

УДК.681.3.01

Микропроцессорная система видеокomпьютерного мониторинга

*Курашов И.В., аспирант
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Системы автоматического управления»*

*Тхет Аунг, магистрант
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,*

*Научный руководитель: Гаврилов А.И., доцент, к.т.н,
кафедра «Системы автоматического управления»
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru*

Автоматические и автоматизированные системы видеокomпьютерного мониторинга являются ключевой составляющей всех современных комплексных систем безопасности.

Задача видеомониторинга включает в себя визуальный контроль области пространства, за которой мы следим, при помощи одной или нескольких неподвижных или подвижных видеокамер, сохранение и просмотр цифрового видеопотока [10], анализ состояния наблюдаемой области, с выделением каких-либо изменений в наблюдаемой обстановке, а также траекторное сопровождение подвижных объектов.

Анализ существующих научно-технических решений

В настоящее время известно множество технических решений рассматриваемого комплекса. Сферы их применения очень различны и вот некоторые из них:

Российская система «След». Построена она таким образом, что несколько неподвижных видеокамер в непрерывном режиме «просматривают» определенный участок, в случае детектирования движения или иных рассматриваемых событий на подконтрольной территории, подается сигнал на подвижную камеру. Эта камера, анализирует и классифицирует объект, и на основе полученных данных принимает решение о дальнейших действиях относительно цели. В основе данного комплекса лежит мощный математический аппарат, который рассчитывает траекторию будущего движения цели, и если необходимо устанавливает за ней слежение [1].

ПЭОС:

Также, для задач охраны акваторий в надводной области, применяются пассивные электронно-оптические системы панорамного слежения и распознавания (ПЭОС). ПЭОС - это система круглосуточного наблюдения, обеспечивающая автоматическое обнаружение цели в широком секторе обзора. Система осуществляет полностью пассивное электрооптическое панорамное сканирование, что затрудняет её обнаружение и проведение мероприятий по противодействию работы.

ПЭОС является мультисенсорной системой, состоящей из тепловизионной камеры последнего поколения, цветной телевизионной камеры дневного наблюдения с цифровой обработкой данных и функцией оптического приближения и лазерного дальномера. ПЭОС оснащается высококачественными оптическими системами с 25-ти кратным непрерывным режимом приближения. Таким образом, захваченная в режиме автоматического слежения цель, может быть оптически приближена и классифицирована с высокой степенью вероятности. Достоинства данной системы - полная пассивность и невозможность постановки помех, автоматические режимы работы, не требующие вмешательства оператора, возможность работы при любых погодных условиях, в том числе в дождь и туман [2].

«Пейв Спайк»:

Это система целеуказания и полуавтоматического сопровождения целей, размещается в подвесном контейнере на самолете типа F-4. Служит для наведения на цель боеприпасов с лазерными головками самонаведения (ГСН). Система состоит из телевизионной камеры с замкнутым циклом индикаторных устройств, лазерного целеуказателя и общей (для камеры и целеуказателя) оптической системы. «Пейв Спайк» сопрягается с бортовой цифровой вычислительной машиной (ЦВМ), радиолокационной станцией (РЛС) и инерциальной навигационной системой, сигналы которой используются для стабилизации оптической оси системы и удержания луча лазера на атакуемой цели. Наличие в системе поворотной носовой части контейнера и поворотного зеркала позволяет отслеживать цель при глубоких виражах самолета: по крену до 20° с правого борта и до 70° с левого борта, по азимуту до $\pm 15^\circ$ [3].

Из рассматриваемых примером понято, что данные системы являются востребованными и поставленная задача актуальна. Задача детектирования движения является достаточно раскроетраннной, а алгоритмы обнаружения объекта интереса и анализа видеоизображения известны, но в комплексе с задачей траскторного сопровождения объекта, она становится достаточно сложной и многосторонней. Здесь уже необходимо улучшать и

качество изображения, и алгоритмы сопровождения, и добиваться высокой точности наведения платформ»./ нацель.

Многофункциональный комплекс

Многофункциональный комплекс состоит из оптического устройства захвата изображений (видеопотока), установленного на неподвижном основании, головного компьютера, подвижной платформы с закрепленным на ней устройством специального назначения, интерфейсных устройств, обеспечивающих взаимодействие между основными узлами установки и управление в реальном времени траекторией перемещения подвижной платформы [4].

