

Л.И. Брусилловский

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ДЛЯ ЭВМ КЛАССА PDP-11

### 1. Введение

В нашей стране и в мире для автоматизации научных исследований широкое распространение получили ЭВМ класса PDP-11 фирмы DEC и совместимые с ними. Для этих компьютеров разработан широкий класс операционных систем (ОС), начиная от однопользовательской системы реального времени RT-11 и до многопользовательских ОС типа RSX-11M Plus или Unix. Как показано в [1], в комплексных системах автоматизации, базирующихся на натурном эксперименте, таких, например, как САПР элементов компьютерной оптики, можно отдать предпочтение многопользовательским ОС, эмулирующим операционную среду RT-11. Такие ОС при сохранении режима реального времени позволяют более полно и эффективно использовать аппаратные ресурсы компьютеров, разделяя их между несколькими пользователями.

В настоящей статье рассматриваются ОС TSX-Plus [2] фирмы S&H Computer Systems Inc. (США) и ОС SHAREplus [3] фирмы HAMMONDsoftware (ФРГ). Обе ОС поддерживают оперативную память (ОП) до 4 Мбайт и обеспечивают среду XM-монитора (расширенной памяти) ОС RT-11. Проводится сравнительный анализ двух этих ОС между собой и с ОС RT-11 и даются рекомендации по их применению.

### 2. Основные сходства и отличия

ОС TSX-Plus и ОС SHAREplus занимают одну "экологическую нишу" - создают многопользовательскую среду ОС RT-11 на ЭВМ класса PDP-11. Для их работы требу-

ется аппаратный диспетчер памяти и не менее 128 Кбайт ОП. Их работа связана с дополнительными накладными расходами процессорного времени по сравнению с ОС RT-11. Обе ОС запускаются из RT-11, но полностью вытесняют ядро RT-11 из ОП. В процессе работы они используют стандартные драйверы и утилиты ОС RT-11 и поддерживают файловую структуру RT-11.

Обе ОС обеспечивают работу со всеми стандартными периферийными устройствами, поддерживаемыми ОС RT-11, и позволяют подключать дополнительные пользовательские терминалы через стандартные средства связи: последовательные асинхронные интерфейсы и мультиплексоры типа DL(V), DH(V) и DZ(V).

В результате на вычислительном комплексе создается многопроцессорная среда. Все процессы (программы) выполняются независимо друг от друга и разделяют время центрального процессора (ЦП). Каждый пользователь имеет возможность запускать со своего терминала параллельно несколько собственных процессов. Суммарное число активных процессов в системе в данный момент времени определяется, в основном, общим объемом ОП комплекса. Так, при наличии 256 Кбайт памяти обычно работает 1 системный процесс (ядро ОС) и 3 пользовательских процесса (из расчета по 64 Кбайт памяти на каждый процесс).

Принципиальным отличием ОС TSX-Plus от ОС SHAREplus является наличие свопинга пользовательских процессов, то есть динамическое сбрасывание активных процессов из ОП на диск и их подкачка с диска в ОП в процессе работы ЭВМ. Благодаря применению свопинга выполняется большее число процессов, чем их может статически разместиться в памяти. Одна-

ко это средство требует значительных накладных расходов, так как время обращения к диску велико по сравнению с временем обращения к ОП. Поэтому наличие свопинга в ОС TSX-Plus является в некоторых случаях преимуществом, а в некоторых и недостатком по сравнению с ОС SHAREplus. Впрочем, свопинг ОС TSX-Plus можно запретить при генерации системы.

Вторым существенным отличием систем является способность ОС SHAREplus работать со смесью стандартных SJ- и XM-драйверов ОС RT-11, в то время как ОС TSX-Plus работает только с XM-драйверами. Это свойство ОС SHAREplus полезно при создании вычислительного комплекса, в состав которого входят контроллеры внешних устройств, рассчитанные на 16-, 18- и 22-разрядную адресную системную магистраль: SHAREplus работает с такими устройствами через систему буферов.

Третье отличие систем связано с набором команд мониторов и программных системных запросов (EMT). ОС TSX-Plus строго поддерживает набор команд и EMT ОС RT-11, расширяя их только оригинальными средствами администрирования и обмена в многопользовательской среде. ОС SHAREplus расширяет систему команд монитора и набор программных системных запросов в сторону ОС VMS, применяемой на 32-разрядной супер-мини-ЭВМ семейства VAX.

Заметим, что для обеих ОС разработаны дополнительные утилиты, входящие в дистрибутивный набор. Однако в ОС SHAREplus набор таких утилит значительно шире, а интерактивная утилита HELP предоставляет информацию о командах и ключах ОС в диалоговой форме. В ОС TSX-Plus можно использовать утилиту HELP ОС RT-11, но в ней, естественно, отсутствует информация о специфических для TSX-Plus командах и ключах.

### 3. Сравнительный анализ возможностей

Обе рассматриваемые операционные системы, сохраняя возможности XM-мони-

тора ОС RT-11, предоставляют пользователю дополнительный набор услуг многопроцессных ОС. К ним относятся следующие:

- обеспечивается режим разделения времени для многопользовательской работы;
- для каждого пользователя обеспечивается авторизация и защита его файлов от несанкционированного доступа;
- для каждого пользователя задается набор привилегий;
- обеспечивается статистический сбор информации о функционировании системы;
- обеспечивается возможность создания одним пользователем нескольких процессов и переключение терминала пользователя с одного процесса на другой;
- обеспечивается возможность сохранения терминальной выдачи самостоятельного выполняющегося процесса в файле;
- обеспечивается запуск автономных процессов;
- создаются процессы разного приоритета, нескольких групп приоритетов, пакетный режим работы и развитые средства планирования работы процессов;
- обеспечивается обмен сообщениями между процессами;
- предоставляется дополнительный набор команд для управления процессами;
- обеспечивается выделение PLAS-областей (до 4 Мбайт) в расширенной памяти;
- обеспечивается загрузка драйверов устройств в расширенную память;
- обеспечивается кэширование каталогов устройств и файлов;
- обеспечивается спулинг медленных внешних устройств;
- обеспечиваются разделяемые файлы с запирающим записей;
- вводятся командные файлы с параметрами;
- обеспечивается динамическое изменение характеристик терминалов и линий связи.

Некоторые различия в характеристиках рассматриваемых ОС приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики ОС	SHAREplus	TSX-Plus
Страна разработки	ФРГ	США
Фирма-производитель	HAMMONDsoftware	S&H Computer Systems, Inc.
Номер последней версии	2,0	6,01
Дата выпуска	Март 1986 г.	Декабрь 1985 г.
Требуемый объем ОП (min/max)	96/4096 Кбайт	128/4096 Кбайт
Максимальное число процессов	< 70	< 40
Количество приоритетов процессов	31, 2 группы	128, 3 группы
Число привилегий	26	24
Режимы управления терминалами	13	16
Количество логических дисков	> 64	8 на процесс
Виртуальный диск VM:	Встроенный	Драйвер
Спулинг устройств	6	8
Число команд монитора	141	103
Число дополнительных утилит	18	5
Число новых программных запросов (EMT)	40	96
Редактор командной строки SL	8 команд	13 команд
Количество запоминаемых строк	> 20 строк	3 строки

## 4. Генерация ОС SHAREplus и TSX-Plus

Важным свойством каждой ОС является удобство генерации системы. По этому показателю ОС TSX-Plus сильно уступает системе SHAREplus.

Генерация SHAREplus более проста и удобна. Настройка ОС на конфигурацию вычислительного комплекса производится просто редактированием стартового командного файла, который выполняется при каждом запуске ОС SHAREplus. По этой причине запуск ОС SHAREplus - достаточно долгая процедура: несколько десятков секунд.

Такой недостаток (который может доставить неудобство лишь наиболее темпераментным системным программистам) с лихвой компенсируется возможностью гибкой настройки и изменения любых параметров системы в процессе ее работы. Любой драйвер может быть выгружен из ОП и снова загружен, любое устройство может быть подключено и отключено от системы, вплоть до смены адресов терминалов.

Генерация TSX-Plus более сложна, так как и сама ОС более сложна. Процесс генерации состоит в редактировании конфигурационного файла, написанного на макроассемблере и содержащего подробные комментарии. Затем исправленный конфигурационный файл ассемблируется и komponуются 4 основные утилиты ОС TSX-Plus. Даже при хорошем навыке на регенерацию ОС TSX-Plus уходит не менее 10 мин. Запуск TSX-Plus происходит всего за несколько секунд.

Чрезвычайно полезным новшеством версии 6.01 ОС TSX-Plus является утилита TSXMOD, которая позволяет изменить большинство основных параметров ОС без регенерации, но перезапустить систему все же придется. Тем не менее утилита TSXMOD не позволяет ни добавлять новое устройство в систему, ни даже сменить адрес последовательного интерфейса - для этого необходима полная регенерация системы.

Основные сведения, относящиеся к процессу генерации обеих ОС, сведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики ОС	SHAREplus	TSX-Plus
Размер дистрибутива системы:		
файлов	64	117
блоков	2000	2400
Минимальный рабочий набор без драйверов:		
файлов	6	4
блоков	450	900
Полная документация на систему, книг/страниц	4/540	3/610
Документация, описывающая генерацию, стр.	18	46
Время на генерацию системы, мин.	1-15	10-40
Средняя продолжительность запуска системы, сек.	30	5

## 5. Сравнение производительности ОС на системе тестов

Важным элементом сравнительного анализа многопроцессорных ОС является оценка накладных расходов на планирование процессов. Для выполнения такой оценки был создан ряд тестовых задач, каждая из которых выполнялась под управлением той и другой исследуемой ОС.

При прогонах тестовых примеров мы никоим образом не настраивали планировщики ОС на нашу конфигурацию аппаратных средств и на наши смеси задач. Мы исходили из предположения, что большинство администраторов ОС поступит подобным же

образом на первых порах эксплуатации систем. Здесь следует, однако, отметить, что ОС TSX-Plus предоставляет широкие возможности для подобной настройки: администратор системы может легко менять значения 10 параметров, задающих величины квантов времени, отводимых ЦП на выполнение процессов различных типов, и оптимальным образом настраивать планировщик.

Таким образом, при оптимальной настройке ОС TSX-Plus, вероятно, будет требоваться меньших накладных расходов на планирование процессов. При анализе данных из следующих таблиц следует также учитывать, что для проведения сравнительного анализа ОС TSX-Plus была нами сгенерирована с возможностью свопинга

процессов, хотя во время прогонов все тестовые программы были резидентны в ОП.

Разработанные тестовые задачи были выполнены также и под управлением ОС RT-11 версии 5.2 для SJ- и XM-мониторов. Эта версия была выбрана потому, что появилась примерно в то же время и была, как известно, существенно переработана по сравнению с предыдущей версией RT-11. В самом правом столбце следующих таблиц приводится показатель превосходства SHAREplus над TSX-Plus. Этот показатель вычислялся как разность времени выполнения тестовых задач в сравниваемых ОС, отнесенная ко времени выполнения этой задачи под XM-монитором RT-11. Он выражен в процентах, знак плюс соответствует превосходству ОС SHAREplus.

При разработке большинства тестов авторы старались сделать их адекватными тестам, описанным в работе [4], в которой проводилось аналогичное сравнение ОС RSX-11M версии 4.1 с ОС TSX-Plus версии 5.1. Тест CPU1 представляет собой

вычислительную задачу без ввода/вывода, обеспечивающую загрузку ЦП. Тест CPU2 - это вычислительная задача удвоенного объема. Тест TTOUT осуществляет вывод на терминал 30000 символов со скоростью 9600 бод. Тест TTINP производит ввод информации с терминала, постоянный темп ввода обеспечивается использованием свойства автоответа на терминале типа VT200 (на посылку управляющего символа ACK терминал отвечает стандартным сообщением длиной 20 байт). В тестовой задаче KED выполнялось автоматическое редактирование файла объемом 250 блоков - выполнялась операция замены по всему файлу. Независимость от темпа ввода команд с клавиатуры достигалась использованием программируемых клавиш терминала типа VT200. Тесты выполнялись на ЭВМ LSI-11/23 с 256 Кбайт ОП и дисками, RL02.

Полученные результаты приведены в табл. 3, время прохождения задач указано в секундах.

Таблица 3

Краткое описание тестовой задачи	RT/SJ	RT/XM	SHAREplus	TSX-Plus	%
Одно задание CPU1	66	80	81	87	+ 7,5
Одно задание CPU2	131	159	160	173	+ 8,2
Смесь заданий CPU1 + CPU2	197	239	162/242	173/261	+13,8
Одно задание TTOUT (30000 символов)	34	37	34	37	+ 8,1
Смесь CPU2 + TTOUT	100	117	176/35	216/150	+25,2
Время ЦП на вывод 1 символа (мсек)			0,53	1,43	
Одно задание TTINP (ввод 14540 символов)	30	39	34	56	+56,4
Смесь CPU1 + TTINP	96	119	118/66	141/57	+28,8
Время ЦП на ввод 1 символа (мсек)			2,5	3,7	
Одно задание DISK (2000 блоков)	12,0	14,5	12,2	13,0	+5,5
Смесь CPU1 + DISK	78,0	94,5	84/13,0	92/14,7	+10,0
Время ЦП на пересылку 1 блока (мсек)			1,5	2,5	
Одно задание KED	30	49	49	52	+ 6,1
Смесь CPU1 + KED	96	129	127/95	135/122	+10,0

В табл. 4 приведено время выполнения набора типичных задач, выполняемых пользователем в процессе работы в ОС. К таким типичным задачам мы отнесли:

- вывод на терминал каталога диска, содержащего информацию о 1000 файлов (в полной и краткой форме);

- операции вывода на терминал, печати и копирования файлов;

- операции, входящие в цикл разработки программы: редактирование исходного текста, ассемблирование и компиляция, компоновка объектных модулей.

Команда	Краткое описание	RT/SJ	RT/XM	SHAREplus	TSX-Plus	%
DIR/BRI	Краткий каталог 1000 файлов	15	16	16	17	+ 6,3
DIR/FUL	Полный каталог 1000 файлов	35	36	36	37	+ 2,8
TYPE	Вывод файла из 30000 символов	38	38	35	35	0
PRINT	Печать файла со спулингом	40	40	40	40	0
COPY	Копирование файла в 2000 блоков	12,0	14,5	12,2	13,0	+ 5,5
KED	Редактирование файла, 250 блоков	30	49	49	52	+ 6,1
MACRO	Ассемблирование, 31 блок	27	44	32	32	0
PASCAL	Компиляция с Паскаля, 10 блоков	60	60	60	60	0
LINK	Компоновка объектных модулей	50	50	50	50	0

## 6. Сравнение эффективности услуг, предоставляемых ОС

- работа с PLAS-областями.  
Обе ОС оказались в целом сравнимыми по эффективности этих услуг.

Для полноты анализа было проведено сравнение эффективности стандартных сервисных услуг, предоставляемых той и другой ОС. Сравнение проводилось по следующим показателям:

- виртуальные диски (VV: и LD:);
- спулинг медленных периферийных устройств;
- кэширование файлов и каталогов;
- псевдодиск в расширенной памяти (устройство VM:);

## 7. Субъективные впечатления от работы с исследованными ОС

В процессе эксплуатации обеих систем авторы составили свое субъективное мнение об удобстве работы с той и другой ОС. Эти впечатления представлены в табл. 5.

Таблица 5

	Понравилось	Не понравилось
SHAREplus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SL хранит много предыдущих команд</li> <li>- простая процедура генерации</li> <li>- множество новых утилит</li> <li>- динамическая загрузка драйверов</li> <li>- трассировка выполнения программных запросов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- защита файлов от несанкционированного доступа</li> <li>- долгий запуск системы (несколько десятков сек.)</li> <li>- не вполне строгая эмуляция RT-11</li> </ul>
TSX-Plus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- дополнительные удобства редактирования в SL</li> <li>- множество способов управления терминалом. (программно)</li> <li>- защита файлов от несанкционированного доступа</li> <li>- строгая эмуляция RT-11</li> <li>- прозрачная линия CL:</li> <li>- множество новых программных запросов</li> <li>- средства построения гистограмм выполнения программы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- трудоемкая и длительная генерация системы</li> <li>- необходимость генерации системы в случае переконфигурации комплекса</li> </ul>

## 8. Рекомендации по применению ОС SHAREplus и TSX-Plus

Проведенные исследования показывают, что ОС SHAREplus является наиболее предпочтительной в таких областях применения, где требуется наиболее быстрая реакция на внешние события. ОС SHAREplus также подходит для ЭВМ с небольшим числом одновременно работающих пользователей, так как требует меньших ресурсов ЭВМ. Важным преимуществом этой ОС является также возможность работать со смесью SJ- и XM-драйверов, что необходимо для некоторых нестандартных внешних устройств. SHAREplus незаменима на пере-

ходном этапе от ОС RT-11 к ОС VMS для супер-мини-ЭВМ класса VAX, так как позволяет вести плавное обучение пользователей особенностям новой ОС.

ОС TSX-Plus наиболее подходит для крупных вычислительных комплексов с большим объемом дополнительной ОП, с развитой терминальной сетью и большим числом одновременно работающих пользователей. Адаптивный алгоритм планирования процессов позволяет оптимизировать многопользовательский режим работы для конкретного набора решаемых на ЭВМ задач. Эта ОС также обеспечивает, на наш взгляд, лучшую защиту файлов пользователей от несанкционированного доступа. ОС TSX-Plus более строго моделирует среду ОС RT-11.

### Л и т е р а т у р а

1. Березный А.Е., Брусиловский Л.И., Отливанчик Е.А. и др. Проект системы автоматизации проектирования, создания, исследования и применения элементов плоской оптики (версия 1). В сб.: Компьютерная оптика, вып. 2. Автоматизация проектирования и технологии. М., МЦНТИ, 1987.
2. TSX-Plus, documentation. S&H Computer Systems, Inc.
3. SHAREplus, documentation. HAMMONDsoftware.
4. Yardley J.P., Pegler K.A. RSX-11M vs. TSX-Plus. THE DEC PROFESSIONAL, vol. 4, num. 11, November 1985, pp. 88-100.