



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

P10-94-416

В.Г.Ольшевский, В.Ю.Помякушин

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОС UNIX
НА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ЭВМ
УСТАНОВКИ МЮСПИН

1994

Использование ОС UNIX на управляющей ЭВМ
установки МЮСПИН

Предлагается использование многозадачной UNIX-подобной ОС FreeBSD для управления аппаратурой КАМАК в физическом эксперименте, как альтернатива однозадачной ОС MS-DOS. Описана реализация работы с контроллерами КК012 на μ SR-спектрометре МЮСПИН. Опыт проведенных экспериментов показал преимущества разработанного подхода.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1994

Перевод авторов

Olshevsky V.G., Pomyakushin V.Yu.

P10-94-416

Use of UNIX on the Controlling Computer of the MUSPIN Setup

Multitasking Unix-like OS FreeBSD is proposed for the CAMAC modules management as an alternative of single job MS-DOS environment. Particular method of operation with КК012 controllers at the MUSPIN spectrometer is described. Experience of the performed experiments has shown advantages of the developed approach.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

1 Введение

В последние годы в ОИЯИ большое распространение получили персональные ЭВМ с архитектурой IBM PC, которые стали применяться в том числе и для управления экспериментальными установками. ПЭВМ типа IBM PC относительно дешевы, отличаются высокой надежностью и производительностью, широкими возможностями для подключения периферийных устройств, что и обусловило вытеснение ими мини- и микро-ЭВМ других типов, ранее использовавшихся в физических экспериментах. Для подключения крейтов КАМАК к IBM PC в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ разработаны контроллеры и интерфейсные платы КК009/ПК009[1] и КК012/ПК012[2], характерной особенностью которых является отсутствие портов ввода-вывода - все операции по управлению контроллерами выполняются посредством обращения к ячейкам памяти с заданными физическими адресами.

Возможности ПЭВМ значительно расширились с созданием общепитербургской сети ETHERNET, обладающей большой пропускной способностью, которая объединила мощные ЭВМ центрального и лабораторных вычислительных центров (main-frame) и большое количество ПЭВМ и сделала ресурсы центральных машин (SUN, VAX, и т.п.) доступными для ПЭВМ.

Как правило, в качестве операционной системы для ПЭВМ IBM PC используется MS-DOS (в том числе в экспериментах). Эта ОС наряду с определенными достоинствами (большой выбор программного обеспечения, простота) имеет и ряд недостатков, главными из которых, на наш взгляд, являются однозадачный режим работы и плохая программная совместимость с операционными системами машин main-frame, как с VAX/VMS, так и с UNIX-подобными ОС. Как следствие возникают проблемы при необходимости организовать распределенную обработку данных.

Такого рода проблемы осложняют работу на компьютерах, осуществляющих сбор данных и управление проведением экспериментов на физических установках. Во-первых, однозадачный режим работы приводит к тому, что компьютер становится недоступен для другой работы, даже если его мощности заведомо достаточно для параллельного выполнения нескольких задач. Во-вторых, зачастую сложную обработку данных приходится проводить на той же машине, которая осуществляет сбор данных, поскольку организовать

эффективный обмен данными с мощными центральными ЭВМ в рамках однозадачной системы сложно. Более того, в этом случае в одну задачу приходится встраивать логически независимые функции - например сбор данных, их обработку и контроль за параметрами установки. Ситуация еще более усложняется, если условия проведения эксперимента требуют, чтобы несколько персональных ЭВМ взаимодействовали друг с другом.

Использование многозадачного режима работы позволяет более эффективно использовать ресурсы ЭВМ, управляющей экспериментом. Существует несколько программных пакетов для ОС MS-DOS и самостоятельных операционных систем, имеющих такую возможность - MS-Windows, DesqView, OS/2, различные варианты ОС UNIX. Наиболее привлекательно в этом списке выглядят UNIX-подобные ОС с их развитыми средствами для многозадачной многопользовательской работы и для взаимодействия с другими ЭВМ, а также хорошей совместимостью с операционными системами мощных машин main-frame.

Мы использовали для работы в эксперименте некоммерческую UNIX-подобную ОС FreeBSD. Разумеется, в списке коммерческих операционных систем можно найти ОС, более подходящую для работы в эксперименте. Однако коммерческие операционные системы весьма дороги - так, например, ОС QNX-4, ориентированная на применение в задачах реального времени, стоит около 2500 долларов.

2 Распределение доступа к контроллерам КК012 между процессами

К плате ПК012 может быть подключено до 7 контроллеров КК012. Для выполнения команды контроллером необходимо обратиться (прочитать/записать байт/слово) по определенному адресу в зоне адресов платы ПК012. Зона адресов платы занимает 32КБ в физическом адресном пространстве ПЭВМ. Надо сказать, что в отличие от MS-DOS, в которой пользовательская задача работает непосредственно с физическими адресами памяти, задачи в ОС UNIX всегда работают в виртуальном адресном пространстве. Поэтому необходимы дополнительные усилия, чтобы получить доступ к определенному физическому адресу.

Обычный способ работы с аппаратурой в ОС UNIX - посредством системных запросов-обращений к драйверу устройства. Для

контроллера КК012 может быть использован драйвер физической памяти (специальный файл /dev/mem). При этом обращение к заданному адресу физической памяти выполняется посредством позиционирования с последующей операцией записи/чтения из специального файла. Однако характерное время выполнения системных запросов (обращений к драйверу) составляет около 1 мс^1 , в то время как при непосредственном обращении к физическим адресам памяти можно работать с блоками КАМАК на два порядка быстрее (5-10 мкс, в зависимости от используемого режима).

В разработанном нами подходе вся работа с контроллерами КАМАК осуществляется по готовности. Это обусловлено конкретными задачами по управлению аппаратурой КАМАК на установке МЮСПИН[3]. Обслуживание прерываний с требуемым временем реакции 10 мс и больше может симулироваться работой по готовности с помощью сигналов системного таймера с частотой 100 Гц. Если же необходима работа по прерываниям с гарантированным временем реакции меньше 10 мс, то требуется написание специализированного драйвера КАМАК.

Для того, чтобы избежать снижения скорости работы с контроллером, мы внесли незначительные изменения в ядро ОС (модифицирован драйвер памяти, добавлен специальный файл /dev/camac), в результате которых стало возможным отображение физических адресов платы ПК012 в виртуальное адресное пространство задачи. В последних версиях FreeBSD можно обойтись и без модификации ядра, поскольку драйвер памяти позволяет отображать любые физические адреса в адресное пространство задачи, однако добавление специального файла /dev/camac дает некоторые преимущества при назначении прав доступа к аппаратуре КАМАК.

При таком подходе последовательность работы с контроллером следующая: задача пользователя открывает файл /dev/camac и выполняет системный запрос mmap(). Этот запрос отображает физические адреса платы ПК012 в область задачи, возвращая виртуальный адрес начала адресного окна платы. После этого, обращаясь к ячейкам памяти в указанном адресном окне, задача может управлять контроллером. При этом скорость обращения такая же как при работе в MS-DOS. После выполнения необходимых операций с контроллером

¹Здесь и далее времена приводятся для AT386DX-25МГц

системный вызов `mutex()` отменяет отображение и делает адреса КАМАК недоступными для задачи.

Поскольку FreeBSD многозадачная система, при одновременной работе нескольких задач возможен перехват управления, приводящий к неправильной последовательности операций КАМАК. Типичный пример: выбор крейта 1 задачей А, выбор крейта 2 задачей В, обмен задачей В с блоком в крейте 2, обмен задачей А с блоком в крейте 2 вместо 1. Для исключения такого рода конфликтных ситуаций одновременно с вызовом функции `mutex()` устанавливается блокировка (`file lock`), делающая невозможным отображение адресов КАМАК на другую задачу. Таким образом, задача, получившая отображение, использует КАМАК в монопольном режиме - другие задачи, которым требуется работать с аппаратурой КАМАК, будут находиться в состоянии ожидания до тех пор, пока задача, имеющая отображение, не отменит его посредством вызова функции `mutex()` и не снимет блокировку.

Для выяснения влияния загрузки операционной системы на скорость работы задач, использующих КАМАК, была написана тестовая программа. При запуске ее в MS-DOS средняя скорость чтения слова данных из крейта КАМАК составила $t_{read} = 3.5\mu s$ (для получения кода использовался транслятор Borland C++ v3.1). При работе этой же программы в ОС FreeBSD в отсутствие других пользовательских задач получено $t_{read} = 3.4\mu s$. Далее, параллельно с этой задачей запускалось до 5 расчетных задач (Whetstone test). Если задачам был назначен равный приоритет, то процессорное время делилось между ними равномерно, причем накладные расходы на работу самой ОС практически отсутствовали ($t_{read} = 6.8\mu s$ при одной расчетной задаче, $t_{read} = 10.2\mu s$ при двух, и т.д.). При повышении приоритета использующей КАМАК задачи время t_{read} уменьшалось вплоть до минимального значения $3.4\mu s$.

3 Программное обеспечение для работы с контроллерами КК012 под ОС FreeBSD

Для работы с контроллерами КК012 в ОС FreeBSD авторами в рамках описанного выше подхода написана библиотека низкого уровня, допускающая в том числе использование под MS-DOS. На базе этой библиотеки написаны и адаптированы из работавших под MS-DOS программы, необходимые для проведения экспериментов на установке МЮСПИН. Среди них:

WR - программа для визуального контроля за набором спектра. Она позволяет контролировать основные параметры текущего набора (полное и фактическое время набора, число событий и уровень фона во временных гистограммах), проводить предварительную обработку накапливаемых спектров (получение зависимости функции поляризации от времени, быстрое фурье-преобразование временного спектра), и отображать текущее состояние набора в графическом виде. Графическая информация отображается на мониторе, управляемом блоком КАМАК.

RUNHOST - пакет программ и библиотека, унифицирующая работу с буферными накопителями. Функцией чтения из этой библиотеки пользуются все программы, которые непосредственно считывают накопленные спектры из блоков КАМАК. Среди программ этой группы - запуск нового набора, приостановка/продолжение набора, получение статистики на текущий момент, запись набранных спектров в файл данных.

SDM - программа для интерактивного управления блоками КАМАК, формирующими триггер для записи событий в спектр (измерение счетных характеристик детекторов и кривых задержанных совпадений, выбор порогов формирователей, выбор задержек, установка различных рабочих режимов).

Помимо специализированных для работы в эксперименте, также написан ряд программ общего назначения - для тестирования контроллеров, работы в режиме "ручного контроллера", выполнения одиночных команд в крейте КАМАК, и т.п.

Все программы и библиотека низкого уровня написаны на языках C и C++.

4 Опыт работы в эксперименте

На ускорителе ЛЯП была проведена серия μSR -экспериментов, в которой управляющая измерениями ЭВМ работала под ОС FreeBSD. Опыт работы подтвердил преимущества использования UNIX-подобной ОС как на стадии подготовки к экспериментам, так и во время проведения измерений:

В силу того, что в UNIX-подобной ОС большое внимание уделяется межзадачному обмену, написание разнородных задач значительно упрощается. В MS-DOS либо приходится искусствен-

но объединять все разнородные задачи в одной программе, либо приходится писать резидентные программы или использовать квази-многозадачные надстройки над ОС типа DesqView или MS-Windows).

Кроме того, мы получили возможность эффективно использовать для обработки данных мощные центральные ЭВМ ЛЯПа. Разумеется, это можно сделать и под MS-DOS, но под UNIX это делается гораздо естественнее и быстрее, поскольку в ОС имеются стандартные и хорошо развитые средства межмашинного взаимодействия.

Также стало возможным проводить операции по контролю и управлению экспериментом с любого подключенного к сети терминала - т.е. практически из любой точки института. Так, например, дежурная смена экспериментаторов может выполнять обычные операции по управлению аппаратурой на установке, в то время как свободные от смены физики могут посмотреть, как идет набор спектров, считать и обработать данные, и т.п.

Хочется особо подчеркнуть, что такой путь может оказаться выгодным в том числе и для экспериментов с тяжелым on-line режимом - скорость обмена с main-frame 200 кб/с для UNIXа довольно заурядная, даже при значительной загрузке сети и центральных ЭВМ. При такой скорости обмена выгоднее передавать собираемую информацию для on-line обработки на мощные центральные компьютеры, чем нагружать обработкой процессор управляющей ЭВМ.

5 Заключение

Использование ОС UNIX на ПЭВМ, управляющей экспериментом, дает ряд преимуществ по сравнению с MS-DOS:

а) Развитые средства ОС для управления задачами и для их взаимодействия значительно облегчают разработку программного обеспечения для проведения экспериментов.

б) Многозадачный многопользовательский режим дает экспериментаторам большую гибкость при проведении эксперимента (работа с нескольких терминалов, параллельное выполнение нескольких задач и т.п.).

в) Совместимость ОС управляющей ЭВМ с ОС мощных компьютеров main-frame, а также развитые средства межмашинного взаимодействия в ОС UNIX позволяют эффективно использовать в эксперименте центральные компьютеры в on-line режиме без дополнитель-

ных затрат на модернизацию оборудования (на существующих линиях связи) и без разработки специфического программного обеспечения. Это, в свою очередь, позволяет снизить требования к ПЭВМ, управляющей экспериментом.

г) При использовании контроллеров КК012 и отображении адресного окна КАМАК в виртуальные адреса задачи скорость выполнения операций КАМАК такая же, как в MS-DOS. Кроме того, такой способ работы делает ненужным написание драйвера и позволяет написать библиотеку низкого уровня для работы с КАМАК, пригодную как для ОС UNIX, так и для ОС MS-DOS.

Авторы использовали описанный подход на установке МЮСПИН. Была проведена серия экспериментов на ускорителе ЛЯП ОИЯИ. Опыт работы показал надежность и удобство такого подхода.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить В.В.Мишина за консультации по установке ОС FreeBSD, Г.В.Савчука за помощь и поддержку в работе и А.Г.Долбилова за ценные советы.

Список литературы

- [1] Churin I., Georgiev A. - Microprocessing and Microprogramming. 23 (1988), 153.
- [2] Антюхов В.А. и др. - ОИЯИ, P10-90-589, Дубна, 1990.
- [3] Dodokhov V. N. et al - Hyperfine Interaction, 65 (1990), 1159.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 октября 1994 года.