

10-98-268

На правах рукописи
УДК 681.3-52: 681.3.014

К-431

КИРИЛОВ
Андрей Сергеевич

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ
И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
НЕЙТРОННЫМ СПЕКТРОМЕТРОМ
НА ОСНОВЕ X WINDOW SYSTEM

Специальность: 05.13.16 — применение
вычислительной техники, математического моделирования
и математических методов в научных исследованиях

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель: кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Приходько Валентин Иванович

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,
профессор
Иванченко Иосиф Моисеевич

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник
Николаев Дмитрий Игоревич

Ведущая организация: Институт физики высоких энергий
(п. Протвино)

Защита состоится « ____ » _____ 1998 г. в ____ часов на заседании диссертационного совета Д-047.01.04 при Лаборатории вычислительной техники и автоматизации по адресу: г. Дубна Московской области, ОИЯИ, ЛВТА.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан « ____ » _____ 1998 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Иванченко

З.М.Иванченко

Актуальность темы. В последние годы в ЛНФ ОИЯИ, как и в других нейтронных центрах, проводится модернизация систем управления спектрометрами. Прежние системы, базировавшиеся на электронике в стандарте КАМАК, управляемой компьютером типа PC, заменяются на новые, создаваемые на основе модульных компьютеров в стандарте VME. Это потребовало создания нового программного обеспечения. Прежние программы, работавшие в среде однопользовательской однозадачной операционной системы MS-DOS (MS Windows), заменяются на целый комплекс взаимодействующих задач, созданных на основе современной операционной системы реального времени OS-9. Такая замена качественно улучшает возможности систем управления инструментами, обеспечивает их расширяемость, возможность дистанционного управления по сети, удобный и современный интерфейс с пользователем.

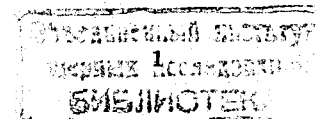
Диссертация посвящена оригинальным идеям и конкретным решениям, которые впервые были реализованы в системе накопления, управления и контроля нейтронным спектрометром высокого разрешения (НСВР). Эта система была введена в эксплуатацию в марте 1995 года и стала первой системой на основе VME на реакторе ИБР-2. Она заменила систему на основе PC и КАМАК, которая имела следующие принципиальные недостатки:

- управляющая программа не позволяла вести накопление и просмотр спектров одновременно, поэтому в процессе измерения спектры не были доступны;
- полностью отсутствовали сетевая поддержка и возможность дистанционного управления процессом измерения;
- предлагалось только ручное управление экспериментом; отсутствовала возможность составления и автоматического выполнения программы эксперимента.

При переходе на VME были сформулированы следующие требования к новому программному комплексу:

- непосредственное управление установкой из экспериментального зала;
- дистанционное управление через локальную сеть Лаборатории;
- организация современного многооконного интерфейса с пользователем;
- возможность визуального контроля накапливаемых спектров;
- возможность простой адаптации системы при расширении состава экспериментального оборудования;
- легкость изменения процедуры проведения эксперимента.

Первоначальная версия комплекса для НСВР включала в себя задачи управления времяпролетным анализатором, текстурным гониметром, мониторингирования пучка, интерпретации программы эксперимента и визуализации спектров.



В 1997 году при переносе на спектрометры СКАТ и НЕРА-ПР программное обеспечение НСВР было модернизировано и расширено за счет включения новых задач (контроль температуры, напряжения, ультразвуковых измерений и контроля процесса измерения по сети). Эта версия получила название комплекса НСВР/СКАТ и в настоящее время используется на ряде спектрометров.

Цели работы. Первоначальной целью автора была разработка программной системы для управления конкретным спектрометром (текстурным спектрометром НСВР). Перенос комплекса на новые инструменты потребовал как расширения состава программных компонент комплекса, так и развития концепции в сторону большей гибкости, универсализации и унификации. В результате получен программный комплекс, который может быть использован в качестве основы для управления и другими нейтронными (рентгеновскими) спектрометрами. Обобщение полученного опыта позволило предложить концептуальную схему построения программного комплекса для управления спектрометром на основе X Window System, реализованного целиком на стороне VME-компьютера.

