

СЕЛЕКЦИЯ ИЗМЕНЕНИЙ В ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ ТЕЛЕВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ

Назначение систем безопасности состоит в том, чтобы минимизировать возможные последствия нежелательных воздействий на людей, их имущество и пр. Подобные воздействия из внешней (по отношению к охраняемой зоне) среды могут быть как осознанными (со стороны криминальных элементов), так и в результате аварий или стихийных бедствий. В общем виде систему безопасности можно рассматривать как замкнутую систему управления, структура которой, приведена на рис.1.

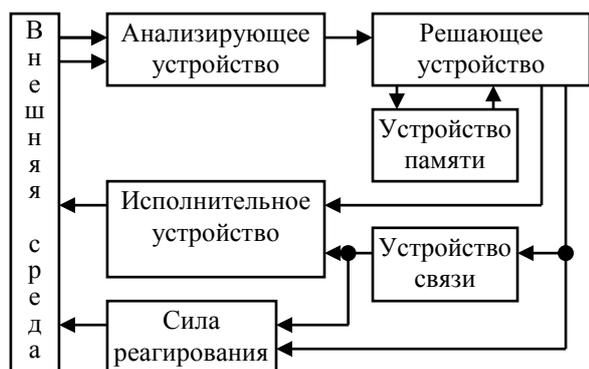


Рис. 1. Замкнутая система безопасности

Она состоит из следующих элементов:

- анализирующее устройство (датчики и/или органы чувств человека), воспринимающее воздействия из внешней среды,
- устройство памяти, в котором хранится априорная информация о возможной опасности (например, в виде порогового значения напряжения или кода),
- решающее устройство (на него приходят сигналы с двух предыдущих устройств), которое вырабатывает сигнал тревоги в случае превышения установленного порога,
- исполнительное устройство - оно может или само воздействовать на внешнюю среду (система

пожаротушения, автомобильная сирена, строб-вспышка охранной системы, электрошокер), или управлять устройством связи,

- устройство связи - служит для передачи тревожной информации силам реагирования,
- силы реагирования (охрана, отряд МЧС и т.п.), непосредственно воздействующие на внешнюю среду с целью минимизации потерь.

В настоящее время задача обнаружения (селекции) изменений в пространственно-временной и цветовой структуре изображений при телевизионном (ТВ) контроле объектов, является, безусловно, актуальной. Решение данной задачи существенно усложняется в условиях низкой или не оптимальной по уровню и спектральному составу освещенности контролируемых объектов, при необходимости селекции медленно-временных изменений в структуре ТВ изображения, определяющих несанкционированное вторжение, при воздействии на текущий ТВ сигнал помех, мешающего действия локальных и распределённой подсветки от источников света и т.д.

При видеоконтроле в естественных условиях мешающее влияние могут оказывать изменения мелкоструктурных составляющих изображения: колебания листвы и ветвей на деревьях, наличие в зоне контроля разнородно освещенных объектов, теневых, в области контроля, зон, фоновых изменений во времени средней освещенности, погодных условий, муаровые преобразования мелкой структуры изображений, маскирующие несанкционированное нарушения задымлением, распылением и др.

Существенное влияние на эффективность видеоконтроля оказывает и заданный режим контроля объектов: с регистрацией нарушений или без регистрации, с пространственно-спектральной селекцией и опознаванием типа, средств, элементов и инципаторов нарушений или без такового, с передачей соответствующих последовательностей информационных сигналов на удалённый пункт реагирования или без, с приёмом сигналов управления режимов работы системы видеоконтроля и реагирования от пункта приёма (интерактивность) или нет.

Использование лишь статически установленных (обзорного типа) ТВ камер не может обеспечить в системах не ортогонального видеоконтроля возможность эффективного архивирования информационных сигналов и последующего опознавания объектов, осуществивших нарушение. Соответственно, в системе должно быть предусмотрено параллельное использование камер статического и динамического контроля объектов. При этом телевизионные камеры динамического контроля должны иметь относительно малый угол поля зрения, что позволяет, в условиях реализации автоматического прослеживания, обеспечивать видеоконтроль подвижных объектов с относительным увеличением масштаба соответствующего изображения. Одновременно с этим обеспечивается растровое стробирование полезной информации. Снижается соответственно избыточность пространственной структуры анализируемого изображения, и возрастает эффективность сжатия его спектра. Обзорные телевизионные камеры в таком случае

используются для обнаружения нарушений, формирования сигналов координат, тревожной сигнализации и данных. Предварительное стробирование видеоинформации и определение координат объекта, осуществляющего нарушение, реализуется в системе за счёт выбора, по результатам текущего анализа, одного из сопряжённых растров. В случае попадания подвижного объекта на участки сопряжения растров имеет место идентификация момента полного его перехода из области, контролируемой одной из камер обзорного типа в область, контролируемую другой из них. Дифференциальная обработка исходного сигнала изображений в пространстве кадров и во времени позволяет подавить влияние низкочастотных (пространственно-временных) составляющих на сигналы управления и параметров, которые формируются, по результатам анализа изменений в структуре видеоинформационного сигнала. Селекция указанных изменений должна осуществляться в реальных системах с предварительным определением и ограничением их возможного диапазона и по высокочастотной области.

