

---

---

## СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ

---

---

УДК 621.3; 682.3

О.Г. НАТРОШВИЛИ, А.И. ПРАНГИШВИЛИ, К.Н. КАМКАМИДЗЕ

### АСИНХРОННАЯ ПОТОЧНАЯ ОБРАБОТКА ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

*Грузинский технический университет,  
ул. Костава, 77, Тбилиси, 0175, Грузия,  
Тел.: (+995 32) 534 964, E-mail: [otarovna@yahoo.com](mailto:otarovna@yahoo.com)*

**Аннотация.** В статье приводятся методы и средства поточной обработки оптической информации большого объема.

**Abstract.** In the article conducted methods and means of flow treatment big volume optical information.

**Ключевые слова:** поточная обработка, оптические сигналы, асинхронная обработка, макроконвейерное устройство.

#### ВВЕДЕНИЕ

Существующие в настоящее время средства обработки оптических изображений предусматривают предварительное преобразование из оптической формы в электрическую. Далее их обработка основана на различных подходах, среди которых большое распространение получили конвейерные подходы [1-5]. При таких подходах решение объемных задач осуществляется через применение параллельных алгоритмов, где задачи предварительно разбиваются по частям, а потом распределяются между обрабатывающими блоками, при помощи которых реализуются различные процедуры их обработки. Один из таких подходов предусматривает применение матриц  $n \times n$  размера, где расположены обрабатывающие блоки (процессоры или ЭВМ) в виде клеточно-автоматных вычислителей. Каждая клетка в такой матрице связана информационными и управляющими шинами с соседними клетками [6]. Ввод и вычисления информации начинаются с нижней строки матрицы и распространяются к верхним уровням. В реально существующих моделях конечные результаты вычисления снимаются только с верхней строки матрицы с выхода последнего вычислительного элемента. При таком подходе во время оперирования с короткими векторами имеет место лишнее время затрат машинного времени, особенно тогда, когда некоторые вычисления заканчиваются где-то на строках в середине матрицы. Несмотря на это, исходя из принципов работы, конвейер продолжает «пустую» работу (иными словами оперирует с нулевыми векторами) пока не достигнет верхних строк матрицы, откуда становится возможным снимать результаты вычисления. Такой способ работы отрицательно влияет на производительность применяемого оборудования конвейера, поскольку теряется значительная доля времени на «полезные» вычисления.

С целью устранения вышеуказанного недостатка пользуются асинхронными режимами работы, хотя и в таких случаях все равно не удастся полностью устранить лишние затраты полезного времени. Для улучшения дел в этом отношении в данной работе предлагается применение в некоторой степени иного подхода, в частности использование поточного метода асинхронной сборки – координации (интеграции) промежуточных вычислений для формирования окончательного результата (с наименьшими временными затратами). Для этой цели предложено создание специализированных аппаратно-программных средств, которые будут оперировать непосредственно с оптическими сигналами. Такой подход развивает применение макроконвейерного принципа обработки объема информации, применяя новые методы и элементной базы. Такие «собирающие» узлы в данной статье

упоминаются как асинхронные координаторы-интеграторы макроконвейерной обработки данных, работа которых основана на поточном методе преобразования и сборки информации [7].

### ХАРАКТЕРИСТИКА АСИНХРОННОГО КООРДИНАТОРА МАКРОКОНВЕЙЕРНОЙ ФУНКЦИИ

Как было отмечено во введении, информация, представленная оптическими сигналами при обработке проходит через процедуры многоуровневых преобразователей. Макроконвейерная система состоит из совокупности рекурсивных локальных конвейеров, работу которых в отличие от описанных в литературе других подходов (где используется один общий коммутатор, функционирующий в синхронном режиме), в предложенном методе регулирует асинхронный координатор макроконвейерных функций. В такой системе макроконвейера, состоящая из множества вычислительных блоков, на самом нижнем уровне организации процессов, реализуются процессы с максимальным соблюдением параллелизма с помощью рекурсивных конвейеров, а на верхнем операционном уровне асинхронным координатором «интегрируются» (т.е. объединяются в единое целое) промежуточные результаты, полученные из рекурсивных локальных конвейеров. Что касается среднего звена (уровня) макроконвейера, на этом уровне каждый  $i$ -ый блок промежуточных конвейеров будет загружен работами, получаемых из выходов  $(i-1)$  блока или с выходов других блоков других конвейеров, когда их  $i$ -ми и  $(i+1)$ -ми блоками уже закончены предшествующие работы (вычисления). Так как вычислительные процедуры продолжают непрерывно с передачей функций преобразования данных с  $i$ -го на  $(i+1)$  устройств, такой подход, как отметили выше, назван макроконвейерным подходом поточной обработки оптической информации.

