

А. А. Кондратьев, А. Ю. Беззубцев, А. В. Смирнов

## Применение распределенной системы обработки данных в задаче построения автоматизированной системы видеонаблюдения

Аннотация. Современные подходы к построению систем видеонаблюдения начинают все больше ориентироваться на автоматизацию. Статья описывает подход к построению автоматизированной системы видеонаблюдения на основе сенсоров, построенных с использованием микрокомпьютеров, и высокопроизводительного кластерного вычислителя, с помощью системы распределенной блочно-параллельной обработки данных. Описываемый подход основывается на возможности использования универсальных компонентов за счет применения микрокомпьютеров и оперативного расширения возможностей комплекса за счет применения программной системы обработки данных с модульным подходом. В отличие от других автоматизированных систем обеспечивается возможность доработки алгоритмов обработки и передачи данных. Блочный-параллельный подход организации алгоритмов обработки позволяет организовать масштабирование комплекса. В заключение представлены результаты экспериментальных исследований, а также основные выводы, положительные и отрицательные стороны подхода и разработанного комплекса.

*Ключевые слова и фразы:* распределенная системы, высокопроизводительного кластерного вычислителя, сенсорно вычислительный узел (СВУ), Raspberry Pi.

### Введение

Задача построения систем видеонаблюдения для обеспечения безопасности жизнедеятельности людей является актуальной в нынешнее время. Необходимость в развитии современных систем возникает как по причине различных негативных действий людей, так и по причинам случайного характера. Среди подобных случаев возможны как случаи терроризма, так и несоблюдения техники безопасности на предприятиях. Все больше систем на рынке видеонаблюдения предлагают автоматизировать процессы, для которых они предназначены, используя различные технические и программные средства. Разрабатываемые системы предлагают средства автоматического распознавания

людей [1], номеров, объектов, классификации событий. Ведутся разработки как в области совершенствования механизмов распознавания и классификации, так и механизмов передачи данных [2], сжатия [3] и распределенной обработки. Указанные решения отличаются по выполняемым задачам и уровню автоматизации, в них реализованной. Часть из них обеспечивает съемку и отслеживание объектов в кадре, а некоторые предлагают комплекс средств отслеживания пересечения границ, определения ситуации в кадре и др.

Подобные системы характеризуются несколькими особенностями, связанными с их устройством и особенностями работы [4]:

- (1) дороговизна оборудования. Сенсоры, которые обеспечивают получение информации являются сложными техническими устройствами, сочетающие в себе широкие возможности по получению данных в различных условиях окружающей среды, а также обладающие техническим и алгоритмическим обеспечением для отслеживания объектов;
- (2) узкая специализация. Существующие комплексы являются узкоспециализированными и предназначены для решения строго определенного спектра задач. Нет универсальных решений, которые могли бы использоваться повсеместно. Большинство решений имеет строгие требования к способу и месту установки;
- (3) несовместимость решений между собой. Необходимость достижения нескольких целей требует использования разных рыночных решений, которые не имеют возможностей для объединения и взаимодействия. Это вызывает необходимость в разделении этих систем и организации их независимой поддержки, что усложняет контроль и увеличивает издержки.

Указанные причины позволяют сделать вывод о перспективности создание системы, обладающей следующими ключевыми особенностями: одобные системы характеризуются несколькими особенностями

- (1) простота компонентов;
- (2) простота установки и поддержки;
- (3) универсальность;
- (4) возможность объединения с другими решениями (или использования компонентов от других систем).

Авторами предложена концепция системы видеонаблюдения, построенной на основе распределенной гетерогенной вычислительной сети (РВС), обеспечивающей обработку данных.



