

УДК 004.424.4

И. А. ПРОЦЕНКО, А. В. ЖЕЛТУХИН*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина***РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ БЕСКОНТАКТНОЙ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ**

Разработана структурная схема автоматизированной бесконтактной системы идентификации личности, состоящая из микроконтроллера, USB Hub'a, 3-х веб-камер, сенсорного дисплея, Wi-Fi адаптера, магнитолы, звуковой сирены, блоков измерения температуры, освещенности и относительных ускорений, оперативной памяти, карты флеш-памяти, блока питания, драйвера CAN-шины, USB-интерфейса и часов реального времени. Проведен расчёт скорости потока данных с веб-камеры через USB Hub к микроконтроллеру. В результате поток передаваемого потока данных с трёх веб-камер составляет 37 Мб/с, что является приемлемой нормой для обработки микроконтроллером и удовлетворяет скорости передачи USB.

Ключевые слова: идентификация личности, 3D изображение, автомобиль.

Введение

С каждым годом (примерно на 22,9% в год) стремительно растет рынок биометрических технологий. Сюда входят сканеры радужной оболочки глаза, сканеры отпечатков пальцев, технологии распознавания лиц и так далее. Аналитики компании Tractica считают, что данный рынок вырастет с 2,4 млрд долларов (в прошлом году) до 15,1 млрд долларов к 2025 году [1]. Среди тех респондентов, предприятия которых применяют или планируют применять биометрические технологии, наибольшей популярностью пользуется технология идентификации личности по радужной оболочке глаза, технологии идентификации по 2D и 3D-фотографии.

Именно поэтому эта тема является актуальной, о чём может свидетельствовать огромное количество статей в сфере бесконтактных систем идентификации личности. Например, в статье [2] разработана методика распознавания стороны лица на основе монокулярных цифровых изображений и стерео-оценка оценки его точности. Алгоритм в данной работе включает в себя: обнаружение лица, локализация черт лица, сегментация лица (или фона), оценка положения лица, преобразование изображения во фронтальный вид. Автоматическая сегментация лица (или фона) выполняется с помощью оригинальной техники вырезания графа, основанной на обнаруженных характерных точках.

В работе [3] представлены результаты проекта, направленного на оценку 2D и 3D алгоритмов распознавания лиц. В частности, были исследованы

возможности 3D-технологий преодоления типичных ограничений 2D-методов в неконтролируемых ситуациях.

Анализ существующих решений

Существует телеметрическая система контроля активного состояния водителя [4], содержащая связанные по радиоканалу приемник и два телеметрических датчика, а также блок обработки сигналов и управления, связанных с блоком индикации. Каждый датчик имеет электроды для обеспечения электрического контакта с кожей водителя, которые подключены к аналого-цифровому преобразователю, выход которого подключен к передатчику с антенной. Один из датчиков выполнен с возможностью установки на запястье, а второй - на пальцы руки водителя. Передатчики обоих телеметрических датчиков и приемник выполнены с возможностью передачи и приема индивидуальных сигналов от каждого из телеметрических датчиков. Блок обработки сигналов и управления выполнен с возможностью суммирования сигналов от обоих датчиков в режиме реального времени.

Недостатками данной системы являются его низкие эксплуатационные качества, связанные с тем, что присоединение элементов датчика на теле приводит к неудобствам для человека, а также ограниченные функциональные возможности.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является устройство для предотвращения сна водителя за рулем [5], содер-

жашее установленную на транспортное средство (ТС) видеоканеру, постоянно направленную на водителя ТС, микропроцессор, блок памяти и систему предупреждения водителя ТС об опасности развития усталости и засыпания за рулем.

Недостатком такого устройства является высокая вероятность ложного срабатывания, а соответственно, недостаточное количество параметров, оценивающих состояние водителя.

Постановка задачи

В основу разработки 3D системы идентификации личности поставлена задача усовершенствования автоматизированной системы контроля путем введения рационального формирования и размещения блоков (структурная схема на рис. 1), новому алгоритму их работы (рис. 2, а также детализирован алгоритм тестирования оборудования на рис. 3, детализирован алгоритм идентификации и состояния водителя на рис. 4, блок принятия решения на основе полученных данных на рис. 5, идентификация водителя и настройка параметров на рис. 6), расширения функциональных возможностей.

Система идентификации предусматривает поэтапное выполнение следующей последовательности действий:

- сканирование субъекта идентификации (одно или большее количество измерений биометрической характеристики со считывающего устройства);
- преобразование полученных о субъекте данных в пригодную для использования цифровую форму, извлечение индивидуальной информации;
- формирование по заданному алгоритму индивидуального идентификатора для рассматриваемого субъекта;

- сравнение текущего идентификатора с базой данных (либо с данными всех пользователей, либо только определенного, в случае наличия дополнительной информации о субъекте).

