

УДК 004.722

А.Д. Сачков, Д.А. Кобляков, Э.С. Соколова

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ИЗВЛЕЧЕНИЯ И АНАЛИЗА ВИДЕОПОТОКА ДАННЫХ С СЕНСОРНЫХ УСТРОЙСТВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

На основе выбранных аппаратных средств разработан программно-аппаратный комплекс по извлечению и анализу видеопотока данных с сенсорных устройств. Произведён анализ производительности и применимости полученного комплекса.

Ключевые слова: ADAS системы, платы видеозахвата, извлечение видеопотока.

В настоящее время развитие информационных технологий и вычислительной техники подталкивает людей к автоматизации повседневных задач и информатизации мира вокруг. Примерами тому являются различные системы - «умный дом», многочисленные интеллектуальные помощники, такие как Siri, Google Now, Amazon Echo и др.

Одним из передовых направлений является разработка систем помощи водителю, так называемых ADAS (Advanced driving assistance systems) систем: начиная от простых парктроников и заканчивая полноценными автопилотами. Разработка и внедрение в этой области алгоритмов и автоматизированных систем позволит достичь более высокого уровня безопасности и комфорта дорожного движения.

Основные компоненты любой ADAS системы – это датчики, осуществляющие наблюдение за обстановкой вокруг автомобиля, и блок анализа данных, который обрабатывает информацию с датчиков и генерирует соответствующие сигналы для автомобиля и водителя.

Существует большое количество различных датчиков, обладающих разными характеристиками и возможностями. Например, ультразвуковые датчики позволяют определить расстояние до близлежащих объектов, однако имеют крайне низкую дальность действия и не могут понять, под каким углом мы движемся к объекту, или определить скорость объекта. Ещё одним примером являются лидары – датчики, получающие информацию об окружающей среде с помощью активных оптических систем (в основном лазеров), использующих явления поглощения и рассеяния света. Лидары обладают высокой точностью, дальностью действия и не зависят от погодных условий (дождь, снег), однако являются сложными хрупкими устройствами с высокой стоимостью.

Несмотря на большое количество разнообразных датчиков, самыми доступными, универсальными и простыми остаются обычные камеры. Они позволяют получить изображения для распознавания на нём каких-либо объектов: дорожных знаков, пешеходов, дорожной разметки, а с помощью пары камер, так называемой стереокамеры, можно посчитать расстояния до окружающих объектов с достаточной точностью.

В качестве блока анализа данных можно использовать большое количество различных аппаратных платформ: обыкновенные персональные компьютеры, различные одноплатные компьютеры (Raspberry PI, Cubieboard) и микроконтроллеры (Texas Instruments), специальные платформы для разработок (NVIDIA Jetson).

В данной статье рассматривается разработка и построение программно-аппаратного комплекса для ADAS системы, основанного на использовании обыкновенного персонального компьютера и набора аналоговых камер.

Программно-аппаратный комплекс по извлечению и анализу видеопотока данных состоит из аналоговых видеокамер, платы видеозахвата и персонального компьютера (рис. 1).

