

СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЛИЦА ЧЕЛОВЕКА В КАДРЕ

В. Г. Ляликова, М. М. Безрядин, А. К. Шатаев

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 11.07.2017 г.

Аннотация. Рассмотрен метод Виолы-Джонса обнаружения лица человека. Разработан программно-аппаратный комплекс, позволяющий при помощи поворотной usb-камеры поддерживать положение лица человека в кадре. Поворотная usb-камера реализована на основе аппаратно-вычислительной платформы Arduino.

Ключевые слова: обнаружение лиц, метод Виолы-Джонса, платформа Arduino, поворотная usb-камера.

Annotation. The method of Viola-Jones face detection is considered. Designed hardware and software system that allows using usb-rotatable camera to maintain the position of the human face in the frame. The rotary usb-camera is realized on the basis of the Arduino hardware-computing platform.

Keywords: face detection, method Viola-Jones, platform Arduino, rotary usb-camera.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в мире огромной популярностью пользуются приложения и программы, при помощи которых можно совершать видео-звонки в любую точку мира. Достаточно иметь доступ в интернет и камеру, и уже можно проводить различные видеоконференции, совещания, мастер-классы и т. д. Однако из-за подобной простоты вытекает и существенный минус. Пользователи, проводя такие трансляции самостоятельно, должны не забывать сохранять своё положение в кадре, что не всегда удается.

Производители usb-камер предлагают следующие решения данной проблемы. Либо удержание лица человека в кадре посредством масштабирования изображения, либо удержание за счёт демонстрации изображения на неполный угол обзора камеры, в случае необходимости происходит расширение угла до максимального значения. Существенными минусами первого способа являются потеря качества из-за масштабирования изображения и ограниченное действие «корректировки» – только в центре изображения. К недостаткам второго способа

относятся изначальное ограничение возможностей камеры, недостаточность расширения угла для качественной поддержки лица в кадре.

Также в настоящее время известно небольшое число проектов, где разработчики предлагают различные реализации поворотных usb-камер. Например, в [1]–[2] предлагается реализовать поворотный механизм камеры с помощью платформы Arduino и библиотеки компьютерного зрения OpenCV, а в [3] с помощью Arduino и системы Matlab. К недостаткам данных работ можно отнести отсутствие компактности и плавности перемещения полученных камер. Также в [2] камера обнаруживала не лицо человека, а какой-то определенный объект.

В связи с этим, можно сделать вывод, что решение описанной выше проблемы является актуальной задачей. При этом важно, чтобы usb-камера, которая смогла бы сохранять положение лица человека в кадре была доступной, компактной, простой в исполнении и надёжной.

Целью работы является разработка программно-аппаратного комплекса, позволяющего обычной usb-камере в режиме реального времени обнаружить и сохранить положение лица человека в кадре.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Для решения данной задачи необходимо решить следующие проблемы:

1. Исследовать алгоритмы, которые применяются для обнаружения лица человека в видеопотоке, выбрать наиболее подходящий и реализовать его.

2. Изучить вопросы, связанные с реализацией аппаратной части, то есть определить каким образом сделать обычную usb-камеру поворотной.

Задача обнаружения лица ставит перед собой цель локализации, определения и выделения лица на видео. На данный момент существует множество алгоритмов обнаружения лиц с очень высокими результатами [4]. При этом одним из лучших по соотношению показателей эффективность локализации лица/скорость работы является алгоритм Виолы-Джонса [5,6]. Данный алгоритм достаточно устойчив к поворотам изображения (около 20 градусов), обладает крайне низкой вероятностью ложного обнаружения лица.

Данный метод основан на усилении простых классификаторов (каскадов), т. е. задача обнаружения (распознавания) лица решается путем комбинирования примитивных «слабых» классификаторов в один «сильный».

Признак, используемый для анализа изображения можно представить следующим образом:

$$\text{Feature(особенность)} = \{T, O, S\},$$

где T – тип признака; O – координата левого верхнего угла признака; S – размер признака по горизонтали и вертикали в пикселях.