Результат

Исходя из постановки задачи, была построена структурная схема на рис. 1, которая состоит из микроконтроллера, USB Hub'a, 3-х веб-камер, сенсорного дисплея, Wi-Fi адаптера (допускается не устанавливать), магнитолы, инфракрасной подсветки (ИК подсветка) звуковой сирены, блоков измерения температуры, освещенности и относительных ускорений, оперативной памяти, карты флеш-памяти, блока питания, драйвера CAN-шины (через которую можно осуществлять управление дверьми ТС, ABS, кондиционером, иммобилайзер, регулировка зеркала заднего вида, кресла водителя), USB-интерфейса и часов реального времени.

Система состоит из микроконтроллера, который предназначен для выполнения функций контроля и управления системой, принимает информацию с различных датчиков, обрабатывает ее в соответствии с заданным алгоритмом и выдает команды на исполнительные устройства.

CAN-шина (Controller Area Network) – стандартная системная шина автомобиля, через которую происходит обмен данными между ее различными агрегатами (ABS, HDC, ASR...). Подключение нашей системы к ней осуществляется через драйвер CAN-шины, который предназначен для согласования работы микроконтроллера с протоколом CAN-шины, а также обеспечения получения информации о состоянии и управлении данных агрегатов автомобиля.

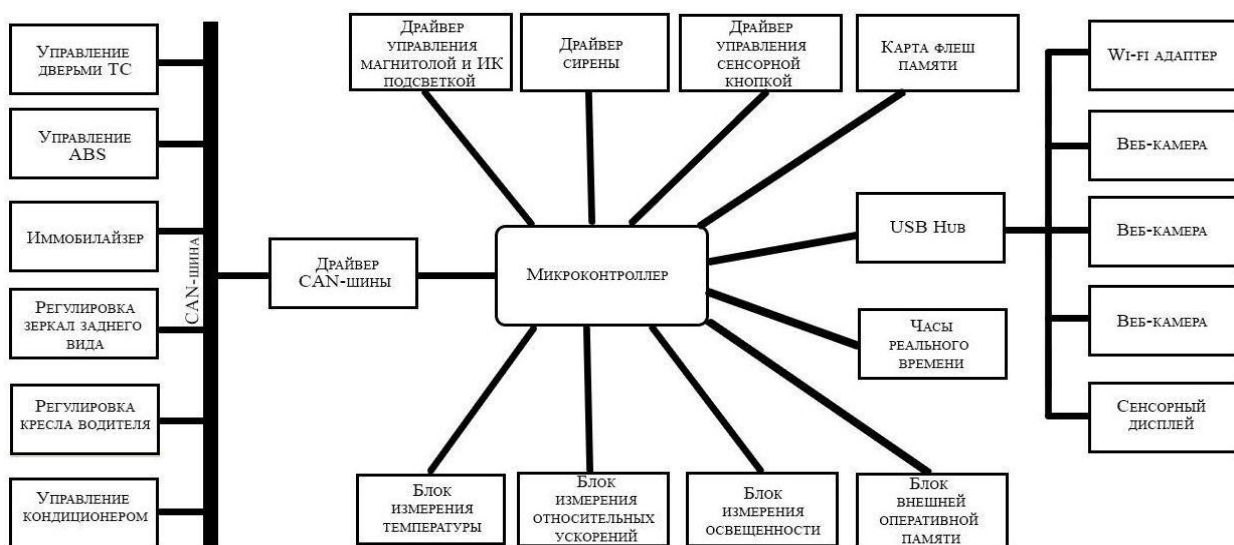


Рис. 1. Структура автомобильной системы безопасности

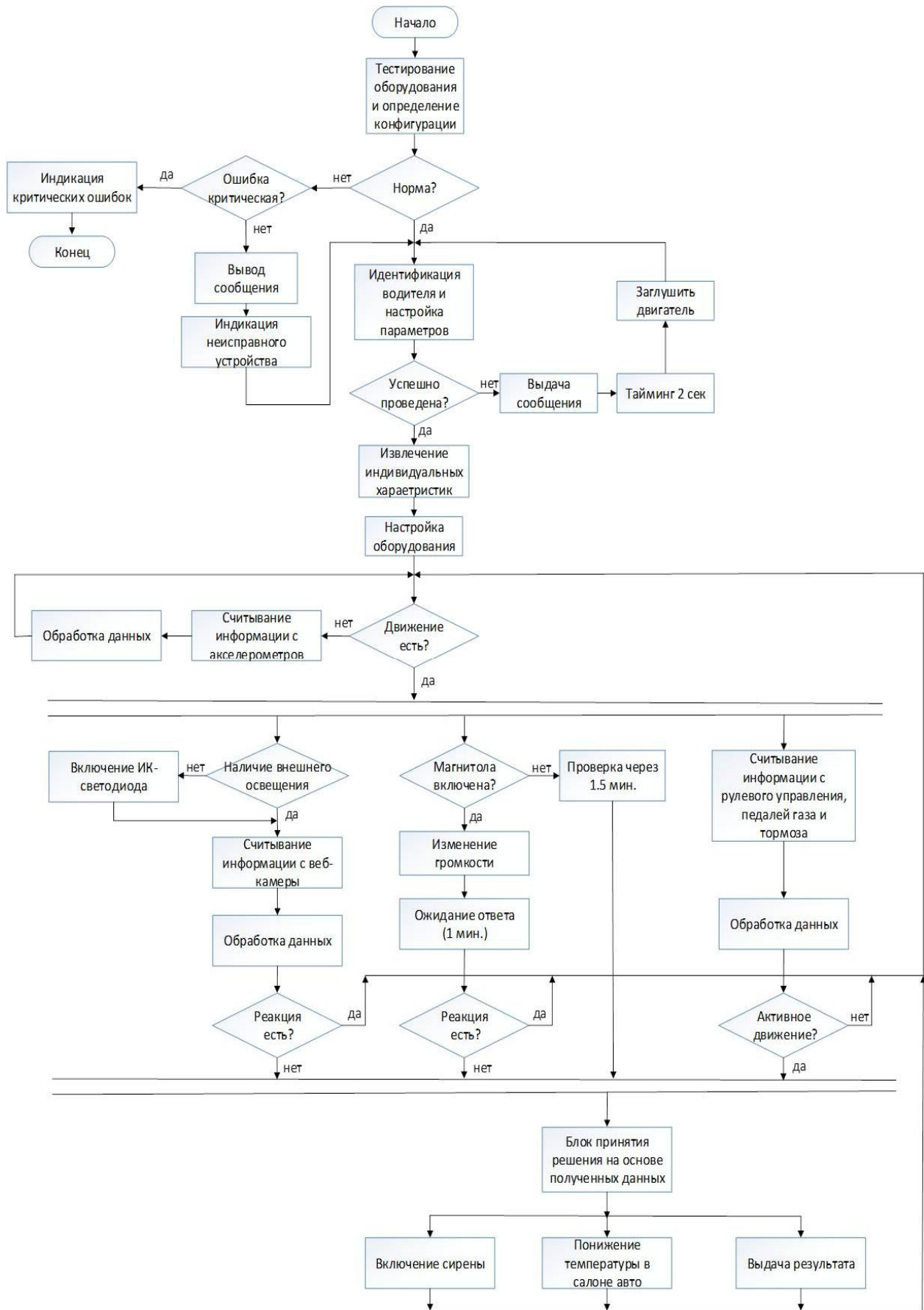


Рис. 2. Алгоритм работы автоматизированной бесконтактной системы идентификации личности

