

**ДЕКОМПОЗИЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ГРАФА  
ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ  
ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В ЭВМ МКОД**

*Подольский Владимир Эдуардович*

*Аспирант*

*Факультет ИУ МГТУ имени Н. Э. Баумана, Москва, Россия*

*E-mail: v.e.podolskiy@gmail.com*

ЭВМ со многими потоками команд и одним потоком данных (далее - ЭВМ МКОД) реализует параллельную обработку одного потока данных с использованием двух видов команд: арифметико-логической обработки и обработки структур данных [1]. Параллельная обработка достигается на аппаратном уровне за счёт разделения указанных видов команд между двумя процессорными устройствами: центральный процессор (далее - ЦП), выполняющий команды арифметико-логической обработки, и процессор обработки структур (далее - СП), выполняющий команды обработки структур данных. На рис. 1 показана обобщенная схема ЭВМ МКОД. Обработка структур данных осуществляется СП за счёт поддержки на аппаратном уровне выполнения базовых команд обработки данных: поиск, добавление, удаление элемента, команды над множествами, срезы и другие [2]. Параллелизм достигается за счёт разделения исходной программы на две части, соответственно, для обработки на ЦП и СП. Возникновение зависимостей между потоками обработки данных разрешается за счёт добавления в код команд пересылки.

Существующая схема преобразования алгоритма с последовательной обработкой данных включает в себя три этапа: 1) представление информационных моделей алгоритма в виде структур данных; 2) представление алгоритма в базисе операций над структурами данных; 3) выделение в алгоритме потоков арифметико-логической обработки и обработки структур. Основной недостаток существующей схемы - то, что она выполняется вручную. Для автоматизации процесса организации параллельной обработки данных для ЭВМ МКОД предлагается использовать теоретико-множественное представление и информационно-логическую модель алгоритма. В качестве интегральной модели класса последовательных алгоритмов используем граф [3]:

$$G_A = (\{X, Y\}, F_1X, F_1^{-1}X, F_2X, F_2^{-1}X, F_3Y, F_3^{-1}Y) \quad (1)$$

где  $X$  — множество вершин управляющего графа,  $Y$  — подмноже-

ство вершин двудольного графа (соответствует данным),  $F_1X$  — множество вершин-образов вершин разветвления потока управления,  $F_1^{-1}X$  — множество вершин-прообразов вершин разветвления потока управления,  $F_2X$  — множество вершин-образов вершин из множества  $X$  во множестве  $Y$ ,  $F_2^{-1}$  — множество вершин-прообразов вершин из множества  $X$  во множестве  $Y$ ,  $F_3Y$  — множество вершин-образов вершин из множества  $Y$  во множестве  $X$ ,  $F_3^{-1}Y$  — множество вершин-прообразов вершин из множества  $Y$  во множестве  $X$ .

Для построения модели декомпозиции графа  $G_A$  на графы информационно-логической обработки  $G_{IC}$  и обработки структур данных  $G_{AS}$  множество операторов обработки данных должно быть представлено объединением множеств операторов обработки структур данных и операторов обработки данных примитивных типов. Операторы первого подмножества предназначены для выполнения СП, тогда как операторы второго - для ЦП. С учётом указанного разделения, задачу декомпозиции графа алгоритм для ЭВМ МКОД можно представить как задачу получения двух графов:

$$G_{AS} = (\{X_S, Y_S\}, F_1X_S, F_1^{-1}X_S, F_2X_S, F_2^{-1}X_S, F_3Y_S, F_3^{-1}Y_S) \quad (2)$$

где индекс  $S$  определяет принадлежность к командам обработки структур (в случае множества  $X$ ) или к структурам данных (для множества  $Y$ ).

$$G_{IC} = (\{X_{IC}, Y_p\}, F_1X_{IC}, F_1^{-1}X_{IC}, F_2X_{IC}, F_2^{-1}X_{IC}, F_3Y_p, F_3^{-1}Y_p) \quad (3)$$

где индекс  $IC$  определяет принадлежность к командам арифметико-логической обработки (для  $X$ ), а  $p$  - к данным примитивных типов (для множества  $Y$ ).

Иллюстрация формальной постановки данной задачи приведена на рис. 2. Реализация наивного алгоритма декомпозиции графа последовательного алгоритма на графы арифметико-логической обработки и обработки структур данных осуществлена на языке R с использованием пакетов `graph` и `Rgraphviz` [4]. Дальнейшие работы в области организации параллельной обработки данных для ЭВМ МКОД предполагают проработку механизмов разрешения зависимостей между потоками команд, а также разработку расширения для одного из существующих языков программирования для обеспечения поддержки написания программ для ЭВМ МКОД на языковом уровне.

## Иллюстрации



Рис. 1. Обобщенная схема ЭВМ со многими потоками команд и одним потоком данных

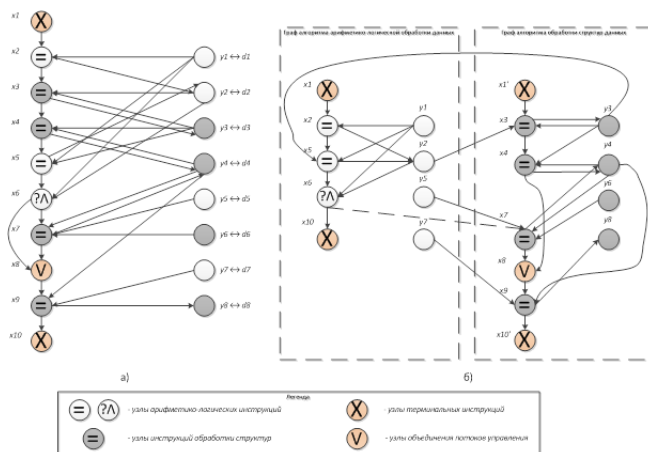


Рис. 2. Задача разрезания графа последовательного алгоритма: а) Граф последовательного алгоритма; б) Граф алгоритма арифметико-логической обработки данных и граф обработки структур данных

## Литература

1. Попов А. Ю. Электронная вычислительная машина с многими потоками команд и одним потоком данных. Пат. № 71016. Российская Федерация. 2008. Бюл. № 5.
2. Попов А. Ю. О реализации алгоритма Форда-Фалкерсона в вычислительной системе с многими потоками команд и одним потоком данных. Наука и образование. Москва, 2014. № 9. С.162–180.

3. Овчинников В. А. Графы в задачах анализа и синтеза структур сложных систем. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 423 с.
4. Подольский В. Э. Программа декомпозиции информационных графов алгоритмов для ЭВМ со многими потоками команд и одним потоком данных. Свид. о рег. прог. для ЭВМ № 2015618033. Российская Федерация. 2015. Бюл. № 8.