

Б-202

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



19/VI-78

2648/2-78

10 - 11357

В.К.Балашов, Н.Н.Говорун, И.М.Иванченко,
Н.Н.Карпенко, М.Ф.Лихачев, И.А.Савин,
В.Н.Садовников, А.Е.Сеннер

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СИСТЕМЫ СБОРА
ИНФОРМАЦИИ И КОНТРОЛЯ
БЕСФИЛЬМОВОГО СПЕКТРОМЕТРА
НА БАЗЕ ЭВМ ЕС-1040

1978

10 - 11357

В.К.Балашов, Н.Н.Говорун, И.М.Иванченко,
Н.Н.Карпенко, М.Ф.Лихачев, И.А.Савин,
В.Н.Садовников, А.Е.Сеннер

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СИСТЕМЫ СБОРА
ИНФОРМАЦИИ И КОНТРОЛЯ
БЕСФИЛЬМОВОГО СПЕКТРОМЕТРА
НА БАЗЕ ЭВМ ЕС-1040**

Направлено на XII школу по автоматизации научных исследований. Бакуриани, 1978.

Балашов В.К. и др.

Ю - 11357

**Некоторые аспекты системы сбора информации и контроля
бесфильмового спектрометра на базе ЭВМ ЕС-1040**

Рассматриваются некоторые вопросы применения ЭВМ ЕС-1040 для сбора данных и контроля аппаратуры в электронных экспериментах. Описывается методика создания и алгоритмы решения задач в системе управления физическим экспериментом. Рассмотрены принципы организации мультипрограммности комплекса, решающего единую целевую задачу в реальном масштабе времени на ЭВМ ЕС-1040, оснащенной операционной системой ДЭС. Приведены методы решения задач сбора информации и контроля многокомпонентной экспериментальной установки, описываются средства оперативного управления программами.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

ВВЕДЕНИЕ

Усложнение современных экспериментальных исследований в области физики высоких энергий, стремление оптимально использовать возможности ускорителей определяют как усложнение экспериментальных установок, так и систем управления ими.

Для проведения экспериментальных исследований ОИЯИ на ускорителе У-70 /ИФВЭ, Серпухов/ используется ЭВМ ЕС-1040, вместо применяемой ранее /1/ ЭВМ типа БЭСМ-4, возможности которой не удовлетворяют возросшим требованиям, предъявляемым к системам управления на основных этапах измерений.

В качестве первого экспериментального комплекса как объекта управления и источника данных для системы управления, создаваемой на базе ЕС-1040, выступает бесфильмовый спектрометр ОИЯИ БИС-2.

Многокомпонентность экспериментального оборудования предопределила подключение в расширенной конфигурации вспомогательной ЭВМ ТРА, используемой на стадии подготовки и настройки оборудования.

В состав основных детекторов установки входят пропорциональные камеры /более 5000 каналов регистрации/, сцинтилляционные счетчики, а также детектор электронов, состоящий из 160 черенковских счетчиков полного поглощения, и детектор мюонов. Триггерная система включает в себя специализированный цифровой процессор. Регистрирующая электроника и аппаратура передачи данных выполнена в стандарте КАМАК /14 крейтов/.

Установка регистрирует многолучевые события /до 4 траекторий, сопровождаемых траекторным и точечным фоном/. В условиях, близких к рабочим, за один сброс пучка ускоренных частиц регистрируется до 100 событий, длиной до 1 К байта.

Система управления включает в себя ЭВМ ЕС-1040 /~ 300 тыс.оп/с., 512 К байтов/, оснащенную набором стандартных периферийных устройств^{/2/}, коммуникационными процессорами, каналами связи и специальными контроллерами, разработанными в ОИЯИ и используемыми для передачи информации между ЭВМ и внешними объектами.

Математическое обеспечение системы управления базируется на средствах операционной системы ДОС ЕС /версия 2,0/^{3/}. В качестве языков программирования используется язык Ассемблера и ФОРТРАН. На языке Ассемблера написаны программы, основными функциями которых являются управление аппаратурой передачи данных, прием и накопление экспериментальной информации на магнитных лентах. Выбор языка ФОРТРАН продиктован, в основном, наличием большого количества отлаженных подпрограмм и пакетов прикладных программ, ориентированных на обработку данных. Универсальный высокоуровневый язык программирования ПЛ/1^{2,3/} не стал одним из рабочих языков для подготовки математического обеспечения системы управления, так как его использование предполагало модификацию стандартных пакетов прикладных программ.