Подвижная платформа с закрепленным на ней устройством специального назначения представляет собой поворотную платформу с двумя степенями свободы, обеспечивающую наведение устройства специального назначения в заданную точку пространства (телесный угол). Платформа собрана из листов органического стекла. Имеется два «исполнительных механизма», обеспечивающие вращение платформы в горизонтальной плоскости и устройства специального назначения в вертикальной соответственно. Под «исполнительным механизмом» понимается связка двигатель- энкодер-редуктор «FAULHABER 1717T12S» [5].

Управление исполнительными механизмами платформы осуществляется с помощью разработанной в среде Lab VIEW подпрограммы и микроконтроллеров фирмы National Instruments NI cRIO-9024 (RealTime&PLD) и NI 9505 (Full H-Bridge Brushed DC Servo Drive Module). Из-за особенностей устройства микроконтроллера NI cRIO-9024 подпрограмма состоит из двух частей - ПЛИС и Real-time. Обработка подпрограммы управления ДПТ осуществляется непосредственно на микроконтроллере NI cRIO-9024, который управляет модулем NI 9505, а контроль и управление текущим процессом осуществляется на персональном компьютере в реальном времени.

Подпрограмма обработки видеосигнала, поступающего с неподвижной цифровой видеокамеры, написана также на LabView, но она обрабатывается уже на персональном компьютере. Подпрограмма управления ДПТ и обработки видеосигнала объединяется в общий проект, в котором осуществляется взаимосвязь всех подпрограмм.

Алгоритмы обнаружения движения

Существует два простых алгоритма детектирования движения - это детектор, основанный на разности текущего и предыдущего кадров и основанный на разности фона (базового кадра) при отсутствии посторонних объектов и текущего кадра.

Межразностный алгоритм:

Вычисление межкадровой разности является очень распространённым методом первичного обнаружения движения. Но подход даёт достаточно грубую оценку и приводит к наличию неизбежной ложной реакции детектора на шумы, смену условий освещения, лёгкое качание камеры и другое. Следовательно, видеокадры должны быть предварительно обработаны перед вычислением разности между ними.

Алгоритм вычисления межкадровой разности двух соседних кадров в случае обработки цветного видео в формате RGB выглядит следующим образом [6]:

1) На вход поступают два видео кадра, то есть две последовательности байт в формате RGB. Яркость кадра, размера $m \times n$, будем обозначать как $I(x, y)$, где x, y - координаты пикселя, $x=1..ш$, $y=1..п$. Яркость меняется от 0 до 255 [10].

2) Производится вычисление попиксельных межкадровых разностей для каждой компоненты R,G,B [6]:

$$I^R(x, y) = |I_i^R(x, y) - I_{i-1}^R(x, y)|$$

$$I^G(x, y) = |I_i^G(x, y) - I_{i-1}^G(x, y)|$$

$$I^B(x, y) = |I_i^B(x, y) - I_{i-1}^B(x, y)|$$

где I_i^R, I_i^G, I_i^B значения красной, зелёной и синей компонент цвета i -го кадра(текущего), $I_{i-1}^R, I_{i-1}^G, I_{i-1}^B$ значения красной, зелёной и синей компонент цвета $(i-1)$ -го кадра (предыдущего), I_i^R, I_i^G, I_i^B - значения красной, зелёной и синей компонент цвета разностного кадра.

3) Для каждого пикселя с координатами (x, y) вычисляется среднее значение между тремя компонентами цвета [6]:

$$I^{cp} = (I^R + I^G + I^B) / 3$$

4) Среднее значение I^{cp} сравнивается с заданным заранее порогом бинаризации. В итоге - формируется двоичная маска [6]:

$$FDM(x, y) = \begin{cases} 0, & I^{cp} < Th \\ 1, & I^{cp} \geq Th \end{cases}$$

где $FDM(x, y)$ - (Frame Difference Mask) разностная маски яркости, Th - порог сравнения (порог бинаризации).

На выходе алгоритма создается двоичная маска, единицы в маске означают, что этих в областях, возможно, присутствует движение. Но здесь могут появляться ложные срабатывания.

В качестве входных кадров могут браться два последовательных кадра из видеопотока. Однако, возможно использование кадров с некоторым промежутком, к примеру, равного 1-3 кадра. Чем больше это значение, тем выше чувствительность детектора к малоподвижным объектам, которые могут рассматриваться как шум.

