

ПРОЕКЦИЯ ТРЕХМЕРНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ СЦЕНЫ С ПОМОЩЬЮ МАТРИЦЫ СФОКУСИРОВАННЫХ В ТОЧКИ АСПЕКТОВ ЭТОЙ СЦЕНЫ

© Ю.Н. Денисюк

Создание трехмерных дисплеев, способных воспроизводить в реальном масштабе времени трехмерные изображения различных сцен и объектов, позволит решить ряд существенных проблем, стоящих перед современной индустрией развлечений и информатикой. В частности, такие трехмерные дисплеи могут быть использованы в широкоэкранным телевидении, в медицине при контроле хирургических операций, в компьютерных и телевизионных играх, а также в качестве компьютерных дисплеев для отображения трехмерной информации.

В настоящее время известен ряд методов регистрации и проекции трехмерных изображений, основанных на принципах стереоскопической проекции, а также голографии [1,2]. Наиболее совершенные трехмерные изображения способны создать голографические дисплеи, однако в этом случае необходимо обрабатывать и передавать такие большие потоки информации, которые намного превышают пропускную способность современных устройств связи. Существенным недостатком таких дисплеев является также и то, что они требуют полной перестройки современных систем записи и передачи изображений.

Стереоскопические дисплеи хорошо сопрягаются с существующей компьютерной и телевизионной техникой, однако они способны воспроизвести только одну из компонент трехмерного восприятия — так называемый горизонтальный параллакс.

Ниже рассмотрен метод проекции трехмерных изображений, который хорошо сопрягается с существующими в настоящее время системами отображения информации. Принципиальная схема метода приведена на рис.1. На этапе регистрации трехмерная сцена (объект O) фотографируется обычным фотоаппаратом из различных точек $P_1, P_2 \dots$, образующих матрицу в некоторой плоскости VS , которая при проекции играет роль так называемого виртуального экрана. Результатом съемки является набор транспарантов с изображениями аспектов $A_1, A_2 \dots$ — ракурсов изображаемой сцены.

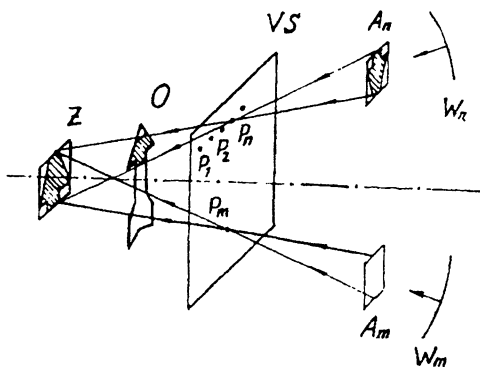


Рис. 1. Схема проекции трехмерных изображений с помощью матрицы аспектов, сфокусированных в точках. A_n , A_m — прозрачные с изображениями аспектов трехмерной схемы; W_n , W_m — сферические волны, которые, просвечивая прозрачные, фокусируются в точки P_n и P_m на поверхности виртуального экрана VS ; O — изображаемый объект, Z — зона видения изображения.

На этапе проекции каждый из полученных указанным способом прозрачных с изображением аспектов сцены просвечивается сферической волной, которая на своем пути фокусируется в точку, расположенную в плоскости виртуального экрана VS . В частности, аспект A_n просвечивается волной W_n , которая фокусируется в точку P_n (рис. 1). Пройдя через точку, волна W_n снова расширяется и проходит далее на своем пути через участок Z — зону видения, через которую можно наблюдать трехмерное изображение, как через окно в пространство предметов. Аналогичным образом просвечиваются прозрачные с изображениями всех остальных аспектов сцены. Например, прозрачный с изображением аспекта A_m просвечивается волной W_m , которая фокусируется в точку P_m и затем также проходит через зону видения Z . Технически просвечивание прозрачных с изображениями ракурсов может осуществляться сканирующим лучом, который последовательно фокусируется в точки P_1 , $P_2 \dots$ и в который последовательно вводятся прозрачные A_1 , $A_2 \dots$ с изображениями соответствующих этим точкам ракурсов изображаемой сцены.