При подготовке программ существенно используются системные обрабатывающие программы для оперирования с исходными текстами программ, библиотеками объектных и абсолютных модулей.

Имеющийся в системе ДОС комплекс технологического математического обеспечения обладает широкими возможностями, упрощающими и автоматизирующими процесс подготовки проблемных программ. Одним из основных недостатков этого комплекса является слабое обеспечение этапа, предшествующего трансляции исходных текстов. Дополнение ДОС обрабатывающими программами^{/4/}, используемыми на базовых ЭВМ ЦВК ОИЯИ, позволило бы более эффективно решать задачи

подготовки проблемных программ. Следующий недостаток относится к этапу подготовки редактором связей объектных модулей для выполнения /или помещения в библиотеку абсолютных модулей/. В рассматриваемых условиях это приводит к относительно большому времени редактирования связей. Таким образом, даже незначительное изменение программы требует довольно большого времени получения абсолютного модуля / ~ 20 мин/.

При создании математического обеспечения систем реального времени /МО СРВ/ на базе ЭВМ третьего поколения наметились два способа:

- в виде задания по отношению к базовой операционной системе;
- в виде модулей супервизора.

Оба они имеют сильные и слабые стороны. При создании рассматриваемой системы используется смешанный подход. При этом в рамках второго способа создается только небольшая часть МО СРВ, связанная в основном с диалоговой подсистемой взаимодействия экспериментатора с ЭВМ.

1. ОБЩАЯ СТРУКТУРА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Работа комплекса программ реального времени должна быть организована в мультипрограммном режиме согласно приоритетной дисциплине обслуживания. Только в таком режиме возможно эффективное решение в реальном масштабе времени следующих основных задач:

1. Управление аппаратурой передачи информации, прием и буферизация экспериментальных данных.
2. Накопление, включая паспортизацию, данных на магнитных лентах.
3. Обработка данных с целью определения характеристик работы аппаратуры /технический контроль/ и параметров исследуемых физических процессов /физический контроль/.
4. Обеспечение оперативного взаимодействия экспериментатора с ЭВМ.

Качество функционирования системы управления в целом определяется в значительной степени общей организацией прохождения основных программ.

Одним из путей реализации в рамках ДОС ЕС мультипрограммного комплекса является выполнение основных процессов в разных разделах. Операционная система ДОС ЕС позволяет использовать до трех разделов ^{1/3/}. Так как операционная система интерпретирует программы в разных разделах как независимые, то необходима разработка программных средств для обеспечения корректного функционирования МО СВВ при работе с основными ресурсами. Информационные связи при этом могут быть реализованы через общую память на внешних носителях и, при создании специальных модулей супервизора - через оперативную память. Связи по управлению можно организовать посредством программного анализа в каждом из разделов некоторых условий, статус которых устанавливается программами из других разделов. Недостатком подобной организации является сильная зависимость от конкретной версии операционной системы и, что самое главное, ограниченные возможности "запараллеливания" основных процессов. Существенным достоинством рассматриваемой организации, вытекающим из независимости разделов, является возможность оперативно подключать новые программные модули, не создавая помех в работе основных программ. В этом случае не возникает проблем при использовании разных языков высокого уровня.

При одновременном проведении двух независимых экспериментов под управлением ЭВМ ЕС-1040, наиболее приемлемой является организация выполнения соответствующих программ реального времени в разных разделах.

Другой путь организации мультипрограммности комплекса - использование режима подзадач /"мультизадачного" режима ^{1/2/} /. Одним из достоинств такого подхода является высокий фактор мультипрограммности. В рамках одного раздела возможно параллельное выполнение до 10 процессов. Организация информационных связей между различными процессами реализуется при

таким подходе через оперативную память посредством общих блоков, либо через аппарат внешних и внутренних ссылок. В операционной системе имеются средства подключения, отключения и синхронизации параллельного выполнения процессов.

К недостаткам такой организации можно отнести наличие ограничений при совместном использовании языков ФОРТРАН и ПЛ/1, а также невозможность оперативного ввода новых компонентов системы программ реального времени.