На уровне «исполнительных» элементов каждый блок макроконвейера рассматривается как вычислительное устройство, реализованное на основе клеточно-автоматных моделей, начиная с регистрового уровня (осуществляющие первичные преобразования), заканчивая на уровне совершенных вычислительных машин, у которых имеются как внутреннее свое управление, так и собственная оперативная память. Они представляют собой как элементы десеквенции, т.е. являются блоками, которые реализуют различные вычисления по параллельным алгоритмам.

В локальных вычислителях макроконвейера увеличение количества блоков упрощает вид выполняемых ими функций вычисления, уменьшая тем самым объем текущих работ (промежуточных), а на самом верхнем уровне макроконвейера использована асинхронная организация связей между макрофункциями в отличие от синхронизированных связей, которые, как отметили выше, используются в настоящее время. Вместе с этим макроконвейерная организация сохраняет и все преимущества, которые имеются в традиционных элементарных конвейерных преобразователях, существующих в настоящее время [7].

### МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОТОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Сущность предложенного в данной статье метода обработки сигналов, который упоминается как метод поточной макроконвейерной обработки с асинхронной координацией данных, предусматривает интеграцию (объединение) промежуточных локальных вычислений, осуществляемые локальными конвейерами.

В таком макроконвейере обработка оптической информации (например, обработка оптических изображений или отдельных фрагментов одного изображения) требует применения т.н. независимых и зависимых рекурсивных узлов преобразования сигналов (с целью упрощения рассуждений вместо таких узлов ниже используем термины независимые и зависимые регистры осуществляющие поточное преобразование сигналов в ходе обработки информации).

Допустим в устройстве производится обработка трех фрагментов оптических изображений. Обозначим через  $X_1, X_2, X_3$  – фрагменты одного изображения, где  $X_1$  – вектор, входящий в первом фрагменте изображений, т.е. они являются множествами «освещенных» (1) и «темных» (0) точек;  $X_2$  – вектор второго фрагмента, а  $X_3$  – вектор третьего фрагмента.  $Y_1, Y_2, Y_3$  – фрагменты другого оптического изображения (аналогичным образом  $Y_1, Y_2, Y_3$  – соответствующие векторы этих фрагментов). Все векторы отражают множество двоичных чисел (1,0), которые также соответствует «освещенным» (1) и «неосвещенным» (0) точкам фрагментов изображения.

Однородная оптоэлектронная структура, предназначенная для реализации логики потоков, показана на рис. 1,

