DOI: 10.17117/na.2015.12.02.167

<http://ucom.ru/doc/na.2015.12.02.167.pdf>

Поступила (Received): 30.12.2015

Рыбальченко М.А. Архитектуры систем технического зрения мобильных роботов

Rybalchenko M.A.
Architecture of machine vision systems for mobile robots

Рассмотрены возможные архитектуры систем технического зрения, которые могут быть применены в составе мобильных роботов. Выдвинуты предположения по модернизации работы систем с учётом вероятных проблем и способами их решений

Ключевые слова: техническое зрение, мобильные роботы

In this article we consider possible architectures of machine vision systems, which can be implemented in mobile robots. Suggested to modernize the operation of systems in view of the possible problems and their solutions

Key words: machine vision, mobile robots

Рыбальченко Максим Александрович

Аспирант

Инженер

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49

Rybalchenko Maksim Aleksandrovich

Graduate

Engineer

Saint Petersburg national research university of information technologies

St. Petersburg, Kronverksky ave., 49

Работа выполнена при поддержке гранта «Конкурса грантов для студентов вузов, расположенных на территории Санкт-Петербурга, аспирантов вузов, отраслевых и академических институтов, расположенных на территории Санкт-Петербурга 2015 года».

Для современных проблем автоматизации и управления автономных мобильных роботов до сих пор стоят комплексные задачи их оцувствления. Для этого применяются различные датчики, основанные на разнообразных физических явлениях. Все они имеют свои достоинства и недостатки. Так, например, ультразвуковые датчики дешёвы и просты в использовании, однако легко улавливают помехи, и плохо работают в ветреную погоду, а скорость звука зависит от температуры среды распространения. Инфракрасные датчики работают в невидимом для глаза диапазоне, но реагируют на тепловое излучение и имеют размеры большие чем у матриц, работающих в видимом диапазоне. Датчики, основанные на электромагнитных волнах СВЧ диапазона, немного дороже ультразвуковых и инфракрасных и не реагируют на некоторые объекты с определёнными конструктивными особенностями. К примеру, СВЧ-датчик не отреагирует

на тонкий объект из диэлектрика. Все вместе эти датчики не дают какой-либо конкретной картины об окружающей области и всего лишь напоминают движение на ощупь в темноте. Более комплексную картину можно получать при помощи лидаров или видеокамер. Первые являются хорошими средствами получения информации об окружающей среде и применяются на борту гугл-мобилей. Однако их стоимость очень высока и соизмерима со стоимостью самого автомобиля. Видеокамеры обходятся несколько дешевле, однако требуют немалые вычислительные мощности и сложные алгоритмы.

При всём вышесказанном можно утверждать, что видеокамеры являются оптимальным вариантом системы для локальной ориентации, т.к. покрывают необходимость комплексного восприятия рабочей сцены и при этом не являются такими финансово неподъёмными как лидары.

Рассмотрим архитектуру типичной промышленной СТЗ, изображённую на рисунке 1.

Рис.1 СТЗ
промышленного
применения

В структуру видеокамеры входят матричный приёмник изображения (МПИ), аналого-цифровой преобразователь (АЦП), контролер данных и модуль предварительной обработки (МПО), обычно реализуемый на программируемой логико-интегральной схеме (ПЛИС). Далее по интерфейсу приёмо-передачи данных происходит связь с компьютером, на котором обычно для этих целей устанавливается специальная карта видеозахвата.

Упрощенно принцип работы СТЗ заключается в следующем. Изображение, попадающее на фотоприемную матрицу, построчно считывается и оцифровывается линейкой АЦП или поэлементно считывается и оцифровывается одним высокоскоростным АЦП. Далее сигналы с АЦП передаются в контроллер видеокамеры. Контроллер передаёт их в МПО, а также управляет режимами работы фотоприемной матрицы и АЦП. МПО в свою очередь может выполнять задачи предварительной обработки изображения. Но главная задача МПО – это преобразование данных для передачи по какой-либо специальной линии связи, такой как GigEVision, CameraLink, USB 3.0 Vision, FireWire или другой. В свою очередь со стороны компьютера должна быть установлена специальная карта захвата видео (или по другому фреймграббер), поддерживающая необходимый интерфейс приёма и передачи видеоданных. Она уже обеспечивает в конце всей цепочки непосредственную связь видеокамеры с компьютером.

