

Решение задач машинного зрения на базе гетерогенной платформы ГРИФОН

Пётр Галаган, Леонард Кузьминский, Алексей Сорокин

В статье приводятся материалы по эффективному применению вычислительных возможностей и организации параллельно-конвейерной обработки данных на примере системы обработки видео высокого разрешения в режиме реального времени на платформе ГРИФОН.

Пришёл, увидел, победил! (Veni, vidi, vici!)

Гай Юлий Цезарь о победе при Зеле над Фарнаком, сыном Митридата, 47 г. до н. э.

ВВЕДЕНИЕ

Машинное зрение (machine vision) — это обширный прикладной раздел междисциплинарной теории компьютерного зрения (computer vision), представляющий существенный потенциал для встраиваемых систем.

Машинное зрение как инженерная дисциплина находится на стыке нескольких областей, таких как компьютерное зрение, встраиваемые системы, базы данных, машинное обучение.

Среди многочисленных областей применения наиболее обширные внедрения наблюдаются в области промышленности и военных разработок по следующим направлениям:

- системы визуального контроля и управления;
- системы безопасности;
- системы виртуальной и дополненной реальности;
- технические средства высокой степени автономности, от пилотажно-навигационных подсистем боевой информационно-управляющей системы (БИУС) до полностью автономных роботизированных технических средств.

Одним из наиболее информативных и мощных каналов получения данных о видовых характеристиках объектов, имеющих прямое отношение к тактической обстановке или объекту контроля, является визуальный канал получения информации. По этой причине БИУС

той или иной единицы военной или специальной техники вне зависимости от типа базирования, как правило, имеет подсистему сбора, обработки, анализа и отображения информации об окружающей оперативно-тактической обстановке.

Мониторинг контролируемого пространства связан с идентификацией в реальном времени значительного количества разнообразных объектов, их классификацией и своевременным принятием по ним решений, поэтому задача совершенствования аппаратно-программных средств для работы с высокоинтенсивными потоками видеoinформации является весьма актуальной.

Для встраиваемых систем реального времени, использующих машинное зрение для распознавания объектов, особое значение приобретают производительность и скорость реакции. Производительность системы может быть оценена по количеству обрабатываемых в единицу времени видеокладов, скорость реакции — по временной задержке между поступлением на приёмник видеоклада и моментом принятия решения по данным с него. Показатели производительности такой системы также достаточно наглядны — так, например, задержки изображения объекта относительно реального прототипа будут хорошо видны наблюдателю.

Разработанная в компании ЗАО «НПФ «ДОЛОМАНТ» высокопроизво-

дительная гетерогенная вычислительная платформа (ВГВП) ГРИФОН [1] предназначена для решения задач с высокими требованиями к вычислительной мощности и большими объёмами анализируемой информации, она позволяет создавать высокопроизводительные БИУС, в том числе многоканальные системы обработки видео. В состав гетерогенной системы могут входить процессорные модули, графические ускорители, ускорители на основе ПЛИС, располагающиеся на межмодульной шине PCI Express. Для некоторых ресурсоёмких задач такое аппаратное решение может оказаться наилучшим, с точки зрения производительности, стоимости и гибкости [2].

Задачи компьютерного зрения предоставляют разработчикам большой простор для распараллеливания, например, входящие в состав вычислителей графические модули могут параллельно обрабатывать данные из нескольких видеопотоков, накладывать на один и тот же кадр различные фильтры, искать в кадре независимо друг от друга объекты различных типов и др. Структура потока данных в системе может существенно меняться на различных этапах обработки, от объёмных структурно-разнородных данных в разнообразных нестандартных форматах (видеопотоков от камер высокого разрешения) до небольших пакетов данных (сжатых на видеокarte кадров).

