

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

96-495

P10-96-495

А.С.Никифоров¹, А.В.Пиляр², П.К.Маньяков

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
СБОРА ДАННЫХ «MORAINE»

Выполнение данной работы поддержано Российским фондом
фундаментальных исследований, проект № 96-07-89328

¹E-mail: nikif@sunhe.jinr.ru

²E-mail: pilyar@sunhe.jinr.ru

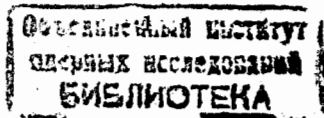
1996

1. Введение

Современные спектрометры в физике высоких энергий имеют постоянную тенденцию к усложнению - увеличивается количество информационных каналов, возрастают объёмы и скорости потоков экспериментальных данных, усложняется электронная аппаратура и программное обеспечение. Совершенствование спектрометров в различных физических центрах **FERMILAB**(США), **CERN**(Швейцария), **DEZY**(Германия) и др. не происходит обособленно друг от друга, а имеет место постоянное накопление и обобщение опыта. Большинство разработчиков стараются отказываться от применения нестандартных решений, ориентируясь на применение микропроцессоров, стандартизованных шин передачи данных и других аппаратных и программных средств. Накопленный опыт автоматизации обобщён и унифицирован в форме международных стандартов "*открытых систем*" (**VME**, **VXI**, **FASTBUS** и т. д.). Стандартный подход к решению проблем автоматизации научных исследований даёт ряд существенных преимуществ. Он позволяет достичь высокого качества и надежности создаваемых установок, что практически недостижимо для коллектива разработчиков, не использующих программно-аппаратные средства "открытых стандартов". Система сбора данных, созданная на основе такой аппаратуры, имеет следующие свойства: модульность, расширяемость, открытость, стандартность, распределённость. Например, на эксперименте **LSND/1/** (Los Alamos) в 16 крейтах **VME** создана многопроцессорная система сбора данных с 1600 фотоумножителей, которая реализует восстановление событий их анализ и фильтрацию в масштабе реального времени.

Для управления современным спектрометром физики высоких энергий, как правило, создаётся многопроцессорная распределённая вычислительная мощность на основе стандартов "*открытых систем*". Программное обеспечение входит составной частью в распределённую вычислительную мощность, объединяя разные подсистемы спектрометра в единое целое, организует согласованный и оптимальный процесс сбора данных. Значение программного обеспечения нетрудно понять из того, что даже, казалось бы, небольшие его недоработки могут привести к крайне низкой эффективности работы всего спектрометра в ходе сбора экспериментальных данных.

В настоящее время на спектрометрах Лаборатории высоких энергий дополнительно установлена аппаратура в стандартах **VME** и **FASTBUS**, которая по своим техническим параметрам способна справляться с новыми постоянно усложняющимися физическими задачами в физике высоких энергий. В данной работе изложено развитие программного обеспечения для включения аппаратуры в стандарте **VME** и **FASTBUS** в систему сбора данных на спектрометрах **СФЕРА/2/** и для внутренней мишени первого российского сверхпроводящего ускорителя **НУКЛОТРОН/3/** в Объединённом институте ядерных исследований (ОИЯИ), г. Дубна.



2. ЛОКАЛЬНАЯ СЕТЬ ETHERNET

В состав многопроцессорной вычислительной мощности спектрометра **СФЕРА** входят три процессорных модуля в стандарте **VME**, специализированные модули в стандарте **FASTBUS**, три персональных компьютера типа **IBM PC** - один из них используется в качестве сервера для выхода в сеть **Ethernet OIЯИ** и далее в **INTERNET**. Вычислительные мощности спектрометра объединяются локальной **Ethernet** сетью. Эта сеть поддерживает **FTP**, **TELNET**, **NFS** соединения. В процессе экспериментов локальная сеть спектрометра загружена большими потоками экспериментальных данных. Основной поток данных идёт из процессорных модулей **VME** в **IBM PC** для графического отображения топологии событий, накопления и отображения гистограмм. Для максимального использования пропускной способности **Ethernet** сети спектрометра передача информации по сети в системе сбора данных программируется в **OS-9** на уровне работы с тремя типами "Sockets" - **SOCK_STREAM**, **SOCK_DGRAM**, **SOCK_ROW** по протоколам **UDP**, **TCP**, **AF_ETHER/4** соответственно.