Интересным представляется вариант объединения обоих описанных методов организации. При этом наиболее существенные достоинства этого варианта проявляются на этапе развития программ реального времени.

При разработке комплекса программ реального времени был выбран второй метод организации мультипрограммного комплекса как метод, обладающий достаточно высокими возможностями при относительной простоте реализации. При этом каждый из рассмотренных ранее процессов обслуживается отдельной программой, оформленной в виде подзадачи.

В рамках мультизадачной организации удастся реализовать не только рациональное распределение времени центрального процессора, но и оптимизировать использование оперативной памяти.

Основными логическими элементами информации на уровне программ приема и обработки являются события, их фрагменты, статистические таблицы и т.п. С целью оптимизации использования запоминающих устройств эти элементы информации рассматриваются как динамические объекты. В процессе работы меняется как количество таких объектов /количество событий, соответствующих одному сбросу пучка, количество гистограмм/, так и их длина. Границы подобластей в единой области для размещения динамических элементов задаются на уровне языка управления программ реального времени. При выборе границы учитываются два основных критерия: время получения статистически обеспеченных параметров, характеризующих работу аппаратуры, и интенсивность набора экспериментальных данных.

Распределение памяти на уровне отдельных основных программ осуществляется в динамическом режиме.

2. СБОР И НАКОПЛЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Программы сбора и накопления данных обеспечивают управление системой передачи информации, выполненной в стандарте КАМАК, прием данных с требуемых источников информации, оформление данных в виде динамических структур, паспортизацию логических единиц информации и запись данных на магнитную ленту.

Для синхронизации работы программ и установки в течение сброса лучка введен ряд внешних сигналов /начало сброса, конец сброса и др./. По каждому из внешних сигналов /ВС/ в специальный регистр заносится признак, который может быть считан программой канала.

При приеме существенно используется совмещение работы коммуникационных процессоров /каналов связи/ и центрального процессора. В рамках ДОС это свойство ЭВМ является необходимым условием высокой реактивности системы на ВС. Для обмена данными с внешним объектом монополюсно используется один из селекторных каналов ЭВМ, для которого созданы специальные программы. Обеспечению высокой реактивности системы служит также то, что программам сбора присвоен высокий приоритет.

Для идентификации ВС необходимо завершить выполнение данной программы канала, а после идентификации ее инициировать. Эти операции осуществляются центральным процессором под управлением супервизора, и время выполнения их относительно велико /~1 мс/. Если при обработке большинства ВС такие задержки не являются критичными, то для ВС "Событие" они становятся причиной снижения интенсивности регистрации событий детекторами с малым мертвым временем. Для исключения этих задержек ВС "Событие" идентифицируется в контроллере, а в канал посылаются сигналы "УВВ кончилось" и "Модификатор состояния", что позволяет перейти к приему события, не выходя из программ

канала. Здесь мы отметили одну из особенностей устройства управления физической аппаратурой /контроллера/.

Прием данных осуществляется по запросам программы. В рамках одного фрагмента события /массива/ передача осуществляется в групповом режиме /режим автосканирования/. Данные сопровождаются адресными кодами источников информации. Таким образом разрешается противоречие между требованиями гибкости и скорости ввода информации. Время приема одного события ~13 мс.

Одна из проблем, возникающих при создании высокоэффективной системы сбора данных, связана со статистическим характером длины передаваемых массивов. Радикальным решением этой проблемы является такая модификация программных средств и контроллера, которая позволяет передавать при помощи устройства управления адрес свободной части буфера, границы которого заранее пересылаются программой канала в устройство управления. За счет контроля устройством управления передачи адресов и количества данных обеспечивается защита памяти и окончания передачи при заполнении буфера. При таком методе появляется возможность приема группы событий без выхода из программы канала. При этом к контроллеру как компоненту системы управления предъявляются повышенные требования надежности.

С целью эффективного использования памяти данные, относящиеся к отдельному сбросу пучка ускорителя, организуются в виде динамической структуры. Элементами структуры являются логически законченные массивы данных - заголовок события, событие, данные с пересчетных схем - и соответствующие им указатели.