Рис. 1: Направленный граф

## 1. Система распределенной обработки данных

Любую задачу обработки данных, в том числе потоковых, обычно можно разделить на несколько независимых шагов (этапов), которые можно выполнять независимо друг от друга. Такие этапы могут быть представлены целыми алгоритмами или их отдельными частями. Например, задача поиска объекта на видеоряде может быть представлена следующими шагами: захват кадра, фильтрация шумов, коррекция яркости и контрастности, обнаружение объекта, сохранение результата. Эти действия образуют последовательность, которую в графическом виде можно представить направленным графом рис. 1. Подобных задач существует множество, при этом многие из них будут представлены нелинейным набором действий. В схемах могут встречаться как ветвления, так и объединения результатов.

0.8

Таким образом, задача обработки данных может быть представлена как задача «выполнения» графа, где каждая вершина представляет собой некоторые действия над данными (обработку), а связи определяют маршруты (каналы) их передачи.

При решении задачи обработки данных есть несколько важных особенностей:

- (1) обработка данных производится по мере их накопления в системе. В первую очередь приоритет отдается более поздним этапам обработки. Поэтому задача получения данных является наименее приоритетной во время высокой загрузки вычислительной системы. Это обеспечивает возможность получения актуальных данных при необходимости (захват кадра выполнится только при освобождении ресурсов) без их накопления;
- (2) этапы являются независимыми, в том случае, когда есть вся необходимая информация и ресурсы для его выполнения. Следовательно, многие этапы можно выполнять параллельно.

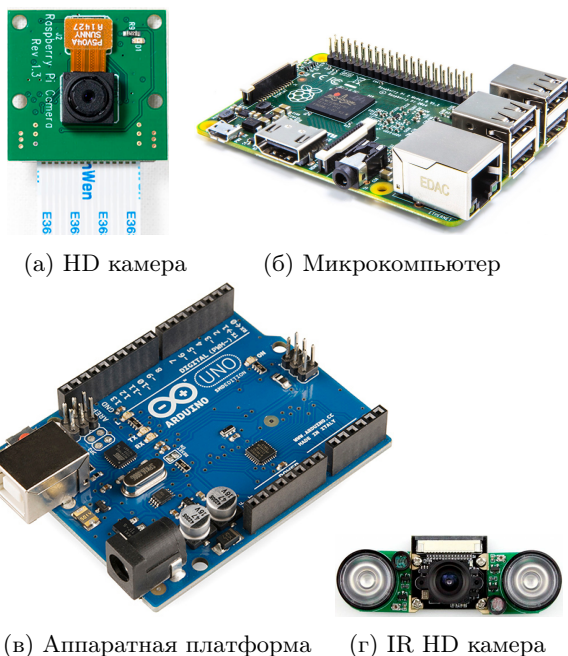
Эффективность использования РВС зависит в первую очередь от алгоритмов распределения вычислительных ресурсов между выполняемыми прикладными задачами. Ранние работы [5–7] в области управления ресурсами в распределенных вычислительных средах, фокусирующиеся на гетерогенности ресурсов, привели к созданию стандартных протоколов управления ресурсами и механизмов описания требований заданий к ресурсам. Результаты исследований показали, что методы и алгоритмы планирования для однородных изолированных многопроцессорных систем плохо адаптируются для распределенных гетерогенных систем [8]. Управление ресурсами в неоднородных распределенных вычислительных средах требует принципиально новых моделей вычислений и управления ресурсами.

Существуют также алгоритмы планирования, использующие знания о проблемно-ориентированной специфике задач, составляющих вычислительное задание, такие как алгоритм Кима и Брауна [9], алгоритм DSC [10]. Однако данный класс алгоритмов ориентирован на выполнение на одном ядре.

Ключевой особенностью представленных на рынке решений является применение модели MapReduce для организации процесса вычислений. Представленное решение основано на использовании модели  $\pi$ -исчисления, что позволило организовать потоковую обработку данных [11]. Данный подход в целом соответствует принципу исполнения вычислительной задачи видеонаблюдения, так как можно выполнять обработку поступающих данных по очереди. Основой для любого действия является наличие данных. Выполнение задачи сопряжено с получением данных для анализа с некоторых сенсоров (камер) и их передачей между этапами обработки, поэтому авторами статьи была выдвинута концепция сенсорно вычислительного узла.