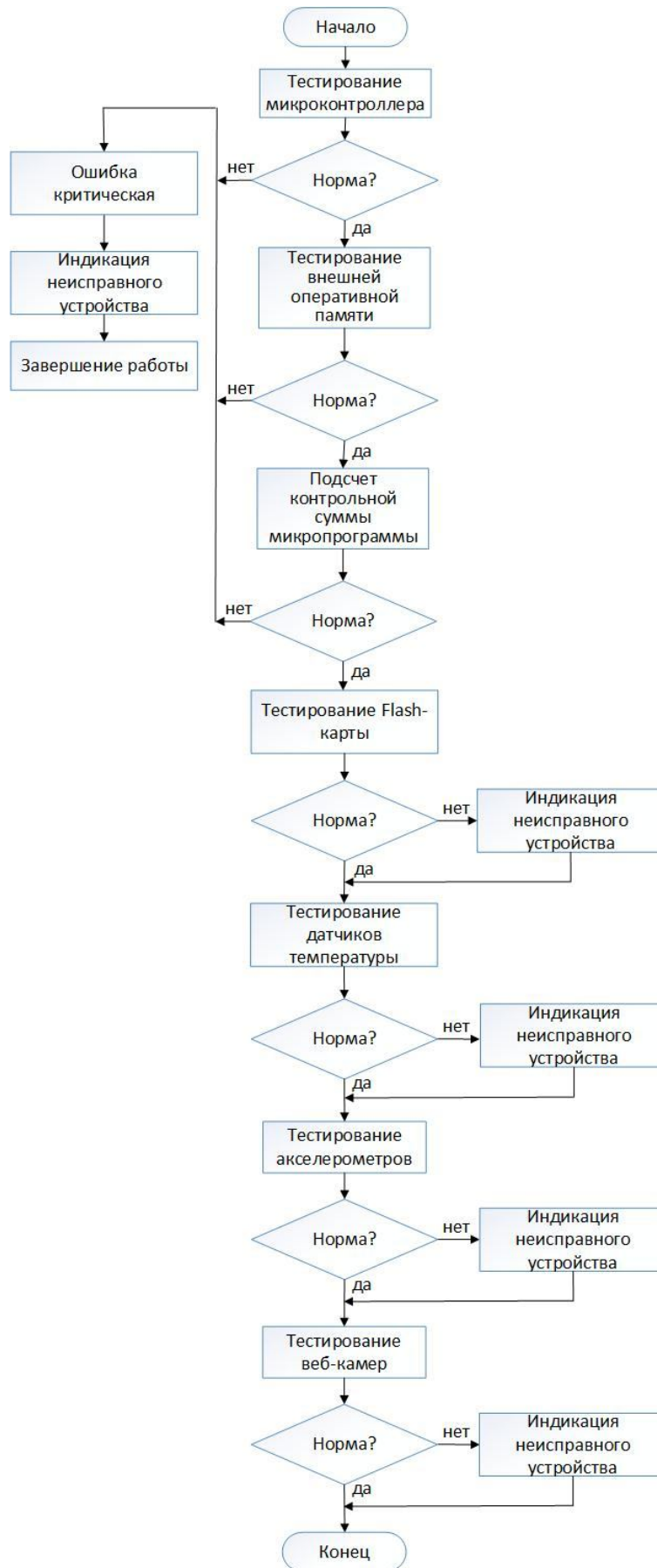


Рис. 3. Детализация алгоритма тестирования оборудования



Рис. 4. Детализация алгоритма идентификации и состояния водителя

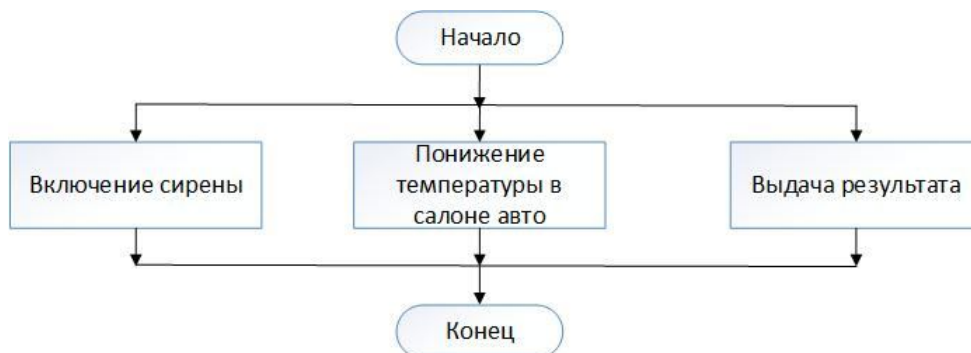


Рис. 5. Блок принятия решения на основе полученных данных

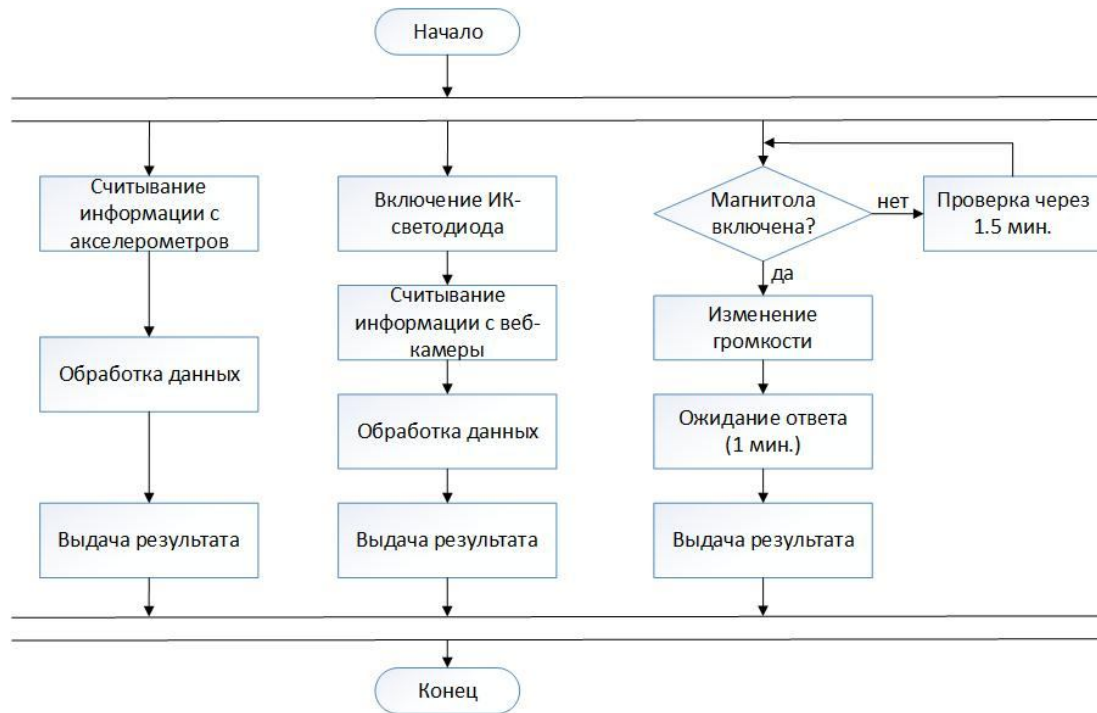


Рис. 6. Идентификация водителя и настройка параметров

Для распознавания лица водителя используются стандартные 3 веб-камеры, которые подключены через USB Hub. С помощью данных камер происходит генерация 3D модели лица водителя и сравнение с ранее занесенными в базу системы. Стандартные веб-камеры осуществляют преобразование снимка водителя, в том числе и зрачка, с определенной периодичностью. Веб-камеры располагаются на зеркале заднего вида в салоне.

Wi-Fi адаптер подключается к USB Hub, его установка не обязательна – на усмотрение водителя. Данное устройство актуально, если необходимо разместить веб-камеру на длительном расстоянии (более 5 м), например, на грузовом автомобиле на заднем бампере для отслеживания дорожной ситуации, так как проводка кабеля будет непрактичной. Соответственно, данная веб-камера должна поддерживать Wi-Fi интерфейс.

Далее приведено описание блоков обработки из алгоритма работы автоматизированной бесконтактной системы идентификации личности (рис. 2). После успешной идентификации производится извлечение индивидуальных характеристик и настройка оборудования. При помощи акселерометров определяется факт начала движения (движется автомобиль или нет) и система переходит в основной цикл работы.

Если транспортное средство не движется в течение 3 минут и больше при включенном двигателе, система находится в режиме ожидания движения.

В определенные промежутки времени система