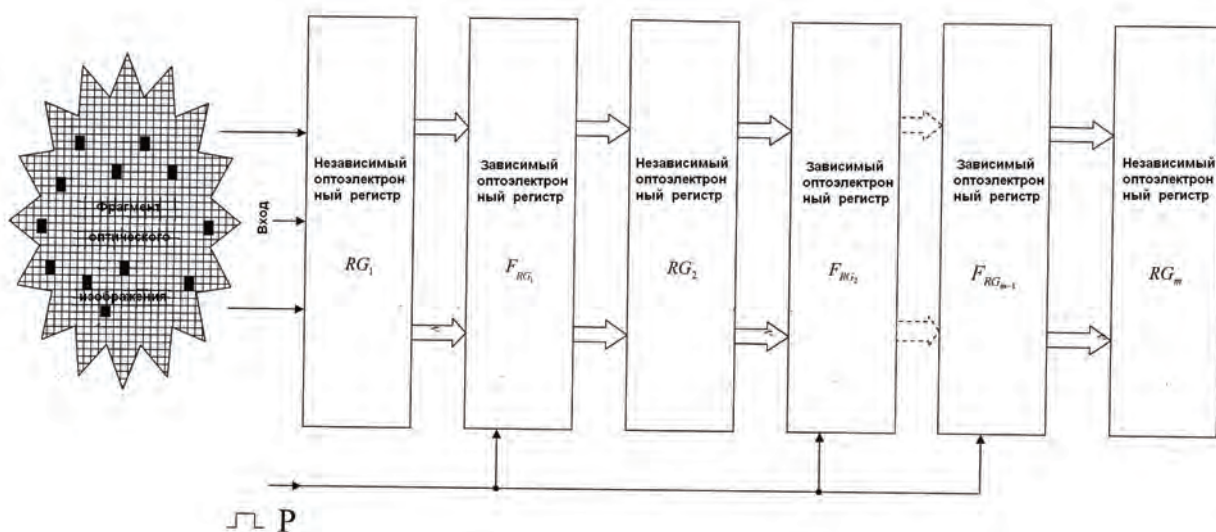


Рис.1. Однородная оптоэлектронная структура, предназначенная для реализации логики потоков

где принять следующие обозначения:  $RG_1, RG_2, \dots, RG_m$ , где  $RG_i$  независимые оптоэлектронные регистры;  $F_{RG_1}, F_{RG_2}, \dots, F_{RG_m}$  – оптоэлектронные регистры, где содержание каждого зависимого регистра  $F_{RG_i}$  представляет функцию содержания независимого  $RG_i$  регистра. При воздействии разрешающего импульса информация параллельно передается из зависимого  $F_{RG_i}$  регистра в соседнем независимом  $F_{RG_{i+1}}$  регистре. Новые слова (векторы) из памяти могут быть переданы на независимый регистр  $RG_1$ , а результаты преобразования из конечного независимого регистра могут быть переданы опять на память.

Каждый независимый регистр выполняет некоторую работу преобразования данных, которые определены для данной структуры. С помощью  $(m+1)$  оптоэлектронных регистров согласно логики потока одновременно выполняются  $m$  передачи. Слова (векторы) передаются на  $RG_1$  регистр и обрабатываются на каждом такте с непрерывным перемещением из одного регистра в другой. Например, при  $P$ -ого разрешающего импульса два двоичное число  $m$  – разрядности передаются на однородной структуре, которая содержит  $(m+1)$  разрядов и предназначены для суммирования. Их сумма образуется по разрядам. Конечный результат будет получен в регистре  $RG_{m+1}$  в течении  $m$  перемещения. При этом другие сложения могут быть начаты при следующих далее разрешающих импульсов (по мере освобождения регистров) и также одновременно будут распространяться в оптоэлектронной структуре. В любом данном моменте может производиться  $m$  сложения, при этом каждое сложение требует  $m$  такта. Новая сумма будет образоваться в  $RG_{m+1}$  после каждого синхронизирующего (разрешающего) импульса.

В качестве примера рассмотрим алгоритм суммирования двух векторов  $X = x_3x_2x_1$ ,  $x_i \in \overline{0,1}$  и  $Y = y_3y_2y_1$ ,  $y_i \in \overline{0,1}$ , (трехразрядные двоичные числа) дадут сумму  $S = s_4s_3s_2s_1$ ,  $s_i \in \overline{0,1}$ .

Суммирование  $X$  и  $Y$  векторов (чисел) может производиться по 3 шагам:

ШАГ 1: суммируем  $x_1$  и  $y_1$ , получаем  $s_1$  и  $c_1$ .

ШАГ 2: суммируем  $x_2y_2c_1$ , получаем  $s_2$  и  $c_2$ .

ШАГ 3: суммируем  $x_3y_3c_3$ , получаем  $s_2$  и  $c_3$ .

