

УДК 62.506.2

*Г. В. АЛЕШИН*, канд. техн. наук, *В. А. ГРАБИНА*, канд. техн. наук

**ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕХАНИЗМА  
ОКОНТУРИВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ**

Построение технических систем различного назначения при помощи бионических принципов позволяет создавать новые технические системы с улучшенными качественными показателями либо существенно модернизировать старые.

Примечателен в этом отношении, по-видимому, неисчерпаемый механизм оконтуривания изображений [1—4], использованный в системах телевидения, связи, радиолокации и т. д.

Механизм оконтуривания с успехом может быть положен в основу при создании устройства волоконной маски, контрастирующей когерентные изображения на просвет, при этом воло-

конная структура в определенных условиях подчеркивает либо выделяет контуры изображений.

Подчеркивание (контрастирование) контуров изображений можно реализовать, обработав входное изображение следующим образом:

$$F(x_i, y_i) = 2f(x_i, y_i) - \sum_{k, l} f(x_k, y_l) \varphi(x_{i-k}, y_{i-l}) \quad (1)$$

либо

$$F(x, y) = f(x, y) - \iint_C f(x_1, y_1) \varphi(x - x_1, y - y_1) dx_1 dy_1 \quad (2)$$

для дискретной и непрерывной системы соответственно, где  $f(x, y)$  — входное когерентное изображение;  $x_i$  и  $y_i$  либо  $x$  и  $y$  — дискретные и непрерывные координаты;  $\varphi(x_i, y_i)$  — весовая функция,  $\varphi(x, y)$  — плотность весовой функции;  $k$  и  $l$  — индексы суммирования;  $x_1$  и  $y_1$  — переменные интегрирования по области  $C$ .

В одномерном варианте (1) будет иметь вид

$$F(x) = f(x) - \int f(x_1) \varphi(x - x_1) dx_1 = \int f(x_1) [\delta(x - x_1) - \varphi(x - x_1)] dx_1. \quad (3)$$

Легко убедиться (например, вычислительным путем), что это аналогично апертурной коррекции в телевидении [1]. Действительно, при достаточно узкой весовой функции  $\varphi(x)$ , аппроксимирующей  $\delta''(x)$ , выражение (3) имеет вид такой, как и при дифференциальной апертурной коррекции «криспининг» в телевидении

$$F(t) = a_0 f(t) - a_2 f''(t), \quad (4)$$

где  $t$  — время для случая апертурной коррекции, когда осуществляется обработка разложенного поэлементно сигнала;  $f(t)$  — сигнал изображения, превращаемый затем в  $f(x)$ , а  $F(t)$  — в  $F(x)$  при неизменной скорости развертки  $U$ , т. е. при  $x = Ut$ .

Из (3) в одномерном варианте видно, что при  $\varphi(x)$ , устремленной к виду  $(a_2/a_0) \delta''(x)$  желаемая обработка осуществима. В зависимости от эффективной ширины плотности весовой функции  $\Delta_x = \int_{-\infty}^{\infty} |\varphi(x)| dx / \varphi(0)$  толщина подчеркнутого контура будет

изменяться пропорционально, что во многих случаях является полезным эффектом, и усиливается эффект оконтуривания. Отсюда вытекает, что не всегда следует требовать от  $\varphi(x)$  близкого приближения к  $\delta''(x)$ . Таким образом, сравнивая (3) и (4), можно заключить, что для подчеркивания (выделения) контуров изображения достаточно создать систему обработки изображения с пространственной импульсной характеристикой  $g(x)$ , аппроксимирующей выражение

$$g(x) \cong a_0 \delta(x) - a_2 \delta''(x). \quad (5)$$

Изложенное относится также к дискретным системам с достаточно малыми элементами.

В отличие от родственных по природе эффекта устройств апертурной коррекции, а также устройств, работающих по методу Маршала, в предлагаемом устройстве, хотя по существу также подчеркиваются высшие частоты, однако обработка изображений производится не в целом, а по элементам изображения, т. е. дискретно, при сохранении того же алгоритма (1) и (2).

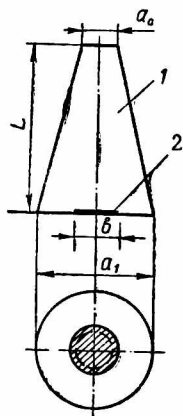


Рис. 1.

Волоконная маска с обработкой изображения состоит из однотипных стекловолокон (рис. 1), которые представляют собой усеченный конус 1 с напылением металлизированного пятна 2 вокруг центра большого основания конуса. Работу маски можно объяснить при помощи рис. 2, а, б, в.