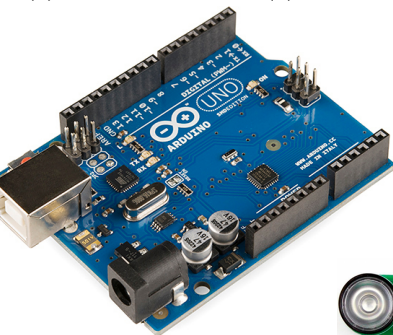
## 2. Концепция сенсорно вычислительного узла (СВУ)

В основе данной концепции легла идея создания программно-аппаратной платформы, представляющая собой сенсорно вычислительный узел (СВУ) — устройство, объединяющее в себе сенсоры и вычислительную платформу для предобработки данных поступающих с сенсоров. Основная задача СВУ — сбор необходимой информации об наблюдаемом объекте и окружающей обстановки. В базовый состав СВУ входит:



(а) HD камера

(б) Микрокомпьютер



(в) Аппаратная платформа



(г) IR HD камера

Рис. 2: Расширенный состав сенсорно вычислительного узла

- микрокомпьютер Raspberry Pi (или аналог), с постоянно подключенным питанием и сетью. **Raspberry Pi** (рис. 2б) — один из наиболее популярных микрокомпьютеров на современном рынке. Он получил свою популярность благодаря простоте освоения и широте применения. С Raspberry Pi стало возможно производить предобработку поступающей информации непосредственно на борту СВУ перед передачей на сервер;
- HD (High-Definition) камера Raspberry Pi видимого (рис. 2а) или инфракрасного (IR, рис. 2г) диапазона.

В расширенный состав СВУ, помимо базовых компонентов, входит микроконтроллер на базе **Arduino**. Arduino — торговая марка аппаратно-программных средств для построения простых систем автоматизации и робототехники. Arduino Uno (рис. 2в) может использоваться как для создания автономных объектов автоматизации, так и подключаться к программному обеспечению на компьютере через стандартные проводные и беспроводные интерфейсы.

Расширенный состав СВУ можно модифицировать путем включения в структуру устройства различные сенсоры, такие как датчик освещенности, модуль обнаружения огня, датчик газа и дыма, инфракрасный датчик движения. Размещение сенсоров расширит возможности СВУ и позволит собрать больше информации об окружающей среде наблюдаемого объекта. Благодаря структуре СВУ и возможности предобработки фото-видео файлов сократится время на передачу файлов и обнаружение объектов.

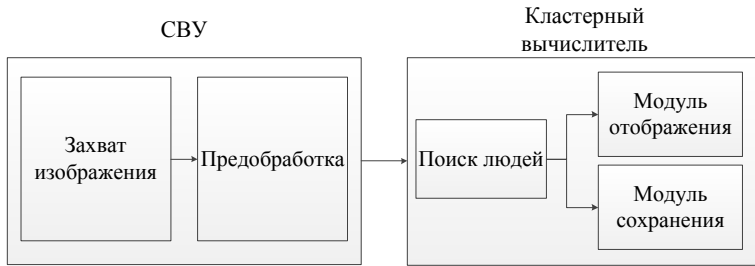
Возможность установить дополнительные сенсоры делают СВУ уникальным устройством, подходящим для выполнения задач различной направленности и сложности, что является основным отличием СВУ от камер видеонаблюдения рассмотренных в статьях [12, 13].