Суть алгоритма заключается в том, что используются признаки (рис. 1), которые суммируют пиксели из прямоугольных регионов.

Величина каждого признака вычисляется как сумма пикселей в белых прямоугольниках, из которой вычитается сумма пикселей в черных областях. Вычисляемым значением такого признака будет: $F = X - Y$, где X – сумма значений яркостей точек, закрываемых светлой частью признака, Y – сумма значений яркостей точек, закрываемых темной частью признака. Для их вычисления используется интегральное представление изображения

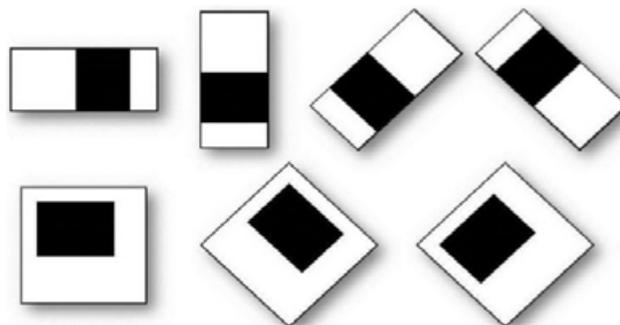


Рис. 1. Различные типы признаков

[7], которое позволяет быстро рассчитывать суммарную яркость произвольного прямоугольника на данном изображении.

Реализация аппаратной части задачи подразумевает ее доступность, компактность, простоту в исполнении и надежность. Всем этим критериям удовлетворяет комплекс Arduino [8, 9].

Arduino является аппаратно-вычислительной платформой, основным компонентом которой является печатная плата ввода/вывода с отдельным процессором и памятью. Данная платформа пользуется огромной популярностью во всем мире благодаря удобству и простоте языка программирования, а также открытой архитектуре и программному коду [8]. Программирование происходит через собственную программную оболочку на языке C++, дополненным некоторыми библиотеками. Основные преимущества платформы Arduino заключаются в следующем:

- Большое количество доступных вариантов в линейке Arduino с возможностью выбора наиболее подходящего готового контроллера из большого списка устройств, имеющих в широких пределах варьируемые параметры.
- Наличие плат расширения, предназначенных для увеличения функционала и выполнения конкретизированных технических задач без необходимости самостоятельного проектирования дополнительной периферии.
- Полностью адаптированная для конечного пользователя среда программирования.
- Свободная бесплатная лицензия на устройства и ПО.
- Существует полный русский перевод языка Arduino.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ

Для реализации поставленной задачи сначала необходимо осуществить поворотный механизм для usb-камеры, для чего была выбрана плата Arduino Uno, плата расширения Arduino Sensor Shield и два сервопривода (один перемещал камеру в проекции оси X, а другой в проекции оси Y). По техническому оснащению Arduino Uno идеально подходит для проектирования различных мехатронных систем и роботов. Данная платформа имеет 14 цифровых вход/выход, 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки [9]. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством USB кабеля. На рис. 2. представлен общий вид платы.

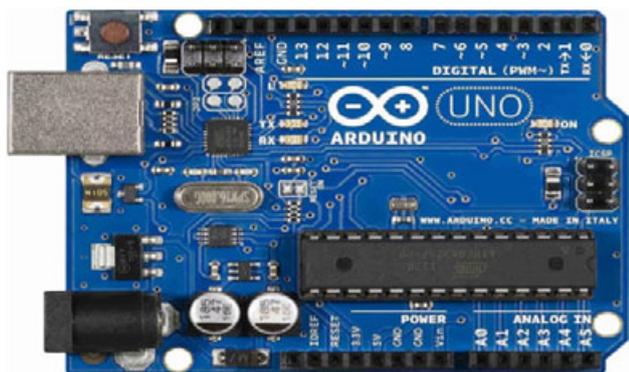


Рис. 2. Общий вид платы Arduino Uno

Сервопривод необходим для точного управления параметрами движения камеры. Получая на входе значение управляющего сигнала, сервопривод стремится поддерживать это значение на выходе своего исполнительного элемента [10]. Для осуществления поворота в двух плоскостях один двигатель был прикреплен на вал, перпендикулярно другому. Такая конструкция позволила вращать камеру в горизонтальной плоскости, а сервопривод, на котором она закреплена, – вертикальной.

