

УДК 519.685:5.681.3.066:681.324

ЗАГРУЗКА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ В ОДНОРОДНУЮ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ МИНИМАКС

Э.Г. Крылов

Однородная вычислительная система (ОВС) МИНИМАКС, построенная из вычислительных комплексов АСВТ М-6000, позволяет решать сложные задачи, представляемые параллельными программами (р-программами) [1]. Загрузка р-программ в систему — один из центральных вопросов организации вычислений на ОВС. Предлагаются три варианта загрузки р-программы, состоящей из 1 ветвей, в 1 элементарных машин (ЭМ) системы.

В а р и а н т I. Если каждая из ЭМ подсистемы, на которой должна решаться р-программа, оборудована устройством ввода, то можно воспользоваться стандартным матобеспечением комплекса М-6000. Ветви р-программы могут быть оттранслированы в абсолютном или перемещаемом виде и загружены в соответствующие ЭМ через их собственные устройства ввода Абсолютным загрузчиком или Перемещающим загрузчиком Основной управляющей системы. При таком варианте загрузка р-программы ничем не отличается от загрузки обычных программ. Недостатками варианта I являются:

а) необходимость иметь в системе большое число внешних устройств, что существенно увеличивает стоимость всей системы;

б) значительные расходы оперативной памяти для хранения блоков Основной управляющей системы в каждой ЭМ;

в) необходимость применять ручную подстройку операторов индивидуальных взаимодействий [2], обусловленную использованием для трансляции ветвей р-программы существующих в М-6000 трансляторов.

Сущность последнего недостатка можно пояснить следующим образом. Пусть в i -й ветви р-программы имеется оператор IW , задающий процесс записи данных в k -ю ветвь по математическому адре-

су В. Подстройка требует перемещения в поле операндов оператора IW физического адреса B' , соответствующего В. Для этого нужно загрузить k -ю ветвь и, сложив базу перемещения этой ветви с относительным адресом В, который определяется по листингу k -й ветви, вычислить абсолютный адрес B' ; затем загрузить 1-ую ветвь, аналогичным образом вычислить адрес оператора IW и в соответствующее место поля операндов занести с пульта 1-й ЭМ вычисленный адрес В!

В а р и а н т П. Загрузка оттранслированных перемещаемых ветвей p -программы может осуществляться через единственное устройство ввода ЭМ, выполняющей функции диспетчера подсистемы. Предполагается, что в машинах подсистемы предварительно генерируется диспетчер ЭМ и драйвер модуля межмашинной связи [3], а в диспетчерской ЭМ — Основная управляющая система, настроенная на ввод информации из модуля межмашинной связи и вывод на стандартное устройство.*) После пересылки Основной управляющей системы из диспетчерской в остальные ЭМ в диспетчерской машине вторично генерируется Основная управляющая система, настроенная на "Ввод-Вывод" со стандартных устройств. Если в диспетчерскую ЭМ ввести программу, считывающую информацию из устройства ввода и передающую ее через модуль межмашинной связи, то для загрузки 1-й ветви p -программы из диспетчерской ЭМ можно воспользоваться системными командами настройки, обобщенного безусловного перехода и обмена [3]. Командой настройки 1-я ЭМ настраивается на "Прием", с помощью обобщенного безусловного перехода запускается Перемещающий загрузчик в 1-й ЭМ, а с помощью программы "ретрансляции" и команд обмена выполняется ввод ветви в диспетчерскую ЭМ и пересылка в 1-ю ЭМ через модуль межмашинной связи.

Достоинство варианта П заключается в том, что загрузка p -программы производится через единственное устройство ввода средствами стандартного матобеспечения комплекса М-6000, дополненного небольшой программой "ретрансляции". Недостатками варианта являются:

а) необходимость иметь у каждой ЭМ устройства вывода для получения таблиц распределения памяти Основной управляющей системы и т.п.;

б), в) — те же, что и в I-м варианте;

г) наличие особого условия: оперативная память любой ЭМ подсистемы не должна быть меньше оперативной памяти диспетчерской ЭМ.

*) Вопросы, связанные с генерацией операционных систем ОВС, в данной работе не рассматриваются.

В а р и а н т Ш. Для загрузки перемещаемых ветвей р-программы используется один комплект устройств ввода-вывода диспетчерской ЭМ и Специальный системный перемещающий загрузчик, находящийся в диспетчерской ЭМ. Главным отличием варианта Ш от предыдущих вариантов является то, что ввод, компоновка и настройка р-ветвей на задаваемую область памяти производится в диспетчерской ЭМ, затем настроенные ветви рассылаются в память соответствующих ЭМ подсистемы и одновременно настраиваются операторы индивидуальных взаимодействий. Тем самым устраняются недостатки вариантов I и П.

Отметим, что стандартный Перемещающий загрузчик Основной управляющей системы начинает загрузку перемещаемых программ с адреса 2000. Для системы это может оказаться мало приемлемым. Например, если ввод ветви р-программы и ее компоновка выполняются в диспетчерской ЭМ, а работа ветви предусматривается в другой машине, практически в любом месте ее памяти, то загрузка очередной ветви возможна только после перезагрузки Перемещающего загрузчика в диспетчерской ЭМ. Этим обусловлена разработка Специального системного перемещающего загрузчика (в дальнейшем называемого Системным загрузчиком). Наличие в составе матобеспечения ОВС МИНИМАКС Системного загрузчика позволит применить его для загрузки сегментов р-программ, сегменты которых будут настроены на работу в выделенном, одинаковом (по размещению) для всех ЭМ подсистемы буферном поле.

§1. Системный загрузчик ОВС МИНИМАКС

Системный загрузчик, кроме выполнения всех функций Перемещающего загрузчика Основной управляющей системы, настраивает загружаемые ветви р-программы на заданное место в оперативной памяти, пересылает сформированные ветви в соответствующие ЭМ и настраивает операторы индивидуальных взаимодействий между ветвями.

Для задания режима работы Системного загрузчика необходимо ввести в выделенное место нулевой страницы памяти диспетчерской ЭМ абсолютную программу, содержащую псевдокоманду ORG и следующие параметры:

- 1) 1-й номер ветви, совпадающий с относительным номером ЭМ, в которой будет размещена ветвь;
- 2) Р - тип загрузки;
- 3) начальный адрес загрузки в диспетчерской ЭМ;
- 4) начальный адрес загрузки в 1-й ЭМ;

- 5) начальный адрес области настройки в i -й ЭМ (он может совпадать с предыдущим адресом);
- 6) начальный адрес сегмента в нулевой странице i -й ЭМ;
- 7) верхний адрес области связи в нулевой странице i -й ЭМ;
- 8) число элементов в таблице идентификаторов Системного загрузчика (в диспетчерской ЭМ) перед загрузкой i -й ветви;
- 9) последний адрес доступной области памяти в i -й ЭМ;
- 10) 1 - число ветвей.

При начальной загрузке ($P = 0$) набор задаваемых параметров переписывается в таблицу состояния загрузки системы. Если $P \neq 0$, то Системный загрузчик пользуется данными таблицы состояний, обновляемыми при завершении очередной загрузки ветви; параметры 4)–10) в этом случае можно не вводить. Тип $P = 1$ соответствует последовательной загрузке нескольких программ в одну машину. Тип $P = 2$ соответствует продолжению загрузки i -й ЭМ, если на предыдущем шаге загружалась другая ЭМ подсистемы. Параметр 5) задает базу перемещения программы в основной области памяти i -й ЭМ. При формировании адресных команд для операндов, перемещаемых в основной части программы, адреса увеличиваются на величину базы перемещения программы. База перемещения в общей области получается вычитанием из параметра 9) величины общей области программы, загружаемых в i -ю ЭМ. Базы перемещения в нулевой странице для диспетчерской и i -й ЭМ совпадают и задаются параметром 6). База загрузки в диспетчерскую ЭМ задается параметром 3). Параметр 4) используется только в блоке пересылки ветви из диспетчерской в i -ю ЭМ. Если при обработке адресной команды операнд не находится в одной странице с командой, то формируется косвенное обращение через область связи в нулевой странице, которая задается параметром 7) (он, как и параметр 6) совпадает для диспетчерской и i -й ЭМ). Параметр 8) необходим для того, чтобы осуществлялась загрузка нескольких ветвей подряд без перезагрузки Системного загрузчика.

После ввода и формирования i -й ветви в диспетчерской ЭМ начинает работать блок пересылки. Предполагается, что в каждую ЭМ системы заранее загружаются обработчик прерываний и драйвер модуля межмашинной связи. С помощью системных команд настройки и общенного безусловного перехода i -я ЭМ настраивается на команду "Прием". В нее пересылается оформленная программа ветви, которая может состоять из основной части, сегмента в нулевой странице и области связи. Кроме того, для возможности осуществления загрузки

ки с продолжением ($P = 2$) в i -ю ЭМ пересылается необходимая часть таблицы идентификаторов загрузчика, которая размещается на свободном месте памяти ниже общей области. Если затем снова встречается загрузка с продолжением, то эта часть таблицы восстанавливается в Системном загрузчике. Для этого с помощью системных команд настройки и обобщенного безусловного перехода i -я ЭМ настраивается на команду "Передача", и часть таблицы идентификаторов пересылается на свое место из i -й в диспетчерскую ЭМ. После окончания работы блока пересылки изменяется содержимое таблицы состояний загрузки системы, а именно: для i -й ЭМ увеличиваются базы переключения программы и сегмента нулевой страницы на размеры соответствующих частей загруженной программы, последний адрес свободного места памяти уменьшается на величину общей области (если она есть) и величину приращения таблицы идентификаторов загрузчика, увеличивается число элементов таблицы идентификаторов загрузчика, верхний адрес области связи в нулевой странице уменьшается на число ячеек, использованных для связи между участками программы, которые расположены в разных страницах памяти.

§2. Автоматическая настройка операторов индивидуальных взаимодействий Системным загрузчиком

Для того чтобы Системный загрузчик мог при загрузке p -программы осуществить автоматическую настройку операторов индивидуальных взаимодействий типа IW ("Писать"), IR ("Читать") и UG ("Безусловный переход"), предлагается ввести вспомогательный оператор $IDENT$, вызываемый на ФОРТРАНе с помощью оператора $CALL$: $CALL IDENT(N, B)$, где N — спецификатор оператора, а B может быть нулем или идентификатором массива.

Применение оператора $IDENT$ обусловлено двумя причинами. Во-первых, если в i -й ветви использован оператор IW или IR , то в списке фактических параметров этих операторов должен быть указан идентификатор массива B k -й ветви, в который нужно записать (IW) или из которого нужно считать (IR) информацию, а в записи этих операторов на МНЕМОКОДЕ должен стоять фактический абсолютный адрес первого слова массива B (возможно, с указателем косвенной адресации). В языке ФОРТРАН M-6000 для идентификации начального адреса массива нет других средств, кроме вызова подпрограммы с помощью оператора $CALL$, в котором фактическим параметром является

идентификатор искомого массива. Поэтому при использовании оператора $IW(IR)$ в i -й ветви для автоматического получения начального адреса массива B из k -й ветви предлагается в k -й ветви употребить оператор $IDENT(N, B)$, а для установления связи между оператором $IW(IR)$ i -й ветви и $IDENT$ k -й ветви в списке фактических параметров $IW(IR)$ вместо идентификатора массива B поставить тот же самый спецификатор N , что и для $IDENT$; N - некоторое целое число.

ПРИМЕР:

1-я ветвь	k-я ветвь
...	...
DIMENSION SR(25)	DIMENSION B(25)
...	...
CALL $IW(I, \alpha_1, \alpha_2, k, SR, 5\emptyset, 1\emptyset, IX)$	CALL $IDENT(1\emptyset, B)$
GOTO 6 $\emptyset$	...
...	...
...	...

Здесь в качестве спецификатора N выбрано число $1\emptyset$.

Во-вторых, если в i -й ветви использован оператор безусловного перехода UG для k -й ветви, то в его списке фактических параметров должен быть указан $B1$ - абсолютный адрес в k -й ветви, на который должно передаваться управление. Как правило, управление передается на подпрограмму или некоторую обособленную часть программы. В этом случае предлагается в k -й ветви употребить оператор $IDENT(N, \emptyset)$ непосредственно перед оператором, на который передается управление, а в i -й ветви в списке фактических параметров UG вместо $B1$ поставить спецификатор N .

ПРИМЕР:

1-я ветвь	k-я ветвь
...	...
CALL $UG(I, \alpha_1, \alpha_2, k, 24, IX)$	CALL $IDENT(24, \emptyset)$
GOTO 12 $\emptyset$	4 $\emptyset$ DO 5 $\emptyset$ J=1, I
...	...

В качестве спецификатора N выбрано число 24. В операторе UG должна указываться передача управления в k -й ветви на оператор с меткой $4\emptyset$.

Итак, если в р-программе используются операторы индивидуальных взаимодействий IW,IR и UG, то нужно по указанным правилам расставить в необходимых местах р-программы вспомогательные операторы IDENT, а в списках фактических параметров IW,IR и UG поставить соответствующие спецификаторы. Подготовленную таким способом р-программу можно транслировать и загружать Системным загрузчиком.

Системный загрузчик в процессе загрузки ветвей выявляет все обращения к подпрограммам IW,IR,UG,IDENT и заполняет две таблицы адресов: T_1 - для операторов индивидуальных взаимодействий и T_2 - для вспомогательных операторов. После завершения загрузки в таблице T_1 для каждой ветви к адресам операторов IW,IR,UG по одноименным спецификаторам приписываются адреса из таблицы T_2 . После обработки таблиц в машины, которые имеют ветви с операторами индивидуальных взаимодействий, рассылаются искомые абсолютные адреса из взаимодействующих ветвей. На этом работа Системного загрузчика заканчивается, и пользователь может приступить к запуску р-программы.

ПРИМЕР:

Р-программа пользователя состоит из трех ветвей. Сначала запускается I-я ветвь. Она вычисляет массив A, затем из нее с помощью UG запускается 2-я ветвь, которая считывает из I-й ветви массив A в свой массив B, вычисляет массив C и запускает 3-ю ветвь. Последняя вычисляет массив D, переписывает его в массив A1 первой ветви и останавливает работу 2-й ветви.

I-я ветвь:

```

      . . . .
DIMENSION A(100), A1(25)

      . . . .
CALL IDENT(2,A)
CALL IDENT(4,A1)

      . . . .
IX = 0
CALL UG(I1,IA1,IA2,2,1,IX)

      . . . .

```

2-я ветвь

```

      . . . . .
      DIMENSION B(100), C(50)
      . . . . .
      CALL IDENT(1, 0)
10 DO 20 I=1,50
      . . . . .
      IA1 = ....
      IA2 = ....
      IX = 0
      CALL IR(12, IA1, IA2, 1, B, 200, 2, IX)
      . . . . .
      CALL UG(13, IA1, IA2, 3, 3, IX)
      . . . . .
      CALL IDENT(5, 0)
      END
      END X

```

3-я ветвь

```

      . . . . .
      DIMENSION D(25)
      CALL IDENT(3, 0)
10 DO 30 I=1,25
      . . . . .
      IA1 = ....
      IA2 = ....
      IX = 0
      CALL IW(14, IA1, IA2, 1, D, 50, 4, IX)
      CALL UG(15, IA1, IA2, 2, 5, IX)
      . . . . .

```

В рассмотренной р-программе встречаются пять операторов индивидуальных взаимодействий типа IW, IR, UG. Соответственно во взаимодействующих ветвях введено пять операторов IDENT. Для наглядности спецификаторы в списках параметров операторов подчеркнуты.

*
*
*

В заключение отметим, что использование операторов индивидуальных взаимодействий для управления параллельным процессом и

осуществление в процессе загрузки р-программы автоматической настройки этих операторов на адреса в различных ЭМ позволяют:

1) сократить время подготовки к запуску р-программы с индивидуальными взаимодействиями между ветвями;

2) повысить скорость взаимодействий между ветвями р-программы и тем самым уменьшить время реакции системы при работе в реальном масштабе времени.

Л и т е р а т у р а

1. МИРЕНКОВ Н.Н. МИНИМАКС - вычислительная системы коллективного пользования. -Вычислительные системы. 1974. Вып. 60. Новосибирск, с. 115-128.

2. КЕРБЕЛЬ В.Г., КОРНЕЕВ В.Д., КРЫЛОВ Э.Г. Языки для описания параллельных процессов. Операторы индивидуальных взаимодействий. -Новосибирск, Б.и., 1977, Отчет ИМ СО АН СССР .

3. КОРНЕЕВ В.Д. Операционная система МИНИМАКС. - Настоящий сборник, с.3-30.

Поступила в ред.-изд.отд.
22 ноября 1978 года