Таблица 1

Аппаратный состав гетерогенного вычислителя для обработки видео высокого разрешения

Наименование	Описание	Производитель	Внешний вид
CPC510	Модуль центрального процессора (Intel i7-3555LE 2,5 ГГц, 8 Гбайт ОЗУ DDR3L)	ЗАО НПФ «Доломант»	
FPU500	Модуль реконфигурируемого процессора на базе ПЛИС Xilinx Virtex-6 с ОЗУ ёмкостью 4 Гбайт	ЗАО НПФ «Доломант»	
VIM556-01	Модуль графического процессора (графическая карта NVIDIA Quadro K2100M, 2 Гбайт ОЗУ)	ЗАО НПФ «Доломант»	
KIC550	Модуль-носитель HDD-накопителя	ЗАО НПФ «Доломант»	
TB-FMCH-3GSDI2A	Мезонинный модуль ввода	Texas Instruments	
Компактная трансляционная камера Full-HD	Marshall CV360-CGB (Full HD 1920×1080p)	Marshall	

В гетерогенной системе при обработке каждого типа потока данных можно выбрать наиболее эффективную архитектуру. Например, для реализации ряда специальных прикладных алгоритмов или предварительной обработки нестандартных данных целесообразно использовать вычислитель на базе ПЛИС, для стандартной обработки видеопотоков — вычислители на базе графических процессоров, для решения задач контроля и принятия решений — вычислитель с центральным процессором.

Платформу ГРИФОН выгодно отличает от аналогов возможность построения на её базе параллельно-конвейерной системы за счёт поддержки между вычислителями соединений типа «точка–точка» через PCI Express-коммутатор. Богатый аппаратный состав платформы и гетерогенность её вычислительной среды позволяют достаточно эффективно и быстро организовать параллельно-конвейерную обработку. Идея использования гетерогенных вычислительных конвейеров заключается в выстраивании процесса обработки данных в цепочку. На каждом этапе такой цепочки (участке конвейера) с данными работает вычислитель с оптимальной для данного этапа аппаратной архитектурой. Своевременная загрузка конвейера новыми данными без накладных расходов на их пересылку позволяет организовать одновременную и слаженную работу всех вычислительных модулей.

Механизмы параллельно-конвейерной обработки являются признанным классическим методом повышения быстродействия систем обработки данных, и если структура данных и алгоритм позволяют распараллеливать задачу, это почти всегда повышает эффективность такой обработки.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Постановка задачи

Рассмотрим возможность организации параллельно-конвейерной обработки данных на платформе ГРИФОН на примере системы обработки видео высокого разрешения. Постановку задачи можно сформулировать следующим образом — требуется:

- в режиме реального времени принимать данные от двух камер разрешения 1920×1080;
- провести предварительную обработку кадров при приёме;

- применить к видеопотокам алгоритмы фильтрации и компьютерного зрения (поиск лиц, детектор движения, фильтр Собеля);
- отобразить полученный результат на мониторах;
- сжать видео кодеком MPEG-4;
- записать в режиме реального времени сжатое видео на жёсткий диск.

Состав вычислителя

Для решения поставленной задачи в состав гетерогенного вычислителя нами были включены:

- модуль центрального процессора CPC510, работающий под управлением Linux Ubuntu 14.04;
- модуль ПЛИС FPU500 с мезонинным модулем ввода TB-FMCH-3GSDI2A;
- модуль графического процессора VIM556;
- модуль-носитель HDD-накопителя KIC550 (табл. 1).

Организация взаимодействия между модулями вычислителя

Последовательность операций, которые требуется провести над видеопотоками, можно организовать в виде независимо работающего конвейера. Ви-