Если $\vec{V} = i V_x + j V_y$ является вектором скорости перемещения независимого объекта, оптически отображённого во внутрикадровое пространство на светочувствительной поверхности преобразователя, направление которого определяется соответственно величинами косинусов:

$$\cos(\vec{V} \hat{x}) = \frac{V_x}{\sqrt{V_x^2 + V_y^2}}, \quad \cos(\vec{V} \hat{y}) = \frac{V_y}{\sqrt{V_x^2 + V_y^2}},$$

а длина модулем вектора, т.е. величиной $|\vec{V}| = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$, то в реальной ТВ системе в каждом кадре

формируется сигнал ТВ изображений последовательности положений объекта с учётом трансформации по ходу движения его конфигурации при данных условиях видеоконтроля. От относительной скорости его перемещений во внутрикадровом пространстве зависит протяжённость временного спектра, которая и определяет по существу требования к необходимой частоте кадров при формировании ТВ сигнала. По существу в системах видеоконтроля с применением сжатия необходимо передавать на приёмную сторону лишь участки видеоинформации, отражающие её санкционированные или наоборот, несанкционированные изменения (динамика) во времени. Чаще всего, соответственно, на передающей стороне должна быть решена задача селекции ТВ сигнала движущихся объектов и их параметрической оценки. Может быть предложен следующий алгоритм её осуществления.

1. Если используется вариант оценки сигнала нарушения по отношению к эталонному изображению, то превышение порога сигналом разности фактически определяет исходные координаты («параметр») и момент («параметр») обнаружения нарушения.

2. В следующий отрезок времени и в текущем режиме по межкадровому направлению должна осуществляться относительная оценка изменений амплитуды («параметр») сигнала изображения и площади («параметр») локализации объекта, осуществляющего нарушение.

3. Момент времени, когда прекратилось возрастание площади независимого объекта, осуществляющего данное нарушение, определяет «параметр» совершения, например, однократного нарушения.

4. Момент времени, когда прекратилось возрастание общей площади и площади последнего из независимых объектов, осуществляющего нарушение, определяет «параметр» совершения группового нарушения.

5. Должна осуществляться периодическая фиксация отсчётов функций изменения «параметра» координат, «параметра» площади и «параметра» амплитуды каждого из независимых объектов, осуществляющих нарушение.

6. По значениям предшествующих оценок целесообразно осуществлять предсказание в текущем времени новых значений указанных параметров по п. 5.

В случаях величин отклонений предсказанных значений от фактических, превышающих заданное пороговое значение, осуществляют регистрацию и передачу соответствующих участков видеоинформации во внутрикадровом пространстве и по межкадровому направлению.

Следует осуществлять по межкадровому направлению также передачу параметров и фрагментов внутрикадровой структуры изображений, определяющих в системе санкционированные изменения опорной видеоинформации.

Эталонное изображение определяет ранее регистрируемую по заданному закону внутрикадровую видеоинформацию в контролируемом пространстве, соответствующую отсутствию нарушений. По отношению к эталонной внутрикадровой видеоинформации реализуют выделение и накопление сигнала нарушений. При этом, по возможности, должна быть сохранена пространственная чёткость соответствующего изображения. С учётом результатов, представленных в работах [1- 4], рассмотрим специфику изменения «параметра» пространственной чёткости движущихся объектов при ТВ контроле.

Зададимся идеализированным входным воздействием в виде подвижной δ -функции:

$$\delta(x, y, t) = \delta(x + V_x \cdot t) \cdot \delta(y + V_y \cdot t) \quad (1.1)$$

Воздействию такого вида соответствует пространственный спектр:

$$S(\omega_x, \omega_y) = \exp(j\omega_x V_x t + j\omega_y V_y t) \quad (1.2)$$

Будем считать, что оптическая система не вносит фазовых искажений, и её коэффициент передачи совпадает с пространственной частотной характеристикой и отражается функцией $K_{os}(\omega_x, \omega_y)$. Тогда сквозной коэффициент передачи определяется в данном случае произведением:

$$K_0(\omega_x, \omega_y, t) = K_{os}(\omega_x, \omega_y) \cdot \exp(j\omega_x V_x t + j\omega_y V_y t) \quad (1.3)$$

