

УДК 621.397.4

Н.И. Мищенко

Возможные пути улучшения технических характеристик телевизионных измерительных систем

Рассматриваются принципы построения телевизионных автоматических систем обнаружения и измерения параметров объектов. Предлагаются методы и алгоритмы преобразования, выборки, считывания и обработки видеoinформации, позволяющие улучшить технические характеристики телевизионных измерительных систем.

Ключевые слова: телевизионная система, датчик, преобразователь, сигнал, быстродействие, точность, помехоустойчивость, видеoinформация, измерение, координата, объект.

В стандартных телевизионных системах (ТВС) видеонаблюдения, контроля и определения параметров объектов в качестве датчиков сигналов в настоящее время чаще всего применяются видеокамеры на базе преобразователей с зарядовой связью (ПЗС) [1, 2]. С выхода ПЗС поступает большой объем видеoinформации, которая для телевизионных автоматических систем (ТАС) обнаружения, слежения, измерения координат и других параметров объектов может быть избыточной. Максимальное быстродействие, точность, помехоустойчивость и другие характеристики ТВС ограничены инерционностью ПЗС с накоплением зарядов, смазыванием быстродвижущихся изображений, низкой частотой считывания видеоданных, не превышающей частоту кадров, и малым контрастом изображений в сложных условиях наблюдения. Для уменьшения избыточной видеoinформации применяются специальные средства цифровой обработки сигналов и изображений, что приводит к значительному увеличению аппаратных, временных затрат и стоимости системы [3]. Исследование возможности построения ТАС на базе современных ТВ датчиков мгновенного действия с произвольным доступом к элементам комплиментарных «металл-оксид» полупроводниковых (КМОП) преобразователей, разработка новых алгоритмов и методов исключения помех и избыточной видеoinформации в самом процессе преобразования, выборки и считывания сигналов позволят улучшить технические характеристики ТАС при обнаружении, слежении и измерении параметров объектов.

1. Обнаружение и распознавание объектов

Для улучшения характеристик ТАС в режимах обнаружения сигналов могут применяться программно-управляемые адаптивные развертки, размер, форма и скорость сканирования которых зависят от параметров изображений объектов интереса и условий работы системы [4]. Достоверность обнаружения и распознавания объектов увеличится в результате применения адаптивного двухэтапного метода обнаружения объектов. На первом этапе видеосигналы, полученные в результате обзора и сканирования поля зрения ТАС, сравниваются с пороговым уровнем первого решающего устройства. После превышения сигналом входного порогового уровня принимается решение о предварительном обнаружении объекта, и ТАС переходит в режим анализа сигнала, измерения координат и других параметров изображения. Величины раstra обзора и поля зрения ТВ датчика автоматически уменьшаются до размеров обнаруженного изображения, изменяются частота и траектория сканирования раstra. Центры раstra и подвижного изображения совмещаются при помощи следящих программно-управляемых разверток. Накопленные за выбранное время анализа сигналы сравниваются с пороговым уровнем второго решающего устройства. Если уровень второго порогового устройства превышает, то принимается решение о правильном обнаружении сигнала и ТАС может переходить в режим распознавания, слежения, определения размеров, формы, яркости, скорости, траектории движения и других параметров объекта интереса. Если выходной порог не превышает, то принимается решение об обнаружении помехи в результате ложной тревоги и продолжается сканирование поля обзора ТВ датчика. Улучшение отношения сигнала к шуму за время анализа сигнала уменьшает вероятность пропуска объектов при постоянной вероятности ложной тревоги и существенно повышает достоверность обнаружения и распозна-

вания объектов. Максимальная частота кадров зависит от числа строк раstra обнаружения и для высокоскоростных камер VS-FAST (НПК «Видеоскан») при растре от 25 до 10 строк может равняться соответственно от 10000 до 25000 кадров в секунду [5].