Научная новизна. Впервые предложена и реализована идея построения программного комплекса системы управления спектрометром на основе X Window System. Под этим понимается то, что задачи, составляющие комплекс, являются X-клиентами, и их совместная работа организована при помощи средств межклиентного взаимодействия X Window System.

Ряд идей, связанных с иерархией комплекса, таких как назначение специализированных задач для интерпретации программы эксперимента и информирования удаленного пользователя о ходе эксперимента, использование X-драйверов, также является оригинальными.

Идея реализации комплекса только на стороне VME также была выдвинута независимо, хотя впоследствии стало известно, что она использована также и в системе, разрабатываемой в IRI (TU Delft, Нидерланды).

Научная и практическая ценность. Предложен и исследован способ построения программной системы управления спектрометром на основе X Window System, реализованной полностью на стороне VME.

Разработаны оригинальные программы управления отдельными узлами спектрометра (временноразрешенным анализатором, гониометром, печью (рефрижератором)), которые могут применяться как в комплексе, так и независимо.

Предложен и реализован конкретный вариант задания процедуры проведения эксперимента.

Для обеспечения дистанционного контроля и управления экспериментом предложена и реализована идея о разделении комплекса на части для локального (полного) управления, а также для внешнего наблюдения и управления через локальную сеть.

Предложена оригинальная схема обслуживания прерываний с использованием X-драйверов, которая предоставляет возможность реагирования в X-клиенте на аппаратные прерывания.

Выбрана и реализована методика организации упрощенного доступа к устройствам в операционной системе OS-9.

К настоящему времени комплекс внедрен на спектрометрах НСВР (с 1995 г.), СКАТ (с 1997 г.), НЕРА-ПР (с 1998 г.) пучков 7а и 7б реактора ИБР-2 ЛНФ ОИЯИ. С 1998 года ведется адаптация комплекса для спектрометра ЭПСИЛОН.

Созданное программное обеспечение может быть со сравнительно небольшими затратами адаптировано для управления другими спектрометрами.

Апробация и публикации. Основные результаты исследований докладывались на международных рабочих совещаниях Data Acquisition systems for Neutron Experimental Facilities (июнь 1997, Дубна, Россия) и New Opportunities for Better User Group Software'97 (декабрь 1997, Аргонн, США), а также на конференциях Neutron Texture and Stress Analysis'97 (июнь 1997, Дубна, Россия) и Real Time'97 (сентябрь 1997, Бонн, Франция) и опубликованы в работах /1-8/.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. Работа содержит 98 страниц, включая 6 таблиц, 18 рисунков, список литературы из 88 наименований и приложения.

Автор защищает:

- концепцию построения программного комплекса для управления нейтронным (рентгеновским) спектрометром на основе X Window System;
- сам программный комплекс как основу для тиражирования;
- выбор иерархической структуры комплекса, в том числе, выделение специализированных задач для удаленного управления и контроля измерения;
- программные средства для организации упрощенного доступа к устройствам в операционной системе OS-9.

Содержание диссертации

Во введении обоснована актуальность темы, определены основные цели исследования.

В первой главе рассмотрены современное состояние и тенденции развития систем управления нейтронными спектрометрами. Представленный обзор демонстрирует, что спектр возможных решений при выборе основ для построения систем управления спектрометрами необычайно широк. В современных разработках используются, практически, все доступные системы реального времени (Os-9, WxVorks, LynxOS), графические системы и пакеты (X Window, Motif, Tcl/Tk, Lab Windows, Lab View и т.д.), разнообразные аппаратные платформы, шины и интерфейсы. При этом, наряду с мощными коллаборациями, такими как EPICS, объединяющей более 60-ти организаций, существуют, развиваются и успешно используются системы, разработанные небольшими коллективами или даже отдельными программистами (ROG, SICS, HCBP/СКАТ, SPECTRA и др). По мнению автора, это свидетельствует о том, что наиболее существенным для успеха той или иной разработки является выбор не собственно "технических" решений, а, прежде всего, рациональной тактики организации разработок, базирующийся на компромиссе между запросами пользователей и возможностями разработчиков, с тем, чтобы обеспечить разумные сроки, а также полноту системы и качество выполняемой работы. В крупных центрах, таких как APS или ESRF, где, с одной стороны, проводится активная политика по привлечению внешних пользователей и, следовательно, постоянно возникает необходимость в быстрой переналадке спектрометров, связанной с подключением новых детекторов, устройств и т.д., а с другой стороны, существует сравнительно большой коллектив высококвалифицированных программистов, создание таких сложных систем как EPICS или TACO необходимо и оправдано. Меньше крупным центрам это не под силу, и они либо вынуждены использовать чужие разработки, либо искать более простые решения.

