

УДК 681.3

Г.А. Поляков¹, Е.Г. Толстолужская²

¹Академия наук прикладной радиоэлектроники, Москва

²Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

МЕТОД ФОРМАЛЬНОГО АРХИТЕКТУРНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ЭВМ С СИММЕТРИЧНОЙ МУЛЬТИПРОЦЕССОРНОЙ ОБРАБОТКОЙ ДАННЫХ

В статье описывается метод формального архитектурно-ориентированного проектирования временных параллельных программ для ЭВМ с симметричной мультипроцессорной обработкой.

Ключевые слова: временные параллельные программы, ЭВМ с симметричной мультипроцессорной обработкой, параллельные временные модели, методы параллельной обработки.

Анализ последних достижений и публикаций. Постановка проблемы

Быстрое расширение областей применения ЭВМ, постоянное возрастание сложности решаемых задач при одновременном повышении требований ко времени их реализации и достоверности получаемых результатов приводит к необходимости увеличения производительности вычислительных систем. Одним из основных путей решения этой проблемы является применение параллельных процессоров и многопроцессорных ЭВМ [1 – 3].

Является общепризнанным, что эффективность параллельных компьютеров существенно зависит от качества реализуемых ими параллельных программ. «В настоящее время проблема разработки эффективного параллельного программного обеспечения оказалась центральной проблемой параллельных вычислений в целом ...» и центральный вопрос параллельных вычислений – «Как создавать эффективные программы для параллельных компьютеров?» [1].

Общепринятый подход к созданию параллельных программ определяется следующим образом [4] – «разработку параллельной программы можно представить как выполнение трех шагов:

1. Написание традиционной последовательной программы, обеспечивающей необходимые вычисления.

2. Мысленное проектирование схемы параллелизма, то есть распределения данных и вычислений по процессорам.

3. Переписывание программы в параллельном виде с использованием конкретной инструментальной системы параллельного программирования».

Эти этапы выполняются вручную и, как отмечается в [4], «...подавляющее большинство параллельных программ, несмотря на все усилия разработчиков систем автоматизации, пишется с использованием традиционной (ручной) технологии».

Состояние решения этой проблемы в целом характеризуется отсутствием средств формализации и автоматизации разработки параллельных программ, обеспечивающих учет требований ко времени выполнения, тактовой частоте, надежности, сложности и возможности применения различных методов параллельной обработки данных для оптимизации показателей эффективности, с одной стороны, и ограничениями на возможность создания программистами эффективных параллельных программ для параллельных процессоров или ЭВМ с числом функциональных устройств или процессоров большим 4, 5, с другой стороны [5]. В связи с этим особую актуальность приобретают освещенные в статье вопросы формализации синтеза временных параллельных программ.

Архитектурно-ориентированный синтез параллельных программ – это проектирование параллельных программ для существующих классов универсальных и специализированных параллельных процессоров (например, суперскалярных, с длинной командной строкой-*VLIW*, с управлением потоком данных-*FLOW*) и многопроцессорных ЭВМ (с архитектурами *SMP*, *NUMA*, *MPP*).

Постановка задачи формального архитектурно-ориентированного синтеза параллельных программ

Исходная информация: задача, специфицированная на языке высокого уровня (например, на языке Си, Си++, Фортран); архитектура процессоров/многопроцессорных ЭВМ (класс, конфигурация и т.д.); состав методов параллельной обработки данных, используемых в известных параллельных процессорах /многопроцессорных ЭВМ; временные характеристики архитектуры (длительность операций, тактовая частота); конструкции параллельных программ, используемые в известных параллельных процессорах/ многопроцессорных ЭВМ.

Выходная информация: семантико-числовая спецификация исходной Си-программы; временная параллельная модель исходной последовательной программы; семантико-числовая спецификация временной параллельной программы; временная модель параллельной SMP-программы; текстовая спецификация параллельной программы; результаты верификации семантико-числовой и текстовой спецификаций временной параллельной программы; оценки показателей эффективности параллельной SMP-программы.