2. Слежение и измерение координат объектов

В многоэлементных преобразователях мгновенного действия с произвольной выборкой сигналов применяются методы уменьшения избыточной видеоинформации и увеличения быстродействия ТАС в самих процессах обнаружения, слежения и измерения параметров объектов [4, 6]. Наиболее эффективно эти методы могут использоваться в ТВ датчиках на базе КМОП-преобразователей, в которых заряды элементов не переносятся как в ПЗС-матрице, а усиливаются КМОП-транзисторами, преобразуются в цифровую форму и считываются программно-управляемыми электронными затворами элементов. На основе КМОП-преобразователей создаются ТВ датчики с управляемыми режимами накопления и выборки сигналов, представляющие собой объединение на одном кристалле матрицы светочувствительных элементов и модулей их коммутации, формирующих развертки адаптивных растров обнаружения и слежения за объектами. Усилители на КМОП-транзисторах могут использоваться как ключи или электронные затворы, которые управляют экспозицией матрицы, накоплением зарядов, передачей их в аналоговую память, а также аналогово-цифровым преобразованием и считыванием оцифрованных сигналов от каждого элемента. Совмещенные с преобразователем программно-управляемые логические схемы позволяют изменять частоту, траекторию сканирования, размеры растров обнаружения и слежения. Координаты изображения могут сравниваться с положением следящего раstra. Суммирование полученной в цифровой форме ошибки рассогласования между центрами изображения и раstra позволяет привести к их совмещению и слежению за объектом интереса по полю зрения. Возможность уменьшения размеров раstra или окна сканирования в режимах обзора поля зрения и слежения за изображением значительно увеличивает максимальную частоту сканирования, быстродействие и точность измерений параметров. Применяемые в настоящее время системы скоростной видеозаписи Fastvideo-500TS (НПО «Астек»), подключенные через интерфейс Camera Link к компьютеру, позволяют регистрировать быстропротекающие процессы с частотой до 500 полных кадров в секунду [7]. В режиме слежения и измерения параметров малоразмерных быстро движущихся объектов или быстро протекающих процессов максимальная частота сканирования может увеличиваться до 65000 кадров в секунду при размерах раstra до 30×30 элементов по горизонтали и вертикали и до 500000 кадров в секунду при размерах раstra до 10×10 элементов, что позволяет улучшить производительность ТАС на три-четыре порядка по сравнению с ТВС [4]. Для увеличения точности измерения координат и других параметров объектов в режимах обнаружения и слежения могут применяться методы программно-управляемой регулировки экспозиции и времени накопления сигналов светочувствительных элементов КМОП-матрицы, которые позволяют значительно уменьшить динамические ошибки смазывания и размытия быстро движущихся изображений.

3. Измерение дальности объектов

Для измерения дальности до объектов и повышения помехоустойчивости ТАС в сложных условиях работы применяются активно-импульсные (АИ) методы подсвета поля зрения ТВ датчика импульсным лазерным излучением и согласованного с ним во времени приема отраженных от объектов сигналов [8]. Высокий уровень помех в сложных условиях работы и избыточная освещенность фона снижают контраст изображения. В настоящее время для ослабления помех на входе ПЗС включаются дополнительные блоки стробирования сигналов на базе электронно-оптических преобразователей. Управляемый затвор многоэлементных матриц также может использоваться в качестве электронно-оптического ключа, который открывается в определенные промежутки времени для регулировки времени экспозиции матрицы и стробирования отраженных сигналов. Дальность до объекта и точность ее измерения определяются по времени задержки отраженного сигнала относительно импульса излучения. Лазерная система ночного видения NORD LYNS (НПП «ТУРН»), предназначенная для управления транспортными средствами в ночных и ограниченных условиях видимости, имеет дальность действия 400 м и глубину зоны видимости от 30 до 100 м [9]. Произвольная выборка сигналов фотопреобразователя и селекция объектов по дальности позволяют считывать полезный сигнал только в пределах стробируемой зоны видимости. Чем меньше длительность стробирующего импульса, тем выше точность измерений по дальности и помехозащищенность АИ ТАС в сложных условиях. Глубину дальности видимости АИ ТВС можно увеличить в результате программно-

управляемой задержки импульса стробирования и сканирования зоны селекции объектов по дальности. Активно-импульсная ТВ система ZOND (НПП «Развитие») в режиме сканирования по дальности может обнаруживать объекты в ночное время и в сложных метеоусловиях на глубину дальности видимости в зависимости от мощности источника подсвета от 200 до 500 м [10]. Предельная дальность и быстродействие ТАС ограничиваются максимальной скоростью распространения излучаемых импульсов подсвета. Для однозначного измерения дальности максимальное время запаздывания сигнала не должно превышать период следования импульсов подсвета. При максимальных дальностях до 1500 м теоретический предел частоты излучаемых импульсов, ограничивающий дальность действия АИ ТАС, равняется 100 кГц. При более высоких значениях частоты задержка отраженного от объекта сигнала может превышать период следования импульса, что делает невозможным его обработку до начала излучения следующего импульса, так как отраженный от объекта сигнал не успевает вернуться к фотоприемнику. При частоте импульсов излучения 100 кГц и длительности импульсов стробирования до 10 нс степень защиты от помех за счет временной селекции сигналов позволяет реализовать круглосточный режим работы АИ ТАС в сложных условиях при воздействии естественной дневной освещенности в ясный солнечный день, излучения фар и других помех окружающей среды. АИ ТВ датчик принимает отраженные сигналы с частотой импульсов излучателя, а необходимая экспозиция и накопление зарядов могут создаваться пакетом отраженных сигналов. Накопление зарядов светочувствительных элементов повышает отношение сигнала к шуму, так как оно осуществляется многократно после каждого импульса излучения, а шум вносится лишь один раз в процессе считывания электрического сигнала.

