

УДК 621.397.13

А. П. Якимович

(Москва)

**СПОСОБ ПЕРЕДАЧИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ  
ШИРОКОАПЕРТУРНЫХ ОБЪЕМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ  
В МЕТОДАХ ЗОНДИРОВАНИЯ СЦЕНЫ**

Рассматривается способ передачи объемных изображений с сохранением горизонтального параллакса в широкой зоне наблюдения. Способ состоит в зондировании сцены, получении трехмерных координат, яркости и апертуры видимости точек объектов из зоны наблюдения и в дальнейшем восстановлении объемного изображения в виде совокупности точек объектов, каждая из которых видима из своей апертуры. Основные достоинства способа: большое число передаваемых ракурсов сцены при малой ширине полосы канала связи, высокое разрешение и большая глубина изображения, полная совместимость со стандартным телевидением.

**Введение.** Для объемного телевидения (3-D ТВ) большой интерес представляет передача и восстановление широкоапертурных изображений с достаточно широкой зоной их наблюдения. Предложенные в последние годы для этой цели автостереоскопические методы [1—4] обладают рядом принципиальных недостатков. Поскольку используются обычные двумерные ракурсы сцены, эти методы имеют ограниченную глубину изображения, низкое разрешение изображения объектов, удаленных от плоскости стереоракурсов, и не позволяют восстанавливать одновременно изображения далеких и близких объектов [5]. Кроме того, требуется существенное увеличение кадровой частоты и ширины полосы канала связи по сравнению со стандартным ТВ. Другие методы создания 3-D ТВ — методы зондирования или сканирования сцены [6—9] — хотя и лишены большинства вышеперечисленных недостатков, однако в большой зоне наблюдения при рассмотрении изображения дают значительные нарушения кулисности. Уменьшение величины таких нарушений путем увеличения числа точек, из которых осуществляется сканирование сцены, требует соответствующего увеличения кадровой частоты и ширины полосы канала связи.

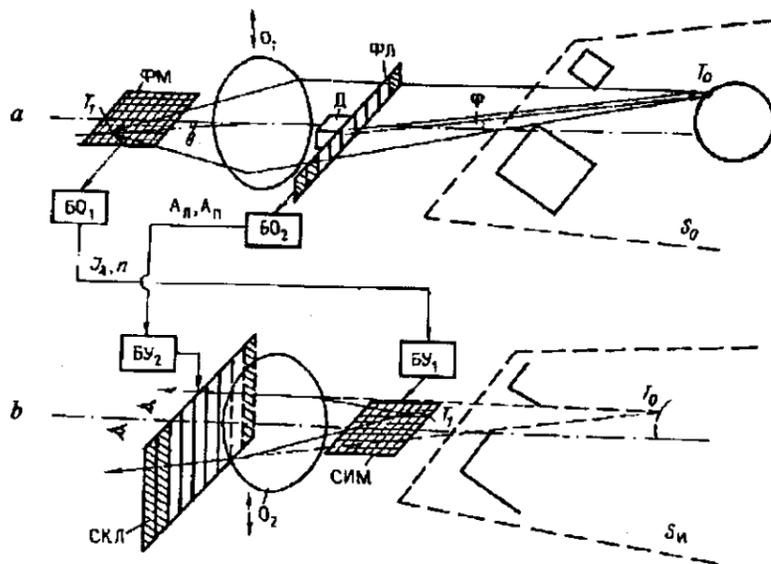
Ниже рассматривается другой способ передачи и воспроизведения широкоапертурных изображений, суть которого состоит в получении от реальной сцены, помимо трехмерных координат, яркости и спектральных характеристик точек объектов, апертуры окна видимости их из зоны наблюдения и восстановлении затем объемного изображения в виде совокупности точек объектов, каждая из которых видима только из своего окна видимости. Как будет показано, этот способ позволяет передавать высококачественные широкоапертурные объемные изображения без значительного увеличения ширины полосы канала связи стандартного ТВ.

Получение информации от сцены и ее передача. Описываемый способ передачи широкоапертурных объемных изображений может использоваться в любых методах «поточечного» сканирования или зондирования сцены. В настоящей работе будем рассматривать его реализацию в методе горизонтальных сечений [9] ввиду того, что этот метод по сравнению с другими требует для передачи информации минимальной ширины полосы канала связи.

