

# СРЕДСТВА ЭЛЕКТРОННОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ПОДВИЖНЫХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ

Бачило С.А., Дзягун Д.Ю., Итенберг И.И., Овчаров А.Б., Сивцов С.А.

Научно-конструкторское бюро вычислительных систем  
347900, г. Таганрог, ГСП - 25 А, ул. Шевченко, 2, НКБ ВС  
т/ф (8634) 310-925; E-mail:root@nkbvs.ttn.ru

**Реферат.** В работе рассматриваются средства электронной стабилизации телевизионных изображений, формируемых подвижной системой наблюдения в условиях отсутствия внешней информации о пространственном положении системы наблюдения.

Движение телевизионных систем наблюдения часто приводит к затруднению распознавания элементов наблюдаемой сцены человеком-оператором вследствие наличия неконтролируемых перемещений и вращения поля зрения видеокамеры, воспринимаемых оператором как "дрожание" и (или) "качка" изображений. Компенсация влияния неуправляемых смещений  $r_x$ ,  $r_y$  и крена  $\varphi$  поля зрения видеокамеры на изображения наблюдаемой сцены на телевизионном растре относительно просто реализуется процедурой преобразования координат элементов изображения при наличии в системе наблюдения достаточно точных датчиков неуправляемого перемещения и крена поля зрения [1]:

$$ix(i,p,npk) = r_x + (i - \frac{N_k}{2}) * \cos \varphi - (2p - npk - \frac{M_k}{2}) * \sin \varphi + \frac{N_k}{2}, \quad (1)$$

$$jy(i,p,npk) = r_y + (i - \frac{N_k}{2}) * \sin \varphi + (2p - npk - \frac{M_k}{2}) * \cos \varphi + \frac{M_k}{2} \quad (2)$$

где  $i$ ,  $ix$  - номер элемента в строке изображения текущего полукадра, кадра,  $i$ ,  $ix=1...N_k$ ,  
 $p$ ,  $jy$  - номер строки в полукадре, кадре,  $p=1... \frac{M_k}{2}$ ,  $jy=1... M_k$ ,

$N_k$  - число элементов изображения в строке,  $M_k$  - число строк в кадре,

$npk$  - индекс текущего полукадра,  $npk = 1$  или  $0$  - в нечетных или четных полукадрах.

В условиях, когда датчики неуправляемого перемещения и крена поля зрения отсутствуют или недостаточно точны, решение задачи стабилизации изображения существенно усложняется, поскольку параметры стабилизации  $r_x$ ,  $r_y$ ,  $\varphi$  необходимо оценивать на основе анализа последовательности телевизионных изображений. Для указанных условий решения задачи стабилизации изображений может быть предложен следующий подход.

В одном из полей (опорном) телевизионного изображения  $L_{п-кадр}(i,p)$  выбирают изображения  $2N$  ориентиров местности,  $N=3,4,5, \dots$ , например, на основе анализа критерия:

$$SXY(nok) = \sum_{ix=-2}^2 \sum_{iy=-2}^2 \sum_{i=-N_0}^{N_0} \sum_{p=-M_0}^{M_0} |L_{п-кадр}(iok+i, pok+p) - L_{п-кадр}(iok+ix, pok+p+iy)|, \quad (3)$$

где  $iok$  и  $pok$  - координаты центра окна с номером  $nok$ ,  $nok=1 \dots NOP$ ,  $NOP=100-150$ ,  
 $(2N_0+1)$ ,  $(2M_0+1)$  - размеры окон.

Значения критерия  $SXY(nok)$  сравнивают с порогом и превысившие порог ранжируют по убыванию, после формируют список из  $NK$  номеров окон - кандидатов в ориентиры, обладающих наибольшими значениями критерия  $SXY(nok)$ . Из полученного списка  $NK$  кандидатов отбирают  $N$  пар ориентиров по критерию максимального расстояния между ориентирами как по горизонтали, так и по вертикали и превышению этих расстояний порогового значения. Для иллюстрации на рис.1 приведен фрагмент изображения с выбранными ориентирами местности для  $N=2$ .

На основе корреляционного анализа сходства изображений  $2N$  ориентиров местности текущего и опорного полей телевизионного изображения определяют смещения изображений  $2N$  ориентиров местности. Используя смещения изображений  $2N$  ориентиров местности для каждой из  $N$  пар ориентиров образуют систему 4-х линейных уравнений с четырьмя неизвестными, решением которой находят смещения  $r_x$ ,  $r_y$  и крен  $\varphi$  поля зрения.

Для получения устойчивых оценок параметров смещения и крена поля зрения  $N$  значений каждого из параметров сдвига и поворота ранжируют по возрастанию или убыванию. По  $k$  наибольших и наименьших значений ранжированных параметров отбрасывают ( $k=0,1,2,\dots$ ), а оставшиеся значения усредняют. Увеличение  $N$  и  $k$  позволяет повысить устойчивость к ошибкам выбора ориентиров, однако увеличивает затраты на реализацию определения параметров смещения и крена поля зрения. Практически приемлемые результаты достигаются при  $N=5$  и  $k=1$  или при  $N=7$  и  $k=2$ .