обрабатывает данные, полученные от акселерометров. Примером может послужить ситуация, когда водитель в зимний период прогревает двигатель перед поездкой или же остановился отдохнуть, при этом, не выключая двигатель, чтобы согреться. До 3-х минут водитель может находиться во время остановки перед светофором, перед железнодорожным переездом, в дорожной «пробке».

В случае движения автомобиля система получает и обрабатывает данные с: веб-камеры (реакция на внешнее освещение или ИК-светодиод), магнитолы (реакция на звук), определение стиля вождения (рулевого управления, педалей газа и тормоза).

Система обрабатывает три потока данных в течение 5 с. Для организации многопоточности организованы временные слоты с временным интервалом 30 мс. Из них, в соответствии с требуемым временем во временном слоте, 4 с необходимо для обработки изображения веб-камерой, 0,0002 мс – данных с магнитолы, 0,5 мс – данных с рулевого управления, педалей газа и тормоза.

При наличии активного стиля вождения, остальные параметры являются информативными (реакция на внешнюю освещенность, реакция на звук). В случае пассивного движения (хорошая длинная автомагистраль, водитель едет с круиз-контролем, не меняя скорости направления движения) система задействует уточняющие признаки для анализа. Звуковая сирена включается при пассивном движении и отсутствии реакции на информативные параметры. В случае определения замедления реакции –

стимулируется состояние водителя с помощью климат-контроля (изменяется температура салона автомобиля, при которой, водителя не клонит ко сну). Также происходит определение плавного съезда на обочину, при этом нужно обратить внимание на факт торможения водителем, если его нет – принимаем действия (включение звуковой сирены).