Основные этапы синтеза временных параллельных SMP-программ. На примере задачи решения системы двух линейных уравнений по алгоритму Крамера, представленного Си-программой задачи рис. 1, проиллюстрирован обобщенный алгоритм формального синтеза временных параллельных SMP-программ рис. 2.

```
include <stdio.h>
void main(void )
{
    int a,b,c,d,e,f;
    int m,x,y;
    scanf("%d",&a);
    scanf("%d",&b);
    scanf("%d",&c);
    scanf("%d",&d);
    scanf("%d",&e);
    scanf("%d",&f);
    m = (b * d) - (a * e);
    x = ((b * f) - (c * e)) / m;
    printf(" %3d ",x);
    y = ((a * f) - (c * d)) / m;
    printf(" %3d ",y);
}
```

Рис. 1. Си-программа задачи

Для наглядности изложения используем один программно поддерживаемый в SMP ЭВМ метод параллельной обработки – совмещение независимых операций, количество NM процессоров $NM = 2$. Длительности t_j^0 операций различных типов «typ»(в тактах), использованные при синтезе параллельной модели SMP-программы, представляет табл. 1.

Таблица 1
Длительности t_j^0 выполнения операций различных типов «typ»(в тактах), использованные при синтезе параллельной модели SMP-программы

| typ | t_j^0 | typ | t_j^0 |
|------|---------|------|---------|
| vx | 1.00 | / | 35.00 |
| +, - | 1.00 | vix | 1.00 |
| = | 2.00 | bp | 1.00 |
| * | 10.00 | stop | 1.00 |
| % | 35.00 | | |

Результаты синтеза числовых спецификаций Си-программы и ее временной параллельной модели в формате базы данных сопряженно-внешних множеств СВМ аналогичны представленным в работе [6] и здесь не рассматриваются.