Рис. 1 – Выбор ориентиров местности

После нахождения параметров стабилизации компенсация неуправляемых перемещений и крена поля зрения производится по формулам (1)-(2).

Для реализации приведенного алгоритма стабилизации изображения в реальном масштабе времени целесообразно разделить непосредственную работу с изображением, требующую большого количества относительно простых операций (целочисленные операции) и обработку параметров стабилизации, выполняемую в формате с плавающей точкой.

В качестве примера на рис.2 приведена структурная схема устройства стабилизации изображения с таким разделением функций.

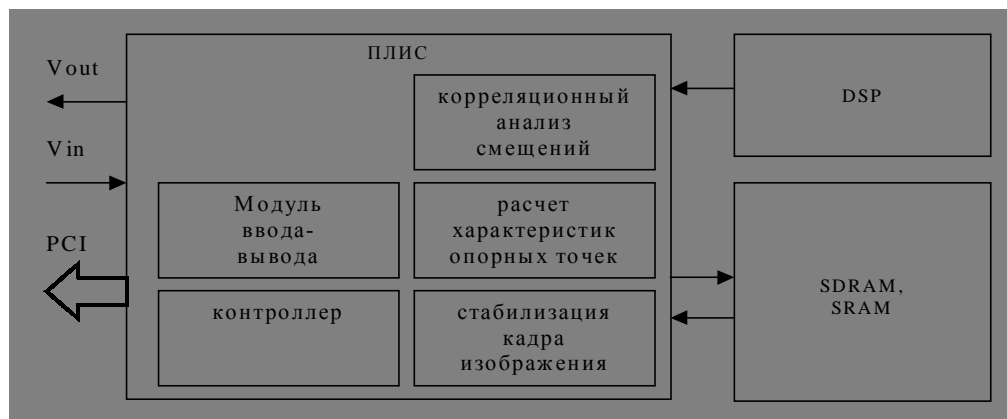


Рис.2

Основные требования к производительности вычислений предъявляет корреляционный анализ изображения. Так, для расчета смещений 18 ориентиров размером 20x15 с диапазоном возможных отклонений 15x15 за время не более 5 мс требуется производительность около 700 MOPS. Более 300 MOPS требует реализация координатных преобразований для стабилизации текущего поля изображения. При реализации указанных функции на ПЛИС ALTERA семейства Arx II, в устройстве объемом 600 тыс. вентилях и тактовой частотой работы 150 МГц можно достичь производительности порядка 15000 MOPS, что вполне достаточно. На ПЛИС выполняются также функции контроллеров системной шины и модуля ввода/вывода телевизионного изображения.

Для выполнения операций определения параметров стабилизации изображения целесообразно использовать достаточно мощный DSP процессор, выполняющий вычисления с плавающей точкой, например такой, как TMS320C6701, пиковая производительность которого достигает 1 GFLOPS на тактовой частоте 167МГц.

Погрешности описанной выше системы электронной стабилизации определялись моделированием с использованием фотографий естественных сцен местности (подобных рис.1).

На рис. 3 показаны зависимости ошибок оценки параметров стабилизации при использовании в качестве дестабилизирующих воздействий синусоидальных сигналов:

$$r_x = 40 \cdot \sin(2 \cdot \square \cdot 0.5 \cdot t); \quad r_y = 0; \quad \square = 20 \cdot \sin(2 \cdot \square \cdot 0.55 \cdot t).$$

На рис.3 обозначено:

$dx(N)$  (сплошная линия) – график горизонтального смещения поля зрения,

$dx'(N)$  (пунктир) - график оценки горизонтального смещения поля зрения,

$Dx(N)$ ,  $Dy(N)$  - - графики ошибки оценок приращений координат за время смены полей для горизонтального и вертикального направлений соответственно,

$D\square(N)$  - график ошибки оценки угла крена,

$N$  - номер поля изображения.