Наличие сети трудно переоценить - она является той средой, которая позволяет разрабатывать программное обеспечение и управлять сбором данных, находясь как непосредственно на спектрометре, так и на удалённом рабочем месте. В процессе разработки программного обеспечения для системы сбора данных на удалённом компьютере устанавливается до десяти и более соединений с локальной сетью спектрометра. Для организации работы в сети наилучшим образом подходит операционная система **Windows-95**, устанавливаемая на удалённом компьютере типа **IBM PC**, включающая в себя развитые средства работы в сети и удобный для пользователей интерфейс при работе с большим количеством окон.

3. СБОР ДАННЫХ В VME

Процессорные модули в **VME** крейте занимают центральное место в системе сбора данных спектрометра. Модули работают под управлением операционной системы реального времени **OS-9/5/** фирмы **MICROWARE**. Операционные системы реального времени создаются специально для работы в жёстких условиях, когда требуется минимальное время отклика на внешнее событие с последующей его обработкой. Операционная система реального времени написана так, что она готова реагировать на приход события в любой момент времени при минимальных задержках на переключение с одного контекста задачи на другой. Поэтому операционная система реального времени не использует долго выполняющиеся процессорные команды типа пересылка цепочки байтов и др., несмотря на то, что эти команды могут выполняться процессором. **OS-9**, установленная в процессорных модулях **FIC-8234/6/** фирмы "Creative Electronics Systems" (**CES**), характеризуется временем отклика на приход события ~ 5 микросекунд. Эта система проверена опытом работы на ряде крупных спектрометров физики высоких энергий **DELPHI/7/**.

TRISTAN/8/ и др. Накоплен значительный опыт и разнообразное программное обеспечение. Так, на спектрометре **DELPHI** создана специализированная библиотека/9/ программного обеспечения для операционной системы **OS-9**. Эта библиотека даёт дополнительные возможности разработчику для управления процессами в реальном масштабе времени через события, сигналы, прерывания, а также значительно уменьшается количество программ, которые пишутся на машинном языке (**ASSEMBLER**). Несмотря на то, что количество и качество программных инструментов для **OS-9** постоянно увеличивается, создание программного обеспечения для сбора данных в среде с распределённой вычислительной мощностью остаётся достаточно сложной задачей.

Эффективность работы спектрометра зависит от времени считывания одного события в компьютер. Один из основных способов уменьшить его - делить событие на несколько фрагментов и считывать их параллельно разными компьютерами. Такой вариант наиболее эффективен для больших размеров событий при одновременно большом их потоке на спектрометре. И то и другое определяется физической постановкой задачи и аппаратными возможностями самого спектрометра.

Спектрометр **СФЕРА** создан и развивается как многоцелевая установка для широкого круга задач в физике высоких энергий. На рис. 1 изображена блок-схема спектрометра **СФЕРА**. Два фрагмента события регистрируются аппаратурой в двух ветвях крейтов **CAMAC**. Каждая ветвь связана по шине **VSB** через модуль **CBD-8210 /10/** с процессорным модулем **FIC-8234** в **VME** крейте. При таком подключении процессорные модули могут считывать фрагменты события одновременно и независимо по выделённым шинам **VSB**.

Запрос на чтение событий формируется в крейтах **CAMAC**, передаётся по линии **BD** с шины ветви через модуль **CBD-8210** на шину **VSB**, далее в процессорный модуль **VME FIC-8234** и служит источником прерываний операционной системы **OS-9** процессорного модуля. В модуле **CBD-8210** используются три контроллера прерываний **Am9519** для 24 источников прерываний, а в модуле **FIC-8234** используется **SIC-6351 (System Interrupt Controller)** для семейства процессоров 680xx. Контроллер программируется на обслуживание 50 источников прерываний. Для системы сбора данных разработано программное обеспечение обработки прерываний по шине **VSB** (запрос **VSB-IRQ**) от ветвей **CAMAC** и прерываний по шине **VME** (запросы **VME IRQ2** и **VME IRQ3**) для обслуживания запросов межпроцессорного обмена данных по шине **VME**.