Проведен расчёт скорости потока данных с трех веб-камер через USB Hub к микроконтроллеру по формуле 1.

$$V = R * f * n, \quad (1)$$

где R – разрешающая способность веб-камеры,

f – частота,

n – количество камер.

При расчётах было учтено, что необходим поток данных, который бы удовлетворял скорости передачи информации USB (например, High Speed – 480 Мбит/с). Также необходимо учитывать размер передаваемой служебной информации.

При выборе частоты съемки веб-камерой необходимо принимать во внимание возможности обработки потока данных микроконтроллером. Нет необходимости в съемке большого количества кадров в секунду, так как человек имеет реакцию не быстрее, чем 0,3с. Соответственно, частота съемки 5 кадров в секунду является вполне достаточной, чтобы идентифицировать человека с помощью 3 веб-камер с разрешающей способностью 640×480 пикселей.

В результате поток передаваемого потока данных с 3 веб-камер составляет 37мб/с, что является приемлемой нормой для обработки микроконтроллером и удовлетворяет скорости передачи USB.

Для настройки и добавления нового пользователя используется сенсорный дисплей, который расположен на приборной панели и подключен к USB Hub. Чтобы добавить нового пользователя, владельцу необходимо ввести индивидуальный код (pin-код) для входа в систему настройки и посадить нового субъекта перед системой для занесения изображения в базу данных. После чего новый пользователь может отрегулировать параметры удобства (положение кресла, зеркал и т. д.) и система их запомнит для данного пользователя. С такой же легкостью владелец может удалить доступ, ранее занесенному субъекту. Владелец может внести до 7 новых пользователей.

Предложенная система взаимодействует с иммобилайзером (специальное электронное охранное устройство, которое искусственно нарушает нормальную работу одной или нескольких систем автомобиля, необходимых для его движения). Обычно это системы зажигания и подачи топлива.

При успешной идентификации водителя авто-

мобиля микроконтроллер отправляет сигнал-разрешение через CAN-шину на иммобилайзер, который разрешает завести транспортное средство.

Данный метод имеет ряд преимуществ, так как в качестве распознаваемого системой ключа (карточка-метка, определенный код, который нужно набрать) выступает сам человек, что исключает вероятность потери ключа, кражи, использования его другим человеком. Кроме того, это защита и от физического угона. Наверняка всем знакомы случаи, когда преступники внезапно нападают на водителя, выкидывают его из машины (после успешной разблокировки) и уезжают. С данной системой распознавания угнать автомобиль будет практически невозможно. Это объясняется тем, что идентификация происходит с определенной периодичностью. Как только система проведет следующий этап распознавания водителя – автомобиль остановится.

Для трекинга состояния водителя необходим накопитель в виде флеш-памяти (USB-накопитель, либо SD-карты) достаточно большого объема. Карта памяти или флеш-карта (SD, microSD) используется для хранения цифровой информации, переданной с веб-камеры. Интенсивность записи зависит от предполагаемого уровня усталости водителя. Если водитель находится на предельном уровне усталости (засыпания), то частота записи изображений будет равна 70 кадров/мин, чтобы зафиксировать каждое из его состояний (моргание, закрытие век, размер зрачка). В обычном же состоянии – 10 кадров/мин.

Известно, что ширина зрачка в широких пределах меняется при изменении внешней освещенности в видимом диапазоне спектра, обращая на это внимание человека, а на излучение ближнего ИК-диапазона человек практически не реагирует. Поэтому происходит непроизвольное расширение зрачка и фиксация взгляда при появлении в поле зрения водителя ИК-луча. Инфракрасная подсветка, которой управляет драйвер ИК-светодиода, подсвечивает зрачок в определенные интервалы времени, не отвлекая водителя. Подсвеченное изображение зрачка оцифровывается веб-камерой и в виде снимка передается микроконтроллеру для обработки. Фактический имеющийся снимок сравнивается с предполагаемым и принимается решение по состоянию водителя. Если сравниваемые снимки равны между собой – состояние нормальное, в противном случае – состояние возможной усталости, подтверждение которого можно получить при помощи дополнительного ряда косвенных параметров (анализ стиля вождения и время реакции на внешние раздражители).

Для создания комфортных условий водителю в различных ситуациях (степень его усталости) используется микроклимат в салоне автомобиля.

Управление системой климат-контроль осуществляется так же, как и всеми агрегатами автомобиля – через стандартную CAN-шину, соответственно, нашей системе потребуется драйвер CAN-шины для того, чтобы подключиться к этому интерфейсу и иметь возможность управлять климат-контролем.