Алгоритм с базовым кадром:

Работа алгоритма аналогична алгоритму межкадровой разности. Главное его отличие — это то, что разность вычисляется между текущим и базовым кадром. Базовый кадр в основном формируется только при полном отсутствии движения в кадре.

- 1) Производится вычисление попиксельной межкадровой разности для каждой компоненты R,G,B:

$$I^R = |I_i^R(x, y) - I_{\text{фон}}^R(x, y)|$$

$$I^G = |I_i^G(x, y) - I_{\text{фон}}^G(x, y)|$$

$$I^B = |I_i^B(x, y) - I_{\text{фон}}^B(x, y)|$$

где I_i^R, I_i^G, I_i^B - значения красной, зелёной и синей компонент цвета i -го кадра (текущего), $I_{\text{фон}}^R, I_{\text{фон}}^G, I_{\text{фон}}^B$ значения красной, зелёной и синей компонент цвета фона (базового кадра), I^R, I^G, I^B значения красной, зелёной и синей компонент цвета разностного кадра.

- 2) Далее алгоритм аналогичен алгоритму межкадровой разности.

В данном алгоритме возникает проблема построения базового кадра, так как он не должен иметь областей с подвижными объектами. Но это условие редко выполнимо. В таком случае, используется метод, основанный на кумулятивном накоплении базового кадра с использованием всех кадров потока. В этом случае базовый кадр будет содержать в себе подвижные объекты, но при вычислении межкадровой разности, интенсивности пикселей базового кадра будет достаточно, чтобы определить движение. Но здесь необходимо использовать различные методы шумоподавления, так как порог бинаризации при построении межкадровой разности не будет высоким.

Исходя из вышеизложенного, была написана подпрограмма детектирования движения, использующая оба алгоритма, с возможностью их переключения. Структурная схема представлена на рис. 1.

В программе имеется возможность переключения с одного алгоритма на другой во время работы программы (кнопка «Фон/Разность»). Для устранения случайных изменений положения наблюдаемой сцены, при использовании алгоритма с базовым кадром, есть кнопка обновления базового кадра («обновить фон»). Для удобства работы оформлена лицевая панель данной части программы (рис.2.).

После вычисления разности кадров проводится бинаризация полученного изображения по определенному значению порога. Чем это порог ниже, тем больше шумов будет наблюдаться на бинаризованном изображении. Бинаризация осуществляется с помощью функции IMAQ ColorThreshold [11]. Для удобства настройки работы на лицевой панели имеются изменяемые значения порогов бинаризации.

После бинаризации происходит обнаружение связанных областей, которые и являются подвижными объектами. Это обнаружение происходит с помощью функции IMAQ Count Objects 2 [11], которая имеет такие настройки как: уровень яркости выделяемого объекта; минимальный/максимальный размер объекта; функцию отображения центра, ограничивающего прямоугольника и площади. Помимо этого с помощью этой функции можно вывести такие показатели объекта как: координаты центра, координаты ограничивающего прямоугольника, площадь, ориентацию, соотношение сторон.

Зная положение найденного объекта на кадре, можно задавать управляющее воздействие на приводы платформы. Для этого только необходимо произвести соотнесение координат положения объекта в зависимости от реальных условий наблюдения, т.е. от угла обзора камеры и расстояния до плоскости объекта. Определить расстояние до объекта по изображению невозможно, а использовать специальные устройства нецелесообразно, поэтому необходимо в таком случае, проводить так называемую «калибровку» платформы.