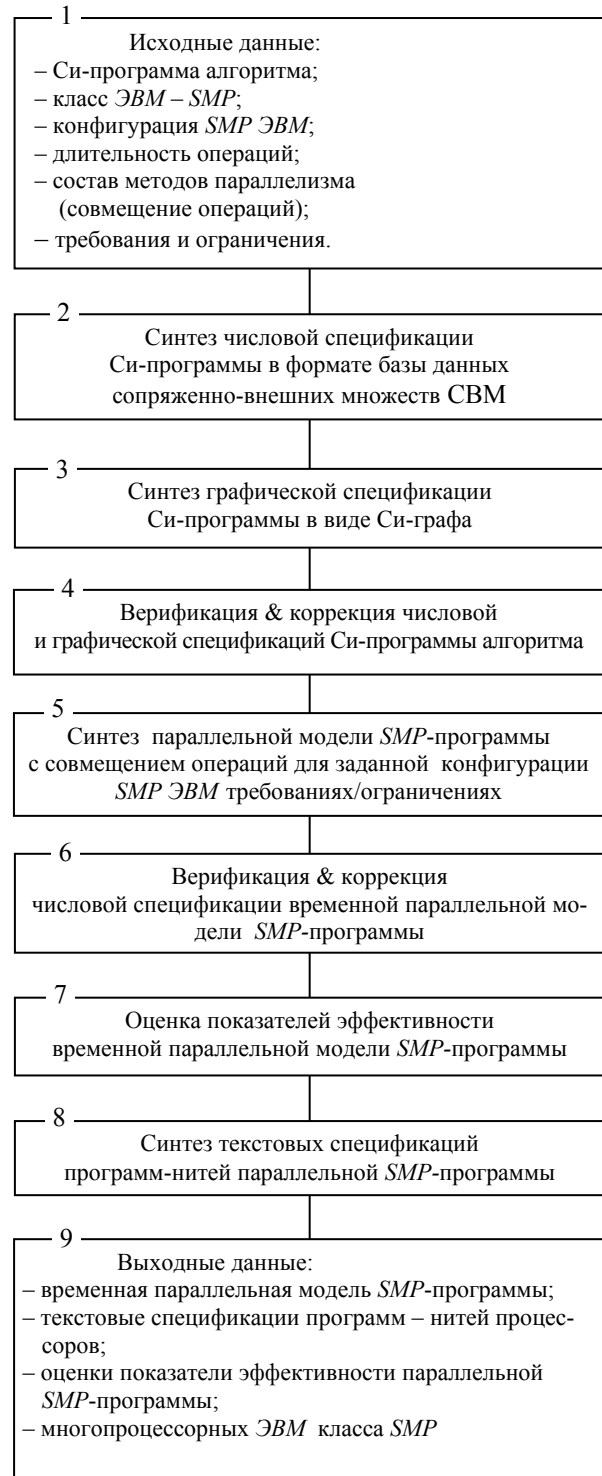


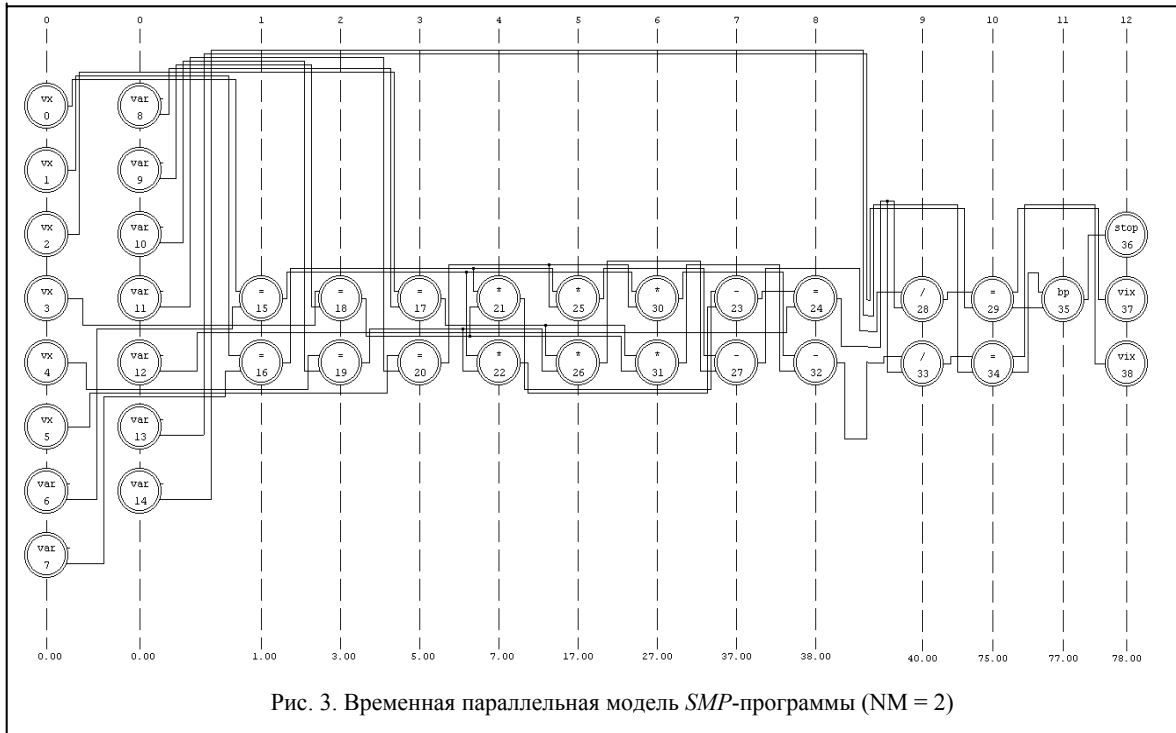
Рис. 2. Обобщенный алгоритм синтеза параллельных программ для VLIW программ

Синтезированные на основе временной параллельной модели SMP-программы (рис. 3) ($NM = 2$) тексты программ – нитей процессоров SMP ЭВМ

представлены на рис. 4. и рис. 5.