На рисунке, а показана оптическая схема возможной реализации рассматриваемого способа. Двухкоординатный дефлектор света (Д) освещает зондирующим лучом (источник этого излучения не показан) некоторую точку объекта  $T_0$  с углами визирования на нее  $\theta$  и  $\varphi$ . Объектив  $O_1$  формирует действительное изображение этой точки  $T_1$  на фотоприемной матрице (ФМ). Блок обработки  $BO_1$ , считывая параллельно столбец фотоматрицы, соответствующий углу визирования  $\theta$ , определяет спектральные характеристики  $J_{\lambda}(\theta, \varphi)$  и координаты точки  $T_1 n(\theta, \varphi)$ , т. е. номер строки на фотоприемной матрице, соответствующий освещенной точке. Эти координаты связаны простыми соотношениями с трехмерными координатами точки  $T_0$  в пространстве сцены. Сканируя зондирующим лучом по горизонтали, за время развертки одной строки определяют все видимые из апертуры объектива  $O_1$  точки горизонтального сечения  $S_0$ . Одновременно сканируя по горизонтали и вертикали, получают ряд горизонтальных сечений сцены. Для того чтобы при сканировании по вертикали изображение освещенной точки всегда фокусировалось на фотоматрицу, объектив  $O_1$  перемещается по нормали к своей оптической оси синхронно с вертикальной разверткой. Для этой цели может использоваться также дополнительный дефлектор, установленный последовательно с объективом  $O_1$  [9].

Для определения апертуры окна видимости точек объектов перед объективом  $O_1$  горизонтально установлена линейка фотодетекторов (ФЛ), длина которой равна требуемым размерам зоны наблюдения. Если освещенная точка  $T_0$  экранируется находящимися впереди него объектами, то часть элементов фотолинейки будет затенена. Блок обработки  $BO_2$  по считанным сигналам фотолинейки вычисляет номера первых от центра затененных левого  $A_n(\theta, \varphi)$  и правого  $A_p(\theta, \varphi)$  элементов фотолинейки и тем самым определяет окно видимости данной точки. Качество изображения, т. е. степень передачи параллакса, зависит от расстояния между элементами ФЛ. Для естественного воспроизведения эффектов перекрытия целесообразно выбрать это расстояние равным размеру зрачка глаза  $\sim 5$  мм. Тогда, например, для зоны наблюдения шириной 50 см получаем число элементов разрешения окна видимости и размерность фотолинейки  $\sim 100$ , а число уровней квантования сигналов  $A_n$  и  $A_p \sim 50$ .

Как можно легко понять, при сканировании в ТВ-стандарте апертурные сигналы  $A_n(\theta, \varphi)$  и  $A_p(\theta, \varphi)$ , как и сигнал  $n(\theta, \varphi)$ , эквивалентны обычным черно-белым видеосигналам и динамическому диапазону или числу градаций



~50. Таким образом, передача всего объемного изображения рассматриваемым способом эквивалентна передаче четырех телеизображений, одно из которых  $J_1(\theta, \varphi)$  может быть цветным, а три других — черно-белыми, и, следовательно, необходимая для передачи ширина полосы канала связи не превосходит четверную ширину полосы канала стандартного ТВ. Следует обратить внимание на то, что временные (частотные) свойства сигналов  $A_n$  и  $A_p$  определяются кадровой частотой и числом элементов разрешения изображения и не зависят от размерности окна наблюдения, в то время как динамический диапазон этих сигналов определяется только размерностью окна наблюдения.

Сравним теперь рассматриваемый способ передачи объемных изображений с автостереоскопическими. Для вышеприведенных размеров зоны наблюдения и величины расстояния между точками получения ракурсов, равной зрачку глаза, передача ряда горизонтальных ракурсов автостереоскопическими методами требует 100 ТВ-кадров. Как видим, рассматриваемый способ значительно эффективнее (для приведенного примера в 25 раз) непосредственной передачи всех ракурсов зоны наблюдения.

Восстановление изображения. На рисунке, *b* показана оптическая схема трехмерного монитора, реализующего рассматриваемый способ. От трехмерной видеокамеры к монитору поступают синхронно сигналы  $J_1(\theta, \varphi)$ ,  $n(\theta, \varphi)$ ,  $A_n(\theta, \varphi)$  и  $A_p(\theta, \varphi)$ . Первые два сигнала идут на блок управления БУ<sub>1</sub>, который последовательно «высвечивает» на горизонтально расположенной светоизлучающей матрице (СИМ) передаваемые горизонтальные сечения сцены. Объектив  $O_2$  перемещается по нормали к своей оптической оси системы синхронно со сменой сечений и создает ряд разнесенных по вертикали мнимых изображений сечений сцены  $S_n$ , которые рассматривает наблюдатель.