Для поддержания бодрости и работоспособности водителя в салоне автомобиля необходимо формировать комфортные условия, а именно – температурный режим, с помощью термодатчиков, расположенных в салоне автомобиля в различных зонах. Внутри автомобиля термодатчики находятся: в верхней зоне (на уровне головы водителя), в средней зоне (в передней панели), в нижней зоне (в зоне ног). Расположение датчиков в различных зонах обусловлено температурным градиентом (например, человек чувствует себя нормально, когда достаточно теплая температура в зоне ног и прохладная – в зоне головы).

Внешние датчики температуры используются для обеспечения более экономичной и комфортной работы системы климат-контроля. В случае низкой внешней температуры нерационально включать кондиционер в салоне автомобиля, достаточно брать заборный воздух для охлаждения салона.

Датчики освещенности измеряют интенсивность ослепления водителя от фар встречного автомобиля. В качестве датчика внешней освещенности используется фотодиод. Датчики расположены на передней части лобового стекла (на уровне глаз или чуть выше) для захвата большего радиуса обзора, так как водитель имеет разный рост и не постоянно находится в одном положении. При ослеплении датчика водитель ослеплен. Определив освещенность и сняв состояние зрачков (при изменении освещенности зрачок сужается, что соответствует нормальной реакции), оцифрованный сигнал передается микроконтроллеру, который получает информацию об изменении уровня освещенности и изменении диаметра зрачка, если они соответствуют друг другу – состояние нормальное, если нет – есть подозрения на ослепленность или другое неадекватное состояние.

Для работы управляющей программы, использующей распознавание образов водителя необходим достаточно большой объем оперативной памяти для временного хранения снимков (их обработки, сравнения), которой в микроконтроллере может физически не хватать. Размер оперативной памяти не менее 32 Мб, так как веб-камера с разрешением 1,3 Мп, если представлять один пиксель в виде байта (8 бит градация серого), в качестве формата сохранения изображения использовать RAW (без сжатия качества изображения), то размер снимка будет 1,3 Мб.

Кроме реакции на внешнюю освещенность осуществляется проверка водителя на внешние раздражители. Наиболее безопасным раздражителем, с точки зрения управления транспортными средствами, является изменения громкости магнитолы. Магнитола используется для создания внешнего раздражителя, препятствующего засыпанию водителя. Путем изменения уровня звука на некомфортный определяется уровень усталости водителя и измеряется примерное время реакции. Также в данном случае следует учитывать стиль вождения. Если водитель активно управляет автомобилем (резко крутит руль), а в это время увеличилась громкость звука и он никак не реагирует, то это вполне нормальное состояние. При отсутствии быстрой реакции на звук, в случае спокойного стиля вождения (прямой участок дороги с хорошим покрытием, без препятствий) – следует обратить внимание на состояние водителя. Стиль вождения определяется при помощи акселерометра, который измеряет качество дорожного покрытия, изменение скорости движения автомобиля, изменение ускорения (торможение, разгон) и изменение направления движения.

Выводы

При съемке 3D изображения система получает более информативную картину об объекте, исключая возможность несанкционированного доступа, используя обычную фотографию. Соответственно, это исключает возможность подделывания фотографий, повышает вероятность идентификации, уменьшает возможность ошибки.

Основное преимущество предложенной 3D системы в том, что она не требует жесткой фиксации взгляда и положения человека.

Сложность заключается в том, что необходимо обрабатывать очень большой объем информации с высокой точностью, а задача восстановления изображения лица требует довольно многопроцессорного времени.

На сегодняшний день, эта технология является наиболее перспективной, потому что позволяет идентифицировать личность с высокой вероятностью и при наличии соответствующей аппаратной поддержки может работать в режиме реального времени.

Литература

1. Рынок технологий биометрической идентификации вырастет за 10 лет в шесть раз [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ixbt.com/news/2017/02/06/rynok-tehnologij-biometricheskoj-identifikacii-vyrastet-za-10-let-v-shest-raz.html>. – 12.03.2017.

2. *Face pose recognition based on monocular digital imagery and stereo-based estimation of its precision [Text]* / V. Gorbatshevich, Yu. Vizilter, V. Knyaz, S. Zheltov // *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Riva del Garda, 23-25 June. 2014* – P. 257-263.

3. *A critical assessment of 2D and 3D face recognition algorithms [Электронный ресурс]*. – Access mode: http://pers.ge.imati.cnr.it/attene/PersonalPage/pdf/avss09_preprint.pdf. – 13.03.2017.