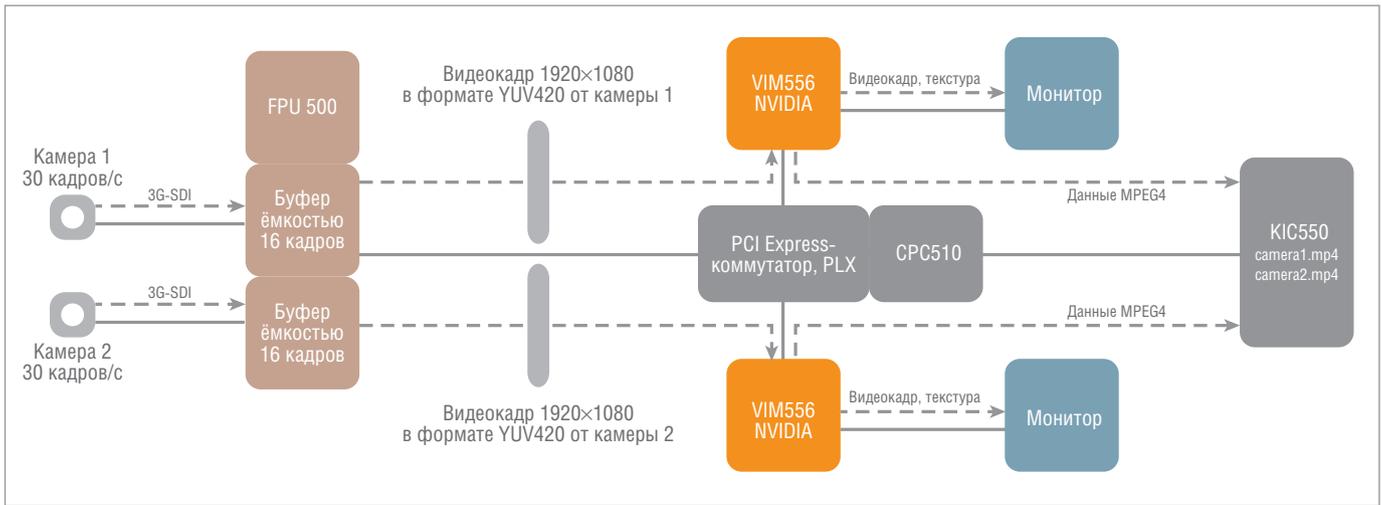
део потоки удобно обрабатывать в независимо работающих параллельных конвейерах (рис. 1).

Основная нагрузка по обработке данных при этом ложится на модули FPU500 на базе ПЛИС и VIM556 на базе графического процессора. Модуль центрального процессора CPC510 выдаёт только управляющие команды и не задействован непосредственно в обработке данных, что существенно снижает его загрузку, высвобождая ресурсы для выполнения других функций.

Каждый построенный для решения настоящей задачи конвейер включает в себя:

- блок управления входными данными, реализованный на модуле ПЛИС FPU500;
- графическую видеокарту VIM556;
- набор управляющих программных потоков, выполняющихся на процессорном модуле CPC510.

Блок управления входными данными на ПЛИС написан на языке VHDL, в нём можно выделить следующие основные части: блок приёма данных по протоколу 3G-SDI и их преобразования из формата YUV422 в формат YUV420, блок контроля и управления кольцевым



Условные обозначения: 3G-SDI – цифровой видеоинтерфейс для передачи телевидения высокой чёткости с прогрессивной развёрткой потоком до 2970 Мбит/с посредством одного коаксиального кабеля; FPU500 – модуль реконфигурируемого процессора на базе ПЛИС Xilinx Virtex; VIM556 – модуль графического процессора; KIC550 – модуль-носитель HDD-накопителя.

Рис. 1. Общая схема системы обработки видео высокого разрешения на базе ГРИФОН

буфером кадров, блок записи кадров в DDR-память модуля FPU500.

Реализацией алгоритмов компьютерного зрения в каждом видеопотоке занимаются вычислители VIM556, по одному на каждый поток. В их задачи входит проведение одной операции из списка: поиск лиц, детектирование движения, фильтрация Собеля. Результаты обработки видеоизображений вычислители сразу отображают на подключённых к ним мониторах, одновременно сжимая кадр встроенным в видеокарту аппаратным видеокодеком H.264 для подготовки его к отправке на жёсткий диск.

Управление конвейерами осуществляется приложением, выполняющимся на процессорном модуле CPC510. На обслуживание каждого конвейера в приложении выделено по 2 программных потока (нити), ответственных за контроль передачи данных и своевременное отображение кадров на графическом ускорителе.

Располагающийся на CPC510 коммутатор шины PCI Express Gen2 Switch

PLX8624 и входящий в комплект поставки платформы ГРИФОН специальный драйвер обеспечивают устойчивую связь между всеми модулями системы.

В данном примере механизмы прямого межмодульного взаимодействия в режиме «каждый с каждым» позволяют высвободить ресурсы центрального процессора и снизить нагрузку на основной транспортный интерконнект по шине PCIe, что на практике даёт возможность минимизировать время обработки кадра всем конвейером.

Рассмотрим подробнее последовательности операций на основных этапах каждого конвейера.