### 3. Общая схема задачи видеонаблюдения

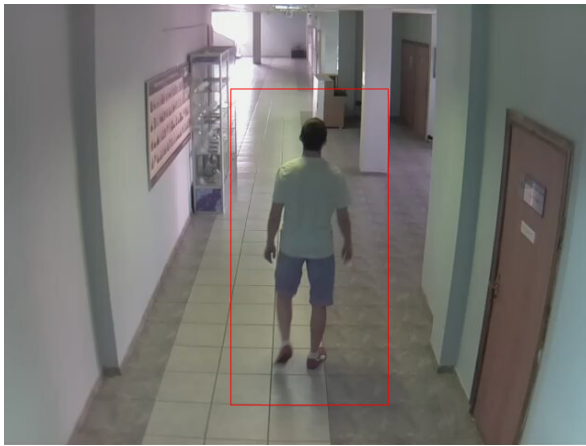
Системы видеонаблюдения являются важной составной частью построения общей системы безопасности на уровне предприятия. Ее основное предназначение — это визуальное наблюдение, запись (видеорегистрация) событий на выделенном для слежения участке технологической зоны. Современные системы уходят от потребности постоянного контроля человека (охранника). Автоматика исключает человеческий фактор, который наиболее часто становится виновником неприятных происшествий и аварий.

Рассмотрим одну из задач интеллектуального видеонаблюдения, а именно поиск и отслеживание людей, попавших в зону интереса. Для решения поставленной задачи, с использованием системы распределенной обработки данных, была предложена схема (рис. 3а). Данная схема не отражает общий подход к решению задачи поиска людей. Она является фигуральным отображением списка используемых модулей для решения поставленной задачи, который был предложен авторами статьи.

На первом этапе происходит захват изображения с камеры и необходимая предобработка. Как видно из блок-схемы оба этих модуля выполняются на борту СВУ. Полученный результат передается по сети Ethernet на кластерный вычислитель, где дальнейшую обработку производит модуль поиска людей на изображениях. Алгоритм обработки основан на использовании дескрипторов особых точек HOG (Histogram of Oriented Gradients), которые используются в компьютерном зрении и обработке изображений с целью распознавания объектов, подсчет количества которых ведётся на участках изображения. Поддержка вычислений на графическом ускорителе GPU (Graphics Processing Unit) позволяет обработку в реальном времени. В результате обработки



(а) схема модулей



(б) результат работы

Рис. 3: Решение задачи поиска и отслеживания людей

получается изображение, на котором каждый объект, удовлетворяющий условиям поиска (на рис. 3б человек), отмечен габаритным прямоугольником. Это изображение передается в модуль сохранения или отображения.

Описанная схема позволяет обеспечивать мониторинг территории, отслеживать перемещения людей в автоматическом режиме. При необходимости система может сообщать на пост охраны о появлении человека в запрещенных местах.

#### 4. Алгоритм снижения загрузки каналов при передаче изображений

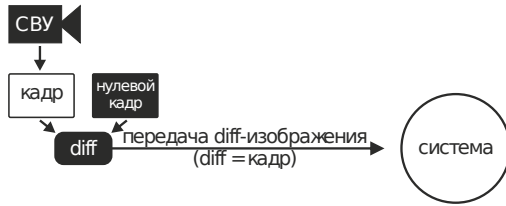
При получении изображений с СВУ, основную нагрузку на РВС оказывает передача информации по каналам связи. Для того, чтобы избежать проблему заполнения каналов разработан специальный модуль обработки. Модуль рассчитывает разницу между двумя входными изображениями, с использованием метода описанного в статье [14], и отправляет результат в канал связи. Разница (далее diff) представляет собой изображение, где отображена только та часть, которая претерпела изменения между предыдущим и очередным изображениями. Используя модуль расчета diff, нет необходимости передавать весь кадр, достаточно передавать только diff-изображение. Следующий кадр генерируется путем слияния предыдущего изображения с diff. При инициализации камеры разница рассчитывается между черным (нулевым) кадром и первым кадром полученным с камеры СВУ. Поэтому первый diff совпадает исходным изображением. Далее ранее полученный кадр становится предыдущим изображением, очередным становится новый кадр, полученный с камеры, и снова рассчитывается diff.