Сервопривод имеет встроенный потенциометр, который соединен с выходным валом. Поворотом вала, сервопривод меняет значение напряжения на потенциометре. Плата анализирует напряжение входного сигнала и сравнивает его с напряжением на потенциометре, исходя из полученной разницы, мотор будет вращаться до тех пор, пока не выровняет напряжение на выходе и потенциометре [11].

Плата расширения Arduino Sensor Shield использовалась для подключения через стандартные интерфейсы сервоприводов к платформе Arduino Uno. Данная плата является пассивной и служит для удобного подсоединения датчиков и модулей. Для дальнейшего ее использования в программе запомнились номера разъемов, с которыми соединены сервоприводы.

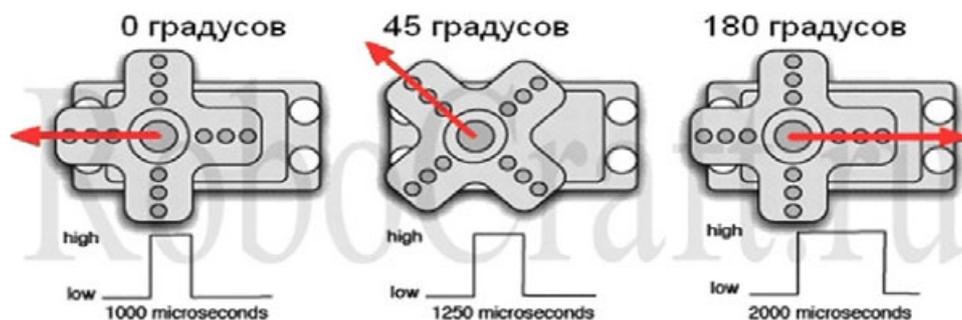


Рис. 3. Зависимость угла поворота выходного вала от входного сигнала



Рис. 4. Схема подключения сервоприводов

Подключение сервоприводов к Arduino представлено на рис. 4 и осуществлялось следующим образом: черный провод к GND, красный провод к 5V, желтый к аналоговому выводу.

Далее, чтобы получить изображение с камеры, обнаружить и определить положение лица, использовалась библиотека OpenCV. Данная библиотека является самой популярной среди алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом на C/C++ [12]. Библиотека OpenCV предоставляет пользователю удобные утилиты для работы с камерой, а также утилиты для обнаружения объектов на изображении, в том числе алгоритм нахождения лиц Виолы-Джонса [13].

Таким образом, сначала получалось изображение с камеры с помощью стандартных функций, затем с помощью алгоритма Виолы-Джонса определялись координаты лица на изображении.

Алгоритм сканирования окна для определения положения лица следующий:

1. С камеры получено изображение, для него выбрано окно сканирования, выбраны необходимые признаки;

2. Последовательное движение окна сканирования по изображению с шагом в 1 ячейку окна;

3. Вычисление около 200.000 вариантов размещения признаков за счет изменения их масштаба и положения в окне сканирования

4. Последовательное сканирование для различных масштабов;

5. Изменение масштаба не самого изображения, а сканирующего окна (изменение размера ячейки);

6. Передача обнаруженных признаков на вход к классификатору, принимающему решение.

В связи тем, что связь с платой Arduino происходит через последовательный порт, который производит передачу только 8 бит, передача координат лица на изображении осуществлялась в два этапа:

1. Перевод координат из 16-ти битной переменной в две 8-ми битные.

2. Передача двух 8-ми битных чисел на плату Arduino для дальнейшего использования.

После того, как получены текущие координаты лица, происходит их сравнение с заданными координатами. На основе полученных данных изменялось положение сервоприводов, т.е. происходил поворот камеры.

В результате был разработан программно-аппаратный комплекс, представленный на рис.5. В качестве usb-камеры использовалась экшн-камера со следующими характеристиками видеосъемки: максимальное разрешение – Ultra HD (3840x2160), частота кадров – 30 кадров в секунду, угол обзора – 170 градусов.