При оценке объема информации, содержащегося в полученном по данному способу трехмерном изображении, необходимо учитывать то обстоятельство, что каждый из аспектов изображаемой сцены, например A_n , не является полным изображением сцены, зарегистрированным из соответствующей этому аспекту точки P_n , а несет только сведения о малом участке сцены, окружающем данную точку. Размеры этого участка зависят от глубины сцены и от размера

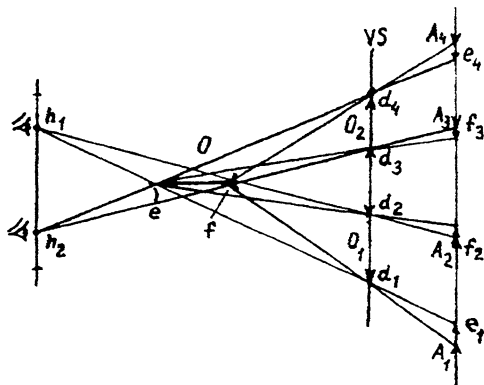


Рис. 2. К рассмотрению принципа формирования трехмерных изображений с помощью матрицы аспектов, сфокусированных в точки. VS — виртуальный экран, O — трехмерное изображение объекта; $A_1, A_2 \dots$ — аспекты объекта O , h_1, h_2 — положения наблюдателя; O_1, O_2 — двумерные изображения объекта, которые наблюдатель видит на экране.

зоны видения Z . В частности, аспект сцены, соответствующий точке P_n , обозначен на рис. 1 штриховкой.

Рассмотрим механизм создания иллюзии трехмерности изображения, сформированного излучением матрицы аспектов, сфокусированных в точки (рис. 2). Наблюдатель, располагающийся в точке h_1 зоны видения Z , видит на поверхности виртуального экрана VS точки $d_1, d_2 \dots$, которые светятся с различной яркостью. В частности, наблюдая точку d_1 , наблюдатель в действительности воспринимает излучение точки e_1 изображения объекта O , представленного на аспекте A_1 . Однако наблюдатель h_1 не воспринимает излучение всех остальных точек аспекта A_1 , поскольку они сфокусированы в других точках зоны видения Z и их излучение проходит мимо точки h_1 , где расположен наблюдатель. В результате наблюдатель видит на экране VS острое стрелки, которое светится с яркостью, пропорциональной яркости свечения острия e объекта — стрелки O .

Аналогично, наблюдая точку d_2 , наблюдатель h_1 воспринимает излучение хвоста стрелки f_2 изображения объекта, представленного на аспекте A_2 . Излучение других точек изображения, представленного на аспекте A_2 , не воспринимается наблюдателем, поскольку оно проходит мимо точки наблюдения. В результате наблюдатель видит точку d_2 , которая светится с яркостью, пропорциональной яркости хвоста f объекта — стрелки O .

Все другие точки экрана VS , которые занимают промежуточное положение между точками d_1 и d_2 , будут светиться с яркостью, которая также пропорциональна яркости промежуточных деталей объекта O . В конечном итоге

наблюдатель h_1 увидит изображение объекта O , локализованное на поверхности экрана VS . Внешний вид этого изображения не будет отличаться от двумерного изображения, которое можно наблюдать на поверхности обычного монитора.

Трехмерный характер восстановленного указанным способом изображения обнаруживается только в случае, когда наблюдатель изменяет точку наблюдения, поскольку при этом становится очевидным, что распределение яркости точек экрана зависит от положения наблюдателя. Существенно, что эти изменения носят такой характер, что каждой точке зоны видения на экране VS соответствует изображение, конфигурация которого совпадает с конфигурацией изображения, возникающего на сетчатке глаза при наблюдении реального трехмерного объекта. В частности, проводя рассмотрение, аналогичное вышеприведенному, можно показать, что если наблюдатель перемещается в точку h_2 , он видит на виртуальном экране VS изображение O_2 , конфигурация которого идентична конфигурации изображения объекта O_0 , наблюдаемого из точки h_2 .

Изменения двумерного изображения на экране, которые точно соответствуют изменениям конфигурации трехмерного объекта при его наблюдении из различных точек, убеждают наблюдателя, что он оглядывает реальный трехмерный объект с разных сторон. Иллюзия появления трехмерного изображения объекта возникает у наблюдателя также и в том случае, когда он не изменяет точку наблюдения, поскольку изображения, воспринимаемые его левым и правым глазом, несколько различны, что приводит к появлению стереоскопического эффекта.

Следует отметить, что рассмотренный метод создания трехмерных изображений основан на возможности введения дополнительной информации в сканирующий пучок лазера, что невозможно, например, осуществить при сканировании экрана электронным пучком. В связи с этим представляется, что развитие данного метода может существенно укрепить позиции оптики в системах передачи и проекции изображений.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований — грант № 95-02-03887.

Список литературы

- [1] Комар В.Г. // Техника кино и телевидения. 1975. № 4. С. 5, 31, 34.
- [2] Benton S.A. Experiments in Holographic Video // In P. Greguss & T. Jeong eds. SPIE. Proc. V. # IS-8 SPIE Inst. On Holography. June 1990. P. 247-267.

Физико-технический институт
им. А.Ф. Иоффе РАН
С.-Петербург

Поступило в Редакцию
5 апреля 1996 г.