



сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна

P11-91-48

А.П. Сапожников

ЭМУЛЯЦИЯ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ БЭСМ-6

1991

При воссоздании ЭВМ БЭСМ-6 на современной отечественной элементной базе наиболее важным требованием являлась возможность прогона всех ранее написанных программ без каких-либо переделок в них. Программы существуют в ЭВМ не изолированно, а работают под управлением операционной системы (ОС), регулярно обращаясь к ней для выполнения различных сервисных функций. ОС БЭСМ-6 невозможно полностью перенести на новую машину МКБ-8601 /1/ по следующим причинам:

1. МКБ отличается от БЭСМ по набору внутренних "машинных" регистров. Теоретическая возможность программной интерпретации всех привилегированных команд и регистров существует /кстати, на БЭСМ она так и не была выдержана до конца/. Но она задумывалась не для подобных, весьма неизящных применений, а для другого - построения виртуальных операционных систем самой МКБ.
2. Разрядность МКБ и размер ее адресного пространства больше, чем у БЭСМ. Это обстоятельство требует полной "переклейки" всех внутренних таблиц ОС.
3. Конфигурация внешнего оборудования МКБ еще не сложилась, во всяком случае ничего похожего на БЭСМ-овскую периферию не предвидится. Кроме того, концепция работы БЭСМ с дисками морально устарела.
4. Исторически на БЭСМ существовала не одна, а целый ряд ОС: Д-68, ДИСПАК /2/, ДУБНА, ИПМ и др.

Поэтому изначально проект МКБ предусматривал разработку новой ОС, обслуживающей все адресное пространство новой машины и эмулирующей лишь системные макрокоманды /т.н. экстракоды/ старой. Наборы экстракодов у различных ОС БЭСМ-6 сильно различаются, хотя имеется, так сказать, прародительская, общая часть. К настоящему времени поставленная задача реализована для набора экстракодов ОС "Дубна".

Нам удалось, на наш взгляд, максимально использовать отдельные части старой ОС. Такими хорошо локализованными частями были программы экстракодов форматных преобразований, печати,

элементарных математических функций. Это были, кстати сказать, одни из самых больших по размеру программ ОС "Дубна", поэтому их подготовка и отладка, произведенные еще на БЭСМ, существенно сократили общее время разработки первой версии новой ОС.

#### Использование частей старой ОС.

Основная идея этого фокуса такова. Из текстов перечисленных выше программ были изъяты все ссылки на другие блоки ОС, затем тексты транслировались на БЭСМ. Полученные программы были загружены в 30 и в 31 страницы адресного пространства БЭСМ. Адреса выбраны из тех соображений, чтобы они не пересекались с возможными адресами параметров этих программ. Как правило, 30-я страница задачами не используется, а 31-я занята загрузчиком, не использующим никаких экстракодов, кроме печати. Поэтому программа экстракода печати размещена в 30-й странице, а форматные преобразования и элементарные функции в 31-й. Загруженные таким образом программы хранятся в файле, который подстыковывается к основной части новой ОС при ее сборке.

При запуске задачи пользователя эта дополнительная часть ОС переписывается в 512 и 513 страницы задачи. Необходимость физического дублирования обусловлена наличием рабочих ячеек. Интерпретатор соответствующих экстракодов осуществляет замену логических номеров страниц 30-512 и 31-513, а затем передает управление на начало соответствующей программы в режиме пользователя. Для организации возврата из этих программ обратно в интерпретатор используется экстракод 076. После возврата из экстракода печати интерпретатор переписывает буфер печати в файл листинга задачи, перекодируя информацию из принятого в ОС "Дубна" кода ГОСТ в кодировку МКБ.

Перед возвратом в программу пользователя, подавшую экстракод, интерпретатор производит обратную замену логических номеров страниц. Накладные расходы на эту операцию невелики по сравнению с числом команд, выполняемых самими программами. Все же в дальнейшем представляется необходимым заново переписать по крайней мере элементарные функции. К тому же 64-разрядная сетка МКБ позволяет вычислять их более точно, чем это делала БЭСМ.

#### Распределение дисковых ресурсов.

ОС МКБ, так же как и почти все современные ОС, поддерживает древовидную структуру файловой системы. Эмуляция экстракодов работы с файлами сводится к отображению традиционных БЭСМ-овских объектов файлового типа на объекты файловой системы МКБ. Это отображение облегчается тем, что файловая система в ОС "Дубна" была во-первых, статической, во-вторых, организовывалась как множество независимых двухуровневых деревьев. Пользователь должен был указать нужный ему диск /уровень 1/ и комплект файлов на этом диске /уровень 2/. Заказ файла, записанный на языке управления заданиями мониторной системы "Дубна" в виде :

```
*DISC:NNN/DNAME,UNAME  
*FILE:FNAME,...
```

мы трактуем как объявление текущим справочника с именем DISNNN и открытие файла с именем UNAME.FNAME в этом справочнике в соответствии с требуемым режимом доступа по записи.

Поскольку штатные средства ОС "Дубна" поддерживали работу только с перманентными файлами, мы требуем, чтобы к моменту своего открытия файл был уже создан. Создание справочников и файлов производится с помощью утилит операционной системы пульт-процессора МКБ. В ближайшее время аналогичные утилиты появятся и в составе ОС центрального процессора.

Кроме перманентных файлов в ОС "Дубна" существуетrudimentарное понятие дисковой модели системной ленты. Это объект, доступ к которому открывается заявкой :

```
*TAPE:NNN/TNAME, ...
```

Такой объект трактуется как файл TNAME.NNN в корневом справочнике файловой системы. Обычно в таких файлах хранятся программы мониторной системы или общие библиотеки стандартных программ /LIBRARY/. Все эти файлы полностью, без единого

изменения, были перенесены с БЭСМ-6. Причем, в отличие от ОС "Дубна", к таким файлам возможен одновременный доступ /естественно, только чтение/ от нескольких задач.

Наконец, последняя категория эмулируемых дисковых объектов ОС "дубна" - это т.н. рабочие /SCRATCH/ файлы и магнитные барабаны. Заказы на их использование сводятся к регистрации требуемых логических номеров в специальной шкале. Часть страниц адресного пространства задачи представляет из себя буферный пул рабочей памяти для эмуляции обменов с этими объектами, причем выделение памяти происходит постстранично в момент первого обращения, а не блоками по 32 страницы, как это делалось в ОС "дубна".

#### Эмуляция экстракода обмена

Здесь главное внимание было уделено экономии дисковой памяти. Дело в том, что 48-разрядное слово БЭСМ-6 довольно хитрым способом распределено в 64-разрядном слове МКБ. Одна страница памяти МКБ /9К байт с учетом тега/ в режиме эмуляции БЭСМ-6 хранит, естественно, только 6К байт полезной информации. Чтобы не расходовать лишнего места на дисках, надо :

1. Собрать и плотно упаковать 48-разрядное слово БЭСМ, придинув его к левой границе 64-разрядного слова МКБ;
2. При исполнении обменов из каждого 8 байт буфера необходимо брать только первые 6 байт.

Первая операция весьма компактно программируется на МКБ и совершенно ужасно - в пультовом процессоре. Поэтому было принято компромиссное решение: уплотнение /перед записью/ и разуплотнение /по концу любого обмена/ внутри слова делать в блоке обменов центрального процессора, а отсев "лишних" байтов - в пультовом процессоре. Этот режим определяется значением специального атрибута у всех файлов, работающих в режиме эмуляции.

Понятие "зоны" на диске БЭСМ-6 трактуется как блок размером 6кбайт с адресом 6К \* <номер зоны> относительно начала файла. Предусмотрена эмуляция и т.н. секторного обмена / четверть зоны /.

#### Экстракод обмена с терминалом

ОС "Дубна" позволяла задаче работать с одним терминалом, привязка которого осуществлялась при запуске или с помощью специальной директивы. На МКБ все задачи запускаются только с терминала, поэтому проблемы с привязкой нет. Заявка на обмен от экстракода 071 переадресуется пульт-процессору. Так же, как и на БЭСМ, существует 3 типа заявок :

1. "Чистый" вывод строки символов из буфера задачи;
2. "Чистый" ввод строки с терминала в буфер задачи;
3. "Ввод с подсказкой", т.е. вывод, затем ввод в той же строке экрана.

На время исполнения заявки задача дезактивируется. "Физическое" управление терминалами осуществляет пульт-процессор /он может обслуживать до 8 терминалов/, поэтому необходимости в специальной задаче, осуществляющей функции терминальной системы, пока нет. Операторская консоль и терминал пользователя пока совмещены "в одном лице". В дальнейшем, при разработке отладчика и других сервисных средств, терминальная система, безусловно, появится. При этом мы намерены отказаться от традиционной БЭСМ-овской "многостаночной" идеологии, когда один системный процесс обслуживает всех пользователей. Более привлекателен, на наш взгляд, подход: "каждому терминалу свой процесс". Это избавит терминальную систему от необходимости самой заниматься распределением ресурсов /памяти, времени/ между своими пользователями. К тому же все такие терминальные процессы могут иметь общий программный код.

#### Эмуляция самомодифицирующихся программ

Среди старых программ, написанных для БЭСМ, исторически так уж получилось, очень много самомодифицирующихся. Очевидно, что использование самомодификации требует соблюдения некоторых требований, зависящих от внутреннего устройства машины. На БЭСМ

это было требованием "выталкивания" измененных команд из буферных регистров в память. У МКБ, в отличие от БЭСМ, не 8 буферных регистров для команд, а кэш-память на 1024 слова, т.е. принципиально другое внутреннее устройство. Для программ, использующих экстракод записи команд 075, это не вызывает проблем. Для тех программ, которые осуществляют запись команд так же, как запись операндов, ОС МКБ реализует специальный алгоритм:

1. При загрузке программы в память для исполнения все ее команды записи маркируются специальным тегом, вызывающим внутреннее прерывание.

2. При обработке этого прерывания команда записи заменяется в памяти программы на экстракод 075, а маркировка снимается. Повторное исполнение этой команды уже не повлечет прерывания.

С помощью этого метода в состав диспетчера ОС МКБ был включен тест арифметического устройства, написанный в 1967 году в ИТМ и в машинных кодах БЭСМ-6. Можно надеяться, что этот метод позволит проводить эмуляцию самомодифицирующихся программ с потерей скорости не более чем в 2 раза, т.к. по нашим оценкам доля команд записи в память в программах БЭСМ-6 не превышает 10-15% от их общего количества.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализация описанных выше идей в ОС МКБ позволила достичь следующих результатов:

1. Обеспечена эмуляция всех программ, написанных для БЭСМ-6 под управлением ОС "Дубна". Перспективы эмуляции наборов экстракодов других ОС обеспечены локализацией интерпретатора экстракодов внутри ОС МКБ и не затрагивают логики работы остальных ее частей;

2. Полностью перенесена на МКБ мониторная система "Дубна" со всем комплектом трансляторов и библиотек программ;

3. Кросс-системы программирования для МКБ, перенесенные с БЭСМ-6, позволяют вести дальнейшие работы по ОС МКБ без большой потери темпов;

4. Требования, налагаемые необходимостью эмуляции БЭСМ-6, не

оказывают существенного влияния на архитектуру ОС МКБ. Это обстоятельство чрезвычайно важно, т.к. позволяет в новой ОС эффективно использовать и преимущества новой машины, и лучшие из старых идей, отработанных на БЭСМ-6.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Давыдов А.Л., Емелин И.А., Кадыков В.М., Левчановский Ф.В., Попов М.Ю., Сапожников А.П., Сапожникова Т.Ф., Силин И.Н. Принципы организации и архитектура процессора-эмулатора МКБ-8601. Дубна, ОИЯИ, Б1-11-88-442. 1988 г.
2. Тюрин В.Ф. Операционная система ДИСПАК. М., "Наука", 1985.

Рукопись поступила в издательский отдел  
24 января 1991 года.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4..	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Сапожников А.П.

Эмуляция операционной системы БЭСМ-6

P11-91-48

Описывается интерпретатор экстракодов ЭВМ БЭСМ-6, входящий в состав опреационной системы МКБ-8601 и обеспечивающий эмуляцию всех программ, написанных для БЭСМ-6 под управлением мониторной системы "Дубна". Изложены принципы отображения структур данных на внешних носителях, существовавших в ОС БЭСМ-6, в объекты файловой системы ОС МКБ-8601. Предложен алгоритм эмуляции самомодифицирующихся программ.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1991

Перевод авторов

Sapozhnikov A.P.

Emulation of the BESM-6 Operation System

P11-91-48

The interpreter for the BESM-6 computer system macroinstructions, which is a part of the operating system for the MKB-8601 computer, is described. It ensures the emulation of all programs written for the BESM-6 computer in OS "Dubna". The principles of mapping of the auxiliary memory data structures which exist in the BESM-6 OS onto the MKB-8601 OS file system objects are stated. An algorithm for emulation of the self-modifying programs is proposed.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1991