Входной кадр разрешением 1920x1080 поступает через мезонин ТВ-FMCH-3GSDI2A на вход блока приёма данных ПЛИС. В блоке приёма изображение преобразуется на лету из формата YUV422 в более легковесный YUV420 и размещается в выделенной области DDR-памяти модуля FPU500, организованной в виде кольцевого буфера ёмкостью 16 кадров по 3 Мбайт. DDR-па-

мять модуля FPU500 доступна для чтения и записи через PCI Express всем вычислителям системы. Данные поступают в кольцевые буферы со скоростью 30 кадров в секунду. Отметим, что производительность системы такова, что кадры вычитываются из кольцевых буферов быстрее, чем они поступают в систему, и в каждом кольцевом буфере в произвольный момент времени находится не более одного кадра.

Записав кадр размером 3 Мбайт в DDR, FPU500 генерирует прерывание на шине, после чего переходит к ожиданию новых видеоданных. Весь алгоритм первичной обработки занимает не более 16 мкс.

Прерывание, полученное по PCI Express от FPU500, обрабатывается на CPC510 управляющим программным потоком, который выдаёт команду на копирование кадра из DDR-памяти FPU500 напрямую на VIM556 через коммутатор PLX8624. Получив новое изображение, видеокarta производит на нём одну из следующих операций на выбор: поиск лиц (рис. 2), детектирова-

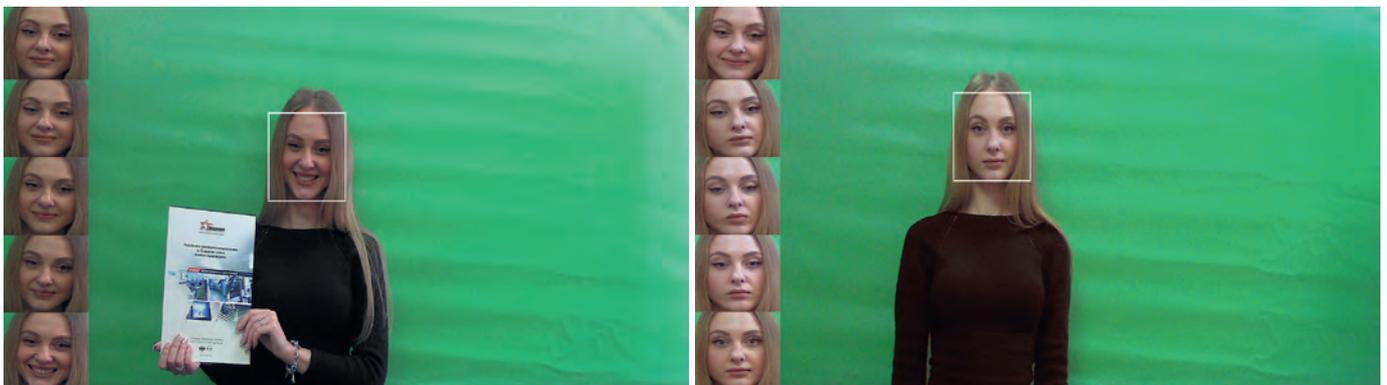


Рис. 2. Поиск лиц (кадры из транслируемого видеопотока)

«Умная» стойка для ЦОД и не только



AIC

AIC Smart Rack – модульная вычислительная платформа с функциями самодиагностики

- Минимум издержек на обслуживание: встроенные питание, охлаждение, управление
- Гибкость: большой выбор конфигураций слотов для поддержки многочисленных карт расширения
- Высокая производительность: поддержка до четырех процессорных систем
- Длительная доступность компонентов системы: 5 лет и более
- Универсальность: от систем начального уровня до крупных проектов
- Масштабируемость: законченная аппаратная платформа для различных решений – от 19" шасси до готовой системы хранения данных

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ AIC

PROSOFT[®]

МОСКВА

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru

С.-ПЕТЕРБУРГ

Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru

ЕКАТЕРИНБУРГ

Тел.: (343) 376-2820 • Факс: (343) 310-0106 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru

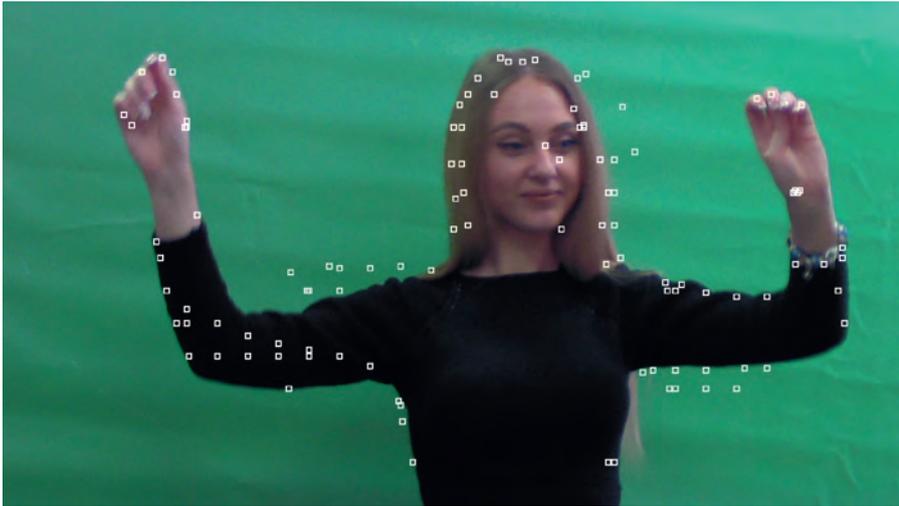


Рис. 3. Детектирование движения, кадр из транслируемого видеопотока. Движущиеся области изображения детектируются видеокарты, на них накладываются квадраты

ние движения (рис. 3) или фильтрацию Собеля (рис. 4).

Обработка изображений выполнена на CUDA с использованием функциональности библиотеки компьютерного зрения OpenCV: координаты лиц определяются методом Виолы-Джонса на основе каскадов Хаара [3, 4], при детектировании движения используются ре-

зультаты выполнения алгоритма выделения фонового изображения с помощью распределений Гаусса [5], алгоритм выделения границ основывается на результатах применения к изображению оператора Собеля.

Результат обработки сразу отображается на подключённом к видеокarte мониторе и подвергается сжатию с помо-

щью встроенного в VIM556 кодека H.264. Результат сжатия записывается в видеофайл в формате MPEG-4 на жёстком диске модуля KIC550.

Несмотря на широкие возможности библиотеки OpenCV, для вывода кадров с видеокарты сразу на дисплей применяются библиотеки OpenGL, GLEW и XLib. Кадры размещаются в областях памяти видеокарты типа «текстура», затем отрисовываются шейдерами на дисплее. Попытки использовать функции OpenCV для отображения приводили к излишним пересылкам кадров от VIM556 к CPC510 и обратно, что самым негативным образом сказывалось на производительности системы. По той же причине на CUDA пришлось реализовать функции рисования некоторых графических примитивов (прямоугольников). Контроль передаваемого по шине PCI Express трафика удобно производить с помощью PLX SDK, наглядно показывающего количество переданных и полученных байтов каждым устройством сети, а также скорости обмена.