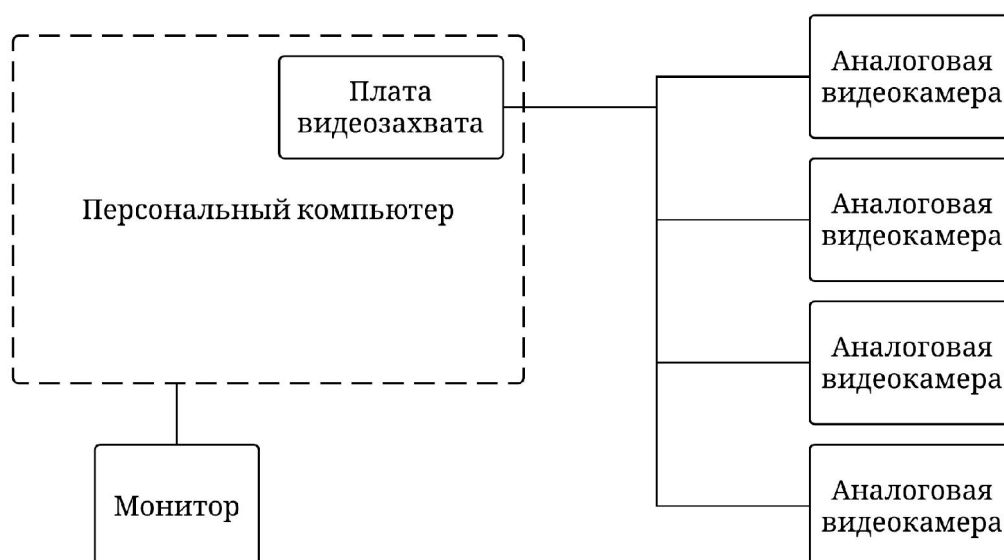


Рис. 1. Аппаратная структура комплекса

Аналоговые камеры, используемые в качестве сенсорных устройств при разработке программно-аппаратного комплекса, наиболее распространены и доступны и позволяют решать широкий спектр задач. При работе с ними требуется использование платы видеозахвата, представляющей собой электронное устройство (карта расширения PCI или PCI-E, либо USB-совместимая плата) для преобразования аналогового видеосигнала в цифровой видеопоток.

К сожалению, аналоговые камеры обладают довольно низким разрешением: самое высокое доступное разрешение такой камеры составляет 720 x 576 пикселей, что является недостаточным для распознавания далеко расположенных объектов. Проблема решается использованием аналоговых камер, поддерживающих новый формат AHD (Analog High Definition), позволяющий по аналоговым каналам передачи данных передавать видеопоток в HD и FullHD качестве.

В ходе работы были опробованы два вида аналоговых камер: AHD и не-AHD, и две различных платы видеозахвата для выбранных камер. Для работы с не-AHD камерами использовалась плата видеозахвата EWG4208HF-E на базе 10-битных АЦП Techwell TW2867C, позволяющая оцифровывать до 8 видеопотоков с частотой до 30 кадров в секунду с возможностью получения сжатого и несжатого видеопотоков в разрешениях 4CIF (704 x 576 пикселей), CIF (352 x 288 пикселей), QCIF (176 x 144 пикселей). Для работы с AHD камерами использовалась плата видеозахвата Линия AHD 4x25 Hybrid, которая позволяет оцифровывать до 4-х видеопотоков в формате HD (1280 x 720 пикселей) с частотой до 100 кадров в секунду [2].

При выборе плат видеозахвата и поиску для них драйверов возникли сложности, приведшие к разработке собственных решений. В частности, для первой платы видеозахвата поиск драйвера был нетривиальной задачей, но вместе с драйвером поставлялся и SDK (Software Development Kit) – набор средств разработки, позволяющий создавать приложения для управления платой [1]. Например, был доступен такой функционал, как извлечение сжатого и несжатого видеопотоков с камер, извлечение отдельных кадров с камер, настройка частоты кадров и разрешения видеопотоков для каждой из камер в отдельности. При анализе документации, поставляемой с драйвером и набором средств разработки, описывающей доступный функционал и методы его активации, были обнаружены явные ошибки (например, несоответствие описанных и фактических параметров некоторых функций), а также отсутствие подробного описания механизма работы платы видеозахвата. В результате проделанной работы экспериментальным путем были определены некоторые

нюансы работы платы видеозахвата, а также разработан алгоритм взаимодействия с платой видеозахвата, включающий в себя:

1) вызов процедуры инициализации платы видеозахвата и получение дескрипторов камер для последующей работы с ними;

2) выделение буфера под кадр с камеры и конфигурация параметров видеозахвата: частота кадров, разрешение, формат видеопотока;

3) получение очередного кадра для обработки и его обработка. Оповещение о новом кадре происходит путём вызова драйвером заранее переданной ему функции-обработчика. Новый кадр при этом уже расположен в буфере, выделенном в предыдущем шаге.

Далее представлен небольшой фрагмент псевдо-кода, иллюстрирующего работу с платой видеозахвата:

```

1. char buffer[704 * 576]
2. void imageStreamCallback(void* frameData, int channelID) {
3.     // код обработки кадра с камеры №channelID
4. }
5. int main() {
6.     InitDSPS();
7.     HANDLE channel1 = ChannelOpen(1);
8.     RegisterImageStreamCallback(imageStreamCallback);
9.     SetImageStream(channel1, 30, 704, 576, buffer);
10.    // ...
11.    DeInitDSPS();
12. }

```

При работе с несколькими камерами функция-обработчик вызывается из драйвера последовательно, а значит, при обработке текущего кадра вносится задержка в обработку последующих кадров этой и других камер (рис. 2).

