

*Е.Ю. Арефьев, К.В. Овчинников, А.В. Проскурин,
В.В. Сергеев, В.А. Сойфер, Д.Н. Тихонов*

МАГИСТРАЛЬНО-МОДУЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В настоящее время существует большое число систем обработки изображений, имеющих как исследовательское, так и коммерческое назначение. Однако проблема создания универсальной системы обработки изображений, удовлетворяющей противоречивым требованиям производительности, гибкости в управлении и стоимости, не потеряла актуальности. Ниже обсуждается реализация алгоритмов обработки изображений так называемого "низкого уровня" (low level image processing) [1]. Характерным для них является то, что их входные и выходные данные имеют формат изображения.

В связи с большим объемом данных, содержащихся в одном изображении, обработка их с помощью универсальных ЭВМ, даже достаточно высокой производительности, требует значительных затрат машинного времени и целесообразна лишь в исследовательских целях, при разработке алгоритмов обработки изображений и моделировании, т.е. в тех случаях, когда требуется высокая гибкость в организации вычислений.

Другой подход заключается в применении специализированных вычислительных устройств, при помощи которых выполняется основной объем расчетов. Универсальная ЭВМ в этом случае выполняет лишь функции управления [2]. Кроме того, в системах обработки изображений обычно имеются аппаратные средства ввода и визуализации изображений [3], не входящие в обычный набор периферийных устройств ЭВМ.

При выборе архитектуры аппаратных средств будем ориентироваться на недорогую систему обработки изображений, работающую в интерактивном режиме и предназначенную для автоматизации лабораторных исследований, например анализ интерферограмм или ансамблей микроча-

стиц. Такие системы, как правило, используют универсальную мини- или персональную ЭВМ классов СМ-1420 или IBM PC. Реализация ряда широко встречающихся процедур обработки изображений в такой системе может быть возложена на специализированные вычислительные устройства.

Из всего многообразия существующих аппаратных средств обработки изображений можно выделить следующие основные группы: матрицы процессоров, конвейерные системы, системы специализированных функциональных модулей, дисплейные процессоры.

Матрицы процессоров представляют собой обычно машины класса SIMD (типичным представителем можно считать MPP) [4], имеют очень высокую производительность, обладают широкими возможностями в программировании различных алгоритмов обработки изображений, однако стоимость их велика.

Конвейерные системы (см., например, [5]) имеют высокую производительность и приемлемую стоимость, но гибкость их ограничена. Есть возможность создать гибкую систему путем введения в конвейер переключаемых сетей различной структуры [6], однако это резко увеличивает сложность системы, а следовательно, и стоимость.

Системы со специализированными функциональными модулями [7] могут обеспечить, как правило, гибкую организацию процесса вычислений, однако производительность их ограничена.

Предлагается организация аппаратной части системы обработки изображений, свободная от многих из перечисленных недостатков. Структурная схема возможного варианта построения системы приведена на рис. 1.

В состав аппаратуры входят: модуль ОЗУ изображений, генераторы разверток,

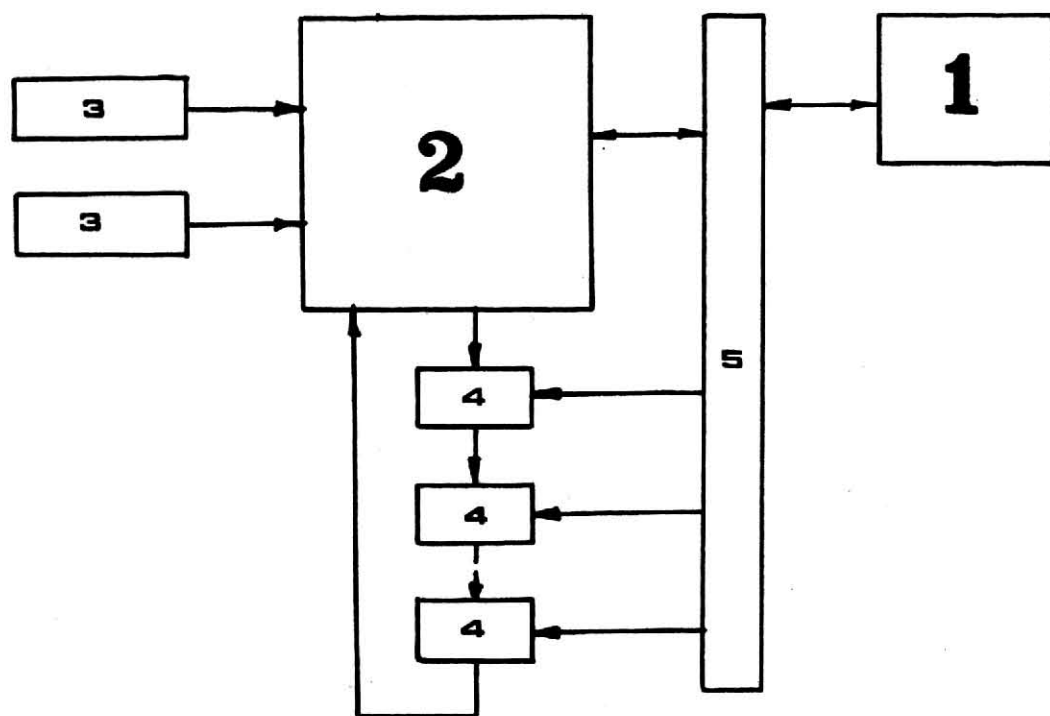


Рис. 1. Структурная схема системы обработки изображений:
1 - управляющая ЭВМ; 2 - ОЗУ изображений;
3 - генераторы разверток; 4 - вычислительные модули;
5 - шина управления

позволяющие организовать входную и выходную последовательность, и конвейер соединенных скоростной магистралью обрабатывающих модулей $M_1, M_2, \dots, M_k$, выполняющих функции обработки $F_1, F_2, \dots, F_k$.

Ввод данных в ОЗУ изображений осуществляется от источника видеосигнала через устройство сопряжения.

Управление системой возложено на универсальную ЭВМ, связанную с устройством отдельной управляющей магистралью. Обмен данными управляющей ЭВМ и ОЗУ изображений производится также по этой магистрали.

Обработка изображения осуществляется модулями конвейера. Данные на вход конвейера поступают из ОЗУ изображений и с выхода конвейера записываются в ОЗУ изображений.

Рассмотрим более подробно отдельные узлы предлагаемой системы.

ОЗУ изображений представляет собой запоминающее устройство со страничной организацией, работающее в режиме постоянного отображения (вывода) записанной информации. Каждая страница ОЗУ позволяет хранить один кадр размером 512×512 отсчетов. Особенности данного ОЗУ являются возможность работы в режиме "чтение - модификация - запись" и наличие в составе блока ОЗУ собственного арифметико-логического устройства, позволяющего записать в ОЗУ результаты операций над его содержимым и данными с конвейера, причем в ту же страницу, из которой данные читались. Возможная структурная схема ОЗУ изображений приведена на рис. 2.

Генераторы разверток предназначены для образования развертки изображения по строкам, столбцам и линиям произвольной формы, например по кривой Гильберта-Пeano [8].

Конвейер обрабатывающих модулей несет основную вычислительную нагрузку в системе. Каждый модуль может выполнять одну или несколько операций по обработке изображений.

Подразумевается, что модули, осуществляющие обработку в "скользящем окне", имеют собственную буферную память и требуют однократной подачи каждого отсчета входного изображения для обработки всего кадра. Возможный состав функций модулей в конвейере:

- поэлементная обработка (табличные преобразования);
- линейная пространственная фильтрация (обработка окном 3×3 ; 5×5 и больших размеров);

- нелинейная пространственная обработка (медианный и другие ранговые фильтры, операции математической морфологии).

Каждый модуль в конвейере может работать в двух основных режимах: "обработка" и "прозрачность". В режиме "обработка" модуль выполняет свою функцию согласно предварительной настройке, в режиме "прозрачность" - просто передает данные со входа на выход.

Нужный алгоритм обработки изображения организуется заданием режимов "обработка" и "прозрачность" для модулей конвейера. Если набор модулей конвейера

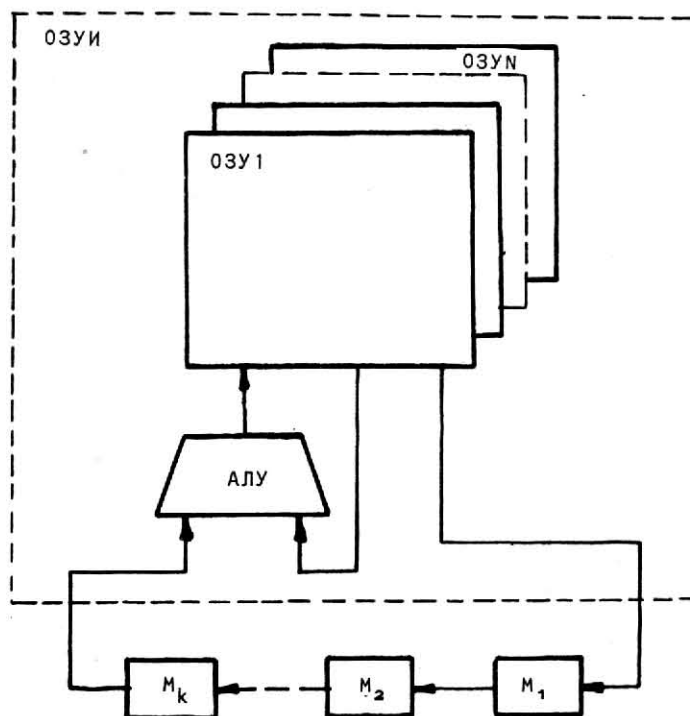


Рис. 2. Структурная схема ОЗУ изображений:
ОЗУ1 ... ОЗУN - страничные ОЗУ изображений; АЛУ;
M1 ... M_k - модули конвейера

не позволяет произвести обработку за один проход, возможна повторная обработка с предварительной перенастройкой модулей.