С момента поступления запроса на прерывание в работу включается специализированное программное обеспечение сбора данных. С точки зрения операционной системы **OS-9** программное обеспечение представляет собой пользовательские системные драйверы внешних устройств, работающие в многозадачной, многопользовательской системе реального времени. Поступившее прерывание активизирует пользовательский системный драйвер для первой ветви **CAMAC**. Этот драйвер сообщает о приходе событий на второй процессорный модуль **FIC-8234**, выставляя запрос на прерывание по шине **VME**, которое активизирует пользовательский системный драйвер второй ветви аппаратуры **CAMAC**.

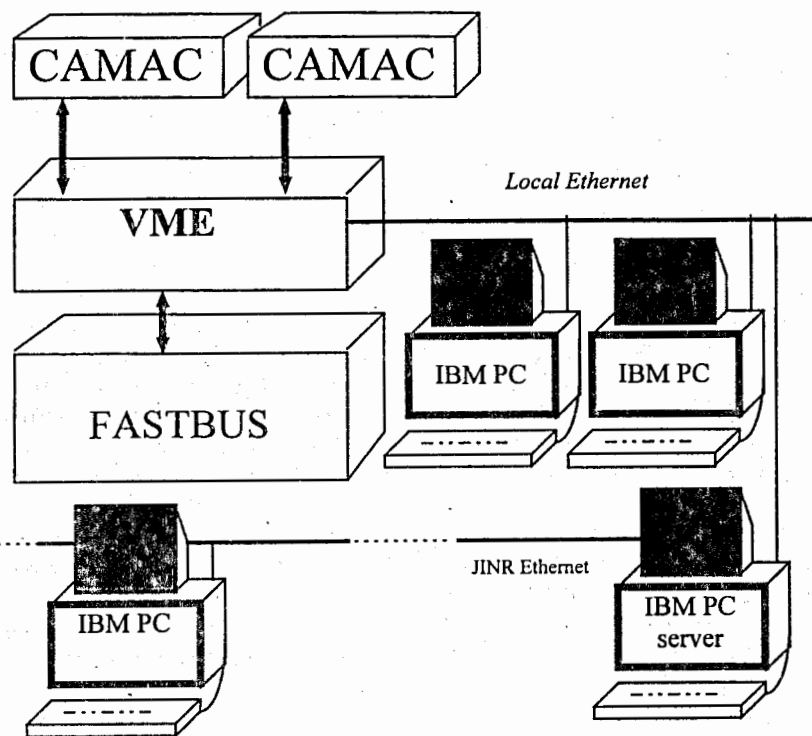


Рис. 1

Далее, в интервале времени от начала до конца цикла ускорителя (т.е. время сброса ускоренного пучка частиц на мишень) пользовательские системные драйверы ведут накопление фрагментов событий в локальную оперативную память процессорных модулей FIC-8234. Пользовательские драйверы синхронизируют конец чтения фрагментов события по шине VME, используя глобальную память процессорных модулей в качестве "семафоров". Окончание чтения фрагментов события завершает "мертвое время" спектрометра - через CAMAC подается разрешение на приём следующих событий. Созданные пользовательские драйверы для двух процессорных модулей принимают на себя пиковую нагрузку спектрометра, поэтому наиболее их критические участки написаны на машинном языке - ASSEMBLER.

Накопление фрагментов событий в двух процессорных модулях завершается приходом сигнала - конец цикла ускорителя. Пользовательские драйверы переходят в пассивное состояние, выставляя по шине VME запрос на обслуживание третьего процессорного модуля VME FIC-8234.

Третий модуль VME FIC-8234 работает также под управлением системы OS-9. Он содержит значительно большее количество программного обеспечения системы сбора данных. В его память грузятся пользовательские процессы и дополнительно пользовательский системный драйвер. Этот драйвер переводится в активное состояние запросами по шине VME от процессорных модулей, накопивших буфер с фрагментами событий в течение цикла ускорителя. Драйвер перекачивает буфер с фрагментами событий по шине VME с максимальной скоростью (40 мегабайт в сек.), используя режим блочной передачи канала прямого доступа. Перекачав буфер в локальную память третьего процессорного модуля, пользовательский драйвер переходит в состояние ожидания, посылая сигнал пользовательским процессам.

Первый пользовательский процесс обрабатывает два буфера, восстанавливая события, далее буфер с восстановленными событиями записывается по шине SCSI на твердый диск или EXABYTE для долговременного хранения и off-line обработки. Другой пользовательский процесс управляет всем ходом процесса сбора данных на процессорных модулях VME. Этот программный процесс принимает и обрабатывает команды, поступающие от оператора.