В общем случае

$$S_i = x_i + y_i + c_{i-1} \quad i = \overline{1,2,3}$$

$$C = \left\{ \begin{array}{l} x_i y_i \vee x_i c_{i-1} \\ 0, i=0 \end{array} \right\} \quad i = \overline{1,2,3}$$

Цифра  $S_3$ , которая получается на последнем шаге суммирования может быть рассмотрена как старший  $S_4$  разряд суммы  $S_1$  и суммирование этим заканчивается.

Структура операционной схемы поточного суммирования, которая соответствует блок-схеме на рис.1, показана на рис.2.

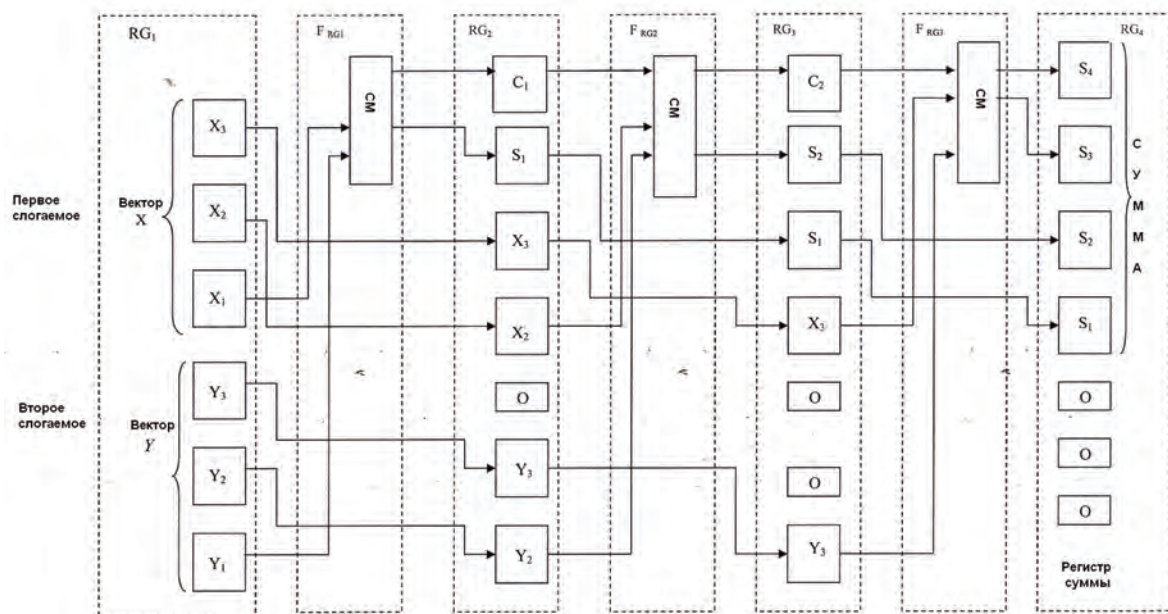


Рис.2. Структура операционной схемы поточного суммирования

### СТРУКТУРА АСИНХРОННОГО КООРДИНАТОРА МАКРОКОНВЕЙЕРНОЙ ФУНКЦИИ (АКМ)

Асинхронный координатор макроконвейерной функции АКМ – это аппаратно – программный интегратор (промежуточных результатов локальных конвейеров) верхнего уровня макроконвейерной системы, осуществляющая поточную обработку информационных массивов, представленных оптическими сигналами. Его основная функция заключается в том, что он реализует множество функций координации с целью формирования конечного результата макроконвейера, т.е. координирует и собирает (интегрирует) все функции для сборки всех промежуточных результатов вычисления с целью формирования конечного результата в единое целое. Промежуточные результаты являются фрагментами вычисления, полученными на различных фазах локальными рекурсивными конвейерами, которые работают на нижнем уровне макроконвейерной вычислительной системы.