Учтём время накопления в течение кадра:

$$\begin{aligned} K_{ok}(\omega_x, \omega_y) &= K_{os}(\omega_x, \omega_y) \times \int_{-\frac{T_K}{2}}^{\frac{T_K}{2}} \exp(j\omega_x V_x t + j\omega_y V_y t) dt = \\ &= T_K \cdot K_{os}(\omega_x, \omega_y) \cdot \frac{\sin\left(\omega_x V_x \frac{T_K}{2} + \omega_y V_y \frac{T_K}{2}\right)}{\omega_x V_x \frac{T_K}{2} + \omega_y V_y \frac{T_K}{2}} \end{aligned} \quad (1.4)$$

Полученное соотношение показывает существенное влияние на чёткость ТВ изображения объекта скорости его перемещения в пределах внутрикадрового пространства. Обозначим φ_V угол между направлением перемещения объекта и, например, горизонтальным направлением внутрикадрового пространства.

$$\text{Тогда: } V_x = |V| \cdot \cos \varphi_V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \cdot \cos \varphi_V,$$

$$V_y = |V| \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_V\right) = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \cdot \sin \varphi_V.$$

Следовательно, модуль скорости и угол φ_V определяют перемещение объекта во внутрикадровом пространстве.

Чем меньше относительная скорость движения объекта по данному направлению во внутрикадровом пространстве, тем в меньшей степени по направлению его движения подавляются высокочастотная структура его пространственного спектра. С другой стороны, именно, в ортогональном направлении, по отношению к направлению движения, минимизируется подавление высокочастотной части пространственного спектра движущегося объекта. Соответственно в системах не ортогонального телевизионного контроля удалённых объектов существенное внимание необходимо обращать на оценку параметров перемещения объекта во внутрикадровом пространстве.

Область текущей локализации движущегося объекта выявляется в таком случае с использованием сигнала межкадровой разности. Целесообразно сигнал изображений во внутрикадровом пространстве при решении данной задачи представить, например, двумя смещёнными под углом 45° друг по отношению к другу последовательностями блоков (1) и (2). В последовательности блоков структур распределения (1) и (2) предлагается независимо вычислить изменения модуля сигнала межкадровой разности. По результатам вычислений определить в первом приближении для каждой из последовательностей конфигурацию пространственных границ указанного сигнала и вычислить изменения градиента сигнала в пределах границ. Направление минимального градиента границ может совпадать с направлением движения объекта. По относительной оценке результатов независимых функции градиента для указанных случаев реализуется уточняющая оценка границ движущегося объекта. При вычислении сигнала межкадровой разности следует использовать блоки с относительно большим числом пикселей, что позволяет компенсировать ухудшение отношения сигнал/шум, характерное для реализации дифференциальной обработки ТВ сигнала. Параллельно вычисляется в межкадровой области траектория изменений координат центра проекции движущегося объекта, который определяется точкой пересечения ортогональных линий, разделяющих площадь проекции объекта на две, равные половине, части.

В структуре спектра подвижного объекта при фиксированной скорости возможно возникновение максимумов в области верхних пространственных частот. С увеличением относительной скорости движения максимум смещается в область более низких пространственных частот и падает коэффициент передачи в области высоких пространственных частот.

Результаты проведённого выше анализа должны, безусловно, учитываться при реализации систем не ортогонального ТВ контроля удалённых объектов. В системе целесообразно использовать два вида ТВ камер: общего (интегрального или обзорного) видеоконтроля и пространственно-селективного видеоконтроля с прослеживанием движения объекта. Сигнал изображений от ТВ камер общего видеоконтроля обеспечивает при этом возможность предварительной передачи по относительно

узкополосному каналу связи и архивирование (накопление) на приёмной стороне фиксированной (фоновой) по отношению к вариантам внештатных ситуаций или, по другому, опорной) видеоинформации. Необходимое накопление опорной видеоинформации может быть реализовано фактически без потерь в качестве пространственной структуры за счёт, например, использования последовательной передачи участков изображения и восстановления их пространственного распределения в пределах раstra видеоинформации на приёмной стороне. Накопление и архивирование такой же видеоинформации реализуется и на передающей стороне.