Для сжатия видео встроенным в видеокарту кодеком используется NVIDIA



Рис. 4. Фильтрация Собеля, пример транслируемого видеопотока

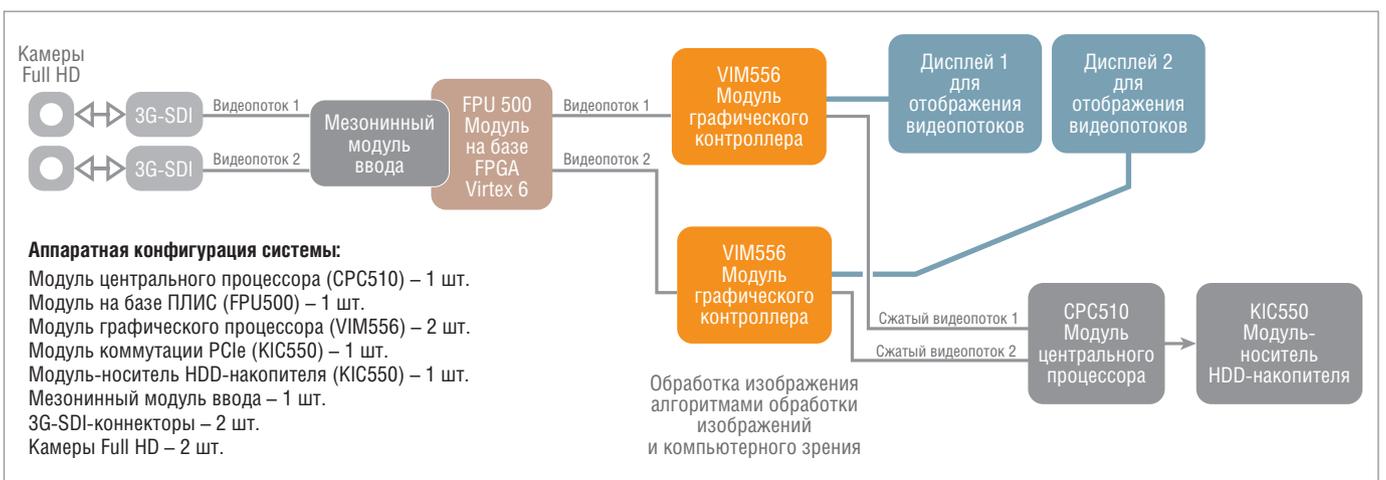


Рис. 5. Параллельно-конвейерная обработка данных на примере системы обработки видео высокого разрешения в режиме реального времени, построенной на базе ВГВП ГРИФОН

Таблица 2

Оценка конвейерной задержки			
Отображение и сжатие кадра с механизмом P2P	Передача кадра от FPU500 к VIM556	12 мс	16 мс
	Передача кадра декодеку для сжатия	4 мс	
Отображение и сжатие кадра без механизма P2P	Передача кадра от FPU500 к CPC510	12 мс	28 мс
	Передача кадра от CPC510 к VIM556	12 мс	
	Передача кадра декодеку для сжатия	4 мс	

Таблица 3

Модуль	Входящий поток данных, Мбайт/с	Исходящий поток данных, Мбайт/с
FPU500	–	178
VIM556 N1	89	1
VIM556 N2	89	1
CPC510	2	0,7

Таблица 4

Модуль	Входящий поток данных, Мбайт/с	Исходящий поток данных, Мбайт/с
FPU500	–	178
VIM556 N1	89	1
VIM556 N2	89	1
CPC510	180	178,7

Hardware Encoder SDK. Работа с кодом построена таким образом, что его входные буферы, предназначенные для загрузки кадров, располагаются в локальной оперативной памяти VIM556 (рис. 5). Любая излишняя пересылка данных по PCI Express, нарушающая принцип работы построенного конвейера, сразу приводила к простаиванию его элементов и резкому увеличению времени обработки кадра всей системой.

Производительность

Оценим основные характеристики построенных конвейеров: конвейерную задержку, пропускную способность, уровень загрузки ЦП.

Оценка конвейерной задержки

В табл. 2 показаны длительности основных этапов цикла обработки кадра, как вместе, так и без механизма «точка–точка» (P2P). Оценки были получены путём измерения длительности выполнения операций в управляющих потоках на процессорном модуле CPC510. Из приведённых данных видно, что реализованный в ГРИФОН механизм межмодульного взаимодействия позволяет значительно сократить величину конвейерной задержки. Действительно, при прямом обмене данными отпадает необходимость использовать процессорный модуль в качестве промежуточного звена передачи. Выигрыш от применяемого механизма «точка–точка» ещё более значителен, так как приведённые в таблице данные для режима «без PCIe P2P» не учитывают дополнительные временные затраты на пробуждение нитей на ЦП.

Величина задержки между моментом получения кадра 1920×1080 и его отображением на мониторе – менее 20 мс – подтверждает возможность построения на основе ГРИФОН систем видеотрансляции реального времени.

Оценка пропускной способности

Для оценки загруженности внутренней шины PCI Express нами использовался программный инструмент PLX SDK, показывающий потоки данных, проходящих через коммутатор PLX8624. Результаты мониторинга полностью соответствуют расчётным: из табл. 3 видно, что исходящие от FPU500 видеопотоки объёмом 89 Мбайт/с каждый поступают на соответствующие им графические модули VIM556. Размер видеопотока согласуется с размером кадров (3 Мбайт) и скоростью их выдачи (30 кадров/с).

После сжатия кадры направляются на ЦП, что подтверждается наличием небольших потоков данных от графических ускорителей к ЦП (табл. 3).

Для сравнения в табл. 4 приведены объёмы потоков данных при работе ВГВП без механизма «точка–точка». При отсутствии возможности прямого межмодульного обмена видеокадры

сначала попадают на процессорный модуль и лишь затем перенаправляются на графические ускорители.