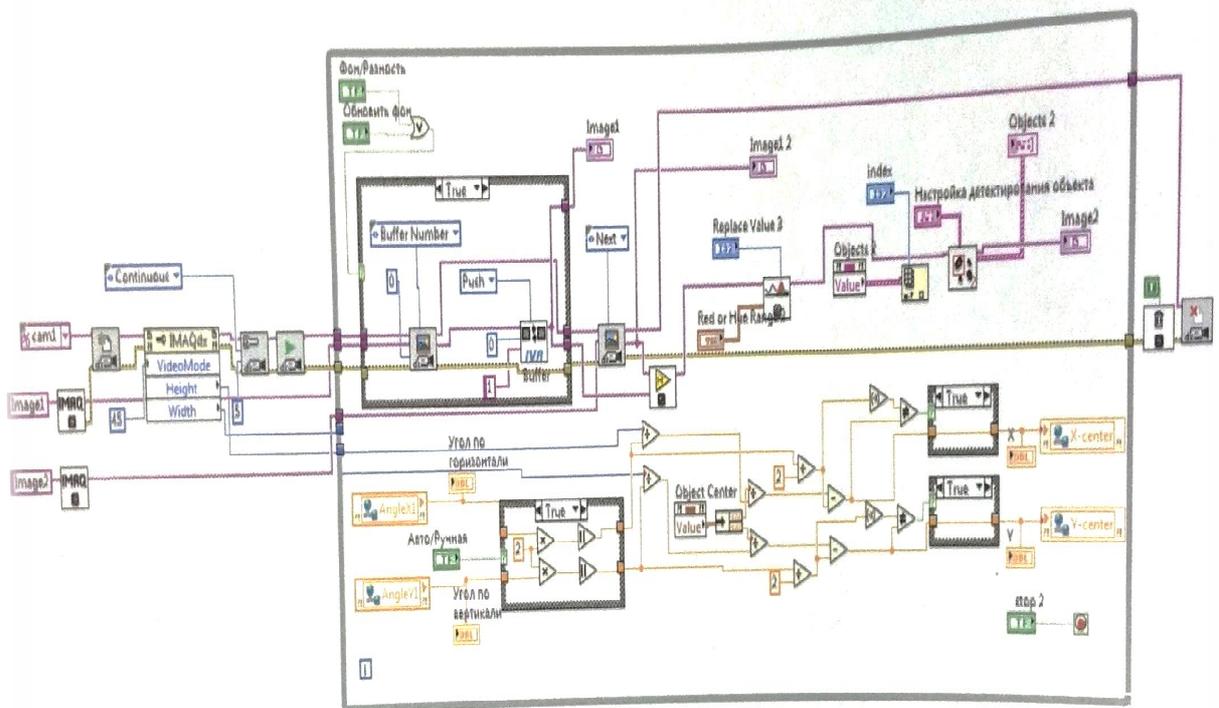


Рис.1. Структурная схема программы детектирования движения

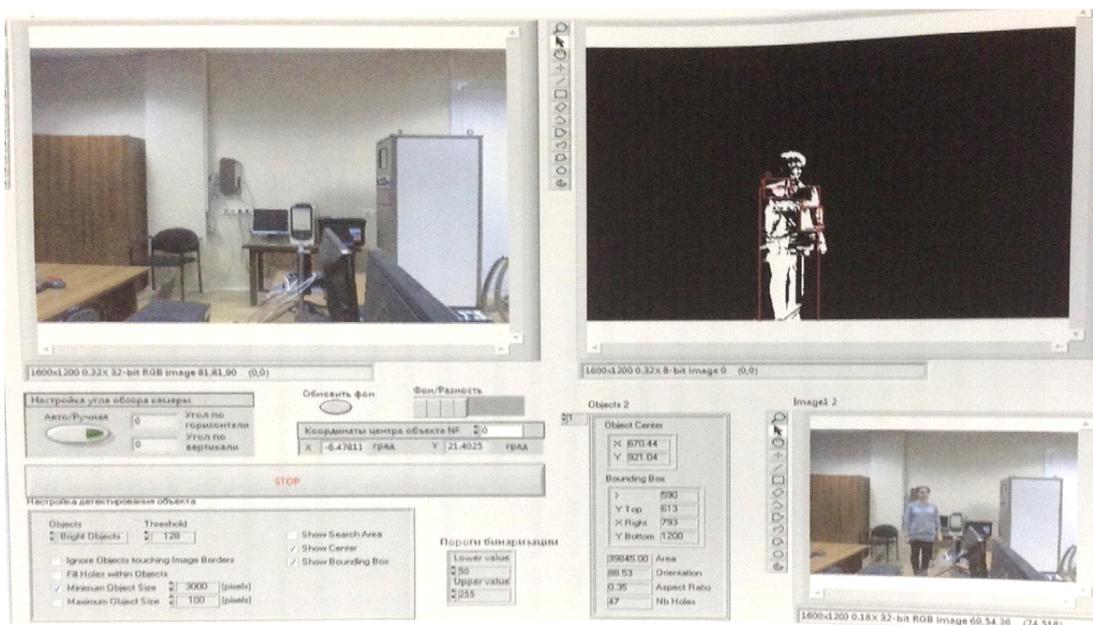


Рис. 2. Лицевая панель программы детектирования движения

На платформе установлен целеуказатель (*лазерная указка*), с помощью которого можно на полученном изображении фона установить максимальные углы отклонения платформы по горизонтали и вертикали, предварительно установив точку целеуказателя на пересечении медиан изображения кадра, т.е. по центру.

