеличить число видеовыходов и разрешение изображения). Для этого, в частности, необходимо апробировать проектные решения для программно-аппаратной реализации стенда объемной визуализации.

После оценки различных способов формирования и управления контентом принято решение использовать клиент-серверный способ подключения (рис. 4), так как он обладает достаточной гибкостью при масштабировании и приемлемой для поставленной задачи скоростью передачи данных.

Проблему высокой стоимости подобного решения предлагается решить использованием одноплатных компьютеров. Для экспериментов и оценки работоспособности предложенной схемы выбран одноплатный миникомпьютер Raspberry Pi 2 Model B с увеличенной, по сравнению с предыдущими моделями, производительностью. В дальнейшем планируется создать на их основе рабочую станцию (рис. 5).

Разрабатываемый программно-аппаратный комплекс реализует три режима работы: вывод статических картинок, воспроизведение видео и отобра-

жение трехмерных моделей с возможностью управления. Рассмотрим последний режим более детально.

Разработка функционального обеспечения программно-аппаратного комплекса стенда

Программа на компьютере пользователя открывает заранее подготовленную трехмерную модель в формате 3Ds, которую можно перемещать, масштабировать и вращать. Одновременно с открытием модели на компьютере пользователя эта модель загружается также на компьютеры рабочей станции. В зависимости от расположения проекторов, начальное положение моделей в рабочей станции смещается на фиксированный угол поворота. Любое изменение состояния модели порождается некоторым событием (изменение координат мыши, нажатие на кнопки управления и т.д.). Событие, в свою очередь, изменяет соответствующие характеристики модели, далее вызов специальной функции вновь определяется матрица перемещения модели, которая передается по сети на компьютеры рабочей станции.

На компьютере пользователя реализуются следующие функции: создание графической модели объекта визуализации; интерфейс взаимодействия с пользователем; монтирование сцены; манипулирование графическим объектом внутри сцены; передача по сети на рабочую станцию данных об изменении состояния модели.

Рабочая станция выполняет следующие функции: прием данных от компьютера пользователя об изменении состояния модели; угловая "привязка" виртуальной камеры в соответствии с собственным номером; формирование экранного образа графического объекта; синхронизированный вывод экранного образа на проекторы.

Программа чтения и управления трехмерными моделями на компьютере пользователя реализована с использованием библиотеки SharpGL — OpenGL библиотеки для.NET приложений. Программа для рабочей станции разработана в кросс-среде CodeTurphon для работы в ОС Raspbian. Для чтения трехмерных объектов выбран формат 3Ds, так как он достаточно распространен и хорошо описан. Файл 3Ds состоит из блоков данных (chunks), который имеет стандартную структуру в рамках заданного формата. Блоки образуют древовидную структуру: один блок может содержать несколько других подблоков. Каждый блок имеет следующий формат: заголовок блока — 2 байта, размер — 4 байта, данные — n байт, подблоки — m байт.

В настоящее время реализовано чтение характеристик модели с учетом наложенных текстур различного формата (рис. 6). В будущем планируется добавить возможность воспроизведения анимации, сборку/разборку модели, скрытие/отображение отдельных деталей.

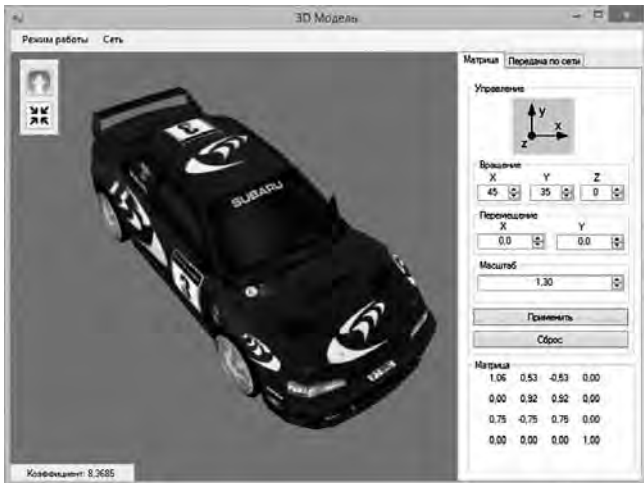


Рис. 6. Окно программы с открытой текстурированной моделью

Управление контентом с компьютера пользователя осуществляется хорошо известным методом, основанным на формировании и передачи результирующей матрицы движений объекта [6].