Параллельная SMP-модель (рис. 3) задает моменты времени t_j^H начала реализации операторов P_j , распределение операторов по временным ярусам (то есть состав множественных временных операторов

$P(t_j^H)$) и определяет время реализации модели $T = 78.00$ тактов при заданных значениях длительности t_j^0 выполнения операторов P_j^δ (табл. 1) и заданном количестве процессоров ($NM = 2$) в составе SMP ЭВМ.



```
include <stdio.h>
void main(void)
{
    int a, b, c, d, e, f, a1, b1;
    int a2, b2, c2, a3, m, y;
    scanf("%d", &a);
    scanf("%d", &c);
    scanf("%d", &e);
    b1 = b * d;
    b2 = b * f;
    a2 = a * f;
    m = b1 - a1;
    a3 = a2 - c2;
    y = a3 / m;
    printf(" %3d ", y);
}
```

Рис. 4. Си-программа – нить первого процессора SMP ЭВМ

```
include <stdio.h>
void main(void)
{
    int a, b, c, d, e, f, a1, c1;
    int c2, b3, m, x;
    scanf("%d", &b);
    scanf("%d", &d);
    scanf("%d", &f);
    a1 = a * e;
    c1 = c * e;
    c2 = c * d;
    b3 = b2 - c1;
    wait(3.00);
    x = b3 / m;
    printf(" %3d ", x);
}
```

Рис. 5. Си-программа – нить второго процессора SMP ЭВМ

Программы – нити (рис. 3, 4) содержат операторы исходной Си-программы (scanf, *, /, -, =), автоматически введенные операторы временной задержки (wait(1.00), wait(2.00)), обеспечивающие временную синхронизацию SMP ЭВМ при параллельном решении задачи.

Одним из важных вопросов, определяющих целесообразность практического применения парал-

лельной обработки, является оценка максимальных значений и диапазонов изменения показателей эффективности параллельных программ, представленных на рис. 5 и рис. 6.

Выводы

1. Эффективность параллельных процессоров и многопроцессорных компьютеров существенно за-

висит от качества реализуемых ими параллельных программ. Известные технологии автоматизации параллельного программирования имеют ограниченные возможности повышения качества, увеличения объема и сокращения сроков разработки параллельных программ, что обусловлено фактором субъективного творчества программистов.

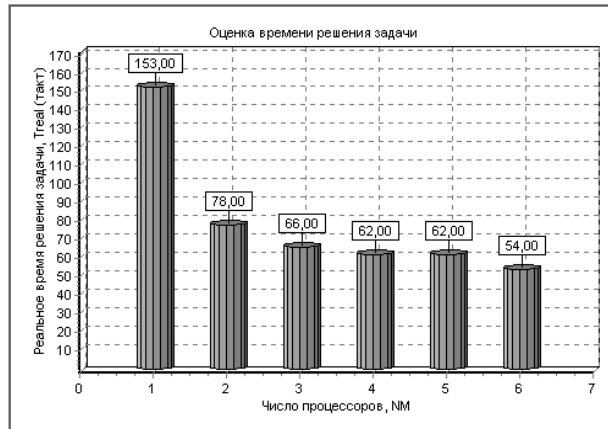


Рис. 6. Зависимости времени $T = f_1(NM)$ решения задачи от числа NM процессоров

3. Изложенная методика может рассматриваться как основа создания инструментальных средств автоматического синтеза параллельных программ для параллельных VLIW-процессоров и многопроцессорных вычислительных систем с симметричной мультипроцессорной обработкой (SMP).