Обработка изображения происходит уже не на контроллере Real-Time, а на персональном компьютере, что снижает нагрузку на контроллер и повышает быстродействие системы. В связи с этим возникает вопрос передачи данных (координат центра найденного объекта), т.к. программа управления двигателями «защита» на контроллер, а обработка изображения - на компьютере. В этом случае создается глобальная переменная или несколько

переменных (X-center, Y-center) и в них записываются пересчитанные углы отклонения, которые будут являться задающими воздействиями для двигателей.

После установки вручную, передвигая ползунки положения платформы, максимальных углов, нажимается кнопка установки углов обзора камеры в положение «ручное». И происходит пересчет зависимости положения центра объекта на изображении от реальных углов отклонения платформы [9]. В программе предусмотрен выбор режимов работы камеры (от низкого разрешения 160x160 точек до высокого 1920x1080 точек), при этом происходит автоматический пересчет зависимости положения центра объекта на изображении от реальных углов отклонения платформы.

Значения углов отклонения по интерфейсу **Ethernet** поступают на контроллер **Real-Time**, и при включении кнопки «Авто» система переходит в режим автоматического обнаружения и сопровождения подвижных объектов.

Данная система позволяет обнаруживать подвижный объект в поле зрения видеокамеры, выделять и производить его сопровождение, как в ручном режиме, так и в автоматическом. При этом предусмотрена возможность переключения между двумя основными алгоритмами детектирования подвижного объекта, что позволяет работать в различных условиях. Вся система имеет очень высокие показатели качества: точность отработки траектории составляет 0.5° , высокое быстродействие (скорость поворота платформы 1.7 рад/с), высокое входное разрешение видеопотока (до 1920x1080), высокая скорость обработки изображения.

Список литературы

1. Гришанин О. Мощная технология системы видеонаблюдения «След». Режим доступа: http://www.psj.ru/saver_magazins/detail.php?ID=26609 (дата обращения 03.01.2014).
2. Тетис Комплексные Системы 2006-2014. Комплексные системы безопасности объектов нефтегазового комплекса. Режим доступа: <http://www.tetis-ks.ru/stat/stattroit.php> (дата обращения 03.01.2014).
3. Авиационные прицельные системы. Режим доступа: <http://www.dogswar.nl/annii-mira/vooryjeme/650-aviacionnye-ricelnye-sistemy.html?showall=1> (дата обращения 15.01.2014).
4. Мозер Н.С., Мозер А.Л., Парфентьев К.В. Разработка подвижной платформы мехатронного комплекса и реализация алгоритмов управления и распознавания на основе

- карт Кохонена // Молодежный научно-технический вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2013. № 4. Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/567870.html> (дата обращения 10.01.2014).
5. Каплинская А.Е., Курашов И.В., Разработка макета многофункционального мехатронного комплекса // Молодежный научно-технический вестник. 2013. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. № 4. Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/567087.html> (дата обращения 10.01.2014).
 6. Гонзалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2006. 1072 с.
 7. Парфентьев К.В., Гаврилов А.И. Реализация программного модуля распознавания изображений на основе самоорганизующихся карт Кохонена средствами системы Matlab // Молодежный научно-технический вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2012. № 4. Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/458080.html> (дата обращения 10.01.2014).
 8. Пупков К.А., Гаврилов А.И, Шахназаров Г.А. Комплексованне технологий управления в интеллектуальных системах высокой точности и надежности // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер.Инженерные исследования. 2011. № 4. С. 60-67.
 9. Понс Ф. Компьютерное зрение. Современный подход. М.: Вильямс, 2004. 928 с.
 10. Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Моржин А.В. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения: курс лекций и практических занятий. М: Физматкнига, 2010. 672 с.
 11. Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Князь В.А., Моржин А.В. Обработка и анализ изображений с примерами на LabView IMAQ Vision. М: ДМК Пресс, 2007. 464с.
 12. Relf Christopher G., Image Acquisition and Processing with LabView. Boca Raton: CRC Press, 2004. 264 p.