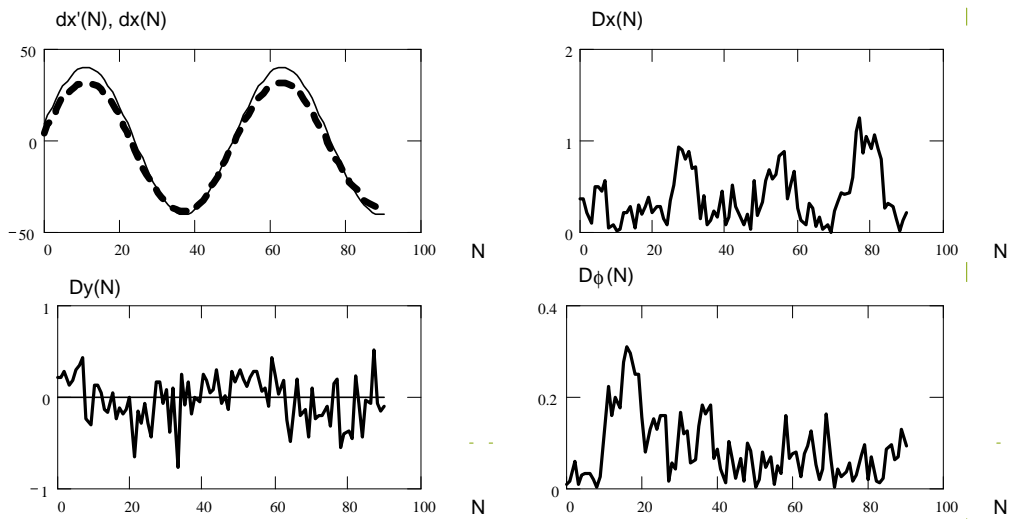


Рис. 3

Приведенные экспериментальные результаты показывают, что электронная стабилизация изображений по ориентирам местности на основе описанных выше алгоритмов осуществляется с приемлемыми ошибками, в частности, для условий рис.3 не более 1 элемента разрешения для смещений и не более  $0,3^\circ$  для крена.

#### Литература

1. Г. Корн и Т. Корн - Справочник по математике - Пер. со второго американского переработанного издания. Под общей редакцией И.Г. Арамовича. М., "Наука" 1973, 832 стр. с илл.



TOOLS OF ELECTRONIC STABILIZATION OF THE TELEVISION IMAGES FOR MOBILE SYSTEMS OF OBSERVATION

Bachilo S., Dzyagun D., Itenberg I., Ovcharov A., Sivcov S.

Scientific-designer bureau of computing systems  
347900, Taganrog, GSP - 25 A, street. Shevchenko, 2, NKB VS  
Ph., fax (8634) 310-925; E-mail: root@nkbvs.ttn.ru

**Abstract.** In work the tools of electronic stabilization of the television images formed by a mobile system of observation in conditions of lack of the exterior information on attitude of an observation system are considered.

The moving of television observation systems frequently result in difficulty of a identification of elements of an observing scene by an operator because of presence of unguided (uncontrolled) displacements and rotation of a field of vision of the video camera, which an operator perceive as "shaking" and (or) "rocking" of the images. At presence in an observation system of enough precise transmitters of unguided displacements  $r_x$ ,  $r_y$  and careen  $\alpha$  of a field of vision the compensation of their influence on the image of an observing scene on the television raster is regarding simply realizing by a procedure of a transformation of coordinates of picture elements.

In conditions, when the transmitters of unguided displacements and careen a field of vision are absent or are insufficiently precise, the solution of a problem of the stabilization of the image essentially becomes complicated, as it is necessary to evaluate parameters of the stabilization  $r_x$ ,  $r_y$ ,  $\alpha$  on the basis of the analysis of sequence of the television images. For the indicated conditions of a solution of a problem of the stabilization of the images the following approach can be offered.

In one of fields (basic) of television frame  $L_{\text{field}}(i, p)$  pick the images  $2N$  of reference points of terrain,  $N=3,4,5,\dots$ , for example, on the basis of the analysis of criterion (measure):

$$SXY(nok) = \sum_{ix=-2}^2 \sum_{iy=-2}^2 \sum_{i=-N_0}^{N_0} \sum_{p=-M_0}^{M_0} |L_{\text{field}}(iok+i, pok+p) - L_{\text{field}}(iok+i+ix, pok+p+iy)|,$$

where  $iok$  and  $pok$  - coordinate of centre of a window with the number  $nok$ ,  
 $nok=1 \dots NOP$ ,  $NOP=100 - 150$ ,  
 $(2N_0+1)$ ,  $(2M_0+1)$  - sizes of windows.

The values of criterion  $SXY(nok)$  compare to a threshold and exceeded of a threshold range on decrease, then shape the list from  $NK$  of the numbers of windows - candidates in reference points possessing the greatest values of criterion  $SXY(nok)$ . From the obtained list of  $NK$  candidates take  $N$  of pairs with maximum distance between reference points both on a horizontal, and on a vertical and overflow of these distances of a threshold value. On the basis of the correlation analysis of a likeness of the images  $2N$  of reference points of terrain of the flowing and the basic fields of the television image determine displacements of the images of  $2N$  reference points of terrain.

Using displacements of the images  $2N$  of reference points of terrain for each of  $N$  of pairs of reference points form a system 4 linear equations with four unknowns, which solution discover displacement  $r_x$ ,  $r_y$  and careen  $j$  of a field of vision.

After a determination of parameters of stabilization the compensating of unguided displacements and careen of a field of vision, as was mentioned above, is produce by a transformation of coordinates of picture elements.

The conducted experimental analysis of the introduced algorithm give evidence, that the electronic stabilization of the images on reference points of terrain is performed with acceptable errors: no more than 1 resolution element for displacements and no more than  $0,3^\circ$  for a careen.