Апертурные сигналы  $A_n$  и  $A_p$  поступают на блок БУ<sub>2</sub>, управляющий работой установленной последовательно с объективом  $O_2$  светоклапанной линейки (СКЛ). Эта линейка представляет собой ряд ориентированных вертикально полосок, число и ширина которых равны числу и расстоянию между элементами линейки фотодетекторов в 3-D видеокамере, а их вертикальные размеры определяются требуемыми размерами зоны наблюдения по вертикали. Такая линейка может быть выполнена, например, на основе жидкокристаллического электрически управляемого модулятора света. В зависимости от сигналов  $A_n$  и  $A_p$  при высвечивании каждой точки изображения открывается только та часть апертуры окна наблюдения, из которой видна данная точка в реальной сцене, т. е. синтезируется апертура видимости каждой точки изображения. И таким образом, наблюдатель, рассматривая построенное вышеописанным способом изображение, будет воспринимать все эффекты взаимного перекрытия объектов при изменении точки наблюдения по горизонтали так, как это происходит в реальной сцене. Разумеется, можно осуществить передачу и вертикального параллакса, если использовать в 3-D видеокамере две ортогональные линейки фотодетекторов, а в 3-D мониторе светоклапанную матрицу. Однако это потребует увеличения ширины полосы канала связи для передачи еще двух «изображений», соответствующих апертуре окна видимости по вертикали.

Как можно было заметить, в рассмотренном способе передаются и восстанавливаются не все точки каждого из ракурсов, видимых из зоны наблюдения, а лишь общие с основным или базовым ракурсом, соответствующим местонахождению дефлектора зондирующего луча. Вследствие этого обстоятельства в описанном способе отсутствует какое-либо дублирование информации при передаче, что и позволяет значительно уменьшить необходимую ширину полосы канала связи по сравнению с непосредственной передачей всех ракурсов. Увеличив число точек, из которых осуществляется сканирование сцены, можно, конечно, повысить информационное содержание каждого из ракурсов. С этой точки зрения большой практический интерес представляет система 3-D ТВ с двумя точками сканирования, т. е. с двумя 3-D видеокамерами, находящимися на краях зоны наблюдения. Это, во-первых, позволяет осветить и «прозондировать» максимальное количество точек сцены и, во-вторых, при

черескадровой передаче сигналов от левой и правой видеокамер не требуется дополнительного увеличения ширины полосы канала связи.

**Заключение.** Как было показано, рассмотренный способ позволяет передавать и восстанавливать высококачественные объемные изображения с сохранением горизонтального параллакса в широкоапертурной зоне наблюдения, причем для передачи необходима лишь учетверенная ширина полосы канала стандартного ТВ. Для сравнения это более чем на порядок меньше ширины полосы канала связи, необходимой для передачи объемного изображения с равным числом ракурсов автостереоскопическими методами. По сравнению с последними способ имеет и другие преимущества: большую глубину и разрешение изображения, полную совместимость с обычным телевидением. Кроме того, в работе были намечены направления дальнейшего улучшения качества изображения, например, возможность передачи вертикального параллакса и увеличение информационного содержания ракурсов путем увеличения числа точек зондирования. Несмотря на то что рассматриваемый путь создания 3-D ТВ требует для своей реализации создания ряда новых элементов, он имеет несомненные преимущества перед другими и является весьма перспективным для дальнейшего развития.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kollin S. J. // SPIE.—1988.—902.—Р. 24.
2. Заявка 1254092 Япония /Х. Томохико.—Опубл. 11.10.89.
3. Christopher A. M. // SMPTE J.—1991.—100, N 6.—Р. 416.
4. Borner R. // Fernseh and Kino-Techn.—1991.—45, N 9.
5. Валуев Н. А. // Стереодография, стереокино, стереотелевидение.—М.: Искусство, 1986.
6. Пат. 3912856 США /S. W. Liddel.—Опубл. 14.10.75.
7. Якимович А. П. // Техника кино и телевидения.—1978.—№ 4.
8. Трауб А. С. // Appl. Opt.—1987.—6, N 6.—Р. 1675.
9. Васильев Н. А., Компанец И. Н., Якимович А. П. // Радиотехника.—1991.—№ 9.

*Поступила в редакцию 4 февраля 1993 г.*