4. Определение параметров трехмерных изображений объектов

Угол подсвета излучателя АИ ТАС зависит от величины поля зрения ТВ датчика. В режиме обнаружения угол лазерной подсветки выбирается равным углу обзора ТАС, как и в ТВС наблюдения на базе ПЗС [11]. При малом угле излучателя может использоваться метод лазерного сканирования луча подсветки по полю обзора ТАС. Наибольшую помехоустойчивость, разрешающую способность и точность определения параметров можно получить в результате выбора малых углов зрения ТВ датчика и излучателя, сканирования луча подсветки по полю зрения ТАС и синхронизированного с ним сканирования стробируемой зоны по дальности. При трехмерном АИ методе обнаружения, слежения за изображением по полю зрения и селекции объектов по дальности определяются координаты и другие параметры не только малоразмерных или точечных изображений, но и больших участков поверхности объектов, образующих трехмерное лазерно-локационное изображение. Зная координаты сканируемых элементов, положение луча сканера относительно раstra и измеренное расстояние, телевизионно-вычислительный процессор, обрабатывающий отраженные от объекта сигналы, позволяет определять координаты каждой точки его поверхности. Чем меньше мгновенные углы излучения, приема и длительность стробов, тем выше плотность точек и точность оценки координат и других параметров объектов, определенных по лазерно-локационным видеоданным. Взаимное расположение, размеры и число зон интереса по полю зрения и по дальности изменяются специальным алгоритмическим и программным обеспечением, предназначенным для управления режимами преобразования сигналов и обработки лазерно-локационных данных. Для обеспечения высокой точности регистрации формы отраженной волны и измерений параметров объектов по угловым координатам и дальности запись в цифровом виде сигналов и полной формы отклика должна передаваться в компьютер по гигабитному Ethernet с частотой дискретизации до 1 ГГц и выше. Режимы работы ТАС могут изменяться автоматически или устанавливаться пользователем через сервисные функции алгоритмического и программного обеспечения системы.

Заключение

Разработка телевизионных измерительных систем на основе матричных приемников излучения с электронным сканированием и произвольной выборкой элементов позволяет создавать принципиально новые устройства ТАС на базе твердотельных измерительных «систем на кристалле». Определение координат и других параметров изображений в малоразмерных адаптивных растрах обнаружения и слежения может существенно повысить быстродействие телевизионных измерительных систем и оказать помощь дальнейшему развитию современных высокопроизводительных методов получения видеоинформации.

Лазерно-локационное сканирование поля зрения ТВ датчика, программно-управляемая выборка и считывание сигналов светочувствительных элементов КМОП-матрицы, стробирование сигналов активно-импульсного излучения, регистрация формы отраженной волны, формирование трехмерного лазерно-локационного изображения могут являться новыми важными результатами, наиболее полно вобравшими в себя последние достижения компьютерной обработки видеоданных, которые позволяют создавать наиболее эффективные и конкурентоспособные телевизионные измерительные системы.

Литература

1. Быков Р.Е. Основы телевидения и видеотехники. – М.: Горячая линия; Телеком, 2006. – 399 с.
2. Петраков А.В. Телеохрана / А.В. Петраков, В.С. Лагутин. – М.: Радио и связь, 2003. – 392 с.
3. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
4. Мищенко Н.И. Методы обработки сигналов и изображений в телевизионных автоматических системах // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. СИБРЕСУРС–14–2008: Докл. 14-й Междунар. науч.-практ. конф. Омск, 6–8 окт. 2008 г. – Томск: САН ВШ; В-спектр, 2008. – С. 88–92.
5. Камера скоростной видеосъемки «ВидеоСпринт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.videoscan.ru/page/731>, свободный.
6. Пустынский И.Н. Особенности построения систем измерительного телевидения / И.Н. Пустынский, А.Г. Костевич, Н.И. Мищенко и др. // Изв. вузов. Приборостроение. – 2005. – № 11. – С. 13–18.
7. Высокоскоростная видеокамера Fastvideo-500M [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.astek-pro.ru/hard/projects/videocamera/videocamera.htm>, свободный.
8. Гейхман И.Л. Основы улучшения видимости в сложных условиях / И.Л. Гейхман, В.Г. Волков. – М.: ООО Недра, 1999. – 286 с.
9. Обзор семейств уникальных многоцелевых лазерных систем ночного видения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/346.html>, свободный.
10. Белов В.В. Активно-импульсные телевизионные системы «Зонд» и «Обзор» / В.В. Белов, В.С. Белоусов, И.Н. Пустынский и др. // Изв. вузов. Приборостроение. 2005. – № 11. – С. 51–54.
11. Мищенко Н.И. Телевизионно-вычислительные системы наблюдения и контроля в сложных условиях / Н.И. Мищенко, А.Н. Попова // Групповое проектное обучение: Докл. 2-й науч.-метод. конф. Томск, 26–27 нояб. 2007 г. – Томск: ТУСУР, 2007. – С. 169–173.

Мищенко Николай Иванович

Ст. науч. сотр. кафедры телевидения и управления ТУСУРа
Тел.: 41-33-68
Эл. почта: mish@tu.tusur.ru

N.I. Mishenko

Possible ways for enhancement of TV measuring systems performance

The designing principles of automatic TV systems intended for detection and measurement of objects parameters are considered. Methods and algorithms of conversion, sampling, reading and processing of video data, which allow to enhance the performance of TV measuring systems, are presented.

Key words: television system, sensor, converter, signal, fast operation, accuracy, noise proofing, video data, measurement, coordinates, object.