4. Пат. 2282543 *Российская Федерация, МПК7 В 60 К 28/06. Телеметрическая система контроля бодрствования водителя транспортного средства [Текст]* / Деминиенко В. В., Марков А. Г., Фомин Д. Г., Шанхарович В. М.; заявитель и патентообладатель Москва. ЗАО «Нейроком». – № 2005104304/11; заявл. 18.02.05; опубл. 27.08.06, Бюл. № 24. – 9 с.: ил. 2.

5. Пат. 2413633 *Российская Федерация, МПК7 В 60 К 28/06, В 60 R 1 / 00. Устройство для предотвращения сна водителя за рулем [Текст]* / Пилкин В. Е.; заявитель и патентообладатель Москва. Пилкин В. Е. – № 2010101263/11; заявл. 19.01.10; опубл. 10.03.10, Бюл. № 7. – 7 с.

References

1. *The market of biometric identification technologies will grow six times in 10 years*. Available at: <http://www.ixbt.com/news/2017/02/06/rynok-tehnologij-biometricheskoj-identifikacii-vyrastet-za-10-let-v-shest-raz.html> (In Russian), (accessed 12.03.2017).

2. Gorbatshevich, V., Vizilter, Yu., Knyaz, V. Zheltov, S. *Face pose recognition based on monocular digital imagery and stereo-based estimation of its precision. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Riva del Garda, 23-25 June, 2014, pp. 257-263.*

3. *A critical assessment of 2D and 3D face recognition algorithms*. Available at: http://pers.ge.imati.cnr.it/attene/PersonalPage/pdf/avss09_preprint.pdf (accessed 12.03.2017).

4. Palkin, M. V., Latypov, A. R., Khasanov, M. M., Baikov, V. A. *Telemetrycheskaya sistema kontrolya boдрstvovaniya vodiatelya transportnoho sredstva* [Vehicle driver's vigilance control telemetric system]. Patent RF, №. 2282543, 2006.

5. Pylykyn, V. E. *Ustroystvo dlya predotvrashcheniyya sna vodiatelya za rulem* [Device to prevent driver falling asleep]. Patent RF, №. 2413633, 2010.

Поступила в редакцию 12.02.2017, рассмотрена на редколлегии 16.02.2017

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ БЕЗКОНТАКТНОЇ СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИСТОСТІ

І. А. Проценко, О. В. Желтухін

Розроблено структурну схему автоматизованої безконтактної системи ідентифікації особистості, що складається з мікроконтролера, USB Hub'а, 3-х веб-камер, сенсорного дисплею, Wi-Fi адаптера, магнітоли, звукової сирени, блоків вимірювання температури, освітленості і відносних прискорень, оперативної пам'яті, карти флеш-пам'яті, блоку живлення, драйвера CAN-шини, USB-інтерфейсу і годинника реального часу. Проведено розрахунок швидкості потоку даних з веб-камери через USB Hub до мікроконтролера. В результаті потік переданого потоку даних з 3 веб-камер становить 37Мб/с, що є прийнятною нормою для обробки мікроконтролером і задовольняє швидкості передачі USB.

Ключові слова: ідентифікація особистості, 3D зображення, автомобіль.

DEVELOPMENT OF THE AUTOMATIC CONTACT SYSTEM OF PERSONAL IDENTIFICATION

I. A. Protsenko, A. V. Zheltukhin

A block diagram was developed, consisting of the microcontroller, USB Hub, 3 web cameras, touchscreen display, Wi-Fi adapter, radio tape recorder, sound siren, temperature measuring units, illumination and relative accelerations, RAM, flash memory cards, power supply, CAN bus driver, USB interface and real time clock. Approximate calculation of the data flow rate from the web camera via the USB Hub to the microcontroller is performed. As a result, the stream of transmitted data stream from 3 web cameras is 37mb/s, which is an acceptable norm for microcontroller processing and satisfies the USB transfer rates.

Keywords: identification, 3D image, car.

Проценко Игорь Анатольевич – студент кафедры компьютерных систем и сетей, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: i.protsenko@ukr.net.

Желтухин Александр Васильевич – старший преподаватель кафедры компьютерных систем и сетей, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: a.zheltukhin@mail.ru.

Protsenko Ihor Anatoliyovych – Student of Dept. of Computer Systems and Networks, National Aerospace University named after N. Ye. Zhukovsky “KhAI”, Kharkov, Ukraine, e-mail: i.protsenko@ukr.net.

Zheltukhin Aleksandr Vasylyevych – Senior Lecturer of Dept. of Computer Systems and Networks, National Aerospace University named after N. Ye. Zhukovsky “KhAI”, Kharkov, Ukraine, e-mail: a.zheltukhin@mail.ru.