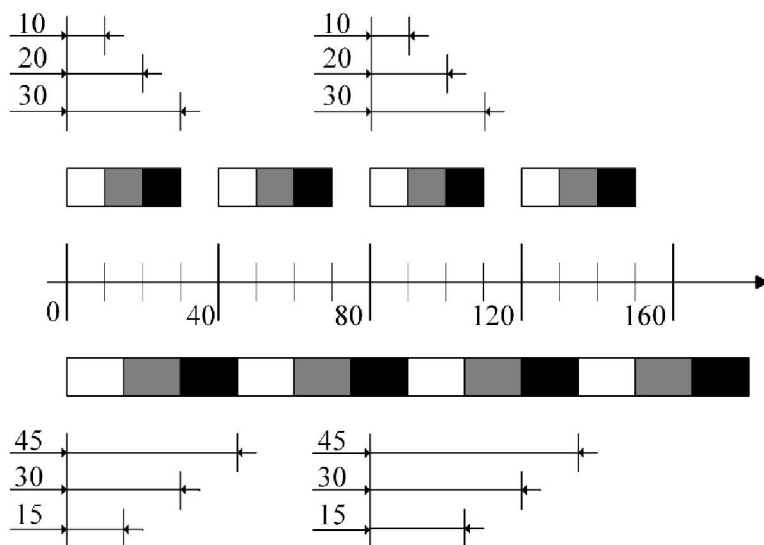


Рис. 2. Проблема задержек при работе с несколькими камерами

На рисунке прямоугольниками показано время работы функции-обработчика для кадра с каждой из трёх камер, кадры с разных камер выделены разным цветом. Очевидно, что есть некоторый предел по времени, которое может потратить функция-обработчик на один кадр. При усложнении функции-обработчика и увеличении затрачиваемого времени задержки будут расти с каждым новым кадром.

Опытным путём было выяснено, что при работе с несколькими камерами функция-обработчик вызывается для кадров с разных камер в случайном порядке. Например, для первого кадра функция-обработчик сначала будет вызвана для кадра с первой камеры, потом для кадров со второй и третьей камер. В следующий раз функция-обработчик будет вызвана сначала для кадра со второй камеры, а потом для кадров с первой и третьей камер. Данная ситуация изображена на рис. 3.

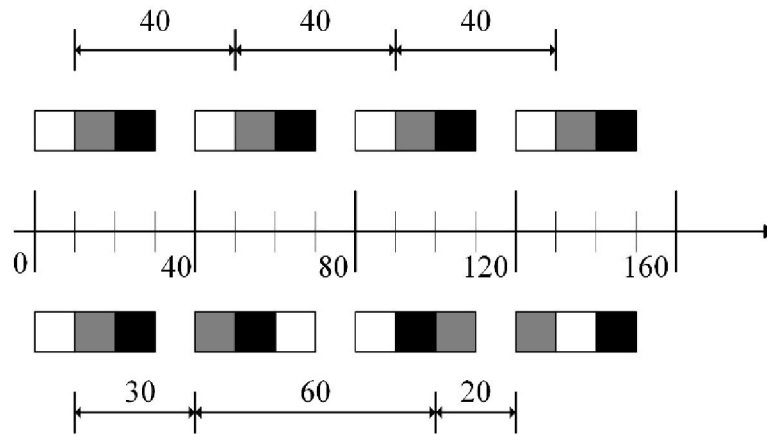


Рис. 3. Неопределённый порядок обработки кадров

Чтобы минимизировать задержки, влияние обработки кадров с одной камеры на обработку кадров с другой камеры, а также выровнять интервалы между соседними кадрами с одной и той же камеры, был реализован механизм многопоточной обработки видеопотоков (рис. 4).