В качестве общих тенденций построения систем управления спектрометрами можно выделить следующие:

- построение распределенных систем на основе Internet; в основном, разделение проводится по принципу: интерфейс - исполнитель; обычно, исполнитель реализован на одном узле сети (компьютере), а интерфейсный доступ возможен со многих узлов, в том числе, и одновременно; однако, современные системы (EPICS, TACO и др.) не накладывают ограничений на число исполнительных узлов;
- наличие многооконного графического интерфейса как обязательного атрибута; в настоящее время ведутся активные разработки с применением web-технологий, Tcl/Tk и Java;
- легкая адаптируемость программного обеспечения к изменению состава оборудования спектрометра и максимальная гибкость в выборе действий, составляющих эксперимент; первое обеспечивается максимальной конфигурируемостью систем, использованием объектно-ориентированного подхода, второе - составлением специализированных языков описания процедуры эксперимента и программных средств, их реализующих.

Таким образом, подход, защищаемый автором, в целом соответствует современным тенденциям построения систем управления нейтронными (рентгеновскими) инструментами.

Во второй главе рассмотрены организация, структура и состав программного комплекса HCBP/СКАТ

Тактика разработки комплекса определялась следующими основными принципами:

- получить как можно быстрее продукт, пригодный для использования;
- выбирать наиболее простое решение из имеющихся альтернатив.

Общая стратегия разработки - создавать систему поэтапно и сразу, начиная с упрощенной, содержащей лишь самые существенные компоненты версии, вводить готовые программы в действие. Кроме того при выборе стратегии были учтены следующие важные обстоятельства:

- для HCBP был закуплен VME-компьютер, в конфигурацию которого входили мощные (и дорогие) локальные графические средства;
- локальная сеть в ЛНФ только создавалась и работала не очень надежно;
- в группе пользователей спектрометра не было своей рабочей станции.

Программное обеспечение включало в себя операционную систему Os-9 v2.4 с системой разработки программ и дистрибутив X Window System (X11/OS-9).

Основными идеями, определившие характерные особенности комплекса, являются следующие:

- В отсутствие своей рабочей станции мы отказались от деления программы на "интерфейсную" и "исполнительную" части и решили поручить работу по обслуживанию установки VME-компьютеру полностью. Важным аргументом в пользу такого решения было недоверие заказчиков к надежности работы локальной сети ЛНФ, которая в 1992 году только создавалась. Поэтому на первом этапе управление спектрометром предполагалось вести без использования сети, только через локальные графические средства, что было одним из требований к разработке. Позднее локальная версия была трансформирована в сетевую.
- Для повышения устойчивости работы комплекса решено использовать систему защиты памяти OS-9. Для доступа к устройствам на нижнем уровне и обслуживания прерываний выбрана и усовершенствована методика, описанная в главе 5.
- Многопроцессная операционная система OS-9 позволяет организовать управляющую программу как совокупность взаимодействующих самостоятельных задач (комплекс). Использование принципа модульности дает возможность разрабатывать, отлаживать и вводить в эксплуатацию комплекс поэтапно. Этот подход также позволяет легко наращивать его при расширении состава экспериментального оборудования, дополняя комплекс новыми задачами.

