

УДК 681.326

ОБ ОТЛАДОЧНЫХ ПРОГРАММАХ
ДЛЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ "МИНСК-222"

Ю.И. Колосова

Отладка параллельных программ для однородных вычислительных систем (ВС) [1] по сравнению с обычной отладкой усложняется двумя основными обстоятельствами:

большой вычислительной сложностью самих программ, необходимостью проверки правильности системных взаимодействий, организуемых командами системы (КС).

Предлагаются три способа отладки параллельных программ: с помощью специальной моделирующей программы отладки параллельных программ (ПОП), с помощью системных отладочных программ (СОП) и комплексный метод отладки.

1. Программа ПОП путем моделирования на одной машине процесса во времени осуществляет следующие функции:

выполнение режимов обычной "прокрутки";

выявление нежелательных системных взаимодействий;

определение диаграммы распределения времени между блоками;

определение точности результата двуместных операций $a \pm b$; $a \cdot b$; $a : b$ при условии, что число верных знаков компонент a и b заранее известно.

Необходимая информация по всем ветвям вычислений находит-

ся на магнитной ленте (МЛ). В процессе моделирования ветви разбиваются на отрезки, заключенные между двумя КС. Известно [2], что в вычислительную систему "Минск-222" введено пять команд: настройка (Н), передача (П), прием (ПР), обобщенный условный переход (ОУП), обобщенный безусловный переход (ОБП). Программа ПОП организует очередность выполнения указанных отрезков в выбранном режиме. Определяется наименьшее t и наибольшее T время работы каждого такого отрезка по формулам:

$$t = \sum_{i=1}^k t_i, \quad T = \sum_{i=1}^k t_i^*$$

Здесь t_i и t_i^* - минимальное и максимальное время выполнения i -й операции, а k - число выполненных операций в отрезке.

Имитация взаимодействий КС осуществляется с помощью матрицы системных взаимодействий (см.табл.).

	Н ₀	Н ₁	П	ПР	ОУП	ОБП ₀	ОБП ₁	ДО
Н ₀	+	$\begin{matrix} \text{Н}_0 = \text{Н}_1 \\ \text{Н}_0 \neq \text{Н}_1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \text{Н}_0 > \text{П} \\ \text{Н}_0 < \text{П} \end{matrix}$	+	$\begin{matrix} \text{Н}_0 > \text{ОУП} \\ \text{Н}_0 < \text{ОУП} \end{matrix}$	Приоритет	Приоритет	+
Н ₁		+	$\begin{matrix} \text{Н}_1 > \text{П} \\ \text{Н}_1 < \text{П} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \text{Н}_1 > \text{ПР} \\ \text{Н}_1 < \text{ПР} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \text{Н}_1 > \text{ОУП} \\ \text{Н}_1 < \text{ОУП} \end{matrix}$	Приоритет	Приоритет	+
П			-	$\begin{matrix} \text{П} < \text{ПР} \\ \text{П} > \text{ПР} \end{matrix}$	-	$\begin{matrix} \text{П} < \text{ОБП}_0 \\ \text{П} > \text{ОБП}_0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \text{П} < \text{ОБП}_1 \\ \text{П} > \text{ОБП}_1 \end{matrix}$	-
ПР				-	-	$\begin{matrix} \text{ПР} < \text{ОБП}_0 \\ \text{ПР} > \text{ОБП}_0 \end{matrix}$	+	-
ОУП					+	$\begin{matrix} \text{ОУП} < \text{ОБП}_0 \\ \text{ОУП} > \text{ОБП}_0 \end{matrix}$	+	-
ОБП ₀						Приоритет	Приоритет	$\begin{matrix} \text{ДО} < \text{ОБП}_0 \\ \text{ДО} > \text{ОБП}_0 \end{matrix}$
ОБП ₁							Приоритет	+
ДО								-

Знаки (+), (-) указывают соответственно на желаемое или нежелаемое взаимодействие КС. Знак < отмечает, что одна КС по времени выполняется раньше другой. Слово "приоритет" озна -

чает, что при одновременном возникновении первой должна выполняться КС в машине с меньшим номером. Каждая строка матрицы соответствует одной из КС или ее модификации, а содержимое строки указывает переход на соответствующие подпрограммы моделирования. Подпрограммы, анализируя время t и τ , моделируют выполнение появившихся КС и готовят переход к анализу очередных отрезков, сообщают о найденной ошибке, корректируют ее, если возможно, иначе прекращают работу.

ПОПП состоит из четырех основных блоков (см. рис. стр. 73).

Блок формирования B_0 настраивает ПОПП в соответствии с информацией обращения. Записывает начальное состояние ветвей на МЛ.

Ведущий блок B_1 выбирает очередную команду отлаживаемой программы, обеспечивает ей работу в заданном режиме. Ведет счет времени t и τ , а также общего времени решения задачи θ . Если КОП команды принадлежит КС, то управление передается блоку B_3 , иначе B_2 .

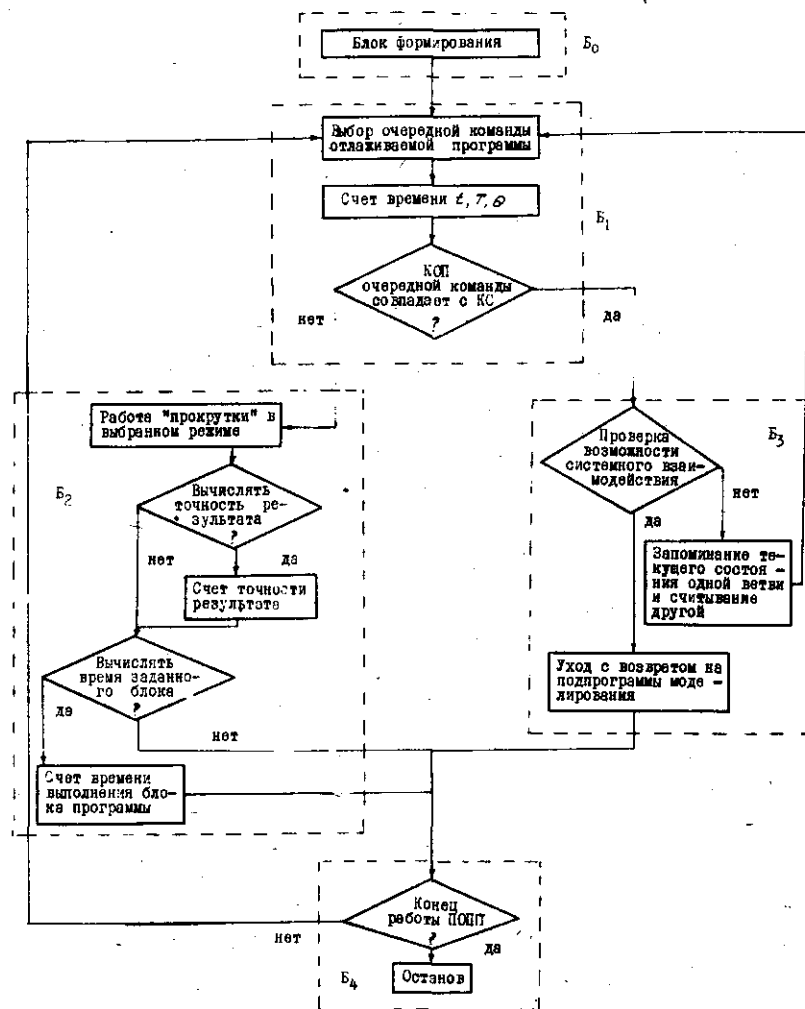
Блок B_2 работает аналогично СП-200 [3], кроме того, вычисляет время работы интересующего блока программы; содержит СП, ведущую счет точности результата [4].

Системный блок B_3 в случае появления КС лишь в одной ветви обеспечивает ввод в оперативную память текущей информации другой ветви, предварительно запомнив на МЛ информацию прежней. При появлении КС в обеих ветвях выполняет соответствующие подпрограммы моделирования, выходная информация которых строится по принципу коротких ответов, позволяющих ориентироваться в ходе программы и предпринимать меры для устранения ошибок. Кроме того, подпрограммы определяют время простоя на той или иной КС.

Заключительный блок B_4 следит за исчерпыванием всех приказов в обращении к ПОПП. В конце выдается время работы всей программы и суммарное время простоев для каждой машины.

Таким образом, с помощью ПОПП можно выяснить, как будет вести себя отлаживаемая программа на ВС.

2. Программы СОП ведут одновременный анализ заданных ветвей на двух, а при необходимости и на нескольких машинах. Они аналогичны программам отладки на одной машине и могут создаваться на их основе. Например, основной принцип работы отладоч-



Блок-схема программы отладки параллельных программ

ных программ СП-200 и СП-201 [3] для машины "Минск-2/22" состоит в определении КОПа очередной команды и в выполнении соответствующих ему функций. Поэтому добавления и изменения та-ких СП в основном свелись к созданию блоков, соответствующих КОПам системных команд.

3. При комплексном методе отладка ведется в два этапа. На первом, игнорируя КС, отлаживаются на одной машине те блоки параллельной программы, которые не зависят от информации, поступающей от КС, а также блоки, которым такую информацию можно за-дать в ходе отладки. [5]. На втором этапе отлаживаются взаимодей-ствия КС и блоки, не просмотренные на первом этапе. Для этой цели удобна программа "Блокировка для параллельных программ", которая занимает лишь 200₈ ячеек оперативной памяти. Она позво-ляет вывести на печать заданное количество раз содержимое ин-тересующих участков памяти в требуемой системе счисления перед выполнением команд обмена.

Для исправления системных программ применяется программа "Перестановка для параллельных программ". Она выполняет все функции СП-205 [3] с учетом системных команд. Кроме того, "Пе-рестановка" работает независимо от блоков оперативной памяти. Помимо исправления адресов с учетом анализа КОПа, теперь при определенном указании в обращении к СП она может обрабатывать адреса без такого анализа.

Использование программ, реализующих предложенные методы, подтвердило достаточную их эффективность.

Выводы

1. Опыт отладки параллельных программ показал, что такие функции, как подсчеты времени [6] и точности результата, полез-ны и при отладке обычных программ. Они позволяют обнаруживать ошибки алгоритмов при нарушении точности, оценивать затраты времени на тот или иной блок и оптимально строить программу.

2. Положительным эффектом является и то, что отладка слож-ной программы на одной машине или нескольких, число которых го-раздо меньше, чем требуется для решения задачи, освобождает бо-лее мощные вычислительные средства от непроизводительных зат-рат времени на поиск ошибок.

Л и т е р а т у р а

1. ЕВРЕЙНОВ Э.В., КОСАРЕВ Ю.Г. Однородные универсальные вычислительные системы высокой производительности. "Наука" СО, Новосибирск, 1966.

2. ГУШЕНСКИЙ В.Н., КАВРИД Л.М., КАЗУШИК В.А., КОСАРЕВ Ю.Г., САВИК Н.П. Усовершенствование системы команд вычислительной системы "Минск-222". - "Вычислительные системы", Новосибирск, 1970, вып. 42, стр. 74-81.

3. Математическое обеспечение ЭВМ "Минск-2" под редакцией Пальцева А.А., Соколовой Н.И., Минск, 1968, вып. 3.

4. ГОЛОВЯШКИНА Л.В., СОКОЛОВ В.И. К вопросу о создании стандартных программ учета погрешностей. - Труды симпозиума "Воп-росы точности и эффективности вычислительных алгоритмов", Киев, 1969.

5. БУСЛАЕВА Г.Н., ЛЕВЧЕНКО Г.И., ЖУКОВ Е.Н. Особенности работы на системе "Минск-222". - "Вычислительные системы", Но-восибирск, "Наука", 1967, вып. 24, стр. 77-79.

6. КОЛОСОВА Ю.И., КАЗУШИК В.А., КОСАРЕВ Ю.Г. Измерение временных характеристик программ системы. - "Вычислительные си-стемы", Новосибирск, "Наука", 1968, вып. 30, стр. 55-63.

Поступила в ред.-изд.отд.

26.У.1972 г.