Для контроля передающей аппаратуры производится первичная обработка принимаемого материала. В случае обнаружения ошибки она учитывается блоком статистического контроля, и посылается диагностическое сообщение оператору. Контроль устройства управления физической аппаратурой осуществляется анализом байтов состояния канала и аппаратуры передачи данных.

В качестве носителя информации для длительного хранения используется магнитная лента, на которую кроме экспериментальных данных заносится также служебная и вспомогательная информация. Каждая физическая запись включает паспорт и информационную часть. Совокупность записей, соответствующих одинаковым условиям эксперимента /одному RUNy /, оформляется в виде файла. Примером служебной информации может быть таблица описания оборудования и соответствия между элементами детектирующей и регистрирующей аппаратуры.

Использование декларативных таблиц для управления программами обеспечивает генерируемость, приспособляемость программного обеспечения к меняющимся условиям эксперимента. Это особенно актуально при модульном построении установки в целом и, в частности, регистрирующей и передающей аппаратуры в стандарте КАМАК.

3. ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

Основной объем обработки реализован в виде отдельной подзадачи, имеющей более низкий, чем у подзадачи сбора, приоритет. На этом уровне работают программы подготовки визуального представления событий, программы контроля системы избирательного запуска установки, пропорциональных камер, а также черенковских счетчиков полного поглощения.

Большинство параметров, характеризующих работу экспериментальной установки, имеют статистическую природу. Поэтому значительная часть обработки данных сводится к вычислению значений статистических таблиц и вычислению интегральных характеристик статистических распределений. Для решения этой проблемы создана подсистема статистической обработки на базе пакета НВООК^{5/}. Пакет НВООК оформлен в виде библиотеки и сочетает гибкость и многообразие возможностей с эффективностью. Характерной особенностью этого пакета является динамическое распределение памяти для обрабатываемых распределений, возможность автоматиче-

ской установки содержимого нескольких каналов распределения в одном слове. В состав пакета входят программы для операций со статистическими распределениями типа сглаживания, фитирования, сложения, вычитания и т.п. Эффективность использования основных ресурсов ЭВМ повышается при увеличении количества обрабатываемых распределений и числа их каналов.

При переполнении оперативной памяти для размещения гистограмм используется память на дисках. Для реализации этой возможности на ЕС ЭВМ в рамках операционной системы ДОС необходимо создать дисковый файл прямого доступа для хранения и обновления гистограмм, а также описать этот файл в программе с помощью оператора DEFINE FILE^{/2/}. Это реализовано в подпрограмме OPENMS пакета НВОСК. Такой пакет обладает большими возможностями по сравнению с пакетами статистической обработки^{/1.7/}. В нем учтены возросшие требования эксперимента и увеличение потенциальных возможностей средств вычислительной техники.

Для определения эффективностей пропорциональных камер требуются достаточно сложные вычисления, в отличие от определения таких параметров, как частота срабатывания регистрирующих каналов, размер и количество кластеров.

Для вычисления значения эффективностей большинства регистрирующих плоскостей применяется методика, предложенная и развитая в работах^{/1.8/}. Эффективность плоскостей в повернутых камерах определяется по результатам опознавания пространственных траекторий. Пространственный трек используется для определения эффективности регистрирующей плоскости, если он мог быть опознан без привлечения информации с данной плоскости. При этом подходе мы существенно используем малые корреляции отказов регистрирующих плоскостей.

4. УПРАВЛЕНИЕ РАБОТОЙ ПРОГРАММ

Для работы с комплексом программ оператору предоставляются необходимые средства управления его работой. В состав этих средств входят язык управления

программ реального времени, а также аппарат чтения и интерпретации директив.