- Было принято решение о применении средств пакета X11/OS-9 (адаптации X Window System для OS-9) в качестве основы для организации не только графического интерфейса, но и всего комплекса в целом. Программная система X Window System является платформо- и устройство-независимой и предназначена для работы в сетевой среде по модели: клиент - сервер. Задачи (X-клиенты), создаваемые пользователями, по X-протоколу общаются со специализированной задачей (X-сервером), обслуживающей дисплей пользователя. Место запуска задач несущественно. Изменение его не требует никаких изменений в коде задач. Система предоставляет пользователю широкий спектр возможностей по организации распределенной работы, скрывая от пользователя технические детали реального обмена и передачи данных. Таким образом, комплекс образован совокупностью X-клиентов, каждый из которых выполняет полное обслуживание отдельного узла установки, как-то: гониометр, времяпролетный анализатор, печь и т.д. Обмен между клиентами полностью реализован средствами X11. Для обслуживания прерываний предлагается схема с X-драйверами.

- Для освобождения пользователя от выполнения рутинных процедур предусмотрена возможность задания программы эксперимента в виде текстового файла, содержащего последовательность операций эксперимента. Интерпретация этой программы поручена специальной программе-интерпретатору, управляющей работой отдельных задач в автоматическом режиме.

- Комплекс может быть запущен как в локальном режиме, так и с произвольной рабочей станции или X-терминала локальной сети. При запуске с внешнего сервера ни локальный графический контроллер на VME, ни обслуживающий его локальный X-сервер не нужны. Это означает, что комплекс может работать и на VME-компьютерах, не имеющих локальных графических средств. С другой стороны, VME-машины, обладающие локальными графическими возможностями, могут работать даже при отключении от сети.

- Пользователь, работающий на компьютере, с которого был запущен комплекс, обладает всей полнотой власти над процессом измерения и получает детальную информацию о его ходе. Для контроля эксперимента извне разработаны две специализированные задачи для визуализации спектров и получения информации о работе самих клиентов, образующих комплекс. Последняя также позволяет управлять процессом выполнения программы эксперимента, а именно, останавливать, приостанавливать или прерывать процесс измерения, а также возобновлять его вновь.

- Конфигурируемость отдельных задач комплекса определяет легкость их адаптации к изменению характеристик экспериментальной установки, а общий для всего комплекса конфигурационный файл обеспечивает их взаимосвязь.

Иерархия и состав комплекса представлены на рис. 1, а примерный вид интерфейса - на рис. 2.

В главе также рассмотрены иерархия задач комплекса, структура клиента измерительной группы. Предложена оригинальная схема обслуживания прерываний с использова-

нием специализированных задач (X-драйверов), позволяющая удобно распределить работу между драйверами и основной программой.

Описан механизм контроля за соблюдением требуемых условий, реализованный также с использованием средств X Window System.

В замечаниях по реализации приведены требования к памяти, данные о загрузке процессора, а также скоростные характеристики процессорных модулей CC112, E17, используемых в VME-компьютерах.