Такая архитектура обеспечивает всё необходимое для удовлетворительного функционирования СТЗ в задачах производства. МПО может связываться с контроллером посредством скоростного интерфейса периферии, оперативно менять конфигурацию видеокамеры и управлять режимом ее работы автоматически или по указанию оператора. Она позволяет легко управлять свойствами видеосигнала, такими как частота кадров, выделение области интересов, регулирование экспозиции и коэффициентов усиления сигнала. К этому можно добавить распределённое (удалённое) расположение видеокамеры и компьютера.

Однако подобная архитектура совершенно не приспособлена для решения задач, характерных для СТЗ мобильных роботов. В этих задачах нет предопределённой рабочей сцены и ожидаемых объектов, а освещённость может быстро меняться.

В связи с этим архитектура СТЗ претерпевает сильные изменения, по сравнению с СТЗ для промышленных задач, т.к. все компоненты системы расположены централизованно, исключается звено интерфейса связи и карты видеозахвата. Вычислительная система таким образом может быть замкнута напрямую с МПО. Исключая интерфейс связи и карту видеозахвата система избавляется от задержек, вносимых каналом связи между видеокамерой и компьютером и увеличивается пропускная способность в связи МПО-компьютер, так как не требуется упаковывать данные в пакеты и передавать их по линиям передачи данных на большие расстояния.

Анализ специализированной литературы [1,2] даёт информацию о типовой последовательности обработки изображений. Обработку изображений можно разделить на борьбу с шумами и искажениями и на сам анализ полученного полезного видеосигнала.

Любое изображение, которое выдаёт видеокамера, отличается от исходного изображения рабочей сцены до проецирования на МПИ. Это обусловлено

рядом факторов. Отправной точкой в описании вносимых неравномерностей и неоднозначностей, получаемой (оцифрованной) информации с МПИ являются колебания освещённости. Далее свет, отражённый от рабочей сцены проходит через оптическую систему видеокамеры, и тем самым изображение на данном этапе приобретает различные искажения, вызванные не идеальностью этой системы. После прохождения свет проецируется на МПИ. Здесь можно упомянуть неодинаковость пикселей друг с другом и постоянных шумов в каждом из них. Далее информация с каждого пикселя оцифровывается блоком АЦП, который имеет свой собственный уровень шумов и нелинейности.

Все эти факторы необходимо учитывать и строить СТЗ, начиная с борьбы с искажениями и шумами. Сами по себе искажения могут быть сведены к минимуму хорошей оптической системой и по идее не играть значительной роли в обработке изображения, поэтому в данной статье эти вопросы не рассматриваются.

Отдельно стоит отметить момент устранения неоднородности, вносимой изменениями освещения рабочей сцены. Эти неоднородности проявляются в изменениях яркости и контрастности изображения. В современных МПИ имеется возможность управления качеством сигналов, получаемым с ячеек, путём изменения коэффициентов усиления или смещения уровней, а также управлением экспозицией.

После фильтрации шумов и устранения искажений обычно решаются задачи, непосредственно относящиеся к управлению всем мобильным роботом. Для передвижения без столкновения с окружающими предметами на этом этапе работы СТЗ необходима работа различных алгоритмов, таких как обнаружение препятствий, определение их геометрических параметров в рабочей сцене, прогнозирование относительно возможного перемещения препятствий в ближней и дальней зонах. На этом этапе применяются методы преобразования Фурье, выделения границ, морфологического анализа.