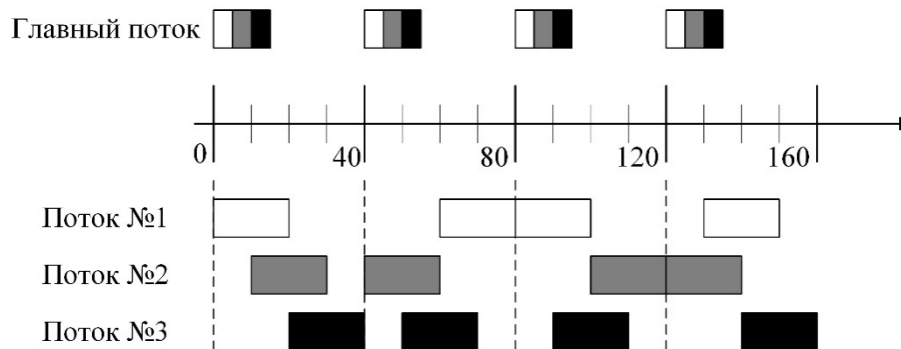


Рис. 4. Параллельная обработка видеопотоков

В данной ситуации функция-обработчик всего лишь оповещает соответствующий поток обработки о том, что очередной кадр получен с камеры и его нужно обработать. Отправка этих оповещений по-прежнему происходит последовательно для всех камер, но так как оповещение практически не занимает процессорного времени, проблема с задержками от последовательной обработки пропадает.

Ещё одна особенность платы видеозахвата – неравномерность интервалов между кадрами: в среднем временной интервал между соседними кадрами с одной камеры соответствует выбранной частоте кадров в секунду, однако отдельные кадры могут приходить гораздо раньше или наоборот гораздо позже, чем ожидалось (рис. 5).

На рис. 5 по горизонтальной оси отмечен временной интервал между кадрами в миллисекундах, а по вертикальной – количество раз, которое данный интервал встретился. Данные получены при обработке 4-х камер с частотой 30 кадров в секунду, статистика собрана для 1200 кадров с каждой камеры.