Формирование матрицы перемещений производится при мониторинге действий пользователя. Сформированная матрица передается на платы рабочей станции, где к загруженным моделям применяются соответствующие преобразования.

Заключение

В статье представлены текущие результаты разработки макета объемного дисплея, включая определение системотехнических характеристик программно-аппаратной части, которые связаны с формированием и трансформацией составных изображений на основе клиент-серверной технологии. Предлагаемый программно-аппаратный комплекс будет реализовывать три режима работы: вывод статических изображений, воспроизведение видео и отображение трехмерных моделей с возможностью управления ими. На основе результатов экспериментов для создания рабочих станций предлагается использовать одноплатный миникомпьютер Raspberry. При этом определено распределение функций для компьютера пользователя, а также для рабочих станций.

Макет необходим для определения проектных решений при создании объемного дисплея, который планируется использовать для визуализации и диспетчеризации, поддержки принятия решений на основе воспроизведения объемных, полноцветных, динамических изображений в реальном масштабе времени. Перспективным также является применение этого дисплея для встраивания в тренажеры, в задачах САПР, в мехатронных системах.

Большаков Александр Афанасьевич – д-р техн. наук, проф. Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, **Сгибнев Артур Алексеевич** – аспирант Саратовского государственного технического университета им. Ю.А. Гагарина,

Железов Максим Александрович – заместитель главного инженера, **Мельников Александр Владимирович** – оптик ООО «Голди-С».

Контактный телефон

E-mail: aabolshakov57@gmail.com aasgibnev@gmail.com maximzhelezov1990@gmail.com

Использование предлагаемого объемного дисплея в тренажерах позволяет реализовать сценарии, когда в процессе обучения участвуют одновременно несколько обучаемых. При этом возрастает информативность образов при организации на тренажерах объемных трансляций в режиме реального времени с передачей контента по сети для воспроизведения 3D изображений. Использование 3D образов увеличивает эффективность обучения, глубину закрепления информации, концентрацию внимания, мотивацию к его повторению. При формировании навыков управления динамическими объектами важную роль имеет наглядность информации, которую обеспечивают 3D технологии, позволяющие отображать глубину и/или высоту объекта, передачу деталей. В частности, их применение обеспечивает преимущество в тех областях, в которых от скорости и адекватности решения зависят человеческие жизни. Так, применение подобных тренажеров в военных целях содействует большей ситуационной осведомленности командиров при принятии ответственных решений, что способствует более точному анализу, снижению когнитивной нагрузки и позволяет выделить дополнительное время и ресурсы для управления войсками. Активно разрабатываются трехмерные приложения, включая тренажеры, для отслеживания траекторий перемещения транспортных средств в авиации и судоходстве (например, система ADS-B, вытесняющая радарное слежение), а также трехмерные системы контроля за производственными процессами.

Список литературы

1. Barry G Blundell, Adam J Schwarz. Volumetric three-dimensional display systems // John Wiley & Sons Inc (NY). 330 P. -2013. ISBN: 0-471-23928-3.
2. Большаков А.А., Железов М.А., Лобанов В.В., Никонов А.В., Сгибнев А.А. Development method of forming three-dimensional images for autostereoscopic volumetric displays // 2014 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering (APEDE' 2014): Conference. 2014. T.2. С. 461-468.
3. Nagano K., Jones A., Liu J., Busch J., Yu X., Bolas M., Debevec P. An Autostereoscopic Projector Array Optimized for 3D Facial Display, In SIGGRAPH 2013 Emerging Technologies, 2013.
4. Jones A., Unger J., Nagano K., Busch J., Yu X., Peng H-Y., Alexander O., Bolas M., Debevec P. An Automultiscopic Projector Array for Interactive Digital Humans, In SIGGRAPH 2015, ACM Press, 2015.
5. Annen T., Matusik W., H. Pfister; Seidel H.-P.; Zwicker M. Distributed rendering for multiview parallax displays, Proc. SPIE 6055, Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems XIII, 2006.
6. Лурье А. И. Аналитическая механика М.: Физматлит. 1961. 824 с.