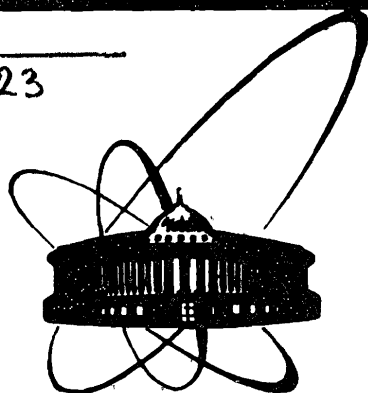


Б 23



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

СЗ44.1Т ц 841е

P10-87-339

Я.Бан, В.М.Котов, К.Харчаруфкова*

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦПРОЦЕССОРА RISC
ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМОВ
ВЫДЕЛЕНИЯ ТРЕКОВОГО СИГНАЛА
ПО ДАННЫМ, ПОЛУЧЕННЫМ С МАТРИЦЫ ПЗС

*Институт экспериментальной физики САН,
Кошице, ЧССР

1987

ВВЕДЕНИЕ

Работа содержит описание алгоритмов выделения трековых сигналов со снимков пузырьковых и стримерных камер, снятых с помощью матрицы ПЗС, имеющей 256×288 элементов. В качестве процессора предварительной обработки и фильтрации полученных данных применяется спецпроцессор RISC-архитектуры^{1,2/}. Введение в состав команд процессора специализированных команд (спецпроцессор микропрограммируемый) позволяет распознавать и выделять элементы трека в зоне $0,25 \text{ мм}^2$ за $0,17-0,2$ секунды, что обеспечивает работу в реальном масштабе времени.

Для сравнения эффективности работы RISC-процессора алгоритм был реализован на языке Фортран-77, машине СМ-4. Показано, что RISC-процессор выполняет этот алгоритм в 50 раз быстрее, чем машина СМ-4.

ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА

Алгоритм выделения элементов треков предполагает, что обрабатываемая область изображения размером $0,5 \times 0,5 \text{ мм}^2$ в плоскости пленки переведена в цифровую форму с помощью матрицы ПЗС, имеющей 256×256 элементов. Таким образом, каждый элемент соответствует шагу дискретизации изображения $\sim 2 \text{ мкм}$, а его порядковый номер по строке и столбцу a_{ij} однозначно определяет его координаты в локальной системе координат ХУ, связанной с матрицей ПЗС, положение которой на измеряемом поле $50 \times 200 \text{ мм}^2$ находится отсчетной системой на дифракционных решетках.

В этом случае изображения следов заряженных частиц в плоскости матрицы будут представлять отрезки прямых линий с поперечным размером от 10 до 60 элементов матрицы (рис.1.). Каждая строка, пересекающая трек, будет представлять собой трековый видеосигнал в дискретной форме, а величины зарядовых пакетов в элементах строки, перекрытых изображением трека, будут пропорциональны его плотности в этих точках. Для записи величины модуляции светового потока изображениям трека после оцифровки видеосигнала отводится один байт памяти. Следовательно, для записи оцифрованной картины со всей матрицы необходимо 64Кбайт памяти.

Алгоритм работает в 3-х фазах: а) сжатие информации; б) поиск кандидатов в треки; в) выделение треков.

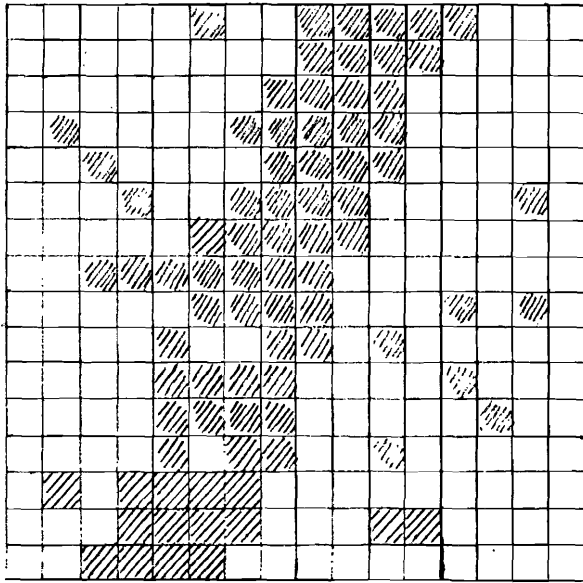


Рис.1

В фазе сжатия содержимое каждой строки из 256 элементов рассматривается как отдельный массив данных, и задачей алгоритма является выделение на строке непрерывной последовательности элементов — А, амплитуда видеосигналов которых выше уровня дискриминации. На этом этапе рассматривается только два уровня сигнала: белый — ниже уровня, черный — выше.