Общая загрузка шины PCI Express не превышает 10% от максимально возможного значения.

Загрузка центрального процессора

При решении задачи обработки видео с помощью построенного конвейера центральному процессору необходимо только координировать работу входящих в состав ГРИФОН элементов – непосредственной обработкой данных CPC510 не занимается. В его функции входят выдача управляющих команд модулям на приём/передачу данных, управление кодом NVIDIA, управление выводом изображения на мониторы видеокарт, а также общий контроль работоспособности системы.

Оценки загрузки центрального процессора в различных режимах мы проводили с помощью приложения htop, результаты измерений показаны в табл. 5.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Преимущества использования гетерогенных конфигураций для решения ряда ресурсоёмких прикладных задач неоспоримы, а наращивание их применения является сегодня одним из трендов развития вычислительных систем.

При этом оценка характеристик производительности систем с гетерогенной вычислительной средой является пока нетривиальной задачей, ввиду отсутствия готовых универсальных нагрузочных тестов и разнообразия способов решения прикладной задачи в гетерогенной вычислительной системе.

Продемонстрированный пример позволяет оценить наиболее критичные, с точки зрения аспектов быстродействия и производительности, характеристики гетерогенной системы при организации параллельно-конвейерной обработки данных в условиях высокой нагрузки. Так, разработанное для гетерогенной платформы ГРИФОН тестовое программное обеспечение позволило оце-

Загрузка центрального процессора

Таблица 5

Режим работы системы	Загрузка процессорной платы CPC510, %
Трансляция и сжатие видео при наличии в системе только одного видеопотока	4,5
Трансляция и сжатие видео при наличии в системе двух видеопотоков	12,5
Трансляция, поиск лиц и сжатие видео в обоих видеопотоках	25

нить ряд ключевых характеристик: конвейерную задержку, пропускную способность и загрузку центрального процессора в условиях достаточно серьёзной нагрузки.

Полученные результаты решения задачи обработки потокового видео высокого разрешения подтверждают на практике эффективность реализованных в платформе ГРИФОН подходов к построению параллельно-конвейерной обработки в гетерогенной среде и наглядно демонстрируют основные преимущества:

- каждый вычислитель задействован на своём участке конвейера и обрабатывает только те данные, для которых его архитектура оптимальна;
- параллельная работа различных звеньев цепи вычислительного конвейера;
- минимизация конвейерной задержки за счёт межмодульного взаимодействия в режиме «каждый с каждым» или «точка—точка»;
- разгрузка основного транспортного интерконнекта;
- существенное снижение нагрузки на центральный процессор и экономия его ресурсов для решения других задач.

Следует отметить, что выстроенные конвейерные цепочки поддерживают прямое масштабирование задачи — при необходимости обработки дополнительных видеопотоков к системе подключаются дополнительные звенья вычислительного конвейера — вычислители FPU500 и VIM556. При этом полученные конвейеры не связаны между собой и работают параллельно, что определяет независимость значения конвейерной задержки системы для каждого потока. Увеличение же числа видеопотоков ведёт к увеличению суммарного объёма данных, обрабатываемых системой, что естественным образом приведёт к линейному росту уровня загруженности центрального процессора.

Разработанная в ЗАО «НПФ «ДОЛОМАНТ» высокопроизводительная гетерогенная вычислительная платформа ГРИФОН позволяет строить и эффективно применять гетерогенные вычислительные конфигурации не только для систем машинного зрения, но и для самого широкого спектра прикладных задач, в том числе для создания подсистем БИУС, вне зависимости от предъявляемых требований к надёжности и производительности. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Галаган П. Платформа ГРИФОН для решения задач встраиваемых систем специального назначения // Современные технологии автоматизации. — 2015. — № 4.
2. M. Alawieh, M.n Kasperek, N. Franke, J. Hupfer. A High Performance FPGA-GPU-CPU Platform for a Real-Time Locating System // 23rd European Signal Processing Conference (EUSIPCO). — Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS, Germany, 2015.
3. P. Viola and M.J. Jones. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features // Proceedings IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2001). — 2001.
4. P. Viola and M.J. Jones. Robust real-time face detection // International Journal of Computer Vision. — 2004. — Vol. 57. — No. 2.
5. P. KaewTraKulPong and R. Bowden. An Improved Adaptive Background Mixture Model for Real-time Tracking with Shadow Detection // In Proc. 2nd European Workshop on Advanced Video Based Surveillance Systems. — Sept 2001.