При разработке семантики языка существенно использован опыт создания систем^{/1,7/}. Подсистема ввода директив использует как универсальные пакеты NBOOK^{/5/} и FFREAD^{/6/}, так и специализированные наборы подпрограмм. Директива состоит из ключевого слова и набора параметров. В качестве последних могут использоваться целые и вещественные числа, а также значения логических переменных и текстовые константы. Параметры директив вводятся в свободном формате. Ключевое слово может включать до 4 символов. С точки зрения интерпретации директивы разделяются на несколько классов. К одному из классов принадлежат директивы, при помощи которых задаются параметры рабочих программ. Для передачи этих параметров используется аппарат помеченных общих блоков. Система интерпретации только преобразует параметры этих директив к нужному типу /целые или вещественные/. Другой класс директив полностью обрабатывается системой интерпретации. Примером директивы этого класса может быть директива включения гистограмм HON 2,4,7,160 *341. В результате выполнения такой директивы включаются гистограммы с номерами 2,4,7, а также 160 гистограмм, начиная с 341. При интерпретации такой директивы создаются соответствующие элементы в динамической структуре оперативной памяти, а при ее нехватке резервируется место для поля гистограмм на диске, иницируются процессы вычисления требуемых значений и накопления статистических таблиц, планируется вывод гистограмм. Отключение гистограмм осуществляется директивой HOFF, имеющей такую же форму, как и HON. На уровне ввода и интерпретации директив проводится их синтаксический и семантический контроль.

При разработке языковых средств существенное внимание уделялось тому, чтобы оператор мог указать, что надо делать, а не как реализовать получение определенного результата. Например, оператор заказывает выдачу сводной таблицы характеристик работы пропорциональных камер. Система директив включает в работу программы опознавания проекций треков, программы

поиска соответствующих проекций, образующих пространственные треки, программы накопления количества найденных треков, частоты срабатывания камер и т.д. По результатам обработки этими программами заданного числа событий будут вычислены и выданы в виде таблицы соответствующие характеристики.

Той же цели - увеличению гибкости и простоты освоения функций управления - служит широкое использование принципа умолчания. Значения параметров, устанавливаемых по умолчанию, выбираются в процессе эксплуатации системы на основе статистического анализа используемых значений.

Все программы чтения и интерпретации директив написаны на ФОРТРАНе. При этом большое внимание уделялось читабельности и модульности программ. Этим, в частности, достигается простота расширения набора директив.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренная система управления используется в цикле экспериментов, целью которых является поиск частиц с не равным нулю новым квантовым числом, называемым "очарование".

Она развивается, в основном, в направлении /1/ расширения подсистемы технического контроля установки и контроля экспериментов по исследуемому /физическому/ эффекту, - /2/ повышения ее экономичности без сужения спектра решаемых задач.

Основными ее свойствами являются:

1. Высокая реактивность, позволяющая управлять в реальном масштабе времени аппаратурой передачи данных при достаточно высокой интенсивности потока экспериментальной информации.

2. Гибкость и адаптивность, обеспечиваемая реализацией потенциальных возможностей языков программирования высокого уровня при построении программ в рамках модульного принципа, наличием средств генерации и оперативного управления программами.

3. Надежность работы и программная устойчивость к ошибкам аппаратуры. Эти качества достигаются, в частности, применением методики полунатурного моделирования.

4. Простота эксплуатации.

Авторы выражают глубокую благодарность М.Г.Мещерякову за постоянное внимание и поддержку этой работы.

Авторы признательны З.М.Иванченко за разработку программ графического и табличного представления событий, подпрограмм опознавания кластеров и получения координат в единой системе; П.В.Мойсензу - за участие в создании программ определения эффективности координатных детекторов; А.С.Чвырову - за подготовку программ определения параметров перехода от индивидуальных систем координат камер в общую систему координат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Говорун Н.Н. и др. ОИЯИ, Б1-10-9754, Дубна, 1976.
2. Лесюк В.Г. и др. Система математического обеспечения ЕС ЭВМ. "Статистика", М., 1974.
3. Шура-Бура М.Р. и др. Операционная система ДОС ЕС "Статистика", М., 1975.
4. UPDATE Reference Manual. CDC 6044900.
Klein H., Zoll J. PATCHY Reference Manual for Version 4.01 Onwards. CERN PROGRAM LIBRARY, Geneva, 1977.
5. Brun R., Ivanchenko I., Palazzi P. HBOOK Users Guide. Version 3. CERN, DD/77/9, 1977.
6. Brun R. e.a. FFREAD Users Guide. CERN, DD/77/11, 1977.
7. Иванченко И.М., Сеннер А.Е. ОИЯИ, Д10,11-8450, Дубна, 1974, с. 269.
8. Говорун Н.Н. и др. ОИЯИ, Р5-5397, Дубна, 1970.
Вишняков В.В. и др. ОИЯИ, 10-7966, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 февраля 1978 года.