Рис.2 Архитектура
простейшей СТЗ

Предлагается несколько вариантов реализации СТЗ мобильного робота. Начнём с одной из самых простых архитектур, которая представлена на рисунке 2. В этой архитектуре изображение с камеры напрямую подаётся в компьютер. Компьютер анализирует получаемые изображения рабочей сцены и выдаёт управляющие сигналы в систему управления приводами робота. Стоит отме-

тить, что особенностью работы с большинством видеосигналов является обработка изображений в реальном времени, образуемая посредством одновременной работы с каждым пикселом. К сожалению, такая система ограничена по возможностям, так как на компьютер возложены все вычисления, которые сильно ограничены по времени, но никак не могут быть распараллелены аппаратными средствами. Поэтому логичным развитием будет добавление отдельно стоящего модуля обработки и фильтрации (МОФ) изображённый на рисунке 3.

Рис.3

Такой модуль должен выполнять значительное количество параллельных вычислений для обработки видео, поэтому он реализуется либо на цифровых сигнальных процессорах (ЦСП), либо на ПЛИС.

На такой модуль обычно возлагаются задачи обработки видео специальными фильтрами выделения границ (фильтры Собеля, Кэнни и другие), анализ освещённости, удаление шумов. МОФ выдаёт обработанные данные в компьютер, а компьютер уже детализирует анализ рабочей сцены. По результатам анализа компьютер может корректировать работу МОФ, а также формирует команды управления приводами. Это позволяет быстро менять свойства получаемого сигнала с видеокамеры, необходимые, к примеру, для распознавания образов или выделения областей интереса. На подобной архитектуре возможно реализация СТЗ на основе алгоритмов оптического потока.

Следующей архитектурой можно выделить СТЗ, основанную на принципе стереозрения. Принцип стереозрения заключён в том факте, что изображение рабочей сцены считывается двумя камерами, по аналогии с системой зрения у людей и животных. Если реализовывать это напрямую через компьютер, то возникают те же трудности, что и для одной видеокамеры. Поэтому предлагается так же применить специальный МОФ.

Но стереозрение должно работать одновременно с двумя видеосигналами и по этим видеосигналам определять препятствия на пути следования робота. Таким образом необходим модуль обработки стереоизображения (МОС). Так же не стоит забывать о необходимости перекрёстных связей между МОФ каждой видеокамеры и связей синхронизации изображения. Архитектура СТЗ, построенной на принципе стереозрения изображена на рисунке 4.

Рис.4

Реализация в «железе» выглядит и как в едином исполнении в виде одного ЦСП или ПЛИС, либо возможен вариант в распределённом виде, состоящем из нескольких микросхем. Вариант с одной микросхемой конструктивно проще, вся обработка происходит внутри одной микросхемы, что сильно облегчает реализацию, однако этот вариант ограничен возможностями вычислительного ядра. Вариант с несколькими микросхемами является резервным, он сложнее, так как потребует специальных конструктивных решений, а также решения вопросов взаимодействия и согласования работы отдельных микросхем. Но в свою очередь он более гибок и структурно детерминирован.

Таким образом проведенный анализ показывает, что разработка СТЗ мобильного робота требует многоуровневого подхода к разработке и чёткого разделения задач, выполняемые узлами обработки видеосигнала.

Список используемых источников:

1. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. М.: Горячая линия-Телеком, 2009.
2. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. СПб.: Вильямс, 2004. 928 с.
3. Бойков В.И., Сергеев К.А., Рубанова А.А. Бортовая система управления колесного робота с двумя независимыми колесами // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2010. №8. С. 59-64.
4. Гридин В.Н., Титов В.С., Труфанов М.И. Адаптивные системы технического зрения. URL: http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_1779985
5. Грузман И.С. Цифровая обработка изображений в информационных системах. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. 352 с.
6. Блинников А.А., Бойков В.И., Спорягин А.В. Коррекция искажения перспективой в системе технического зрения // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2013. Т. 56. № 4. С. 89-93.