В этом случае полезный сигнал А может быть определен как

$$P1 \leq A \leq P2, \quad (1)$$

причем внутри А могут содержаться элементы, амплитуда которых ниже порога, но число таких элементов, расположенных рядом, $B \leq P3$.

Учитывая сильную зависимость указанных выше величин от уровня дискриминации, вводим еще один параметр P4, позволяющий управлять пороговым значением по количеству разрывов внутри "черного". Если на строке количество сигналов $1 \leq A \leq 8$ больше чем P4, то отношение сигнала к шуму занижено и необходимо сделать новую выборку строки из памяти матрицы с большим значением уровня дискриминации.

Появление на строке первого разрыва $B > P3$ определяет конец трекового сигнала, и кроме того, если после разрыва, даже в случае $B \leq P3$, следующий набор черных элементов дает $A < P1$, то это также является признаком конца трека, а величины последнего В и А уже не входят в вычисление ширины трекового сигнала.

Таким образом, на фазе сжатия выделяются на каждой строке последовательности элементов согласно условию (1) и значению параметров P1, P2, P3, P4, вычисляется ширина и центр тяжести этих последовательностей, которые и записываются в виде двух массивов размером 256 x 32 байт каждая. Эти массивы данных (TBL1, TBL2, рис.2) являются входными для второй фазы алгоритма по поиску кандидатов в треки. Хотя сжатие в 8 раз ($P1 \leq 8$) и ускоряет дальнейшие манипуляции, но данные имеют избыток по столбцам, и на второй фазе может рассматриваться только каждая 4-я строка.

В фазе поиска кандидатов в треки необходимо определить как минимум одну точку каждого трека. Задача сложная, но в нашем случае, исходя

TBL1

		4	
		4	
		4	
		4	
		4	
		4	
		5	
		4	
	4		
	4		
	4		
	5		
	4		
	4		
	5		

P1=4 P2=6 P3=2

TBL2

		12	
		11	
		11	
		10	
		10	
		10	
		10	
		9	
	8		
	8		
	7		
	8		
	7		
	6		
	6		

Рис.2

из факта, что трек должен пересекать границы картинки, точку трека будем искать в областях А, В, С рис.3. P5 — ширина областей — является параметром алгоритма.

В фазе поиска кандидатов в треки алгоритм работает с данными таблицы TBL1, в которой ненулевые точки a_{ij} представляют собой возможные точки трека.

Для каждой точки a_{ij} области А $i = X_{min}, Y_{min} \leq j \leq Y_{max}$; для каждой точки области В $j = Y_{min}, X_{min} \leq i \leq X_{max}$; для каждой точки области С $i = X_{max}, Y_{min} \leq j \leq Y_{max}$ сделаем угловое распределение суммы S_K ненулевых точек a_{ij} для углов $0 \leq K \leq 90^\circ$ для области А, $0 \leq K \leq 180^\circ$ для области В, $90^\circ \leq K \leq 180^\circ$ для области С.

Причем в список возможных треков попадает пара чисел (a_{ij}, K) , для которых сумма S_K

$$S_K > P6, \quad (2)$$

где P6 — параметр алгоритма.