Очевидно, что с помощью такой организации системы легко реализуются алгоритмы обработки последовательного типа, например согласно блок-схеме, изображенной на рис. 3.

В то же время обычно затруднительно реализовать алгоритмы с параллельными ветвями, ака, например, изображенный на рис. 4. Однако введение в ОЗУ изображений арифметико-логического устройства

(АЛУ), как описано выше, позволяет реализовать и такие алгоритмы.

Система обработки изображений, выполненная на основе предложенной структурной схемы, может обеспечить высокую гибкость вычислений при сохранении приемлемой стоимости и высокой производительности, характерных для конвейерных систем. Наличие собственного АЛУ в запоминающем устройстве изображений позволяет реализовать достаточно просто ряд алгоритмов, недоступных конвейерным системам.



Рис. 3. Блок-схема последовательного алгоритма обработки изображения.
F1 ... F_k - функции обработки

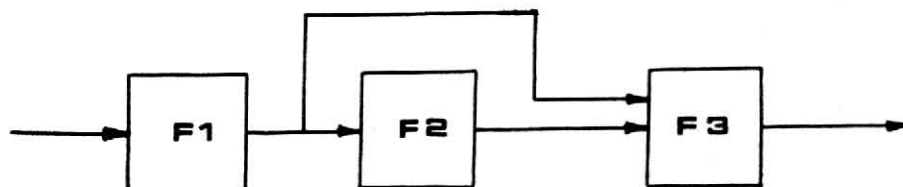


Рис. 4. Блок-схема параллельно-последовательного алгоритма обработки изображения

Так, например, посредством вычислительного устройства с описанной организацией легко осуществить алгоритм "не-резкого маскирования", недоступный для обычной конвейерной системы. Возможна также реализация всех алгоритмов, использующих два изображения как входные данные для вычисления третьего изображения.

Важной чертой предлагаемой структуры является возможность использовать в конкретном варианте комплектации систе-

мы различный набор модулей конвейера как по числу, так и по наименованиям. В минимальной конфигурации системы можно иметь ОЗУ изображений на две страницы и один модуль поэлементного преобразования. Добавление модулей в состав конвейера не потребует переделок аппаратуры, величина задержки, вносимая вновь включенным в конвейер модулем, может быть учтена перепрограммированием генераторов разверток.

* * *

Предложена структурная схема системы обработки изображений конвейерного типа, обладающая высокой гибкостью в организации вычислений и позволяющая реализовать большое число алгоритмов обработки изображений "низкого уровня" в высоком темпе за счет применения специализированных вычислительных модулей в специальной организации ОЗУ изображений. При вы-

полнении алгоритмов, прямо не реализуемых вычислительными модулями конвейера, производительность системы остается достаточно высокой.

Система обработки изображений, построенная таким образом, позволит быстро производить перекомпоновку аппаратной части в зависимости от решаемых задач и требований производительности.

Л и т е р а т у р а

1. Reews A.P. Parallel computer architectures for image processing. // Computer vision, graphics and image processing, vol. 25, p. 68-88.

2. Hwang K., Tseng P. An efficient VLSI multiprocessor for signal / image processing // ICCD'85: Proc. IEEE international conference on computer design. Washington, 1985, p. 172-175.

3. Арефьев Е.Ю., Васин А.Г., Сергеев В.В., Сойфер В.А. Автоматизированная система моделирования и обработки изображений "АИСТ-мини" // Управляющие системы и машины, 1989, № 1, с. 114-118.

4. Batcher K. The Massively Parallel Processor (MPP) // COMPPCON Spring'85: 30th IEEE Computer Society International Conference. Los Alamitos, California, 1985, p. 21-24.

5. Sternberg S.R. Biomedical image processing. - Computer, vol. 16, N 1, p. 22-34.

6. Sasaki S., Gotoh I., Satoh T., Iwase H. High speed pipeline image processor with a modifyable network // Proc. 1th International Conference on Supercomputing Systems. Washington, 1985, p. 476-484.

7. Kruse B. The PICAP picture processing laboratory // Proc. of 3th International Joint Conference on Pattern Recognition, p. 875-881 (Nov. 1976).

8. Арефьев Е.Ю., Сергеев В.В. Фильтрация изображений с использованием развертки Гильберта-Пeano // Методы статистической обработки изображений и полей. Новосибирск: НЭТИ, 1985, с. 10-17.