На рис. 2, а представлен фрагмент сечения маски. Когерентная волна входного изображения  $f(x)$ , перпендикулярно падающая на маску, возбуждает в стекловолокне волну типа  $H_{11}$ , если его диаметр соизмерим с половиной длины волны. Волна  $H_{11}$  излучается из другого конца стекловолокна с достаточно узкой диаграммой направленности 1 (рис. 2, б) типа  $\lambda$ -функции. Если напылить частично поглощающую пленку по центру основания каждого стекловолокна, то диаграмма направленности (ДН) исказится так, что главный максимум уменьшится, а боковые противофазные лепестки увеличатся и расширятся (рис. 2, г, б, в). На рис. 2, б изображено распределение амплитуд поля  $I(x)$  на выходе стекловолокна по координате  $x_{(2)}$  с учетом затенения центральной части поглощающей пленкой. Диаграмму направленности в той же плоскости можно представить как разность диаграммы 1, образуемой распределением поля без затемнения, и диаграммы 2, которая создавалась бы только частью раскры-

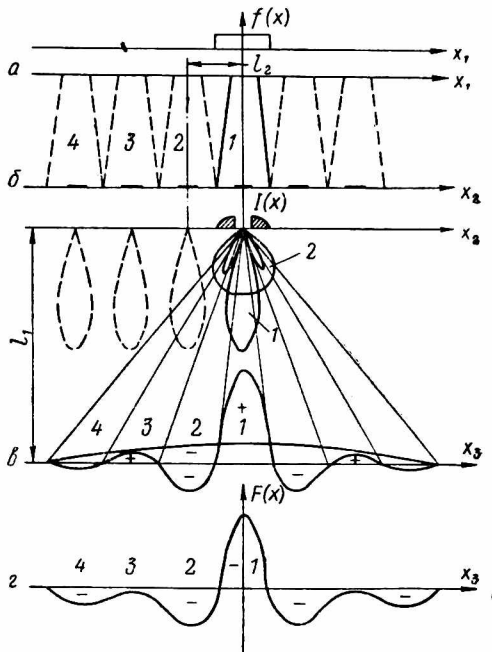


Рис. 2.

ва, где теперь затенение. В плоскости  $x_{(3)}$  на некотором расстоянии  $L_1$  от плоскости  $x_{(2)}$  можно получить распределение поля для каждой ДН (рис. 2, в) и для результирующей ДН (рис. 2, г). В плоскости  $x_{(3)}$  формируется и выходное изображение с подчеркнутыми контурами. Таким образом, если поступает входной сигнал  $f(x_1)$  типа  $\delta$ -функции (рис. 2, а) или проясненностью, равной диаметру одного элемента, то на выходе системы в плоскости  $x_{(3)}$  получим ее импульсный отклик (рис. 2, г). Удаление  $L_1$  оси  $x_{(3)}$  от оси  $x_{(2)}$  и удаление  $L_2$  элементов друг от друга должно быть таким, чтобы промежуток, освещаемый узкой ДН, не перекрывался соседним промежутком, освещаемым своим элементом и противофазными лепестками соседних элементов (рис. 2, в). Структура волоконной маски способна без существенных искажений контрастировать на просвет контура когерентных изображений, максимальная пространственная частота которых  $\omega_{\max} < \frac{1}{a_0}$ . Эту способность можно увидеть на рис. 2 и из выражения (1), если определить поле на выходе против одного элемента. Например, поле против 4-го элемента можно записать как суперпозицию полей узкой ДН ( $\varphi_0$ ) в направлении точки 4 4-го элемента и полей широких ДН 3 и 1-го элементов также в направлении точки 4 (плоскость  $x_{(3)}$ ):

$$F(4L_2) = f(4L_2)\varphi_0(4L_2) - f(3L_2)\varphi_1(4L_2 - 3L_2) - \\ - f(2L_2)\varphi_1(4L_2 - 2L_2) - f(L_2)\varphi_1(4L_2 - L_2) - \sum f\varphi_1, \quad (6)$$

где  $\varphi_0$  — узкая ДН каждого элемента;  $\varphi_1(3L_2 - L_2)$  — широкая ДН 1-го элемента в направлении точки 3, т. е. при расстройке относительно максимума на  $2L_2$ ;  $\sum f\varphi_1$  — такая же сумма полей широких ДН по другую сторону от 4-го элемента. Выражение (6) можно записать в дискретной форме

$$F_4 = f_4\varphi_{04} - \sum_{i=-3}^3 f_i\varphi_{1(3-i)}, \quad (7)$$

что совпадает с (1), поскольку выражение имеет такой же вид для любой точки на плоскости  $x_{(3)}$ . Следовательно, описанная обработка изображения обеспечивает подчеркивание (выделение) контуров изображения.

