

УДК 681.3.015

Организация диалога в системах автоматизации аналитических приборов. Домнич М.Б., Журавина Л.Н., Песчанский В.А. // Научное приборостроение. Физика аналитических приборов. - Л.: Наука, 1989. - С. 64-71.

Описываются принципы построения и реализации диалоговой системы автоматизации научных приборов с повышенной устойчивостью к ошибкам пользователя и с автоматической адаптацией к пользователям различной квалификации. Разработан генератор диалоговых систем описываемого типа. Лит. - 3 назв., ил. - 2.

М.Б.Домнич, Л.Н. Журавина, В.А.Песчанский (НТО АН СССР)

ОРГАНИЗАЦИЯ ДИАЛОГА В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ АНАЛИТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Способ построения диалоговых систем (ДС) разрабатывался для автоматизации процесса подготовки и проведения экспериментов на аналитических приборах. Эта область применения обладает следующими особенностями, учтенными при организации ДС:

с ДС работают пользователи разных типов; в частности, для построения ДС важно, что уровень знаний о работе с ДС у них может быть от очень высокого до очень низкого;

характер работ, проводимых на приборе, меняется в широких пределах: от исследовательского до рутинного. Работы первого типа требуют возможности оперативного изменения плана проведения эксперимента, в том числе в ходе самого эксперимента; для работ второго типа характерно многократное выполнение однажды выбранного плана;

проведение исследовательских работ происходит в условиях недостаточной степени знания об области допустимых значений совокупности параметров экспериментов. При возможном выходе из области допустимых значений требуется сохранить устойчивость работы ДС;

ход эксперимента разбивается на отдельные достаточно автономные этапы, реализуемые при определенных, установленных пользователем, значениях параметров, характеризующих состояние прибора и условия проведения этапа. Реализация этапа состоит во вводе и контроле значений параметров и запуске процедуры, непосредственно реализующей этап эксперимента.

Предлагается следующий способ организации ДС.

Язык диалога. Основными элементами языка диалога (ЯД) являются параметры и действия.

Параметры служат для описания типа и структуры данных, используемых в ДС. Параметр имеет имя и состоит из одного или нескольких компонентов. Каждый компонент характеризуется следующими атрибутами:

типом значений (вещественные, целые, текст);

типом структуры значений (список значений, список пар значений. Список может состоять, в частности, из одного значения или одной пары значений);

типом ограничений и ограничениями на значения компонента (ограничения могут быть заданы в виде диапазона допустимых значений или списка допустимых значений; ограничения могут и отсутствовать);

значениями компонента, задаваемыми в соответствии с типом, структурой значений и удовлетворяющими ограничениям на них.

Атрибуты задают структуру компонента. Последовательность структур компонентов одного параметра составляет структуру этого параметра. Такой способ задания параметров позволяет:

обращаться к параметрам по именам;

описывать данные достаточно сложной структуры (данных с более сложной структурой в рассматриваемой прикладной области не потребовалось);

контролировать допустимость значений параметров при их вводе пользователем или при вычислении их значений в ходе эксперимента.

Организация и автоматическое выполнение на приборе планов экспериментов обеспечиваются последовательностью действий. Пользователь из множества возможных выбирает нужное ему действие и сообщает о своем выборе ДС, которая запускает задачу, реализующую выбранное действие. Каждое действие имеет имя, по которому оно идентифицируется. На порядок следования действий накладывается ограничение: для каждого действия задается список действий, выполнение которых возможно непосредственно после рассматриваемого.

ЯД в целом характеризуется множеством параметров, каждый из которых используется при выполнении хотя бы одного действия ДС. При всех возможных реализациях одного действия используются значения множества параметров действия, являющегося подмножеством множества параметров ЯД. Наконец, при конкретной реализации действия используется подмножество множества параметров действия, причем состав подмножества зависит от значений некоторых входящих в него параметров. Для успешного выполнения действия необходимо правильно задать значения параметров указанного подмножества.

Множество параметров для действия задается в ДС деревом параметров действия. Представление множества параметров в виде дерева, а не списка связано с указанным выше фактом зависимости состава подмножества от конкретных значений некоторых параметров. Реализации действия соответствует совокупность параметров, встречающихся на одном пути в дереве от корня до листа.

Дерево параметров в ДС используется для проверки факта задания значений параметров, необходимых при выполнении действия и допустимости их значений; для визуального контроля значений части параметров дерева (такие параметры в описании дерева снабжаются соответствующим признаком) и ввода их новых значений.

Совокупность списков допустимых последующих действий и дерева параметров для всех действий ЯД составляют сценарий диалога.

Режимы работы ДС. Рассматриваемая ДС может работать в одном из двух режимов: меню; работа по инициативе пользователя.

В первом режиме на экран выводится меню возможных действий. После выбора действий пользователю предъявляются по одному текущие значения параметров, лежащих в дереве параметров на пути, соответствующем данной реализации действия, и подлежащих визуальному контролю. В случае необходимости пользователь имеет возможность изменить эти значения.

При работе по собственной инициативе пользователь с помощью команд, имеющихся в ДС, должен задать значения параметров, которые он хочет изменить, а затем запустить требуемое действие. В ДС предусмотрены команды пользователя трех типов: справка о значениях параметра; ввод и отмена значений параметра; запуск действия. Синтаксис команд приведен на рис.1.

Конкретная реализация диалоговой системы выполнена на ЭВМ СМ-1420 в среде операционной системы ОС РВ 3.0; на реализацию в значительной мере повлияли особенности ЭВМ и операционной системы: малый объем оперативной памяти (из 248 Кбайт ОЗУ пользователю доступно 140-180 Кбайт); малые размеры адресного пространства задачи (не более 64 Кбайт); многозадачность операционной системы, позволяющая создавать комплексы задач, синхронизированных между собой; возможность создания разделяемых общих областей памяти, доступных нескольким задачам одновременно.

Перейдем к рассмотрению структуры данных ДС. Предварительно отметим, что помимо задач, реализующих действия ЯД, в ДС входят три задачи: MONITOR - монитор ди-

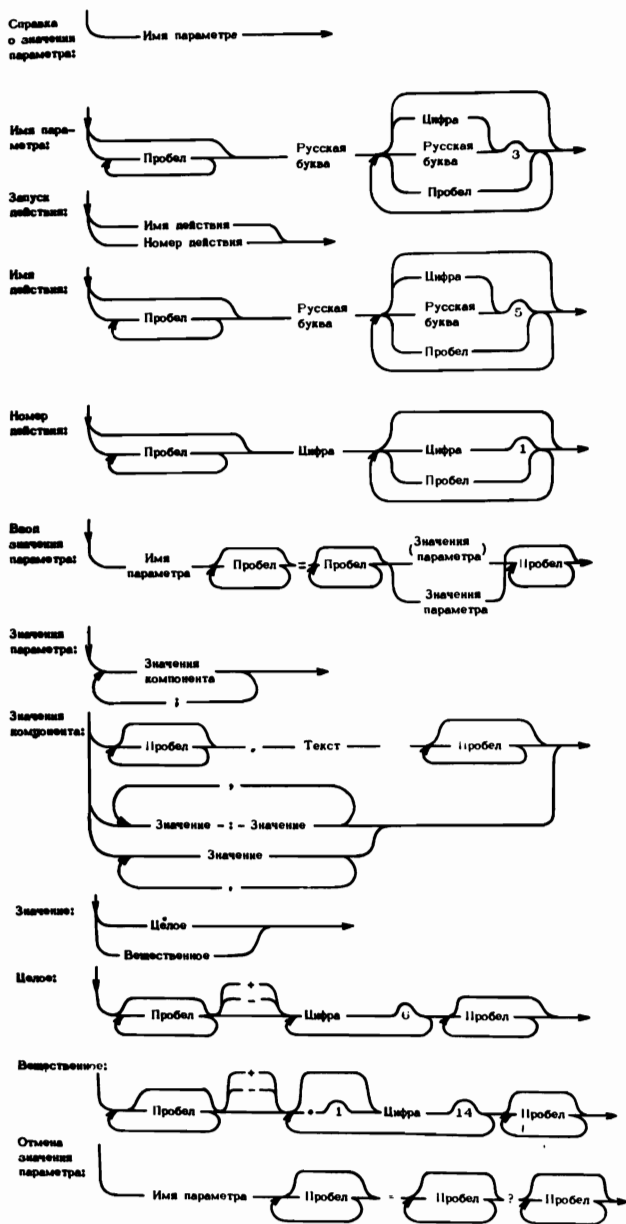


Рис.1. Синтаксис команд пользователя

общей области более подробно. Эта область используется для передачи данных между задачами, реализующими различные действия; задачами, реализующими действия, и задачей VIBOR; задачами MONITOR и VIBOR.

По функциональному назначению разделяемая общая область разбита на три части:

часть I, в которой хранятся значения компонентов параметров ЯД. К данным

алоговой системы; VIBOR - задача выбора действия, подготовки его к выполнению и обработки результатов действия; COMMSV - служебная задача, осуществляющая замену содержимого части разделяемой общей области; необходимость ее использования вызвана малым размером адресного пространства в ОС РВ СМ ЭВМ.

Структура данных ДС включает список имен параметров, описание структур параметров, список имен действий, совокупность списков допустимых последующих действий (по одному для каждого действия), совокупность деревьев параметров (по одному для каждого действия), описание распределения разделяемой общей области.

ДС хранит на диске список описаний структур параметров, в котором каждое описание связано с помощью ссылок с именем в списке имен параметров. Кроме того, значения компонентов параметров хранятся в разделяемой общей области оперативной памяти. Представление параметров в двух формах позволяет пользователю ДС обращаться к параметрам по именам, а программам - по идентификаторам описания разделяемой общей области. Остановимся на структуре разделяемой

именно этой части области можно обращаться по идентификаторам;

часть 2, через которую передается информация задачей VIBOR задаче MONITOR ;

часть 3, которая может находиться в двух состояниях: состоянии хранения данных задач, реализующих действия (это состояние используется для передачи данных между задачами, реализующими различные действия), состоянии, используемом в задаче VIBOR для хранения в оперативной памяти описания структур параметров. Таким образом, во время работы задачи VIBOR параметры ДС хранятся в оперативной памяти в двух формах, что позволяет осуществить быстрый переход от одной формы хранения к другой. Смена состояний части 3 разделяемой общей области (своппинг) осуществляется задачей COMMSV.

Общий алгоритм взаимодействия задач в процессе работы ДС приведен на рис. 2 в виде параллельной граф-схемы [1].

Работа задачи MONITOR начинается с запуска задачи VIBOR, после чего MONITOR ожидает выдачи статуса задачей VIBOR. Подготовка работы с ДС заключается в считывании структуры данных ЯД из соответствующих файлов. Далее пользователем осуществляется выбор действия или ввод параметров (с помощью команды ДС), а задачей VIBOR - анализ ответа пользователя. В случае ввода значений параметров снова происходит переход к выбору действия. По требованию пользователя и при выборе действия КОНЕЦ задачи COMMSV, VIBOR и MONITOR завершаются. При выборе другого действия осуществляется его подготовка к выполнению, которая включает проверку задания значений параметров выбранного действия по дереву параметров и ввод недостающих или замену на новые значений параметров (если значения контролируются визуально); запись проверенных значений компонентов пара-

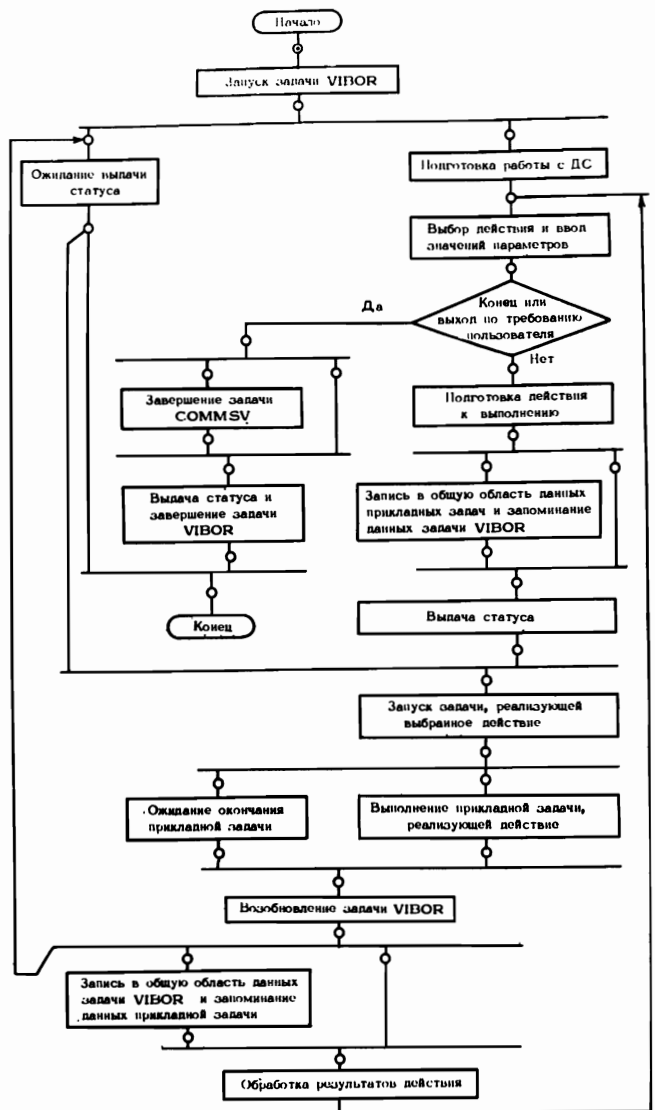


Рис. 2. Граф-схема взаимодействия задач ДС

метров из описания структур (части 3) в часть 1 разделяемой общей области, т.е. подготовку значений параметров для задачи, реализующей действие.

Имя подлежащего выполнению действия, определяющее имя запускаемой далее задачи, передается в MONITOR через часть 2 разделяемой общей области. Перед выдачей статуса в MONITOR запускается задача COMMSV, которая запоминает в своей памяти состояние части 3 разделяемой общей области со структурами параметров и заполняет часть 3 данными задач, реализующих действия (начальное состояние этой части области не определено).

Далее задача VOBOR выдает свой статус и приостанавливается. MONITOR запускает задачу, соответствующую имени выбранного действия, ждет ее завершения и выводит задачу VIBOR из состояния приостанова.

Задача VIBOR запускает задачу COMMSV, которая запоминает данные задач, реализующих действия, из части 3 разделяемой общей области и заполняет эту часть запомненными ранее описаниями структур параметров.

Задача, реализующая действие, вырабатывает код завершения, индицирующий ее успешное или аварийное завершение.

Обработка результатов действия заключается в следующем. В случае успешного завершения задачи значения компонентов из части 1 переписываются в часть 3 разделяемой общей области с одновременной проверкой на допустимость. Результат анализа кода завершения влияет на выбор списка допустимых последующих действий. Аварийное завершение задачи или недопустимость полученных в результате ее работы значений параметров трактуется как невыполнение действия. Далее осуществляется переход к выбору очередного действия. На этом описание алгоритма заканчивается.

Из сказанного следует, что обмен данными между пользователем и ДС; ДС и задачами, реализующими действия; задачами, реализующими различные действия, осуществляется через разделяемую общую область. Запуск задач осуществляется по именам соответствующих им действий.

Далее описываются особенности рассматриваемой ДС (наиболее близкой к ней по интерфейсу между пользователем и задачами, реализующими действия, по составу ЯД, по области применения и требованиям к ДС является система, описанная в работе [2]).

1. При создании ДС удовлетворялись два противоречивых требования: минимизация времени взаимодействия пользователя с ДС при проведении эксперимента и простота работы с ДС даже для плохо знающих ДС пользователей. С этой целью в ДС предусмотрена адаптация к пользователю, заключающаяся в выборе одного из двух описанных выше режимов работы ДС. В режиме меню единственной обязанностью пользователя является ввод ответов на запросы ДС, формулируемые в развернутой, понятной для пользователя форме. Поскольку в этом случае пользователю последовательно предъявляются меню действий, а затем по одному визуальным образом контролируются параметры, необходимые для выполнения выбранного действия, время диалога получается значительным (если исключить время выполнения задач, реализующих действия, то наибольшее время в процессе диалога занимает ввод значений параметров). Значительные затраты времени на диалог в этом случае являются платой за недостаточную осведомленность пользователя. В режиме работы по инициативе пользователя вводятся значения только тех параметров, которые необходимо изменить для выполнения действия, а визуальный контроль параметров отсутствует (хотя наличие значений параметров действия проверяется), что значительно сокращает время диалога.

Автоматическая адаптация ДС к пользователю реализуется дисциплиной смены ре-

жимов работы ДС, которая состоит в следующем.

Переход из режима меню в режим работы по инициативе пользователя происходит, если пользователь вместо ответа на меню вводит команду.

Переход в режим меню осуществляется двумя способами: по желанию пользователя (вводом пустой команды) или автоматически при первой ошибке в действиях пользователя.

2. Для освобождения пользователя от многократного ввода одинаковых последовательностей командных строк при проведении рутинных экспериментов в ДС, как и в работе [2], используются макросы. Макрос представляет собой последовательность команд на языке диалога. ДС позволяет автоматически выполнять всю последовательность команд макроса. При создании макроса ДС осуществляет синтаксический контроль команд, проверяет допустимость вводимых значений параметров, имен параметров и действий (создание макроса - одно из действий ДС).

3. Одним из требований, предъявляемых к ДС, является обеспечение повышенной устойчивости ее работы. Программа считается устойчивой, если вычислительная система, реализующая ее, функционирует успешно, несмотря на случайные отклонения как во внешних условиях, так и внутри ее самой [3]. С целью повышения устойчивости в ДС приняты меры для сохранения управления ходом эксперимента в случае возникновения программных и аппаратных ошибок. Мы стремились также минимизировать ущерб от ошибок пользователя и аппаратуры и время восстановления нормального течения вычислительного процесса после ошибок. С другой стороны, не предусматривалось создания мощных средств восстановления правильного функционирования вычислительного процесса.

С точки зрения поставленных целей и предусмотренных способов восстановления работоспособности системы ошибки, имеющие место в системе, можно разбить на 4 группы.

К ошибкам первой группы относятся синтаксические ошибки в командной строке; ошибки, вызванные тем, что пользователь не задал значения некоторых параметров, необходимых для проведения действия; ошибки, связанные с недопустимостью вводимых значений параметров; ошибки из-за недопустимости совокупности значений нескольких параметров (в то время, как каждое из значений в отдельности является допустимым).

Для ликвидации ошибок первой группы необходимо лишь ввести значения некоторых параметров. Последовательность действий по проведению экспериментов при этом не нарушается.

К ошибкам второй группы относятся ошибки в работе аналитической части прибора и модулей интерфейса; часть ошибок работы с файлами; ошибки, выражающиеся в том, что результатом действия являются недопустимые значения хотя бы одного параметра; ошибки других типов, обнаружение которых предусмотрено в программах, реализующих действия; аварийное завершение задач, реализующих действия, вследствие сбоя ЭВМ, программных ошибок, неисправности или отсутствия внешних устройств.

Для ликвидации ошибок второй группы необходимо повторить действие, при выполнении которого произошла ошибка, предварительно устранив причину ошибки или скорректировав план эксперимента.

К ошибкам третьей группы относятся переполнение файлами рабочего диска ДС; ошибки работы с файлами, содержащими структуру данных и программы ДС; аварийное завершение вследствие сбоя ЭВМ одной из задач COMMSV , MONITOR , VIBOR .

Для ликвидации ошибок третьей группы необходимо заново запустить ДС, предварительно устранив при необходимости причину ошибки средствами операционной системы.

К ошибкам четвертой группы относятся "зависание" операционной системы (закликивание с прекращением реагирования на действия пользователя); крах операционной системы; переполнение пула (рабочей памяти системы).

Для ликвидации ошибок четвертой группы необходимо заново запустить операционную систему. При исправной ЭВМ и корректно написанных программах, реализующих действия, ошибки этой группы практически не встречаются.

Для обеспечения устойчивости работы ДС предусмотрено автоматическое выявление (с выдачей сообщений пользователю) и реакция на ошибки первых трех групп; выявление ошибок четвертой группы крайне затруднено и лишь частично поддерживается средствами операционной системы.

4. Выше было отмечено, что для визуального контроля предъявляется только часть параметров. Это связано с тем, что часть параметров меняется редко и устанавливается только пользователем. Примерами таких параметров являются мощность рентгеновского источника, точность установки температуры, максимальный диапазон резвертки. Для рассматриваемой прикладной области такие параметры характеризуют, как правило, аппаратуру. Наличие их значений при выполнении действия проверяется, но для визуального контроля они не выводятся. Тем самым минимизируется время диалога. Кроме того, в рамках задачи ускорения работы ДС мы стремились учесть психологический фактор. Пользователь психологически предрасположен к тому, что действие выполняется достаточно долго, а ввод значений параметров и получение справки о значениях должны быть быстрыми. При выполнении задачи VIBOR, управляющей вводом значений параметров и выдачей справок о параметрах, структуры параметров находятся в оперативной памяти, что сокращает время обращения к ним. Обмен между ОЗУ и диском значениями параметров осуществляется в то время, которое пользователь относит к выполнению действия. Тем самым повышается психологический комфорт работы пользователя с ДС.

Резюмируя, особенности рассматриваемой ДС можно сформулировать следующим образом: расширенное множество типов данных за счет введения многокомпонентных параметров; контроль задания параметров, необходимых для выполнения действия, и возможность ввода недостающих значений без отмены выполнения действия; адаптация к пользователю за счет автоматической смены режимов (меню и "по инициативе пользователя"); повышенная устойчивость работы к ошибкам различных типов; минимизация объема работы пользователя с клавиатурой и сокращение за счет этого времени диалога.

Реализация ДС. Предложенная методика построения ДС реализована в виде генератора языков диалога в среде ОС РВ на ЭВМ СМ-1420. Программы генератора, задач VIBOR, MONITOR и COMMSV написаны с использованием языков Фортран-77 и Ассемблер. С помощью генератора можно получать ДС со следующими характеристиками: число параметров - не более 160, число действий - не более 80. Время реакции ДС при вводе значений параметров и выдаче справки о значениях не превышает оптимального 0,2 с, время выполнения действий зависит от выполняемых ими функций и варьирует в широких пределах (от долей секунды до десятков минут).

Достоинством ДС является широкое использование возможностей операционной системы ОС РВ 3.0 по минимизации объема используемой памяти и увеличению адресного пространства, доступного прикладной задаче или задачам. Объем памяти, за-

нимаемый составными частями ДС: разделяемая общая область COMM - 8 Кбайт, задача MONITOR- 2 Кбайт, задача VIBOR - 44 Кбайт, задача COMMSV - 9 Кбайт; итого 63 Кбайт.

Таким образом, из свободных от операционной системы 140-180 Кбайт пользователю достается под его задачи 80-120 Кбайт. Поскольку размер адресного пространства задачи не может превышать 64 Кбайт, из которых 8 Кбайт занимает разделяемая общая область, пользователь может активизировать 1-2 задачи максимального объема. При одновременной загрузке в память большего числа пользовательских задач задачи VIBOR, COMMSV, MONITOR выгружаются операционной системой на магнитный диск, освобождая оперативную память, а после завершения пользовательских задач загружаются вновь. Это позволяет использовать ДС и на ЭВМ с меньшим (порядка 128 Кбайт) объемом памяти, хотя скорость работы ДС значительно снижается из-за накладных расходов на загрузку и выгрузку задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов С.И. и др./Метод представления параллельных граф-схем алгоритмов совокупностями последовательных граф-схем//А и ВТ. - 1984. - № 5. - С. 74-81.

2. Мухина Л.А. и др./Система автоматизации разработки целевых диалоговых систем аналитических приборов//Научное приборостроение: Сб.научн.тр.- Л.: Наука, 1988. - С. 28-35.

3. Бутаков Е.А. Методы создания качественного программного обеспечения ЭВМ. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 232 с.