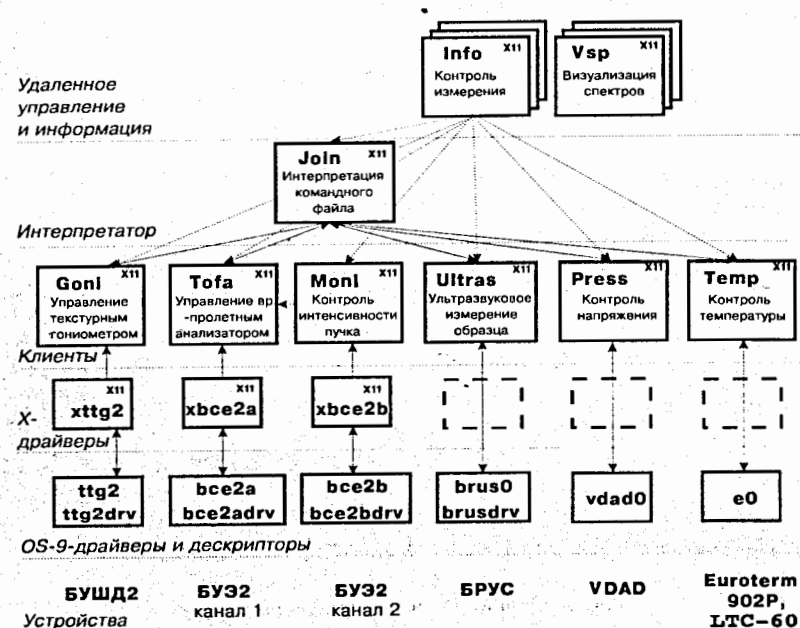


Рис. 1. Состав, иерархия и схема связи программного комплекса НСВР/СКАТ (знаком X11 помечены задачи, которые являются клиентами X Window System)

Основным преимуществом выбранных решений является предельная простота реализации и, следовательно, быстрое получение работоспособной системы при сравнительно малых затратах на программирование. Поскольку интерфейс и программа составляют одно целое, не надо составлять и программировать протокол их взаимодействия. Также не надо программировать отдельных средств коммуникации по сети, поскольку не используются сетевые возможности X Window System. Перевод локальной версии в сетевую выполняется автоматически при выборе "точек" запуска комплекса (локально или извне). При работе в сетевом (распределенном) режиме на интерфейсном компью-

тере (рабочей станции, X-терминале, PC) используется стандартное готовое программное обеспечение (X-сервер), т.е. не требуется программирования вообще.

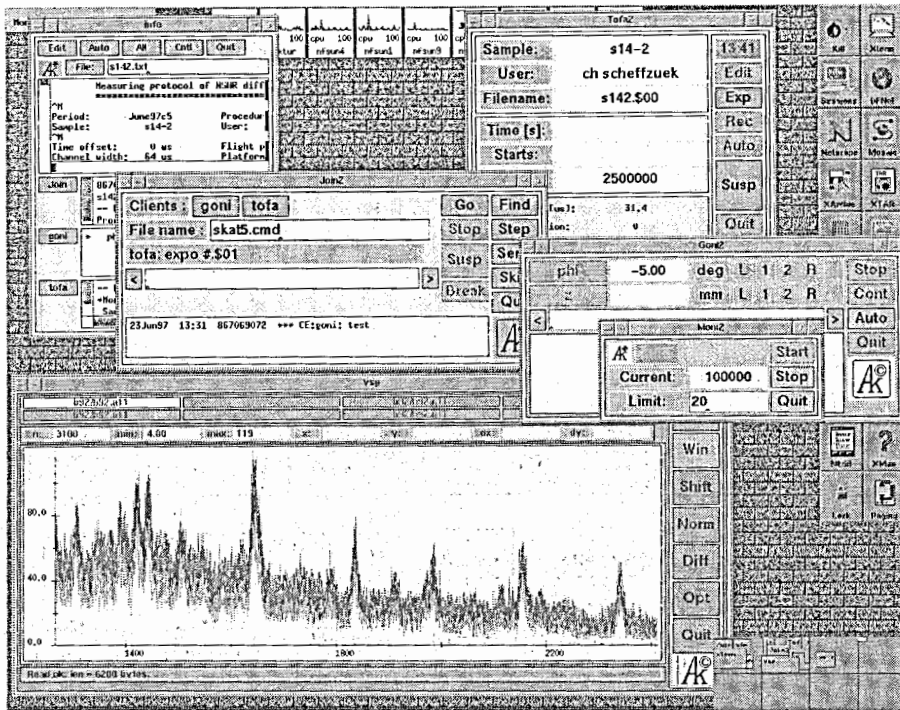


Рис. 2. Общий вид интерфейса комплекса

В третьей главе рассматриваются вопросы, связанные с интерпретацией программы эксперимента. Процедура проведения многих измерений представляет собой так называемое "скапирование", то есть последовательность отдельных измерений на фоне изменения условий окружения образца (температуры, давления и т.п.) или его вращения. Полное измерение одного образца может занимать длительное время и поручается управляющему компьютеру.

Запись последовательности операций эксперимента (скрипт файл) названа программой эксперимента.

Анализ существующих систем показывает, что можно выделить три основных подхода к решению:

- в большинстве систем для выполнения скапирования предназначена специальная команда(ы), характеристики которой варьируются изменением списка параметров;

- в части систем, например, в ISIS, для этой цели используется стандартный интерпретатор команд операционной системы (shell) и его язык;
- в ряде систем (CARESS, ROG) используются специальные языки собственной разработки (и соответствующие программные средства для их обработки), которые позволяют вводить переменные и задавать им значения, организовывать циклы, производить вложенные скапирования и т.д.

Наличие специализированного языка повышает удобство управления установкой, но требует времени и средств на разработку, следовательно, выбор конкретного решения является компромиссом.

Поскольку наши программистские ресурсы были весьма ограничены, было принято следующее решение. Программа эксперимента задается в виде текстового файла, который пользователь составляет обычным редактором. Каждая строка файла интерпретируется либо как комментарий, если она начинается с точки с запятой, либо как команда. Последняя состоит из имени исполнителя, оканчивающегося двоеточием, и той строки, которую ему необходимо послать. Пример программы эксперимента приведен на рис. 3. Для интерпретации программы создана специальная задача интерпретатор, которая управляет работой остальных задач.

В главе рассматриваются синтаксис языка описания программы эксперимента, описание набора команд отдельных задач, принцип организации связи и протокол взаимодействия задачи-интерпретатора с исполнительными задачами, а также особенности их реализации.

Предлагаемое решение характеризуется:

- независимостью задачи-интерпретатора и протокола его общения с исполнительными задачами от специфики и этих задач, и спектрометра, поэтому при адаптации программного комплекса НCBP/СКАТ к другим спектрометрам не требуется внесения изменений в него;
- предельной простотой синтаксиса языка;
- исключительной гибкостью в управлении; в произвольный допустимый момент времени можно остановить (прервать, приостановить) выполнение программы, отключить автоматический режим любой измерительной задачи, сделать необходимую коррекцию программы вручную, включить автоматический режим вновь и продолжить выполнение программы с прерванного места;
- возможностью продолжения с прерванного места и повторения отдельных измерений, например, если в процессе измерения текстуры возникает необходимость перемерить спектры в отдельных позициях, можно, не останавливая измерений, дописать соответствующие команды в конец существующего командного файла, и необходимые действия будут выполнены после основного цикла;
- легкостью в изучении, составлении программы и редактировании ее.

Tofa: TEST ; проверка готовности задачи Tofa
 Goni: TEST ; проверка готовности задачи Goni
 Goni: GETPOS ; чтение текущей позиции гониометра
 Tofa: user luzin ; задание имени пользователя
 Tofa: sample quartzite 50ab ; задание имени образца
 Tofa: file ab50.\$00 ; задание имен файлов для сохранения
 ; спектров
 Tofa: time 450 ; задание времени экспозиции
 Tofa: OPEN_PROT #.txt ; открытие протокольного файла
 #stop ; остановка прокрутки командного файла
 Goni: OMEGA ; выбор оси гониометра OMEGA
 Goni: FIND R ; поиск правого концевика
 Goni: FIND 2L ; поиск второго промежуточного контакта ж
 ; влево
 Goni: SETPOS 0. ; установка начала координат в текущей
 ; позиции;
 ; первый цикл
 ;
 Tofa: EXPO #1.\$00 ; экспозиция
 Goni: GOTO 7.2 ; поворот
 ;
 Goni: GOTO 352.8 ; поворот
 Tofa: EXPO #2.\$49 ; экспозиция

Рис. 3. Фрагмент программы измерения текстуры на НСВР.

В четвертой главе рассмотрены особенности организации контроля и управления экспериментом по сети. Программный комплекс НСВР/СКАТ организован таким образом, что теоретически он может быть запущен с любого компьютера локальной сети, на котором установлена X Window System. Данный X-сервер автоматически становится базовым, т.е. сервером, через который в процессе работы будет вестись весь информационный обмен между задачами (X-клиентами), образующими комплекс. Пользователь, работающий на этом компьютере, обладает всей полнотой власти над процессом измерения и получает детальную информацию о ходе этого процесса. Для контроля за ходом эксперимента извне предназначены задачи Info и Vsp. Эти задачи могут быть запущены с произвольного узла сети, причем, сам факт их работы на ход измерения никакого влияния не оказывает.

Задача Info информирует пользователя о реальном ходе эксперимента, получая эту информацию от самих абонентов, составляющих комплекс НСВР/СКАТ. Она автоматически адаптируется к специфике и составу абонентов, используемых для проведения

конкретного измерения. Задача может быть запущена в произвольном узле сети в произвольное время. Допускается возможность "многозадачной" работы, т.е. независимой работы нескольких копий задачи, запущенных из разных мест. Взаимодействие Info с абонентами строится по принципу запрос - ответ: Info посылает запрос конкретному абоненту, а в ответ получает "сообщение" с "выжимкой" о состоянии абонента и текущих значениях наиболее существенных параметров (справкой). Запрос инициируется или по указанию пользователя или с некоторой периодичностью автоматически. Info обеспечивает пользователю возможность удобного доступа к протокольному файлу для просмотра в процессе измерения.

Для того, чтобы пользователь мог вмешаться в ход измерения, в задаче Info предусмотрен набор операций управления процессом интерпретации программы эксперимента, дублирующих аналогичные возможности задачи-интерпретатора.

Общение между задачей и абонентами реализовано с помощью средств межклиентного обмена X Window System.

Для визуального контроля за правильностью измерения и первичного анализа спектров непосредственно в ходе эксперимента предназначена задача Vsp. Задача позволяет изображать до шестнадцати спектров одновременно. Данные извлекаются непосредственно из инкрементной памяти или из файлов на диске. Спектры изображаются тремя различными способами: точками, ломаной, гистограммой. Пользователю предлагается возможность выполнения некоторых простейших операций, а именно: нормировки, попарного вычитания спектров друг из друга, изображения спектров с вертикальным сдвигом, увеличения фрагментов графика, измерения пиков, периодического построения спектров и сравнения с опорными спектрами.

Оперативный контроль и экспресс-анализ корректности получаемых данных позволяют в случае каких-либо неполадок предотвратить потерю дорогостоящего реакторного времени. Контроль накопления с использованием локальных графических средств VME-компьютера может вестись и автономно при отключении от сети.

В пятой главе рассмотрены, используемая автором, методика организации упрощенного доступа к устройствам в операционной системе OS-9 и средства ее реализации.

OS-9 - многозадачная, многопользовательская операционная система реального времени, в которой в целях взаимной защиты задач и повышения общей надежности проведено четкое разделение сфер системной и пользовательской деятельности, которое обеспечено как аппаратными, так и программными средствами. В частности, программа обычного пользователя не может прямо обратиться к произвольному участку адресного пространства в условиях действия системы защиты памяти или зарегистрировать процедуру обслуживания прерывания (ПОП).

Для работы с устройствами и обслуживания прерываний автором использована методика Й.О.Петерсена и П.Шарфф-Хансена (ЦЕРН), использованная для подключения контроллера КАМАК к VME-системе под управлением OS-9. Согласно этой методике

для доступа к регистрам устройства использован системный трап-хендлер (trap handler) а для обслуживания прерываний - упрощенный SCF-драйвер. Связь ПОП и программы пользователя организована посредством "событий" (OS-9 events). Преимущество подобного подхода по сравнению с полным драйвером заключается в простоте программного подключения новых устройств к системе.

Эта методика была развита и дополнена автором, а именно:

- для повышения взаимной защищенности программ вместо передачи физического адреса введена индексация адресов;
- имя события, сигнализирующего о прерывании, размещено в дескрипторе устройства, откуда оно извлекается всеми «заинтересованными» программами;
- предусмотрена возможность установления режима монопольного доступа к устройству;
- составлен трап-хендлер с универсальным набором из 20 операций, включающим групповые операции для выполнения действий в «критическом» интервале, а также библиотека Си-доступных подпрограмм для работы с этим трап-хендлером.

Измерение временных характеристик трап-хендлера показало, что временные издержки одиночного обращения через него в пять раз меньше, чем для драйвера.

Предлагаемая методика и программные средства, ее реализующие, позволили полностью решить проблему организации программного доступа к VME-блокам, подключаемым для управления спектрометрами. Программирование на ассемблере при этом сведено к минимуму, поскольку для составления новых дескрипторов и драйверов, фактически, требуется только исправить несколько операторов в шаблонах соответствующих программ.

Набор операций трап-хендлера пригоден для работы с широким набором устройств.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы:

1. Предложен и исследован способ построения программной системы управления нейтронным (рентгеновским) спектрометром на основе X Window System, реализованной полностью на стороне VME.

Подход характеризуется:

- относительно простой и быстрой реализацией;
- легкостью расширения или изменения комплекса за счет модульности и конфигурируемости его компонент;
- единством сетевой и локальной версий;
- удобством управления.

2. Создан программный комплекс, реализующий упомянутый способ.

Комплекс может работать как в сети, так и при отключении от нее. При запуске с X-терминала работоспособность сохраняется даже при выключении питания на рабочей станции, через которую был инициирован сеанс работы.

3. Разработаны оригинальные программы управления отдельными узлами спектрометра (времяпролетным анализатором, гониометром, печью (рефрижератором)), которые могут применяться как в комплексе, так и независимо.

4. Предложен и реализован конкретный вариант задания процедуры проведения эксперимента.

5. Для обеспечения дистанционного контроля и управления экспериментом предложена и реализована идея о разделении комплекса на части для локального (полного) управления и для удаленного наблюдения и контроля.

6. Выбрана и реализована методика организации упрощенного доступа к устройствам в операционной системе OS-9.

К настоящему времени комплекс внедрен на спектрометрах НСВР, СКАТ и НЕРА-ПР реактора ИБР-2 ЛНФ ОИЯИ. Ведется адаптация комплекса для других спектрометров.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Кирилов А.С., Хайнитц Й. Программное обеспечение системы накопления, управления и контроля нейтронного спектрометра высокого разрешения в стандарте VME. Сообщение ОИЯИ, D13-95-462, Dubna, 1995, 15 с.
2. Кирилов А.С. Методика организации упрощенного доступа к устройствам в операционной системе OS-9 и средства ее реализации. Сообщение ОИЯИ, P10-94-151, Дубна, 1994, 14 с.
3. Кирилов А.С. Информирование пользователя о ходе измерения на спектрометрах НСВР и СКАТ по локальной сети (задача Info). Сообщение ОИЯИ, P13-97-162, ОИЯИ, Дубна, 1997, 8 с.
4. Кирилов А.С., Коробченко М.Л., Сиротин А.П., Хайнитц Й. Управление экспозицией, записью спектров и текстурным гониометром в программном комплексе систем накопления, управления и контроля спектрометров НСВР и СКАТ (Задачи ToF и Goni). Сообщение ОИЯИ, P13-97-163, ОИЯИ, Дубна, 1997, 14 с.
5. Кирилов А.С., Хайнитц Й. Визуальный экспресс-анализ экспериментальных данных в процессе измерения на спектрометрах НСВР и СКАТ. Сообщение ОИЯИ, P13-97-219, ОИЯИ, Дубна, 1997, 11 с.
6. Кирилов А.С., Хайнитц Й. Интерпретация процедуры эксперимента в программном комплексе систем накопления, управления и контроля на спектрометрах НСВР и СКАТ (Задача Join). Сообщение ОИЯИ, P13-97-161, ОИЯИ, Дубна, 1997, 12 с.

7. Kirilov A.S., Heinitz J., Korobchenko M.L., Rezaev V.E., Sirotin A.P. A VME-based accumulation, control and supervising system for neutron texture measurements. Preprint of the JINR, E13-97-220, JINR, Dubna, 1997, 6 p.
8. Kirilov A.S., Heinitz J. Using X11 to create a VME-based neutron spectrometer accumulation control and supervising system (features and experience). Proc. of the DANEF'97 (June 2-4, 1997, Dubna, Russia), E10-97-272, JINR, Dubna, pp. 313-320.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 сентября 1998 года.