С использованием сигнала изображений общего видеоконтроля (обзора) осуществляют в текущем режиме также выделение сигнала межкадровой разности по отношению к последнему моменту штатной ситуации. Подвергают его интегральной обработке, например суммируют дискретные отсчёты в сигнале ТВ изображения межкадровой разности в соответствии с распределениями блоков (1 и 2), с присвоением каждого результата конкретному блоку. Количество отсчётов в каждом из таких блоков выбирается 2×2 ; 4×4 ; 8×8 или даже больше в пропорциональной зависимости от освещённости контролируемой территории и, следовательно, от соотношения сигнал/шум. Получают модуль сигнала межкадровой разности, подвергнутого интегральной обработке. Пороговой оценкой раздельно формируют сигнал нарушения штатной ситуации в каждой из последовательностей блоков. Если сигнал нарушений превышает, по совокупности смежных блоков заданное число, вводится режим тревожной сигнализации и фиксации видеоинформации в участке нарушения. Соответственно осуществляется вычисление уточнённой конфигурации области нарушения с учётом на её граничных участках блоков и первого и второго вариантов их распределения в соответствии с результатом пороговой оценки модуля сигнала межкадровой разности. Далее определяется центр области нарушения и в текущем режиме осуществляется оценка последовательных изменений координат её центра. Формируют сигналы управления положением оптической оси ТВ камеры прослеживания, пропорциональные смещениям центра области нарушений в горизонтальном и вертикальном направлениях. Расстояние от центра раstra и размер области нарушений определяют режим фокусировки и величину угла поля зрения ТВ камеры, осуществляющей прослеживание данной области нарушений. Применение прослеживания, согласно полученным выше результатам, увеличивает, за счёт снижения относительной скорости движения проекции объекта, в пределах раstra, пространственную чёткость контролируемых ТВ изображений в зоне нарушения. В конечном итоге, за счёт этого возрастает эффективность видеоконтроля и опознавания контролируемых объектов. Управление углом поля зрения ТВ камеры позволяет фиксировать при выполнении видеоконтроля во внутрикадровом пространстве масштаб изображения объекта, реализующего в данный момент нарушение. Последнее стабилизирует во внутрикадровом пространстве пространственный спектр контролируемого объекта, что, безусловно, упрощает реализацию сжатия. С другой стороны главной задачей прослеживания является снижение протяжённости временного спектра, соответствующего движущемуся в пределах контролируемого пространства объекту. Последнее позволяет резко снизить частоту передачи опорных кадров в условиях применения метода сжатия спектра с фрагментацией изображения совокупностью независимых блоков. На передающей стороне канала связи с использованием ТВ камер общего обзора осуществляют оценку изменений общей протяжённости области локализации нарушения по отношению к моменту фиксации нарушения. Протяжённость в данном случае определяется общим числом независимых блоков, соответствующих структурам их распределения и позиционируемым в пределах области нарушения. Архивируют внутрикадровую видеоинформацию при изменениях величины протяжённости, превышающих заданное значение.

С учётом результатов, полученных при исследовании искажений масштаба, целесообразно также изменять точность передачи пространственной структуры изображений в зависимости от положения контролируемых участков изображения вдоль оптической оси ТВ камеры, реализующей не ортогональный видеоконтроль. Шаг квантования амплитуды коэффициентов пространственного спектра изображения после ДКП сигнала изображения в пределах блоков целесообразно уменьшать для тех передаваемых независимых участков изображения, которые контролируются при относительно более низких углах наклона ТВ камеры. При этом для передачи сигнала от прослеживаемой ТВ камеры целесообразно осуществлять вариант сжатия с ДКП с увеличением размера блока по отношению к стандарту MPEG-2, а передачу сигнала ошибки - с использованием статистического кодирования.

Библиографический список:

1. Безруков В.Н., Власюк И.В., Васьяков А.В. «Специфика реализации цифровых систем эффективного видеоконтроля удалённых объектов», Информатизация и связь ЦИТиС, спецвыпуск 2008 г. стр. 11 -16.
2. Безруков В.Н., Басекеев А.А., Икрамов К.С. «Не ортогональный телевизионный контроль видеоинформационного пространства», Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2008г. № 1,-стр. 48-52.

3. Бусаев О.Г., Игнатов Ф.М. «К вопросу анализа телевизионных изображений», 19-я Международная научно-техническая конференция «Современное телевидение и радиоэлектроника», Москва, 2011 г., стр. 176-179.

4. Игнатов Ф.М., Джумаа Хасан, Алиусив Мухиб. «Твёрдотельные телевизионные преобразователи свет/сигнал», ТРУДЫ Московского технического университета связи и информатики, том 1 Москва 2008 г. стр. 451-458

O.G. BUSAEV, F.M. IGNATOV

SELECTION OF CHANGES IN SPACE-TIME STRUCTURE OF IMAGES IN SYSTEMS OF THE TELEVISION CONTROL OF OBJECTS

Appointment of systems of safety consists in minimizing possible consequences of undesirable influences on people, their property and other.

Now the problem of detection (selection) of changes in space-time and colour structure of images at television (TV) the control of objects, is, certainly, actual. The decision of the given problem essentially becomes complicated in the conditions of low or not optimum on level and spectral structure of light exposure of controllable objects, in need of selection of slowly-time changes in structure of TV of the image defining unapproved intrusion, at influence on a signal of the hindrances flowing TV, stirring action local and the distributed illumination from light sources etc.