Недостатком такой маски может быть интерференция диаграмм направленности соседних волокон. Поэтому ширину узкой ДН  $\varphi_0$  и расстояние  $L_2$  следует выбирать такими, чтобы поле от элемента не попадало на участок, противостоящий соседнему элементу, а размер центрального затенения выбирать таким, чтобы широкая ДН ( $\varphi_1$ ) не освещала более 3  $L_2$ . Кроме того, необходимо прямое прохождение входного изображения в зазорах А (рис. 2, а) между элементами. Энергия поля в

зазорах  $A$  превышает энергию поля, проходящего через стекловолокна. Если толщина маски (длина стекловолокна  $L$ ) достаточно мала, а разность хода волны в зазоре и стекловолокне кратна длине волны, то поле в зазорах не исказит существенно выходное изображение, а лишь уменьшится способность маски контрастировать контуры. Для улучшения подчеркивания контуров зазоры  $A$  следует заполнять светонепроницаемым компаундом, либо напылять непрозрачную пленку на прозрачный компаунд между входными основаниями стекловолокна. Первое, по-видимому, технологически проще. При такой структуре маски энергия выходного изображения значительно уменьшится, однако эффект контрастирования контуров изображения будет проявляться сильнее.

Пусть длина волны изображения  $\lambda$ . Тогда должно быть  $a_0 \approx \approx \lambda/2$ . Для круглого синфазного раскрыва волны типа  $H_{11}$  в плоскости вектора  $E$  диаграмма направленности узкого лепестка имеет вид

$$\varphi_0(\theta) = \frac{I_1(\alpha a_1 \sin \theta)}{\sin \theta} \left( \frac{W}{W_0} \cos \theta + 1 \right), \quad (8)$$

где  $\theta$  — угол отклонения от главного максимума;  $W = 120\pi$  в омах;  $W_0 = \frac{E_0}{H_0}$  — сопротивление излучения;  $a_1$  — радиус выходного торца;  $\alpha = \frac{2\pi}{\lambda}$ . Ширина ДН в двух плоскостях  $\theta_{05E}$  или  $H$  будет примерно равняться при  $W_0 \ll W$

$$\theta_{\varphi_0} \approx 40^\circ \frac{\lambda}{a_1}. \quad (9)$$

Предположим, что  $L_2 = a_1$ . Тогда

$$L_1 \tan \theta_{\varphi_0} = L_1 \tan 40^\circ \frac{\lambda}{a_1} = L_2/2 = a_1/2. \quad (10)$$

Отсюда

$$L_1 = \frac{a_1}{2 \tan 40^\circ \lambda/a_1}.$$

Пусть широкая ДН ( $\varphi_1$ ) освещает с каждой стороны по три участка, равных элементу с диаметром  $a_1$ . Тогда  $\theta_{\varphi_1}$  можно найти из выражения

$$L_1 \tan \theta_{\varphi_1} = 3,5a_1. \quad (11)$$

Отсюда

$$\theta_{\varphi_1} = \arctan \frac{3,5a_1}{\frac{a_1}{2} \tan 40^\circ \frac{\lambda}{a_1}} = \arctan \left( 7 \tan 40^\circ \frac{\lambda}{a_1} \right).$$

Диаметр затенения ( $v$ ) можно найти из (11):  $v = 40^\circ \lambda / \theta_{\varphi_1}$ . Пусть например,  $a_1 = 8 \frac{\lambda}{2}$ . Тогда  $L_1 = 11,3\lambda$ ,  $\theta_{\varphi_1} = 51^\circ$ ,  $v = 0,8\lambda$ . Отно-

шенные площади входных оснований стекловолокна к общей площади маски  $\pi/4(a_0/a_1)^2$ . В случае  $a_1 = 4\lambda/2$  при поглощающем компаунде А лишь 5% энергии сигнала пройдет на выход маски. Поэтому по возможности необходимо уменьшить  $a_1$ , которая обеспечивает разность хода волн в зазоре и в стекловолокне, кратную длине волны.

Изображение должно иметь достаточную яркость.

Список литературы: 1. Лебедев Д. С., Цуккерман И. И. Телевидение и теория информации. М., «Энергия», 1965. 219 с. 2. Аleshин Г. В., Грабина В. А. Основные особенности системы контрастирования контуров изображений.— В кн.: Проблемы бионики. Вып. 21. Харьков, 1978, с. 55. 3. Шейфис И. И. Способы улучшения качественных показателей видеотректа телевизионных сигналов. М., «Связь», 1967, с. 220. 4. Дж. Гудмен. Введение в Фурье-оптику. М., 1970, 1932. 483 с.