В третий процессорный модуль VME FIC-8234 в настоящее время установлен второй аппаратный процессор. В результате стала возможна работа OS-9 на двух аппаратных процессорах. Это даёт дополнительную возможность параллельно обрабатывать пользовательские процессы на одном модуле VME, так как в один и тот же момент времени фактически могут одновременно выполняться два пользовательских процесса - каждый на своём аппаратном процессоре. В настоящее время разрабатывается программное обеспечение, которое позволяет использовать дополнительно второй аппаратный процессор для фильтрации и сжатия данных в ходе эксперимента.

4. СБОР ДАННЫХ В FASTBUS

Аппаратура в стандарте FASTBUS (рис.1) входит в систему сбора данных спектрометра. К FASTBUS подключаются дополнительно сотни

измерительных каналов внутренней мишени **НУКЛОТРОНА**. В настоящее время в **FASTBUS** есть модули фирмы LeCroy - 1885F(96-канальный 15-разрядный АЦП), 1872A(64-канальный 12-разрядный ВЦП), 1810CAT(калибровочный модуль), FVSBI-9210(контроллер шины **FASTBUS** с буферной памятью). Аппаратура в стандарте **FASTBUS** имеет ряд определённых преимуществ по сравнению с **CAMAC** и **VME**, например, достигается значительно большая интеграция измерительных каналов, обмен данных по шине **FASTBUS** достигает 70 мегабайт в секунду. Аппаратура **FASTBUS** подключается к третьему процессорному модулю FIC-8234 по шине **VSB** через модуль FVSBI-9210/11/. К настоящему времени создана значительная часть программного обеспечения для работы с этой аппаратурой в стандарте **FASTBUS**. Разрабатывается пользовательский драйвер, который пересылает данные по шине **FASTBUS** в режиме блочной передачи данных канала прямого доступа с модулей АЦП и ВЦП в буферную память модуля **FASTBUS** FVSBI-9210. Продолжается развитие программного обеспечения необходимого для включения аппаратуры в стандарте **FASTBUS** в систему сбора данных спектрометра.

5. IBM PC В СИСТЕМЕ СБОРА ДАННЫХ

В составе системы сбора данных спектрометра используются два компьютера типа IBM PC. Данные с процессорных модулей **VME** по сети Ethernet поступают в IBM PC для графического представления топологии событий, накопления и отображения гистограмм. Для этого был разработан пакет программ **DAD3D/12/**. Написанные на языке "Си" программы предназначены для сбора, обработки, отображения данных в реальном времени с экспериментальных физических установок. Пакет построен по принципу многоканального анализатора и характеризуется большим набором функциональных возможностей: дружеский интерфейс с пользователем, работа с окнами, поддержка мышки, экспресс-обработка данных, одно-, двумерные резидентные и псевдогистограммы, отображение данных в ходе их набора. В настоящее время этот пакет используется на нескольких спектрометрах.

В ходе набора данных при высокой загрузке спектрометра только малая часть от общего потока данных может быть передана в IBM PC по локальной сети Ethernet. Так как на логическом уровне пропускная способность Ethernet не поднимается выше 200-300 килобайт в секунду. Поэтому в настоящее время значительная часть программного обеспечения экспресс-обработки с IBM PC переносится на процессорные модули **VME** FIC-8234, что позволит осуществлять не только сбор, но и экспресс-обработку данных на распределённой многопроцессорной мощности в ходе эксперимента в полном объёме. В перспективе IBM PC будут использоваться в качестве консоли оператора и графической станции для отображения результатов экспресс-обработки данных из распределённой многопроцессорной мощности.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На спектрометре **СФЕРА** в ОИЯИ для экспериментов физики высоких энергий используется многопроцессорная распределённая вычислительная мощность. В настоящее время используются три процессорных модуля FIC-8234 в крейте **VME** для сбора данных из двух ветвей аппаратуры **CAMAC**. Разработанное программное обеспечение сбора данных в своём составе содержит программы пользовательских процессов и пользовательские системные драйверы. Эти программы реализуют обработку прерываний, параллельное считывание фрагментов событий, их восстановление, блочную передачу данных по шине **VME** в режиме канала прямого доступа, передачу данных по сети Ethernet, накопление гистограмм, отображение топологии событий и гистограмм на IBM PC. Идёт разработка программного обеспечения для экспресс-обработки на распределённой вычислительной мощности на основе использования вторых аппаратных процессоров FIC-8234 и более активном применении шины **VME** в межпроцессорном взаимодействии. Продолжается разработка программ для дополнительного включения в систему сбора данных комплекса аппаратуры в стандарте **FASTBUS** с более чем 300 измерительных каналов внутренней мишени сверхпроводящего ускорителя **НУКЛОТРОН**.

Разработанные программные средства системы сбора данных для распределённой многопроцессорной мощности позволили поднять эффективность работы спектрометра в два раза.

Литература

1. G. Anderson, I. Cohen et al. Data Acquisition System for the Large Scintillating Neutrino Detector at Los Alamos, Proceedings of the International Conference on Computing in High Energy Physics'92, Annecy, France 21-25 September 1992.
2. S.V. Afanasiev et al., Investigation of charge exchange reactions on a hydrogen target, JINR Rapid communications, 1995.
3. JINR Rapid communications 3[60]-93, Dubna, 1993.
4. OS-9 advanced system software, Microware Systems Corporation, INT-68-NA-MO, July, 1992.
5. Peter Dibble, OS-9 INSIGHTS AN ADVANCED PROGRAMMERS GUIDE TO OS-9/68000.
6. FIC-8234 Dual 68040 Fast Intelligent Controller, User's Manual, Creative Electronics Systems S.A., 1993.
7. M. Jonker, Architecture and performance of the DELHI data acquisition and control system, Proceedings of the International Conference on Computing in High Energy Physics'91, Tsukuba, Japan, March 11-15, 1991.
8. Katsuya AMAKO, High Energy Physics Computing in Japan, Proceedings of the International Conference on Computing in High Energy Physics'91, Tsukuba, Japan, March 11-15, 1991.
9. L. Guglielmi, OS-9/68K EXTENSIONS SYSTEMS CALLS AND C LIBRARY, DELHI Collaboration, DELPHI 88-29 DAS 76, May 1988.
10. CBD8210 CAMAC Branch Driver, User's Manual, Creative Electronics Systems S.A., 1993.
11. FVSB19210 FASTBUS to VSB Interface, User's Manual, Creative Electronics Systems S.A., 1993.
12. А. С. Никифоров, А. В. Пиляр, В. А. Смирнов, А. Новак, Пакет программ DAD3D для сбора, обработки и отображения данных в системе реального времени, ОИЯИ, P10-94-495, Дубна, 1994.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 декабря 1996 года.

Никифоров А.С., Пиляр А.В., Маньяков П.К.
Развитие информационной системы сбора данных «MORAINE»

P10-96-495

В данной работе представлено развитие программного обеспечения системы для сбора данных «MORAINE». На спектрометре СФЕРА создается многопроцессорная распределенная вычислительная мощность. В ее состав входят три процессорных модуля в стандарте VME, специализированные модули в стандарте FASTBUS, три персональных компьютера типа IBM PC, объединенных локальной сетью Ethernet. Для трех процессорных модулей VME разработано программное обеспечение. Оно управляет чтением фрагментов событий в процессорные модули VME, использует блочную передачу данных по шине VME в режиме канала прямого доступа, восстанавливает события, передает данные в локальную сеть для экспресс-обработки, записывает данные на внешние носители для OFF-line обработки. Использование распределенной вычислительной мощности позволило в два раза увеличить эффективность работы спектрометра за счет параллельного считывания фрагментов событий.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1996

Перевод авторов

Nikiforov A.S., Pilyar A.V., Maniakov P.K.
Development of the Data Acquisition System «MORAINE»

P10-96-495

This publication presents the software development of the data acquisition system «MORAINE». The distributed multiprocessor system is designed for the spectrometer SPHERE. The system consists of three VME processor modules, specialized FASTBUS modules, three personal computers (IBM PC) type networked with local Ethernet. The software is developed for three VME processor modules. It controls the reading of event fragments into VME processor modules and uses data block transfer via direct memory access, reconstructs the events, transfers data into the local network for on-line analysis and records data on external media for OFF-line analysis. The usage of the distributed computer system allows one to duplicate the efficiency of the spectrometer due to parallel reading event fragments.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 1996