Так как diff-изображение несет только информацию об изменении наблюдаемой сцены, то в сжатом для передачи виде оно имеет меньший объем по сравнению с кадром полученным непосредственно с камеры. Следовательно передача diff-изображение позволяет снизить загрузку каналов связи. Принципиальная схема передачи графической информации с использованием ранее описанного модуля представлена на рис. 4.

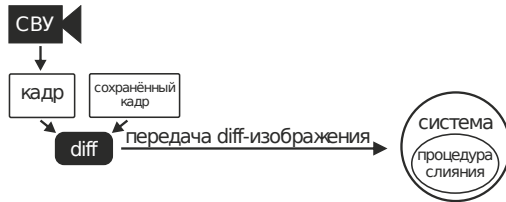
Алгоритм получения diff-изображения состоит из двух базовых шагов:

- (1) создание маски изображения. Маска — это бинарное изображение, где белым цветом обозначена пиксели различающиеся на входных изображениях. При создании маски рассчитывается абсолютная разница между двумя изображениями. Далее происходит анализ каждого пикселя полученного изображения по яркости для определения областей с изменением наблюдаемой сцены. Соответственно пиксель прошедший отбор является частью информации которая была изменена, и помечается белым цветом. Полученная маска показана на рис. 5а.
- (2) генерация diff-изображения. На этом шаге к очередному кадру с камеры применяется маска, полученная в результате выполнения предыдущего этапа. Из очередного кадра берутся только те пиксели которые соответствуют белым областям на маске. В результате





(а) передача исходного изображения



(б) передача последующих кадров

Рис. 4: Схема работы модуля GenerateDIFF



(а) входные изображения

(б) маска изображения



(в) diff-изображение

(г) полученный применением diff кадр

Рис. 5: Передача изображений с модулем GenerateDIFF

генерируется diff-изображение, которое содержит информацию об изменении сцены (рис. 5в).

После того, как сгенерировалось первое diff-изображение, которое по сути является первым кадром полученным с СВУ, следующий diff рассчитываются попарно между кадрами с камеры без участия нулевого кадра. Система же в свою очередь, уже имея предыдущий кадр, выполняет процедуру слияния этого кадра и очередного diff-изображения, получая новое. Полученное изображение используется для следующего diff, и так далее пока работает система. Слияние происходит путем замены пикселей из первого изображение на соответствующие пиксели из diff-изображения, которые несут информацию (не нулевые). На рис. 5г показано изображение созданное в процессе слияния.

## **5. Тестирование системы распределенной обработки данных в задачах видеонаблюдения**

В ходе экспериментов тестировалась работоспособность системы на примере схемы обнаружения людей с применением алгоритма НОГ, которая была описана выше. Также проводилось тестирование загрузки каналов связи РВС с использованием diff предобработки.

В ходе тестирования системы, ее локальная копия была запущена непосредственно на СВУ, что позволило выполнить часть модулей схемы обнаружения людей на нем. Остальная часть схемы выполнялась на кластерной установке. Как уже было описано выше, схема обнаружения людей возвращает изображение с выделенным объектом поиска (рис. 3б). Благодаря адаптации алгоритма НОГ под графические ускорители удалось достичь приемлемого количества кадров в секунду при поиске людей на видеопотоке.

Следует также отметить, что НОГ достаточно чувствителен к изменению расстояния до объекта интереса. В задачах видеонаблюдения дистанция детектирования настраивается параметрами алгоритма, для тестирования были выбраны параметры для дистанции в 7–8 метров.

Тестирование diff предобработки проводилось с использованием все той же схемы поиска людей. Однако, теперь в модуле предобработки использовался алгоритм снижения загрузки каналов с использованием diff-изображений. На рис. 1 приведена информация о размерах передаваемых изображений по каналам РВС.