Список литературы

1. Воеводин В.В. Параллельные вычисления / В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
2. Поляков Г.А. Адаптивные самоорганизующиеся системы с мультипараллельной обработкой данных – стратегия развития цифровой вычислительной техники в XXI веке / Г.А. Поляков // Прикладная радиоэлектроника: сб. научн. тр. – X.: АНПРЭ, ХНУРЭ, 2002. – Т. 1, № 1. – С. 57-69.
3. Программирование на параллельных вычислительных системах: пер. с англ. / Р. Бэбб, Дж. Р. Мак-

2. Разработанная методика обеспечивает формализацию синтеза параллельных SMP-программ с заданным временем выполнения для многопроцессорных ЭВМ с SMP-архитектурой, исходя из традиционных последовательных Си-программ и имеющейся или определяемой в процессе синтеза оптимальной конфигурации ЭВМ.

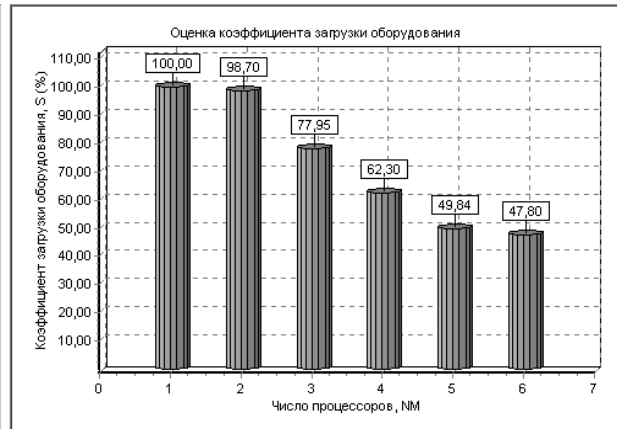


Рис. 7. Зависимости коэффициента $S = f_2(NM)$ загрузки оборудования от NM процессоров

Гроу, Т. Акселрод и др.; под ред. Р. Бэбба 11. – М.: Мир, 1991. – 376 с.

4. Лацис А. Как построить и использовать суперкомпьютер / А. Лацис. – М.: Бестселлер, 2003. – 240 с.

5. СуперЭВМ. Аппаратная и программная реализация: пер. с англ. / Под ред. С. Фернбаха. – М.: Радио и связь, 1991. – 318 с.

6. Поляков Г.А. Формальный синтез параллельных программ для высокопроизводительных VLIW – процессоров / Г.А. Поляков, Е.Г. Толстолужская // Системы озброєння інформації: зб. наук. пр. – X.: XV ПС, 2007. – Вип. 8 (66). – С. 72-80.

Поступила в редколлегию 16.10.2008

Рецензент: д-р техн. наук, снс В.В. Баранник, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

МЕТОД ФОРМАЛЬНОГО АРХИТЕКТУРНО-ОРИЕНТОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТИМЧАСОВИХ ПАРАЛЕЛЬНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ЕОМ З СИМЕТРИЧНОЮ МУЛЬТИПРОЦЕСОРНОЮ ОБРОБКОЮ ДАНИХ

Г.О. Поляков, О.Г. Толстолужька

В статті надається метод формального архітектурно-орієнтованого проектування часових паралельних програм для ЕОМ з симетричною мультипроцесорною обробкою.

Ключові слова: тимчасові паралельні програми, ЕОМ з симетричною мультипроцесорною обробкою, паралельні тимчасові моделі, методи паралельної обробки.

METHOD OF THE FORMAL ARCHITECTURALLY-ORIENTED DESIGN OF TEMPORAL PARALLEL PROGRAMS FOR COMPUTER WITH SYMMETRIC MULTIPROCESSOR PROCESSING OF INFORMATION

G.A. Polakov, E.G. Tolstoluzhskaya

The formal synthesis method of the timing multiparallel programs for the symmetric multi processing (SMP) computers is described. The synthesis method support architecture and configuration of the SMP computers as well as the users demands and limitations.

Keywords: temporal parallel programs, computer with the symmetric multiprocessing, parallel temporal models, methods of the simultaneous processing.