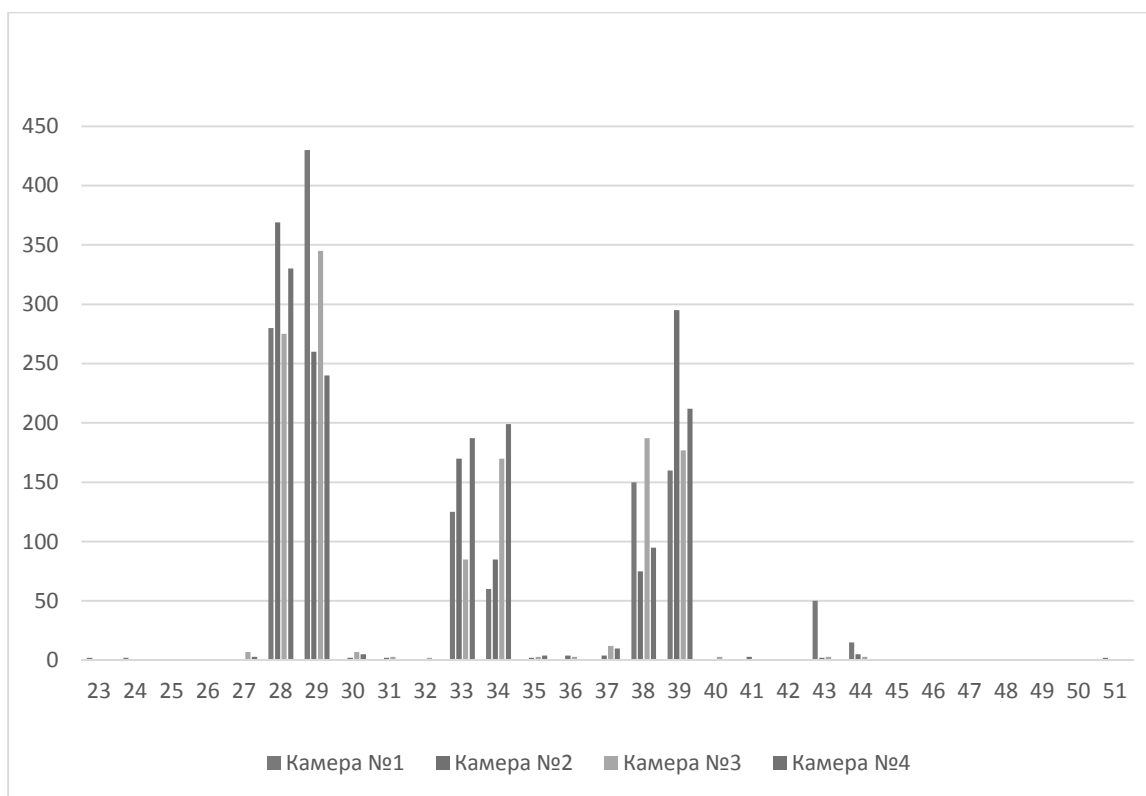


Рис. 5. Гистограмма временных интервалов между кадрами

Для работы с платой видеозахвата для АНД камер видеонаблюдения не было проблем с драйверами, так как они поставляются вместе с самим устройством, но существует проблема с SDK, которая заключается в полном его отсутствии в публичном доступе. Таким образом, обращаться напрямую к плате видеозахвата невозможно. Тем не менее, для решения этой проблемы был найден способ: ПО от производителя платы видеозахвата запускает локальный веб-сервер, через который можно получать видеопоток с камер, подключённых к плате видеозахвата.

В данном случае код приложения значительно упрощается, однако мы не имеем никакого контроля над процессом видеозахвата – получаемый видеопоток проходит слишком «длинный» путь от камеры до нашего приложения, из-за чего возникают большие задержки, на которые практически невозможно повлиять.

Эксперименты по замеру задержек показали следующие результаты: 200-300 мс для платы видеозахвата под АНД камеры видеонаблюдения и 100-200 мс для платы видеозахвата под не-АНД камеры.

Данные задержки несомненно являются значительными, если мы хотим решать задачи в масштабе реального времени или хотя бы в масштабе, близком к реальному времени. В частности, представим ситуацию: автомобиль движется со скоростью 50 км/ч, что приблизительно равно 15 м/с. Имея видеопоток с частотой 30 кадров в секунду (новый кадр приблизительно каждые 30 миллисекунд), получаем, что за один кадр автомобиль успеет проехать около полуметра. Соответственно, за 200 миллисекунд (около 7 кадров) автомобиль успеет проехать 3,5 метра – значительная задержка, которая будет заметна пользователю данной системы.

Таким образом, можно сделать вывод, что построение программно-аппаратного комплекса для реализации ADAS системы на основе аналоговых камер и плат видеозахвата возможно, однако стоит тщательно подойти к выбору платы видеозахвата: помимо технических характеристик важно обращать внимание на наличие драйверов, документации и каких-либо средств разработки. ПО, входящее в поставку с платами видеозахвата, необходимо только

для проверки работы платы, так как основная ниша, где они используются – это системы видеонаблюдения. Соответственно, в любом случае потребуется разработка своего собственного приложения для работы с платой видеозахвата: тут важно наличие средств разработки и документации, так как это позволит написать более производительное приложение, более точно сконфигурировать плату видеозахвата, лучше использовать её ресурсы и минимизировать задержки в извлечении видеопотока.

Библиографический список

1. DH_VEC Video Compression Card System SDK Manual (Windows) Ver: 2.1 Build0711 2012-07-11
2. https://devline.ru/plata_videozahvata/ - описание и характеристики платы видеозахвата Линия AHD 4x25 Hybrid

*Дата поступления
в редакцию 15.04.2018*

A.D. Sachkov, D.A. Koblyakov, E.S. Sokolova

DEVELOPMENT OF SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX OF EXTRACTION AND ANALYSIS OF VIDEO DATA FROM SENSORY DEVICES

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: Develop software and hardware stack to extract and analyze video data from sensory devices. Such stack is a base element of ADAS systems.

Approach: Analysis of embedded software to get maximal performance.

Findings: Developed software and hardware stack to extract and analyze video data from sensory devices which is capable to work in near real-time mode.

Value: Besides a lot of difficulties developing of software and hardware stack to extract and analyze video data from sensory devices based on analogue cameras and video-capture cards is possible.

Key words: advanced driver assistance systems, video capture cards, video stream extracting.