На рис. 3 представлена структура асинхронного координатора для реализации макрофункций по формированию конечных результатов. АКМ в асинхронном режиме осуществляет сборку буферных вычислений, реализуемые каждым локальным конвейером. Как видно из рис. 3 структура АКМ содержит 6 основных системных операционных управляющих блоков. Эти блоки следующие:

1. Анализатор рекурсивных конвейерных функций;
2. Секции оперативной памяти АКМ, назначение которой является кратковременное запоминание пакетов, которые поступают от устройства анализатора - распределителя;
3. Формирователь – распределитель макрофункций;
4. Секция обрабатывающих блоков;
5. Формирователь – интегратор конечных S- результатов;
6. Блок управления АКМ.

АКМ работает следующим образом: поступающие потоки промежуточных результатов от рекурсивных конвейеров передаются на анализатор – распределитель макрофункций 1, где осуществляется выбор приоритетов и запоминание в регистрах буферной оперативной памяти 2 данных, которые получают из рекурсивных конвейеров. Формирование пакетов и их распределение для последующей обработки в блоках производится в блоке формирователь – распределителя 3. Далее независимо друг от друга согласно асинхронному управлению обрабатываются данные секциями блока 4, после чего они объединяются в формирователе – интеграторе 5, на выходе которых выдаются и конечные результаты S.

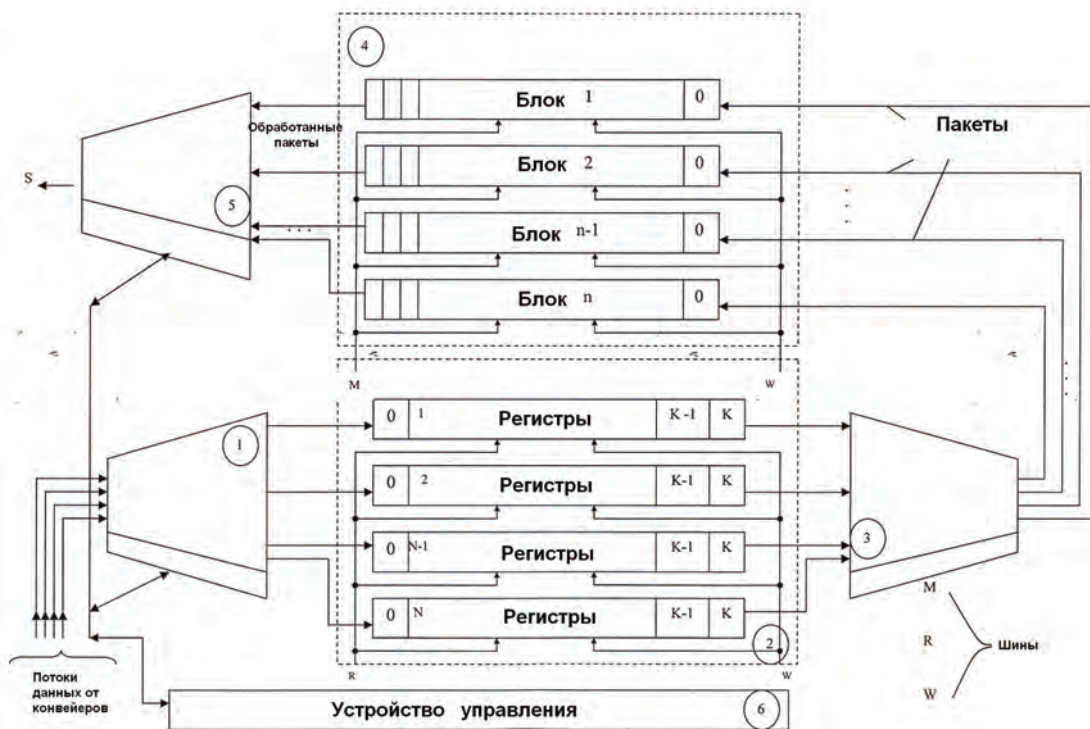


Рис. 3. Асинхронного координатора для реализации макрофункций по формированию конечных результатов

Системное управление всеми операциями по формированию результатов  $S$  осуществляется в блоке 6, где вырабатываются серия основных сигналов следующих видов:

1. сигналы управления  $M$  обрабатывающих блоков;
2. Сигналы управления  $R$  буферной памяти АКМ;
3. Сигналы управления  $W$  для обнуления регистров обрабатываемых устройств АКМ (блоков 1, 2, . . .  $n-1$ ,  $n$ ) и регистров (1, 2, . . .  $N-1$ ,  $N$ ) буферной памяти, при этом над этими регистрами все операции производятся также асинхронно, т.е. независимо друг от друга.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ целесообразности использования рассмотренных в данной системе поточных асинхронных методов и средств обработки оптических сигналов позволяет сделать выводы о том, что их применение весьма перспективно, когда необходимо оперировать в реальное время с большими объемами информации (оптическим изображениями). Удачное сочетание в таких устройствах оптических и электрических связей улучшают характеристики применяемых операционных узлов в них, повышая тем самым быстродействие и производительность макроконвейерной системы в целом.

Применение разработанных методов и средств поточной обработки оптической информации дает следующие преимущества: асинхронный подход к организации вычислительных процессов в макроконвейере повышает производительность применяемых спецпроцессов за счет их максимальной нагрузки и непрерывной работы; асинхронный координатор макроопераций дает возможность динамически перераспределять вычислительные процедуры между локальными конвейерными устройствами, что увеличивает (повышает) степень гибкости применяемых операционных блоков; входящие в макроконвейере все устройства получают возможность одновременной и непрерывной работы (без значительных потерь машинного времени), что весьма значительно для оперативной обработки большого объема информации в реальное время; дает возможность использовать в макроконвейере различные программируемые конфигурации; возможно увеличение вычислительных ресурсов, что повышает мощность применяемого оборудования по встречной необходимости; возможно удачное регулирование фаз пуска и торможения при оперировании конвейерами с векторами различной длины, что существенно уменьшает потери в производительности применяемых устройств; возможность динамического взаимного использования ресурсов оперативной памяти процессоров, входящих в состав рекурсивных конвейеров.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРЫ

1. Кухарчук А.Г. и др. Конвейерный принцип обработки информации. Кибернетика, 1968г. №6
2. Луцкий Г.М. Концепция структурной организации эффективных ВС конвейерного типа / Распараллеливание обработки информации. Ч.3. ФМИ АН УССР – Львов, 1983.
3. Оптоэлектронные методы и средства обработки изображений / Сб. материалов 2 Всесоюзной конференции по функциональной оптоэлектронике. Винница – Тбилиси, 1987.
4. Натрошвили О.Г., Имнаишвили А.И., Гиоргобиани Т.М. О некоторых проблемах организации оптоэлектронных вычислительных устройств конвейерного типа / В сб. «Математические методы и измерительно-вычислительные средства обработки изображений». ГПИ, Тбилиси 1987.
5. Натрошвили О.Г., Кожемяко В.П., Саникидзе Д.О. Организация оптоэлектронных некоррегентных процессоров ЦВМ. Изд. «Ганатлеба» Тбилиси 1989.
6. Прангишвили А.И. Теория параллельной обработки информации в клеточно – автоматных средах. Изд. ГТУ, Тбилиси 1966.
7. Хуродзе Р.А., Камкамидзе К.Н., Натрошвили О.Г., Кутателадзе Р.Г. Поточная обработка оптических сигналов с асинхронной координацией макроконвейерных функций. /В журн. «Optoelectronic Information – Power Technologies». Vinnica, Ukraine, 2004. №2 (8).

Надійшла до редакції 19.09.2008р.

**НАТРОШВИЛИ О.Г.** – д.т.н., полный профессор направлений компьютерных систем и сетей фак-та информатики и систем управления Грузинского технического университета. Почетный профессор Винницкого национального технического университета, Тбилиси, Грузия.

**ПРАНГИШВИЛИ А.И.** – д.т.н., полный профессор направления компьютерных систем и сетей. зам. ректора Грузинского технического университета, чл. корр. АН Грузии, президент инженерной академии Грузии, Тбилиси, Грузия.

**КАМКАМИДЗЕ К.Н.** – д.т.н., полный профессор, руководитель направления компьютерных систем и сетей фак-та информатики и систем управления, академик инженерной академии Грузии, Тбилиси, Грузия.