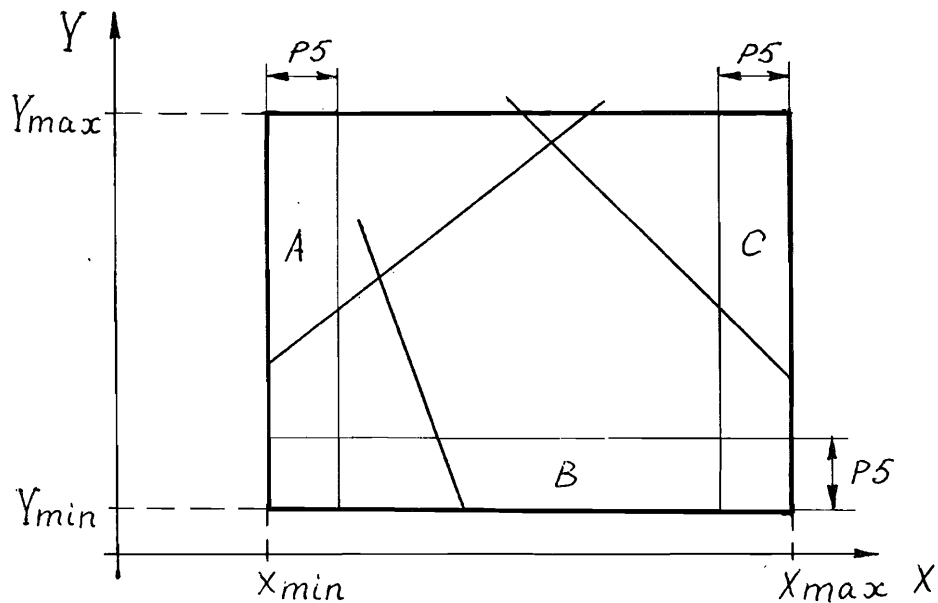


Рис.3

Алгоритм вычисления индексов i, j точки a_{ij} , принадлежащей углу K , описан в работе^{/3/}.

Третья часть алгоритма — выделение отдельных треков. Так как распознаются прямые треки, то фит простой, следовательно, конечная точка трека, найденного в областях A, B, C, переопределяется на первую, и по тому алгоритму вычисляются суммы $S_{K-2}, S_{K-1}, S_K, S_{K+1}, S_{K+2}$. По результатам этих сумм и условия (2) решается, продолжается трек дальше или заканчивается, или разветвляется. Если трек разветвляется, то точка ветвления и параметр K помещаются в стек, и к этой точке возвращаемся после прослеживания целого трека. Последняя точка опять становится первой, и снова вычисляются суммы $S_{K-2}, S_{K-1}, S_K, S_{K+1}, S_{K+2}$. Этот процесс продолжается до конца картинки, причем разрешается $P7$ точек, в которых отсутствует сигнал о треке ($a_{ij} = 0$).

Описанные алгоритмы были реализованы на RISC-процессоре^{/1/}, причем были определены специальные машинные инструкции для этой задачи:

- ADR — инструкция вычисляет адрес памяти, в которой находится точка a_{ij} ;
- PUSH — инструкция помещает в стек координаты и параметры K ветвления;
- POP — инструкция выбирает из стека координаты и параметр K ветвления;

- SUM1 — инструкция вычисляет сумму 8 точек a_{ij} для угла с параметром K для $0 \leq \alpha \leq 45^\circ$;
- SUM2 — как SUM1 для $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$;
- SUM3 — как SUM1 для $90^\circ \leq \alpha \leq 135^\circ$;
- SUM4 — как SUM1 для $135^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$;
- SRCH — инструкция поиска темной линии в строке с заданного адреса внутри строки.

Времена работы этого алгоритма на процессоре RISC для картинки 256×256 точек в зависимости от шума приведены в таблице 1. Кроме того, описанные алгоритмы были реализованы на языке Фортран-77 на машине СМ-4. В таблице 2 показаны в сравнении машина СМ-4 и RISC-процессор для этой задачи с точки зрения быстродействия выполнения этих алгоритмов.

Таблица 1

шум, %	время, с
0	0,17
5	0,17
10	0,17
15	0,18
20	0,2

Таблица 2

шум, %	СМ-4 с	RISC с	СМ-4/RISC
0	2,45	0,043	56
5	2,50	0,043	58,1
10	2,65	0,045	58,8
15	2,70	0,050	54
20	2,80	0,057	49,1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализован эффективный алгоритм выделения трековых сигналов с помощью матриц ПЗС и спецпроцессора RISC, позволяющий распознавать треки на картинке размером 256×256 элементов в реальном масштабе времени, при этом алгоритм требует 16Кбайт памяти (кроме видеопамати картинки 64Кбайт). Алгоритм позволяет вычислять центр тяжести трека и его площадь.

Авторы выражают благодарность М.Семану и Л.Шандору за поддержку в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бан Я., Семан М. Р11-86-483, ОИЯИ, Дубна, 1986.
2. Бан Я., Коллар Я., Харчаруфкова К. Р11-86-484, ОИЯИ, Дубна, 1986.
3. Сороко Л.М. Р10-83-77, ОИЯИ, Дубна, 1983.
4. Комов Г.М., Сороко Л.М. Р10-83-527, ОИЯИ, Дубна, 1983.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 мая 1987 года.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика