

P13-2004-203

Н. В. Астахова, Н. Д. Дикусар, Н. Г. Мазный*,
И. М. Саламатин, В. Н. Швецов

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС АС
(АВТОМАТИЗАЦИЯ СПЕКТРОМЕТРИИ).
УПРАВЛЕНИЕ ОКРУЖЕНИЕМ ОБРАЗЦА

*НПЦ АСПЕКТ, Дубна

Астахова Н. В. и др.	P13-2004-203
Программный комплекс АС (автоматизация спектрометрии). Управление окружением образца	
<p>Усложнение экспериментальных установок, их эпизодическая реконструкция, изменение методики эксперимента стимулировали разработку комплекса программ, позволяющего компоновать из готовых модулей распределенную систему автоматизации эксперимента (САЭ). Основное внимание уделено обеспечению инвариантности программ относительно изменений методики эксперимента, возможности управления конфигурацией спектрометра пользователем без привлечения программистов и минимизации затрат на разработку драйверов.</p>	
<p>В комплексе используются универсальные базовые программы и драйверы управления конкретными устройствами. Драйверы пишутся на любом языке программирования, их функциональный код минимизирован. В составе САЭ логически выделены по функциональному назначению управляющая ЭВМ, ЭВМ переднего фронта (контроллеры) и ЭВМ наблюдателей. Основная функция контроллера — управление подключенным к ней оборудованием спектрометра.</p>	
<p>Комплекс позволяет легко масштабировать САЭ, наращивать число контроллеров и драйверов, использовать контроллеры, работающие под любой ОС.</p>	
<p>Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка ОИЯИ и поддержана РФФИ (грант № 04-07-90256).</p>	
<p>Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2004</p>	

Перевод авторов

Astakhova N. V. et al.	P13-2004-203
Software Complex AS (Automation of Spectrometry). Management of an Environment Sample	
<p>Complication of experimental instruments, their occasional reconstruction, experimental technique variations have stimulated a development of a program complex allowing an easy assembling of distributed Experiment Automation System (EAS) using ready modules. The basic attention is devoted to the invariance of programs with respect to changes in the experimental technique, allowing a physicist to control the spectrometer configuration without involving programmers and minimization of expenses for driver development.</p>	
<p>Universal base programs and drivers for device management are used in the complex. Drivers can be written in any programming language, their functional code is minimized. We define CONTROL computer, FRONTEND computers and computers-OBSERVERS in the EAS structure based on their functionality. The main function of the FRONTEND is management of the connected spectrometer equipment.</p>	
<p>The program complex realization allows an easy scaling of the Experiment Automation System, the increase of the number of controllers, the use of the FRONTEND computers working under any OS.</p>	
<p>The investigation has been performed at the Frank Laboratory of Neutron Physics, JINR, and supported by the RFBR (grant 04-07-90256).</p>	
<p>Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2004</p>	

ВВЕДЕНИЕ

В процессе проведения исследований происходит систематическое усложнение экспериментальных установок, в их состав включаются различные стандарты оборудования, выполняются эпизодические реконструкции, модифицируется методика эксперимента. Эти и другие факторы, характерные для систем автоматизации экспериментов (САЭ), необходимо учитывать при разработке комплекса программ, в котором существенное место отводится обеспечению преемственности программ и возможности легко адаптировать программное обеспечение к новым условиям силами пользователей. При этом особую роль следует отвести программам управления экспериментальным оборудованием (драйверам). Эти программы обычно занимают менее 10% в составе кода САЭ, однако затраты на их разработку или адаптацию непропорционально велики. Это обусловлено сложностью разработки драйверов, потерей преемственности, свойствами используемых средств интеграции (обычно это — среда программирования).

Известны работы [1–3], в которых вводятся специальные правила написания драйверов и способ интеграции их в систему. Общим ограничением этих работ является необходимость перетрансляции системы при изменении состава используемых драйверов или методики эксперимента и, следовательно, привлечение программистов, а зачастую — авторов модифицируемой версии.

В этой работе поставлена цель разработать такую методику включения новых драйверов, которую может использовать физик без применения среды программирования. Таким способом предполагается существенно сократить затраты времени разработчиков и пользователей. В настоящее время наиболее высокий уровень автоматизации способов интеграции компонентов в систему — в Интернет-технологиях. Некоторые решения и прототипы использованы в данной работе с соответствующей коррекцией применительно к нашей проблемной области.

В работах [4, 5] введены понятия параметрической модели и вектора состояния спектрометра. Процедура эксперимента представляется матрицей значений параметров, описывающих условия эксперимента в терминологии физика. Если каждому параметру отвести столбец и в столбцах задать изменяемые в эксперименте значения параметров, то ее строки будут описывать последовательно реализуемые состояния спектрометра («настройку»), при которых выполняются измерения. Другими словами, строки матрицы ассоциируются с векторами состояний спектрометра. Очевидно, такое (векторное) описание процедуры эксперимента является минимально возможным, и, бла-

годаря использованию терминологии физика, интуитивно понятным. С другой стороны, при такой концепции возможно представить задание программам драйверного слоя списком пар «параметр = значение», что позволяет предельно упростить и унифицировать интерфейс и упростить драйверы.

Ниже вопросы разработки программного обеспечения рассматриваются в варианте, реализующем управление оборудованием спектрометра с использованием вектора состояния.

1. ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДИКЕ ПОСТРОЕНИЯ САЭ

При разработке методики построения САЭ к программному обеспечению в дополнение к ранее сформулированным [4, 5] были выдвинуты следующие требования:

- независимость программ управления драйверами от методики эксперимента;
- возможность составления задания на эксперимент в терминологии пользователя;
- масштабируемость САЭ — возможность использования САЭ на различном количестве процессоров, назначение которых определяется логической схемой, а состав — физической схемой САЭ;
- масштабирование системы силами пользователя, возможность отторжения программного обеспечения от разработчиков;
- наращивание функциональных возможностей САЭ путем добавления новых драйверов без перетрансляции используемого кода САЭ.

Предполагается выполнять разработку САЭ по следующей схеме:

- описание состава спектрометра и набора используемых параметров (изменяемых условий эксперимента);
- составление логической схемы САЭ (состава процессоров и способа группирования драйверов);
- разработка (в случае их отсутствия) дополнительных драйверов устройств;
- задание физической схемы САЭ — физических адресов процессоров и драйверов;
- автоматическая компоновка САЭ служебными программами;
- проверка работоспособности на симуляторах и реальном оборудовании.

2. СОСТАВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В составе данного комплекса используются универсальные базовые программы, набор программ управления конкретными устройствами спектрометра — драйверов и служебные программы. К базовым программам относятся

- программа SETVECTOR — предназначена для управления окружением образца (установка в спектрометре необходимых для измерений условий);
- программа FRONTEND — диспетчеризация передачи команд соответствующим драйверам и выполнение служебных запросов программы SETVECTOR;
- программа TCPSERVER — специализированный сервер соединения TCP/IP (для ЭВМ с ОС Windows), обеспечивающий передачу команд и ответных сообщений между программами SETVECTOR и FRONTEND.

Такой состав базовых программ и форматы файлов документации (см. ниже) в сочетании с унификацией функционального интерфейса драйверов обеспечивает достаточно легкое масштабирование системы автоматизации эксперимента. Рассмотрим более подробно возможности масштабирования и суть унификации интерфейса драйверов.

3. СТРУКТУРА ДРАЙВЕРА

При разработке структуры преследовались две цели:

- обеспечение преемственности и минимизация кода драйвера;
- автоматизация интеграции драйверов в систему.

Драйверы данного комплекса включают интерфейсную часть и функциональный модуль. Назначение интерфейсной части:

- прием (при посредстве TCPSERVER и FRONTEND) команды от программы SETVECTOR;
- выполнение ряда служебных функций без обращения к прикладному модулю;
- выполнение рутинных преобразований при получении соответствующей команды и вызов требуемой прикладной функции драйвера;
- предустановка значений параметров;
- предоставление драйверу процедуры асинхронного вызова клиента для передачи информации о результатах выполнения команды;

- документирование списка названий параметров, с которыми работает драйвер.

Прикладной модуль выполняет следующие функции:

- INIT — инициализация программы и оборудования;
- READ — чтение из устройства текущего значения параметра;
- SET — выполнение действия, ассоциированное с параметром, название которого указано;
- необязательные функции задания значений параметров по умолчанию, включения, выключения электропитания и др.

Минимизированный по объему прикладной модуль, отражающий специфику управляемого оборудования, разрабатывается и добавляется к готовой (либо создаваемой с помощью служебных программ используемой среды программирования) интерфейсной части. Задача разработчика драйвера сведена, в основном, к кодированию способа выполнения нескольких специальных функций, ради которых данное устройство включено в состав спектрометра. Драйверы могут быть представлены в форматах .exe или .dll, ограничений на выбор языка при их написании не накладывается.

Такая структура драйвера 1) экономит время разработчика; 2) обеспечивает преемственность прикладных модулей, свободных от наложения кода, отражающего физическую методику или особенности организации программ в пакете; 3) повышает надежность комплекса программ благодаря использованию многократно проверенного кода интерфейса. Функциональный модуль, имеющий минимально необходимый интерфейс и состав, может быть использован другими разработчиками практически без изменения. Программы управления оборудованием, разработанные в рамках других комплексов, также могут быть использованы через посредство специальных интерфейсов.

4. КОНФИГУРАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТА

В составе системы автоматизации эксперимента по функциональному назначению мы выделяем три вида ЭВМ: управляющая ЭВМ, ЭВМ-контроллеры и временно подключающиеся ЭВМ наблюдателей (см. рисунок). Возможное назначение ЭВМ определяется составом загруженных в нее базовых программ.

Управляющая ЭВМ исполняет программу эксперимента, которая для управления оборудованием использует базовую программу SETVECTOR.

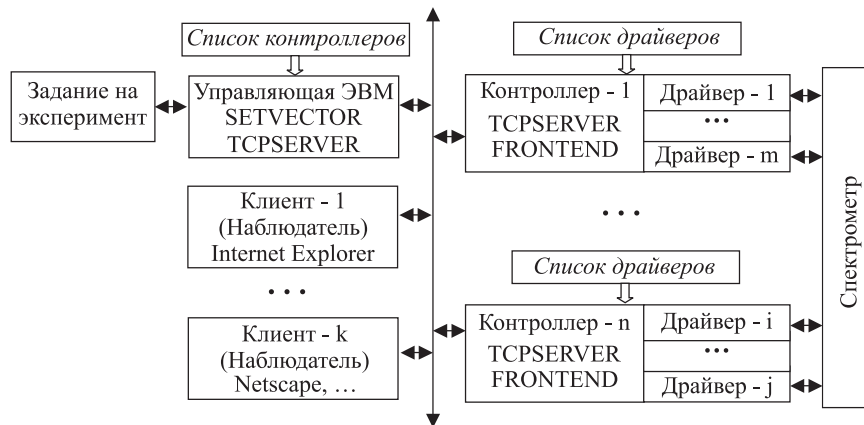


Схема распределенной системы автоматизации эксперимента

SETVECTOR осуществляет два вида операций взаимодействия с логическими ЭВМ-контроллерами: управление их конфигурацией и передача команд, адресованных драйверам. Для присоединения ЭВМ-контроллера к программе SETVECTOR достаточно указать в списке контроллеров (в файле текущей документации) заданное пользователем логическое имя и сетевой адрес. Такая строка документации может иметь, например, вид

UserNamedFE =159.93.105.12 // или UserNamedFE =localhost

Количество контроллеров не ограничивается. Роль контроллера может выполнять также сама управляющая ЭВМ, если в нее загружено соответствующее программное обеспечение и логическому имени сопоставлен ее адрес. Все необходимые настройки текущей конфигурации выполняются автоматически при старте программы SETVECTOR. Такой простой способ конфигурирования системы позволяет выполнять эту работу пользователю.

ЭВМ-контроллер в качестве основной имеет функцию управления подключенным к ней оборудованием спектрометра. Ее программное обеспечение включает программы TCPSERVER, FRONTEND (базовые) и драйверы. Список загружаемых ею драйверов программа FRONTEND берет из файла текущей документации, переданного программой SETVECTOR. Строка документации может иметь, например, вид

VMEfuncs= AllDrivers, NDRdrv.exe //user-def. name=driver relative path, driver EXE-name

Возможно использование режима загрузки новых версий драйверов при старте программы SETVECTOR.

ЭВМ наблюдателя имеет функции, соответствующие ее названию. Используемое в ней программное обеспечение — это штатный сетевой браузер. Такая ЭВМ дает пользователю возможность следить за изменением значений параметров спектрометра, состоянием программы эксперимента, состоянием регистрируемых экспериментальных данных путем визуализации графиков спектров и таблиц.

5. АЛГОРИТМ РАБОТЫ ПРОГРАММЫ SETVECTOR

Программа управления SETVECTOR при запуске автоматически строит параметрическую модель спектрометра. Для этого по содержанию файлов конфигурации составляется список контроллеров, для каждого контроллера — список драйверов. Наконец, поскольку каждый драйвер документирует список своих параметров, по полному списку драйверов составляется сводный список изменяемых параметров, являющийся параметрической моделью. Используемые алгоритмы не требуют уникальности названий параметров, задаваемых разработчиками драйверов.

Для выполнения своей основной функции программа SETVECTOR получает от программы управления экспериментом команду, параметром которой является вектор требуемого состояния спектрометра. На основании данных о предыдущем и требуемом состояниях программой SETVECTOR выполняются следующие действия:

- 1) вычисляется вектор изменения состояния спектрометра — список параметров (условий), значения которых должны быть изменены;
- 2) блоком формирования команд составляется пакет подлежащих выполнению команд управления оборудованием;
- 3) блоком планирования управления оптимизируется последовательность передачи команд управления конкретным драйверам;
- 4) группа команд передается драйверам; принимаются асинхронные отчеты драйверов о выполнении команд;
- 5) анализируется возможность передачи очередной группы из подготовленного пакета команд;
- 6) пп. 3–5 повторяются до тех пор, пока не будут выполнены все команды перевода спектрометра в заданное состояние.

Блок формирования команд получает описание вектора состояния в виде списка пар $\langle \text{название параметра} \rangle = \langle \text{значение} \rangle, \dots$, причем на этом этапе используются названия параметров, заданные пользователем. На основании документации программа вычисляет название исполняющей программы, ее тип, название параметра, заданное разработчиком, и сетевой адрес ЭВМ-контроллера, в конфигурацию которого входит данный драйвер. Эти данные дополняются адресом клиента и передаются драйверу.

Блок планирования управления учитывает возможные специальные условия работы драйвера. Например, оптимальной является одновременная передача команд всем драйверам и параллельное их исполнение. Если такая возможность не обеспечивается оборудованием, то ряд команд с таким устройством выполняется последовательно. Другим примером является возможное пересечение траекторий перемещения механических узлов спектрометра с угрозой разрушения, если они одновременно окажутся в точке пересечения.

6. РЕЗУЛЬТАТЫ

С целью сравнения скоростных характеристик и надежности реализованы несколько вариантов интерфейсов драйверов (.exe с COM-интерфейсом, .dll с COM-интерфейсом; .exe с интерфейсом на основе сообщений Windows, на основе протокола TCP/IP). Скоростные характеристики этих вариантов близки и не дают оснований для выбора. Вариант с интерфейсом на основе сообщений Windows вносит некоторое неудобство при использовании диалоговых управляющих программ, т. к. в случайный момент времени используемое оператором окно может временно стать неактивным. Интерфейс на основе протокола TCP/IP предпочтителен из соображений обеспечения платформенной независимости. Для сравнения надежности пока срок эксплуатации недостаточен.

Предлагаемая методика работы с программами драйверного слоя была применена в системе на спектрометре DN2 (в программах автоматического управления экспериментом PULT [5], интерактивного управления спектрометром MC [6], on-line-визуализации и экспресс-анализа данных, разработанной на основе [7], и др.). Использование программного комплекса в экспериментах [5,8] подтвердило прогнозируемые свойства. Методика и алгоритмы, реализованные в базовых программах, позволяют:

- представить систему автоматизации эксперимента в виде распределенной многопроцессорной системы;
- легко масштабировать систему автоматизации эксперимента;
- изменять число ЭВМ-контроллеров и драйверов силами пользователя;
- использовать ЭВМ-контроллеры, работающие под любой операционной системой, допускающей соединение с программой SETVECTOR по протоколу TCP/IP;
- использовать одновременно оборудование различных стандартов;
- при необходимости постепенно заменять устаревшие узлы новыми, не прекращая эксплуатации спектрометра в период реконструкции.

Авторы пользуются случаем, чтобы поблагодарить В. П. Ширикова, В. М. Северьянова и других участников обсуждений за полезные замечания. Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 04-07-90256).

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://pibeta.psi.ch/midas>
2. www.opcfoundation.org
3. achisholm@intellution.com
4. *Астахова Н. В., Саламатин И. М., Швецов В. Н.* Программный комплекс АС (автоматизация спектрометрии). 1. Концепция программной системы, инвариантной по отношению к изменениям методики эксперимента // ПТЭ. 2004. №5. С. 56.
5. *Астахова Н. В. и др.* Программный комплекс АС (автоматизация спектрометрии). 2. Интерфейс пользователя системы автоматизации эксперимента // ПТЭ. 2004. №5. С. 62.
6. *Астахова Н. В. и др.* Программный комплекс АС (автоматизация спектрометрии). Программа интерактивного управления спектрометром. // Сообщение ОИЯИ Р13-2004-204, Дубна, 2004.
7. <http://nfdfn.jinr.ru/kirilov/Sonix/maks.html>.
8. *Балагуров А. М., Миронова Г. В., Островной А. И.* Программное обеспечение системы на копчения информации дифрактометра ДН-2 на импульсном реакторе ИБР-2, Препринт ОИЯИ Р10-84-440, Дубна, 1984.

Получено 28 декабря 2004 г.

Редактор *М. И. Зарубина*

Подписано в печать 27.01.2005.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 0,5. Уч.-изд. л. 0,63. Тираж 305 экз. Заказ № 54759.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: publish@pds.jinr.ru

www.jinr.ru/publish/