Рис. 5. Программно-аппаратный комплекс

Для подтверждения качества работы полученного комплекса проводились экспериментальные исследования при следующих условиях. В кадре присутствовал один человек, угол поворота изображения не больше 30 градусов, помещение освещено равномерно. Таким образом, если пользователь во время проведения видеозвонка, удалялся за пределы видимости камеры, то камера поворачивалась в его сторону так, что лицо человека всегда находилось в центре кадра.

Также проводился эксперимент с присутствием двух человек в кадре. В связи с тем, что обнаружение лиц происходило попеременно (в разные периоды времени) камера стремилась сохранить в кадре последнее обнаруженное лицо.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом работы является программно-аппаратный комплекс, позволяющий сохранять положение лица человека в кадре. Комплекс может использоваться для проведения конференций, совещаний, мастер-классов и видеозвонков с любой камерой, подключаемой посредством usb. При этом желательно, чтобы освещение в помещении было максимально равномерное, чтобы исключить ложноположительные срабатывания обнаружения лица человека в кадре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обнаружение и отслеживание лиц с помощью Arduino и OpenCV. – Режим доступа <http://www.instructables.com/id/Face-detection-and-tracking-with-Arduino-and-OpenC/>
2. Обнаружение и отслеживание объектов. – Режим доступа <http://www.instructables.com/id/OBJECT-DETECTION-AND-TRACKING-USING-OPENCV-VISUAL-/>
3. Робот, отслеживающий лица в реальном времени с помощью Arduino. – Режим доступа: <http://www.instructables.com/id/Real-Time-Face-Tracking-Robot-With-Arduino-and-Mat/>
4. Анализ существующих подходов к распознаванию лиц. – Режим доступа <https://habrahabr.ru/company/synesis/blog/238129>.

Ляликова В. Г. – канд. физ.-мат. наук, преподаватель кафедры ERP-систем и бизнес процессов, факультет прикладной математики информатики и механики, Воронежский государственный университет.
E-mail: vikalg@yandex.ru.

Безрядин М. М. – канд. физ.-мат. наук, преподаватель кафедры математического обеспечения ЭВМ, факультет прикладной математики информатики и механики, Воронежский государственный университет.
E-mail: maickel@yandex.ru.

Шатаев А. К. – студент кафедры ERP-систем и бизнес процессов, факультет прикладной математики информатики и механики, Воронежский государственный университет.
E-mail: shataev-oskol@mail.ru

5. Viola P. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features / P. Viola, M. J. Jones // Proceedings IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, 2001. – 206 с.

6. Viola P. Robust real-time face detection / P. Viola, M.J. Jones // International Journal of Computer Vision, 2004. – №2 . – С. 137–154.

7. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера, 2005. – 1072 с.

8. Arduino.: Официальный сайт Arduino в России. – Режим доступа <https://arduino.ru/>

9. Arduino: Материал из Википедии свободной энциклопедии. – Режим доступа <https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino>

10. Сервопривод: Материал из Википедии свободной энциклопедии. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Сервопривод>

11. Сервомашинки. – Режим доступа: <https://robocraft.ru/blog/mechanics/240.html>.

12. OpenCV: Материал из Википедии свободной энциклопедии. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/OpenCV>.

13. Метод Виолы-Джонса (Viola-Jones) как основа для распознавания лиц. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/133826>.

Lyalikova V. G. – Candidate of Physics-math. Sciences, the department of ERP-systems and business processes of faculty Applied Mathematics, Informatics and Mechanics of the Voronezh State University.
E-Mail: vikalg@yandex.ru.

Bezryadin M. M. – Candidate of Physics-math. Sciences, Associate professor, the department of Mathematical Support of electronic computing machines, the Faculty of applied mathematics, information science, and mechanics, the Voronezh State University.
E-Mail: maickel@yandex.ru.

Shataev A. K. – student the department of ERP-systems and business processes of faculty Applied Mathematics, Informatics and Mechanics of the Voronezh State University.
E-mail: shataev-oskol@mail.ru