Параметр «сжатие» указывает, во сколько раз diff-изображение меньше полученного с камеры кадра. Тестирование проводилось в

Таблица 1: Примеры снижения размера передаваемой информации

Формат кадра	Полный объем, бит	Объем diff, бит	Сжатие
1920×1080	2541026	566762	4.48341
1280×720	1118318	221443	5.05014
854×480	491514	91872	5.34999

нескольких разрешениях формата 16 : 9. Исходя из полученных данных, можно предполагать, что размер передаваемой информации будет более чем в 4 раза меньше с использованием diff алгоритма, чем без него, нагрузка на сеть сократится а пропускная способность возрастет.

## Заключение

Среди особенностей использования системы распределенной обработки данных в задачах видеонаблюдения можно отметить следующее:

- производительность системы (за счет возможности использования на кластерных установках),
- доступность компонентов узлов,
- универсальность решений для разных случаев.

Также с помощью СВУ можно использовать разные датчики и подключить любое оборудование. Для этого достаточно написать модуль получения данных. Благодаря модульной структуре можно редактировать соответствующие модули, подключая в них различные методы и средства. К тому же модульный подход обеспечивает расширяемость и масштабируемость системы.

## Список литературы

- [1] Н. Л. Щеголева. «Разработка программных средств для моделирования биометрических систем распознавания человека по изображению лица», *Доклады ТУСУР*, 2013, №1(27), с. 37–44. <sup>↑</sup> [136](#)
- [2] Б. А. Соловьев, В. Т. Калайда, А. И. Елизаров. «Распределенная система безопасности «Лик»», *Известия ТПУ*, **313**:5 (2008), с. 110–116. <sup>↑</sup> [136](#)
- [3] Б. А. Соловьев, В. Т. Калайда. «Распределенная система видеонаблюдения и идентификации объектов», *Доклады ТУСУР*, 2004, №1(9), с. 106–112. <sup>↑</sup> [136](#)

- [4] A. Kondratyev, I. Tishchenko. “Concept of Distributed Processing System of Images Flow in Terms of  $\pi$ -calculus”, 18th Conference of Open Innovations Association and Seminar on Information Security and Protection of Information Technology (FRUCT-ISPIT) (ITMO University, Saint Petersburg, Russia, 18–22 April, 2016), 2016, pp. 328–334. <sup>↑</sup> [136](#)
- [5] P. Marshall, K. Keahey, T. Freeman. “Improving Utilization of Infrastructure Clouds”, *Cluster, Cloud and Grid Computing*, Proceedings of the IEEE/ACM International Symposium, CCGrid 2011 (Newport Beach, CA, USA, May 23–26, 2011), IEEE Computer Society, 2011, pp. 205–214. <sup>↑</sup> [138](#)
- [6] F. Berman, R. Wolski et al. “Application-Level Scheduling on Distributed Heterogeneous Networks”, *Supercomputing*, Proceedings of the ACM/IEEE conference (Pittsburgh, Pennsylvania, USA, May 25–28, 1996), IEEE Computer Society, 1996, pp. 39–39. <sup>↑</sup> [138](#)
- [7] M. Iverson, F. Ozguner. “Dynamic, Competitive Scheduling of Multiple DAGs in a Distributed Heterogeneous Environment”, *Proceedings of Seventh Heterogeneous Computing Workshop* (Orlando, Florida USA, March 30, 1998), IEEE Computer Society, 1998, pp. 70–78. <sup>↑</sup> [138](#)
- [8] Y. Zhu, L. M. Ni. *A Survey on Grid Scheduling Systems*, Technical Report SJTU\_CS\_TR\_200309001, Department of Computer Science and Engineering, Shanghai Jiao Tong University, 2013, 42 p., URL: [http://www.cs.sjtu.edu.cn/~yzhu/reports/SJTU\\_CS\\_TR\\_200309001.pdf](http://www.cs.sjtu.edu.cn/~yzhu/reports/SJTU_CS_TR_200309001.pdf) <sup>↑</sup> [138](#)
- [9] S. J. Kim. *A general approach to multiprocessor scheduling*, Report TR-88-04, Department of Computer Science, University of Texas at Austin, 1988 <sup>↑</sup> [138](#)
- [10] T. Yang, A. Gerasoulis. “DSC: Scheduling Parallel Tasks on an Unbounded Number of Processors”, *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, **5**:9 (1994), pp. 951–967. <sup>↑</sup> [138](#)
- [11] R. Milner, J. Parrow, D. Walker. “A Calculus of Mobile Processes, 1”, *Information and Computation*, **100**:1 (1992), pp. 1–40. <sup>↑</sup> [138](#)
- [12] Г. А. Аксенова. «К вопросу о системах видеонаблюдения», *Труды Международного симпозиума «Надежность и качество»*. Т. 2 (Пенза, Россия, 21–31 мая 2012), 2012, с. 127–129. <sup>↑</sup> [140](#)
- [13] С. Н. Хаустов. «Современные системы видеонаблюдения, этапы развития», *Вестник ВИ МВД России*, 2008, №1, с. 155–159. <sup>↑</sup> [140](#)
- [14] N. Singla. “Motion Detection Based on Frame Difference Method”, *International Journal of Information and Computation Technology*, **4**:15 (2014), pp. 1559–1565. <sup>↑</sup> [142](#)

Пример ссылки на эту публикацию:

А. А. Кондратьев, А. Ю. Беззубцев, А. В. Смирнов. «Применение распределенной системы обработки данных в задаче построения автоматизированной системы видеонаблюдения», *Программные системы: теория и приложения*, 2017, 8:1(32), с. 135–149.

URL: [http://psta.psiras.ru/read/psta2017\\_1\\_135-149.pdf](http://psta.psiras.ru/read/psta2017_1_135-149.pdf)

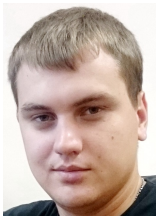
Об авторах:



**Алексей Анатольевич Кондратьев**

Инженер-исследователь Лаборатории методов обработки и анализа изображений, Институт Программных Систем имени А. К. Айламазяна РАН

e-mail: [ronkajitsu@gmail.com](mailto:ronkajitsu@gmail.com)



**Артём Юрьевич Беззубцев**

Инженер Лаборатории методов обработки и анализа изображений, Институт Программных Систем имени А. К. Айламазяна РАН

e-mail: [mannaz2012@mail.ru](mailto:mannaz2012@mail.ru)



**Александр Владимирович Смирнов**

Инженер Лаборатории методов обработки и анализа изображений, Институт Программных Систем имени А. К. Айламазяна РАН

e-mail: [asmirnov\\_1991@mail.ru](mailto:asmirnov_1991@mail.ru)

Aleksei Kondratev, Artem Bezzubtsev, Aleksandr Smirnov. *The use of a distributed data processing system in the task of building an automated surveillance system.*

ABSTRACT. Modern approaches to building surveillance systems are beginning to increasingly rely on automation. This article describes an approach to the construction of an automated video surveillance systems based on sensors constructed using a microcomputer, and a high-performance cluster calculator. At the beginning of the work describes the basic approach to the collection and processing of information. The main part describes the specifics of the distributed data processing system, as well as the methods and data collection and analysis algorithms. The final part describes the results of experimental studies, as well as the major findings, both positive and negative aspects of the approach and developed a complex. (*In Russian*).

*Key words and phrases:* distributed systems, high-performance cluster calculator, sensory compute node, Raspberry Pi.

### References

- [1] N. L. Shchegoleva. “Development of Software for Face Recognition System Modeling”, *Doklady TUSUR*, 2013, no.1(27), pp. 37–44 (in Russian).
- [2] B. A. Solov'yev, V. T. Kalayda, A. I. Yelizarov. “The Distributed Security System “Leek””, *Izvestiya TPU*, **313**:5 (2008), pp. 110–116 (in Russian).
- [3] B. A. Solov'yev, V. T. Kalayda. “Distributed System of Video Observation and Objects Identification”, *Doklady TUSUR*, 2004, no.1(9), pp. 106–112 (in Russian).
- [4] A. Kondratyev, I. Tishchenko. “Concept of Distributed Processing System of Images Flow in Terms of  $\pi$ -calculus”, 18th Conference of Open Innovations Association and Seminar on Information Security and Protection of Information Technology (FRUCT-ISPIT) (ITMO University, Saint Petersburg, Russia, 18–22 April, 2016), 2016, pp. 328–334.
- [5] P. Marshall, K. Keahey, T. Freeman. “Improving Utilization of Infrastructure Clouds”, *Cluster, Cloud and Grid Computing*, Proceedings of the IEEE/ACM International Symposium, CCGrid 2011 (Newport Beach, CA, USA, May 23–26, 2011), IEEE Computer Society, 2011, pp. 205–214.
- [6] F. Berman, R. Wolski et al. “Application-Level Scheduling on Distributed Heterogeneous Networks”, *Supercomputing*, Proceedings of the ACM/IEEE conference (Pittsburgh, Pennsylvania, USA, May 25–28, 1996), IEEE Computer Society, 1996, pp. 39–39.
- [7] M. Iverson, F. Ozguner. “Dynamic, Competitive Scheduling of Multiple DAGs in a Distributed Heterogeneous Environment”, *Proceedings of Seventh Heterogeneous Computing Workshop* (Orlando, Florida USA, March 30, 1998), IEEE Computer Society, 1998, pp. 70–78.
- [8] Y. Zhu, L. M. Ni. *A Survey on Grid Scheduling Systems*, Technical Report SJTU\_CS-TR-200309001, Department of Computer Science and Engineering, Shanghai Jiao Tong University, 2013, 42 p., URL: [http://www.cs.sjtu.edu.cn/~yzhu/reports/SJTU\\_CS\\_TR\\_200309001.pdf](http://www.cs.sjtu.edu.cn/~yzhu/reports/SJTU_CS_TR_200309001.pdf)

- [9] S. J. Kim. *A General Approach to Multiprocessor Scheduling*, Report TR-88-04, Department of Computer Science, University of Texas at Austin, 1988
- [10] T. Yang, A. Gerasoulis. “DSC: Scheduling Parallel Tasks on an Unbounded Number of Processors”, *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, **5:9** (1994), pp. 951–967.
- [11] R. Milner, J. Parrow, D. Walker. “A Calculus of Mobile Processes, 1”, *Information and Computation*, **100:1** (1992), pp. 1–40.
- [12] G. A. Aksenova. “On the Issue of Video Surveillance Systems”, *Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma “Nadezhnost’ i kachestvo”*. V. 2 (Penza, Rossiya, 21–31 maya 2012), 2012, pp. 127–129 (in Russian).
- [13] S. N. Khaustov. “Modern Video Surveillance Systems, Development Stages”, *Vestnik VI MVD Rossii*, 2008, no.1, pp. 155–159 (in Russian).
- [14] N. Singla. “Motion Detection Based on Frame Difference Method”, *International Journal of Information and Computation Technology*, **4:15** (2014), pp. 1559–1565.

*Sample citation of this publication:*

Aleksei Kondratev, Artem Bezzubtsev, Aleksandr Smirnov. “The use of a distributed data processing system in the task of building an automated surveillance system”, *Program systems: Theory and applications*, 2017, **8:1**(32), pp. 135–149. (*In Russian*).

URL: [http://psta.psir.ru/read/psta2017\\_1\\_135-149.pdf](http://psta.psir.ru/read/psta2017_1_135-149.pdf)