

фейс к какому-либо графическому пакету или стандарту. Изменением протокольной части в микро-ЭВМ возможна эмуляция определенного типа графического терминала с целью использования имеющегося для него прикладного программного обеспечения. Достаточно легко адаптировать базовый графический интерфейс к различным языкам высокого уровня.

*Поступило в редакцию 10 мая 1984 г.*

УДК 681.3.06

**В. Х. ЗИНГЕР**  
(Новосибирск)

### **ГЕНЕРАЦИЯ ТЕНЕЙ В СИСТЕМЕ СИНТЕЗА ТРЕХМЕРНЫХ ВИЗУАЛЬНЫХ СЦЕН**

1. При создании систем синтеза визуальных сцен одной из принципиальных проблем является повышение реальности и наглядности изображений. Основной эффект достигается удалением невидимых поверхностей. Однако привнесение теней в синтезируемую сцену позволяет резко усилить иллюзию глубины изображения. Тени обеспечивают значительную информацию о положении наблюдателя и более детальное понимание окружающей обстановки.

Предлагаемый в данной статье метод генерации теней в трехмерном пространстве использует в качестве исходной информации базу данных, состоящую из многоугольников, задаваемых упорядоченным набором координат вершин и нормалью. Результатом работы алгоритма генерации является база данных, дополненная многоугольниками, описывающими тени. Метод основан на клипировании трехмерного пространства пирамидами, опирающимися на отбрасывающие тени грани.

Необходимо отметить, что генератор теней — предпроцессор в системе отображения реального времени с программно-аппаратной схемой удаления невидимых поверхностей, основанной на механизме приоритетов [1, 2]. Механизм заключается в том, что база данных, которую необходимо отображать, предварительно подвергается программной статической сортировке по приоритетам, а удаление невидимых поверхностей проводится аппаратно во время визуализации на основе поступления объектов в кадр в порядке приоритета.

Следует отметить, что для экономии вычислительных ресурсов, требуемых для отображения визуальных сцен, расчет теней и добавление граней, описывающих тени, к исходной базе данных необходимо производить заранее. Так как тень является многоугольником, совпадающим с некоторым многоугольником (или его частью), принадлежащим исходной базе данных и отличающимся только цветом, то генератор теней не изменяет организации исходной базы и не влияет на последующие алгоритмы обработки. В том случае когда тени генерируются над базой данных, отсортированной по приоритетам, грани, описывающие тени, не нарушают приоритетного порядка, т. е. дополнительной сортировки не требуется.

Применение генератора теней может существенно увеличить количество граней в базе данных. Однако во время построения изображения затраты на обработку дополнительных граней незначительны и никак не могут сравниться с затратами, необходимыми на расчет теней.

2. Последующее изложение относится к ситуации, когда сцена освещается точечным источником, находящимся от нее на конечном или бесконечном (параллельный пучок) расстоянии, причем положение источника света предполагается фиксированным и неизменным. Для случая протянутого источника применимы соображения, аналогичные приводимым ниже. Однако трудоемкость вычислений, связанная с необходимостью расчета полутеней, заметно возрастает.

Задача генерации теней тесно связана с задачей удаления невидимых поверхностей в трехмерном пространстве. В самом деле, если положение наблюдателя зафиксировать в точке, где расположен источник света, и задать ориентацию, совпадающую с направлением пучка света, то будут видны только освещенные грани, а все невидимые из этой точки грани будут лежать в тени. Тени становятся видимыми по мере удаления наблюдателя от точки, в которой расположен источник света. Таким образом, для того чтобы определить все тени, необходимо установить точку наблюдения в источнике света и выбрать ориентацию наблюдателя, совпадающую с направлением пучка света. Затем для этого фиксированного положения и ориентации наблюдателя требуется исключить из рассмотрения «задние» грани (т. е. грани, направленные нормали к которым совпадают с направлением луча света); определить все невидимые грани. Далее следует определить невидимые из этой точки поверхности окрасить в цвета, соответствующие их окраске в тени, и добавить их в исходную базу данных.

3. Излагаемый ниже способ генерации теней основан на анализе пирамид видимости, построенных из плоскостей, проходящих через источник света и стороны многоугольников, принадлежащих базе данных [3, 4].

На первом шаге из рассмотрения исключаются «задние» грани [4]. Пусть после выполнения первого этапа база данных представляет собой множество  $A$ , состоящее из  $M$  граней:  $A = \{G_i\}$ ,  $i = 1, \dots, m$ .