**Авторы — сотрудники
ЗАО «НПФ «ДОЛОМАНТ»
Телефон: (495) 232-2033**



ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»

ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ ОТВЕТСТВЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ



КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Контрактная сборка электронного оборудования

- ОКР, технологические консультации
- Макеты, установочные партии
- Полное комплектование производства, поддержание складов
- Серийное плановое производство
- Гарантийный и постгарантийный сервис

ЗАКАЗНЫЕ РАЗРАБОТКИ

Разработка электронного оборудования по ТЗ заказчика в кратчайшие сроки

- Модификация КД существующего изделия
- Разработка спецвычислителя на базе COM-модуля
- Конфигурирование модульного корпусированного изделия
- Сборка магистрально-модульной системы по спецификации заказчика
- Разработка изделия с нуля

• Опыт работы со спецсчетами и в рамках конкурсных процедур •

ТЕЛ.: (495) 739-0775

WWW.DOLOMANT.RU

Реклама

Высокоскоростные удлинители Ethernet с питанием по сигнальной линии

PoE-камера

IEEE 802.3at / IEEE 802.3af



Питание +48/55 В

Модель ED3538T – удлинитель Ethernet по VDSL с передачей питания по сигнальному кабелю

Модель ED3538R – удлинитель Ethernet по VDSL с питанием от сигнального кабеля и передачей PoE-питания конечному устройству

- ✓ Передача питания для обратного преобразователя и конечного устройства на расстояние до 1300 м
- ✓ Скорость передачи данных по технологии Ethernet-over-VDSL до 100 Мбит/с
- ✓ Передача до 30 Вт на конечное устройство по PoE
- ✓ Удлинение Ethernet по двухжильному кабелю на расстояние до 2200 м
- ✓ Работа при температурах $-40...+75^{\circ}\text{C}$

Характеристики моста ED3538T – ED3538R с включенным питанием по сигнальной линии

Дистанция между удлинителями (м)	Скорость передачи данных по VDSL (Мбит/с)	Мощность для конечного PoE-устройства (Вт)
300	100	30
600	60	14
800	45	9,5
1200	20	5

Характеристики моста ED3538T – ED3538R с автономным питанием каждого удлинителя

Дистанция между удлинителями (м)	Скорость передачи данных по VDSL (Мбит/с)	Мощность для конечного PoE-устройства (Вт)
1400	15	30
1600	10	30
1800	33	0
< 2200	13	0



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ ETHERWAN

PROSOFT[®]

МОСКВА Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru
С.-ПЕТЕРБУРГ Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru
АЛМА-АТА Тел.: (727) 220-7140/7141 • sales@kz.prosoft.ru • www.prosoft-kz.com
ВОЛГОГРАД Тел.: (8442) 260-048 • volgograd@prosoft.ru • www.prosoft.ru
ЕКАТЕРИНБУРГ Тел.: (343) 376-2820; 356-5111 • Факс: (343) 310-0106 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru
КАЗАНЬ Тел.: (843) 203-6020 • Факс: (843) 203-6020 • info@kzn.prosoft.ru • www.prosoft.ru
КРАСНОДАР Тел.: (861) 224-9513 • Факс: (861) 224-9513 • krasnodar@prosoft.ru • www.prosoft.ru
Н. НОВГОРОД Тел.: (831) 215-4084 • nnovgorod@prosoft.ru • www.prosoft.ru
НОВОСИБИРСК Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • Факс: (383) 230-2729 • info@nsk.prosoft.ru • www.prosoft.ru
ОМСК Тел.: (3812) 286-521 • Факс: (3812) 315-294 • omsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru
ПЕНЗА Тел.: (8412) 494-971; (958) 550-1133 • Факс: (8412) 494-971 • penza@prosoft.ru • www.prosoft.ru
САМАРА Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • info@samara.prosoft.ru • www.prosoft.ru
УФА Тел.: (347) 292-5216/5217 • Факс: (347) 292-5218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru
ЧЕЛЯБИНСК Тел.: (351) 239-9360 • chelyabinsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru