

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

2409/2-80

2/6-8

P10 - 13004

Г.Балука, А.И.Островной

ДИНАМИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАМЯТИ
В СИСТЕМЕ САНПО ДЛЯ ЭВМ ТИПА СМ-3

199-40

1980

В задачах разработки программных систем автоматизации физических экспериментов существенным ограничением является небольшой объем оперативной памяти мини-ЭВМ, которые обычно используются в экспериментах. Одним из возможных способов решения этой проблемы является динамическое распределение памяти /ДРП/ для программных модулей.

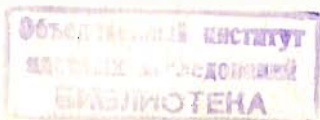
В данной работе описана организация ДРП в системе САНПО - системе автоматического накопления и предварительной обработки экспериментальной информации в реальном масштабе времени^{/1/}. Описаны программа управления ДРП и загрузчик модулей, хранящихся в двоичном виде в библиотеках системы^{/2,3/}.

Программы реализованы для ЭВМ типа СМ-3^{/4/} на макроасемблере MACRO-11^{/4/} и используют средства (program requests), предоставляемые^{/5/} дисковой операционной системой реального времени RT-11^{/5/}.

1. ОРГАНИЗАЦИЯ ДРП

В системе САНПО динамическое распределение оперативной памяти осуществляется для стандартных программ /СП/, хранящихся в двоичном перемещаемом формате загрузки REL^{/6/} в библиотеке системы. Средства ДРП функционально разделены на три части: программу поиска указанной СП на рабочем поле /РП/, загрузчик и программу управления ДРП. Они включены в монитор системы и получают управление от него, когда требуется инициировать какую-нибудь СП. Программы ДРП выполняют поиск нужной СП на рабочем поле системы. Если указанная СП уже загружена на РП, то управление возвращается в монитор. Если же ее нет на РП, то осуществляется загрузка СП. Загрузчик считывает из каталога библиотеки /см. организацию библиотеки в работе^{/3/} / характеристики СП, определяет параметры, необходимые для работы программы управления ДРП, которая выделяет на РП участок памяти указанной длины, и лишь затем выполняется собственно загрузка тела СП.

В САНПО реализован метод работы СП на динамически распределяемом рабочем поле, при котором некоторые из них дольше задерживаются на РП. Мы говорим, что такие СП пользуются привилегированным правом использования РП. К ним относятся наиболее часто применяемые СП и те из них, от времени исполнения которых зависит время реакции системы в целом.



Алгоритм ДРП, реализованный в САНПО, имеет в своей основе метод, используемый в системе ИС-2¹⁷, и является развитием подхода, описанного в работе¹⁸.

2. СТРУКТУРА РАБОЧЕГО ПОЛЯ

Все поле памяти, отведенное в САНПО для работы СП, делится на три области /см. рис. 1/. Первая область отведена для СП, фиксированных на РП. Эта область не подлежит динамическому распределению. Ее заполнение, так же как и освобождение, осуществляется специальными инструкциями языка, которые находятся в распоряжении пользователя. Контроль за состоянием этой области полностью ложится на пользователя.

Вторая область отведена для СП, имеющих привилегированное право использования РП. Все остальные СП загружаются в третью область. Динамическое распределение памяти осуществляется во второй и третьей областях.

Все три области РП следуют непосредственно друг за другом. Начало следующей области является концом предыдущей, а конец третьей является началом свободного места на РП.

Каждой из областей соответствует участок таблицы характеристик /ТХ/, в которой отражено текущее состояние РП. ТХ содержит информацию обо всех СП, загруженных на РП /их имена, адреса и т.п./.

Таблица характеристик располагается в конце РП и наращивается в сторону начала РП, т.е. начало ТХ является концом РП, а ее конец - концом свободного поля памяти на РП. Участки ТХ, соответствующие областям РП, так же как и сами области, располагаются непосредственно друг за другом, и начало следующего участка является концом предыдущего.

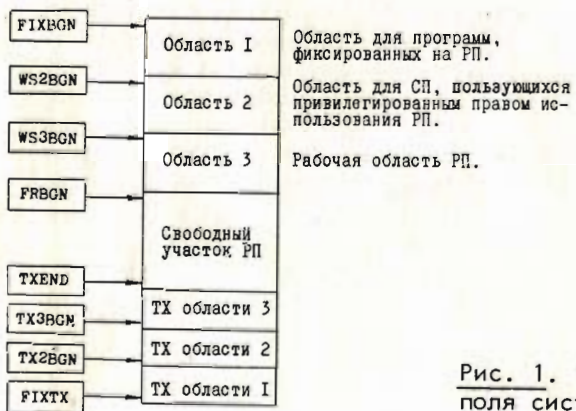


Рис. 1. Структура рабочего поля системы.

Длины областей РП и соответствующих участков ТХ не фиксированы и отвечают текущему состоянию РП.

3. СТРУКТУРА ТАБЛИЦ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДРП

Размеры, место расположения и текущее состояние РП задаются системе в специальных таблицах, которые содержат адреса начала и конца всех областей РП и соответствующих участков ТХ. Все операции, выполняемые программами ДРП, так или иначе связаны с изменением этих таблиц. Поэтому прежде чем описывать операции управления РП и алгоритм ДРП, опишем соответствующие таблицы.

На рис. 2 приведена таблица, содержание которой полностью определяет состояние и место расположения РП. Адрес начала таблицы хранится в 154-й ячейке оперативной памяти. Слева на рисунке указаны адреса значений в таблице относительно ее начала /адресация в байтах/. На рис. 1 приведена структура РП, границы областей и соответствующих участков ТХ здесь отмечены поименованными значениями, которые определены в таблице, изображенной на рис. 2.

Любая из областей может быть пустой. В таком случае адреса начала ее на РП и начала соответствующего ей участка ТХ совпадают с адресами отвечающих им концов.

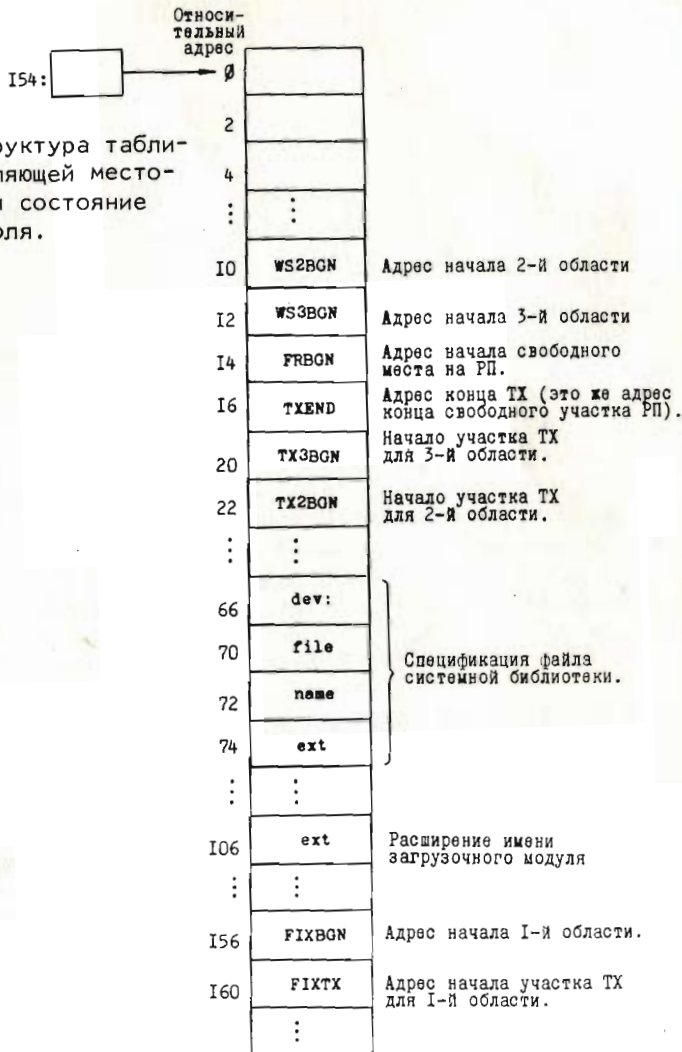
4. ОПЕРАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ РП

Операциями управления РП являются операции включения тела СП в указанную область и операции очистки областей.

Операция включения приводит к увеличению значения в таблице состояния РП /см. рис. 2/, определяющего нижнюю границу указанной области, на величину объема памяти, отведенного данной СП (Δ), и уменьшению значения, задающего нижнюю границу соответствующего участка ТХ, на величину, равную длине одного элемента ТХ (δ). Например, загрузка СП в третью область приведет к исполнению операций: $FRBGN + \Delta \rightarrow FRBGN$ и $TXEND - \delta \rightarrow TXEND$. Заметим, что ТХ здесь расширяется в сторону уменьшения адресов памяти, т.е. значения, определяющие ее состояние, уменьшаются на δ при загрузке СП.

Операции очистки областей сводятся к изменению поименованных значений таблицы состояния РП. Так, очистка третьей области приводит к тому, что адреса концов ее и соответствующего участка ТХ принимаются равными соответствующим адресам начала /выполняются операции $WS3BGN \rightarrow FRBGN$ и $TX3BGN \rightarrow TXEND$ /.

Освобождение второй области приводит к пересылке значений: $WS2BGN \rightarrow WS3BGN$, $WS2BGN \rightarrow FRBGN$, $TX2BGN \rightarrow TX3BGN$



и TX2BGN → TXEND. И, наконец, очистка первой области осуществляется путем исполнения следующего набора операций: FIXBGN → WS2BGN, FIXBGN → WS3BGN, FIXBGN → FRBGN, FIXTX → TXEND, FIXTX → TX3BGN, FIXTX → TX2BGN.

Использованные в данном параграфе символические имена обозначают значения таблицы, приведенной на рис. 2.

5. АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ ПАМЯТИ НА РП СИСТЕМЫ

Программа управления ДРП инициируется загрузчиком и выделяет память на РП для загрузки СП. После окончания опе-

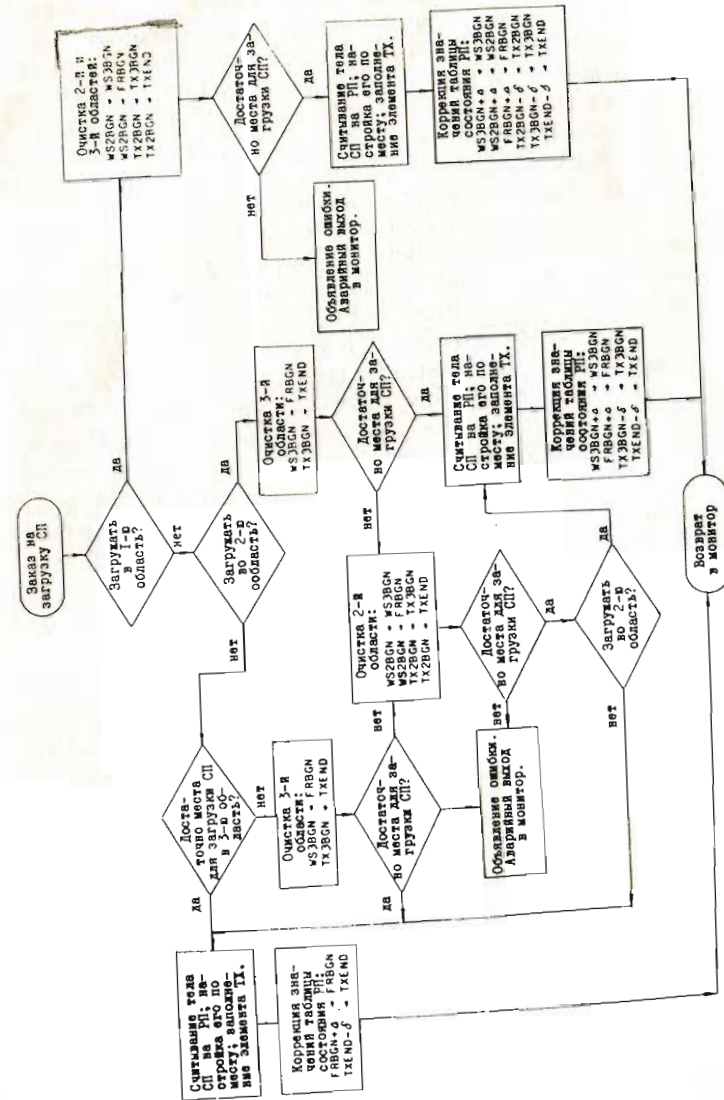


Рис. 3. Блок-схема алгоритма динамического распределения памяти.

рации управление возвращается в загрузчик. Программа управления в качестве параметров получает длину необходимого участка памяти и номер области РП, где его нужно выделить.

На рис. 3 приведена блок-схема алгоритма распределения памяти. В каждую из областей СП загружаются последовательно друг за другом. Причем, если СП необходимо загрузить в первую область, то предварительно очищаются вторая и третья области и лишь после этого выполняется загрузка СП с начала свободного места. Если СП загружается во вторую область, то это приводит к очистке третьей области. Заполнение последней происходит до тех пор, пока существует достаточное количество свободного места на РП.

Область считается переполненной в случае, если для загрузки очередной СП в указанную область недостаточно свободного места на РП /с учетом очистки лежащих ниже областей/. Контроль за состоянием первой области осуществляет пользователь. В случае необходимости он может очистить ее в соответствии со специальной инструкцией. Вторая и третья области при переполнении очищаются автоматически, и загрузка СП осуществляется с начала вновь образованного свободного места на РП. На блок-схеме алгоритма ДРП приведены операции управления РП, описанные в предыдущем параграфе. Из рисунка можно видеть их состав и порядок исполнения при операциях загрузки СП в различные области РП.

6. ЗАГРУЗЧИК

Программа-загрузчик предназначена для загрузки модулей двух типов: СП и таблиц. СП - это программный модуль, оформленный в виде подпрограммы типа SUBROUTINE^{19/}. Таблица - это модуль, не имеющий программной структуры, принятой для СП. Модули этого типа могут содержать числовую информацию, тексты и т.п. Загрузочные модули хранятся в библиотеке системы.

Загрузчик получает управление, когда нужного модуля не оказалось на РП. При этом нулевой регистр содержит адрес управляющей информации /УИ/, состоящей из восьми слов /см. рис. 4/. УИ определяет запрашиваемую операцию и параметры для работы загрузчика. Более подробно содержание УИ мы рассмотрим ниже, при описании конкретных операций.

Загрузчик умеет выполнять три операции: загрузку СП, загрузку таблиц и определение объема загрузочного модуля. Код операции задается в первом слове УИ. С динамическим распределением памяти связана только первая операция - операция загрузки СП. Опишем каждую операцию в отдельности.

6.1. Операция загрузки СП предназначена для считывания тела СП из библиотеки системы на динамически распределяемое рабочее поле и настройки его по месту загрузки. При исполнении данной операции из восьми слов УИ загрузчиком используется только первое - код операции. В данном случае он равен нулю.

Имя СП загрузчик считывает из таблицы, начало которой хранится в 156-ой ячейке памяти /см.рис.5/, а расширение имени по относительному адресу 106 - из таблицы, начало которой содержится в 154-ой ячейке /см.рис.2/. Спецификация системной библиотеки/имя устройства и имя файла/ задана в четырех словах той же самой таблицы/см.рис.2/с относительными адресами, равными 66, 70, 72, 74.

Содержимое младшего байта ячейки с относительным адресом, равным нулю, в таблице, приведенной на рис. 5, является модификатором операции загрузки. Ниже приведены значения модификатора и соответствующее им содержание операции:

Значение модификатора	Содержание операции
Ø, 1	Загрузить СП в третью область РП /см. рис. 2/;
2, 3	Загрузить СП в привилегированную область РП /во вторую/;
4, 5	Очистить 2-ю и 3-ю области и загрузить СП в начало 2-ой области;
6, 7	резерв;
203, 205	загрузить и фиксировать СП на РП /загрузить в первую область/.

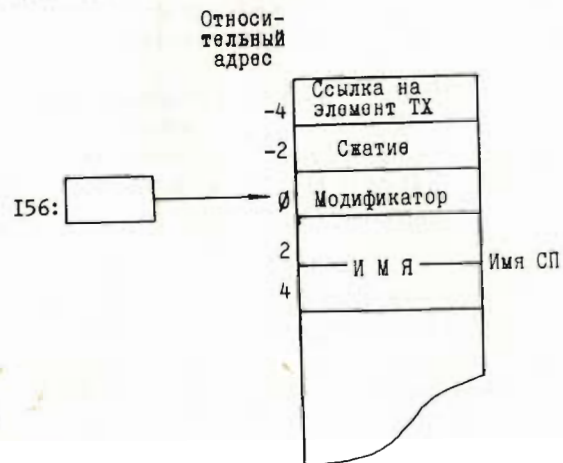
В начале исполнения операции загрузки СП загрузчик выполняет поиск указанной СП в библиотеке системы и считывает в оперативную память ЭВМ характеристики СП, заданные в каталоге библиотеки и нулевом блоке тела СП /см. организацию библиотеки в работе^{13/}/. Характеристиками являются: стартовый адрес /40/, конец тела СП /52/, сжатие /72/, статусное слово /74/, размер памяти, требуемой для работы СП /104/, и расширение названия данной СП /106/. В скобках указаны адреса размещения значений характеристик относительно начала нулевого блока тела СП. Смысл отдельных характеристик ясен из названия, а значения статусного слова и сжатия рассмотрены в работах^{12,3/}.

На основании характеристик и значения модификатора загрузчик определяет номер области РП и длину участка памяти,

Рис. 4. Структура управляющей информации.



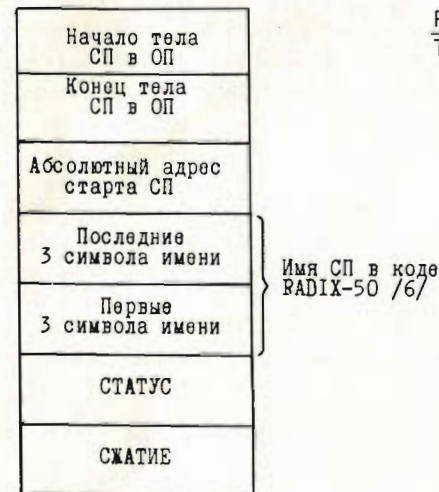
Рис. 5. Таблица модификации операции загрузки СП.



необходимого для загрузки и работы СП. В случае, если СП обладает привилегированным правом использования РП /11-й разряд статусного слова равен единице/, принимается решение о загрузке данной СП во вторую область, даже если заказана операция загрузки СП в третью область, т.е. модификатор равен 0 или 1. После этого иницируется программа управления ДРП, которая выделяет участок РП нужного объема в указанной области, и выполняется собственно загрузка. Считывается тело СП на выделенный участок РП и настраивается в соответствии с адресом загрузки. Характеристики СП загрузчик помещает в элемент ТХ, соответствующий загруженной СП. Его формат представлен на рис. 6. В таблице, приведенной на рис. 5, загрузчик заполняет два слова: в ячейки с адресами, меньшими соответственно на 2 и 4 содержимого 156-го слова оперативной памяти ЭВМ, заносит значение характеристики "сжатия" и адрес только что сформированного элемента ТХ.

6.2. Операция загрузки таблиц предназначена для считывания в оперативную память /ОП/ модулей, не имеющих структуры, принятой для программ. Вся необходимая информация для их загрузки передается в управляющей информации /см. рис. 4/.

Рис. 6. Структура элемента ТХ, соответствующего одной СП.



Первое слово содержит 1 - код операции, два следующих - имя, а четвертое слово - дополнение к имени загрузочного модуля. Пятое слово содержит номер первого блока /один блок - 256 слов/, начиная с которого необходимо считывать в ОП загрузочный модуль, шестое - количество байтов, которое нужно считать в оперативную память. Седьмое слово содержит адрес загрузки - адрес оперативной памяти, начиная с которого выполняется загрузка указанной части модуля. Восьмое слово при обращении к загрузчику равно нулю, а после выполнения операции содержит номер блока относительно начала библиотечного файла, который первым был загружен в ОП.

6.3. Операция определения объема загрузочного модуля позволяет определить количество байтов, которые занимают указанный модуль. Код этой операции равен 2. Имя модуля должно быть задано во 2-ом и 3-ем словах, а расширение имени - в 4-ом слове управляющей информации. После завершения этой операции восьмое слово УИ будет содержать число, равное количеству байтов, занимаемых указанным модулем.

7. ОБРАБОТКА ОШИБОК

При выполнении операций загрузки могут происходить ошибки, например, ошибки чтения с внешнего запоминающего устройства, отсутствие указанного загрузочного модуля в библиотеке и т.п.

При обнаружении ошибочной ситуации загрузчик передает управление в монитор командой TRAP10. Следующее за этой командой слово содержит индивидуальный код ошибки. Средства ДРП в системе САНПО идентифицируют следующие ошибки:

Код ошибки	
1	- отсутствует файл библиотеки, имя которой указано в системных таблицах /см. рис.2/;
2	- возникла ошибка оборудования при чтении загрузочного модуля;
3	- в библиотеке отсутствует требуемый загрузочный модуль;
4	- нарушен формат библиотечного файла /см. работу /6/ /;
5	- не совпадают контрольные суммы при чтении загрузочного модуля;
6	- недостаточно памяти на рабочем поле для загрузки СП.

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение ДРП в системе автоматизации физических экспериментов имеет некоторые преимущества по сравнению с другими методами решения проблемы недостатка оперативной памяти - свопингом и оверлейной организацией программы /8/. Принятый подход при допустимом времени реакции системы обеспечивает более высокий коэффициент использования оперативной памяти ЭВМ и преемственность развития программного обеспечения экспериментов. Одни и те же СП могут быть использованы без каких-либо модификаций в различных экспериментах. СП используются в формате загрузки и параметризуются на этапе исполнения. Применение ДРП в системе САНПО практически снимает ограничения на объем программного обеспечения и сложность методики экспериментов, связанные с недостатком оперативной памяти в используемых ЭВМ.

Описанный способ организации ДРП является развитием метода, описанного в работе /8/. В данном случае РП имеет область для СП, фиксированных на РП /первая область/. По существу это является средством расширения резидента системы и управления его составом.

Принятая дисциплина распределения памяти ориентирована на работу СП в системе реального времени и обеспечивает быстрое время реакции для СП, имеющих привилегированное право использования РП, и СП, включенных в процессы обработки, от которых зависит пропускная способность или время реакции программной системы в целом.

Организация ДРП в системе САНПО позволяет изменить место расположения РП в оперативной памяти или расширить его во время проведения эксперимента путем изменения значений соответствующей таблицы /см. рис. 2/, которые определяют границы РП. Можно также во время проведения эксперимента изменить имя системной библиотеки, из которой загружаются СП. Для этого необходимо модифицировать таблицу, изображенную на рис. 5.

Организация программ ДРП позволяет легко модифицировать в случае необходимости алгоритм распределения памяти в системе и применить более изящный и эффективный метод. Описанные программы могут быть использованы вне системы САНПО для загрузки модулей из библиотеки, организация которой описана в работе /3/. Для этого достаточно обеспечить описанный в данной работе интерфейс с программами ДРП.

Авторы благодарят И.М.Саламатина за помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Островной А.И., Саламатин И.М. ОИЯИ, Р10-11349, Дубна, 1978.
2. Балука Г., Саламатин И.М., Хрыкин А.С. ОИЯИ, 10-12546, Дубна, 1979.
3. Балука Г., Саламатин И.М., Хрыкин А.С. ОИЯИ, 10-12545, Дубна, 1979.
4. Наумов Б.Н., Боярченков М.А., Кабалецкий А.Н. "Приборы и системы управления", 1977, №10.
5. RT-11 System Reference Manual (DEC-11-ORPGA-B-D). DEC, Maynard, Massachusetts, 1975.
6. RT-11 Software Support Manual (DEC-11-ORUGA-C-D). DEC, Maynard, Massachusetts, 1975.
7. Шура-Бура М.Р. Интерпретирующая система для М-20. ВЦ АН СССР, М., 1965.
8. Дади Л. и др. ОИЯИ, Р10-9954, Дубна, 1976.
9. FORTRAN-IV User's Guide (DEC-11-LMFUA-B-D). Dec, Maynard, Massachusetts, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 декабря 1979 года.