Второй этап заключается в построении для каждой грани  $G_i$  из множества  $A$  клиппера  $K_i$ . Клиппер  $K_i$  представляет собой бесконечную усеченную пирамиду, ограниченную плоскостями, проходящими через точку наблюдения и стороны грани  $G_i$ , а также плоскостью, проходящей через грань  $G_i$ . Заметим, что грань  $G_i$  частично или полностью закрывает грань  $G_j$ , если грань  $G_j$  соответственно частично или полностью попадает в клиппер  $K_i$ . Очевидно, что если грань  $G_j$  полностью лежит внутри клиппера  $K_i$ , то клиппер  $K_j$  лежит внутри клиппера  $K_i$ . В таком случае клиппер  $K_j$  можно в дальнейшем исключить из множества клипперов  $K = \{K_i\}$ ,  $i = 1, \dots, m$ , так как  $K_i$  заведомо отдублирует все невидимые грани по отношению к  $K_j$ .

На третьем этапе для каждой грани  $G_i$  из множества граней  $A$  выполняются следующие действия: 1) из множества клипперов  $K$  временно исключается клиппер  $K_i$ , соответствующий грани  $G_i$ ; 2) грань  $G_i$  клипсируется последовательно всеми оставшимися.

Если на каком-то шаге окажется, что грань  $G_i$  невидима, то удаляем ее из множества граней  $A$  и, окрасив в цвет, соответствующий ее цвету в тени, добавляем к исходной базе данных; соответствующий клиппер  $K_i$  удаляем из множества клипперов  $K$  и переходим к обработке следующей грани множества  $A$ . В противном случае грань  $G_i$  частично или полностью видима и ее необходимо клиппировать для определения грани, описывающей тень. Затем ее добавляют к исходной базе данных.

Легко заметить, что в общем случае каждую грань необходимо подвергнуть процедуре клиппирования  $M - 1$  раз. Тогда максимальное количество клипирований будет  $M(M - 1)$ .

4. В случае когда моделируется несколько источников освещения, генерация теней для каждого источника производится независимо от остальных. Таким образом, база данных подвергается процедуре генерации теней столько раз, сколько источников света необходимо моделировать. При добавлении дополнительного источника света к базе данных повторная генерация теней для предыдущих источников не нужна.

Предложенный алгоритм генерации теней требует больших вычислительных затрат и предназначен для использования в качестве предпроцессора в системах реального времени.

В нашем случае удаление невидимых поверхностей реализуется программно-аппаратными средствами, обеспечивающими генерацию изображения в реальном масштабе времени. Для систем машинной графики, в которых условие «реального времени» обязательно, для удаления невидимых поверхностей может использоваться процедура, описанная выше.

Следует отметить, что можно было бы сэкономить большое количество вычислений, если в алгоритме генерации теней рассматривать силуэты объектов, отбрасывающих тени, вместо каждой грани в отдельности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зингер Б. Х., Талныкин Э. А. Предварительная пространственная сортировка — основа алгоритма удаления невидимых поверхностей для систем приоритетного типа. — Автометрия, 1983, № 6.
2. Ковалев А. М. и др. Устройство для вывода полутонных трехмерных объектов на экран телевизионного приемника. (Автор. свид-во № 834692). — БИ, 1981, № 20.
3. Ньюмен У., Спрулл Р. Основы интерактивной машинной графики. — М.: Мир, 1976.
4. Ковалев А. М., Талныкин Э. А. Машинный синтез визуальной обстановки. — Автометрия, 1984, № 4.

Поступило в редакцию 23 января 1984 г.

УДК 621.317.725

А. Н. КАСПЕРОВИЧ, Ю. В. ШАЛАГИНОВ  
(Новосибирск)

## ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ОДНОПЛАТНЫЙ АЦП

Применение скоростных отечественных БИС серии 1107, представляющих собой параллельные 6- и 8-разрядные АЦП, существенно расширяет возможности создания систем цифровой обработки сигналов. Однако при практическом использовании таких приборов требуется разработать и собрать на плате буферный усилитель входного сигнала (из-за необходимости быстрого перезаряда большой входной емкости микросхем АЦП), источник опорного напряжения ( $-2$  В) и устройство формирования импульсов запуска. Заметим, что фирма TRW, выпускающая подобные микро-